

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Producción de Celulosa de Tallo de “Higuerilla” (*Ricinus communis* L.) con un Humato y un Fulvato de Potasio y Magnesio

POR:

REYNA ELIZABETH GÓMEZ DÍAZ

TESIS

Presenta como requisito parcial para obtener el título profesional de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

(Ciencias del Suelo y Producción de Cultivos)

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Octubre de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Producción de Celulosa de Tallo de "Higuerilla" (*Ricinus communis* L.) con un Humato y un Fulvato de Potasio y Magnesio

Por:

REYNA ELIZABETH GÓMEZ DÍA

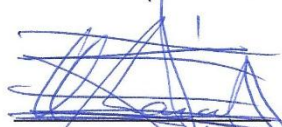
TESIS

Se somete a la Consideración del H. Jurado Examinador como Requisito para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

(Ciencias del Suelo y Producción de Cultivos)

Aprobada por:



Dr. Emilio Rascón Alvarado

Presidente



Mc. Fidel Maximiano Peña Ramos

Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes

Coasesor



Mc. Felipe Abencerraje Rodríguez

Vocal suplente



MC. Sergio Sánchez Martínez

Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Octubre de 2019

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater

A mi hermosa Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro la cual llevo en el corazón siempre, que me dio todo y abrió sus puertas del conocimiento para mí. A mi maravilloso Departamento Ciencias del Suelo nido de muchos que como yo eligieron esta extraordinaria carrera y que, con mucho orgullo, amor, pasión y respeto representaré.

“Buitre por siempre”

A mis Asesores:

Dr. Rubén López Cervantes, Dr. Emilio Rascón Alvarado, M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos y Dr. José Antonio González Fuentes, gracias por su apoyo, tiempo y por sus enseñanzas, por la confianza y dedicación que me brindaron con este trabajo.

A mis profesores:

A todos mis maestros de la carrera por sus conocimientos, consejos, confianza y formación en especial al Mc. Felipe Abencerraje Rodríguez, Mc. Juan Manuel Cepeda Dovala, Mc. Víctor Samuel Peña Olvera, Ing. María Elena Góngora Hernández y al Dr. José de Jesús Rodríguez Sahagún que me forjaron a ser mejor persona y profesionista.

A usted Mario Flores quien siempre nos apoyó, amistad, tuvo paciencia y es pieza clave en la realización de este trabajo.

DEDICATORIAS

A mi Madre

*Con todo mi amor para Tomasa Díaz Cruz el ser más importante en mi vida a quien le debo todo, le agradezco por apoyarme siempre y porque me dio la oportunidad de desarrollarme y tener una profesión, no fue fácil, hubo momentos en los que creí no poder, pero siempre estuvo conmigo con palabras de aliento y guiando mi camino, por todos tus sacrificios que hace por sacarnos adelante a mí y a mis hermanas...
TE AMO MAMÁ.*

A mis hermanas

Angélica Marilú y Ana Gabriela, por todo el apoyo que me brindaron por el amor incondicional, la confianza que me han dado y por las motivaciones que siempre me brindaron para cumplir mis sueños... Gracias las amo.

A usted Sr. Pedro Gómez, gracias por ser como un padre para mí, por el cariño, apoyo y por los consejos que me ha brindado.

A mi novio Uriel Augusto por brindarme tu apoyo, tu cariño, siempre estás conmigo incondicionalmente, agradezco a DIOS por conocerte.

A mis queridas amigas Yuribeth y Susana, por su amistad, su apoyo y por todas las aventuras vividas en esta etapa de nuestra vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIAS	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
RESUMEN TRADUCIDO EN TOJOL-ABAL	x
INTRODUCCIÓN	11
OBJETIVOS.....	14
HIPOTESIS	14
REVISIÓN DE LITERATURA.....	15
Generalidades de “La Higuera”	15
Clasificación Taxonómica	17
Descripción Botánica	18
Requerimientos Climáticos	20
Requerimientos Edáficos.....	21
Manejo Agronómico.....	21
Siembra	22
Plagas y Enfermedades.....	22
Plagas	23
Importancia Económica de la “Higuera”	24
Internacional.....	24
Nacional	24
El Magnesio y el Potasio.....	25
Las Sustancias Húmicas.....	27
Importancia de las Sustancias Húmicas.....	29
Las Sustancias Húmicas como Agente Quelatante.....	30
MATERIALES Y MÉTODOS	33
Elaboración de los Humatos y Fulvatos.....	34
Metodología	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36

Análisis de varianza.....	36
Área Foliar (AF)	37
Peso Seco de Tallo (PST)	38
Nutrientes en Follaje K, Mg y Ca (NF-k, NF-Mg y NF-Ca)	40
Altura de Planta (AP)	41
Diámetro de Tallo (DT)	42
Peso Seco de Semilla por Planta (PSSP).....	43
Peso Seco de Semilla por Hectárea (PSSH)	44
Nutrientes en Tallo K, Mg y Ca (NT-K, NT-Mg y NT-Ca)	45
Celulosa.....	46
CONCLUSIÓN	49
LITERATURA CITADA.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2. 1.Principales países productores de “Higuerilla” en 2005.	24
Cuadro 4. 1.Características físico-químicas del suelo empleado en el experimento..	35
Cuadro 4. 2.Distribución de tratamientos aplicados a plántulas de “Higuerilla” (<i>Ricinus communis</i> L.) Variedad “GUANAJUAT-OIL”	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4. 1.- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro	33
Figura 4. 2.- Localización del área de experimento.....	33
Figura 4. 3.- Área foliar de planta de “Higuerilla”, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio	37
Figura 4. 4.- Peso seco de tallo de planta de “Higuerilla”, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio.	38
Figura 4. 5.- Actividad de la enzima ATP-asa de raíz de planta de “Higuerilla”, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio.....	39
Figura 4. 6.- Contenido de potasio, magnesio y calcio del tejido vegetal de follaje de planta de “Higuerilla”, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio.	40
Figura 4. 7.- Altura de planta de “Higuerilla”, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio.....	41
Figura 4. 8.- Diámetro de tallo de planta de “Higuerilla, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio.	42
Figura 4. 9.- Peso seco de semilla por planta de “Higuerilla”, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio.....	43
Figura 4. 10.- Peso seco de semilla por hectárea de “Higuerilla”, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio.....	44
Figura 4. 11.- Contenido de potasio, magnesio y calcio del tejido vegetal de tallo de la planta de “Higuerilla”, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio.	45
Figura 4. 12.- Porcentaje de celulosa del tejido vegetal de tallo de planta de “Higuerilla”, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio.	47

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio en la producción de celulosa de tallo de “Higuerilla”, semillas de la Variedad “GUANAJUAT-OIL” fueron sembradas en macetas de poliestireno que contenían la mezcla de “peat moss” con “perlita” como sustrato. Cuando la planta midió 20 cm de altura y contenía dos pares de hojas verdaderas, fue trasplantada en campo en un suelo de textura franco-arcillosa, con pH de 8.39, materia orgánica de 1.58 %, contenido moderadamente bajo de potasio (K) y mediano de magnesio (Mg). Los tratamientos fueron 1500 mg.kg⁻¹ por litro de agua de un Fulvato de magnesio (FMg), uno de potasio (FK), un Humato de magnesio (FMg) y uno de potasio (HK), un Fulvato de potasio y magnesio (FKMg) y un Humato de estos dos elementos (HKMg), como control la fertilización química (FQ). Estos fueron adicionados a los 3 y 30 días después del trasplante. Las variables medidas fueron: altura de planta (AP), área foliar (AF), diámetro de tallo (DT), peso seco de tallo (PST), peso seco de semilla por planta (PSSP) y peso seco de semilla por hectárea (PSSH), actividad de la enzima ATP-asa (ATP), del tejido vegetal de follaje (K-H, Mg-H, Ca-H) y tallo (K-T, Mg-T, Ca-T) el potasio, magnesio y calcio y la celulosa del tallo (C-T). Se encontró que en los tratamientos empleados únicamente se obtuvo efecto significativo en la actividad de la ATP-asa (ATP), ya que al adicionar el FMg hubo resultados superiores sobrepasando en 49% a la FQ y en la C-T se concluye que se obtuvo mejor resultado con el tratamiento FMg dando un resultado igual a la (FQ). De igual manera en las variables FK, FMgK, HMg y HK se presentaron valores muy similares denotando que en la aplicación de HMgK mostró el valor más bajo en alrededor de 12%.

Palabras clave: Producción orgánica.

RESUMEN TRADUCIDO EN LA LENGUA TOJOL-ABAL

Ja jas wax k'anxi oj naxuk'i ja jas was k'ulan jun Humato sok jun Fulvato sok jun potasio sok maknesio b'a oj tojb'uk ja célula ja b'a yalte sb'i'il ch'uukabchej, yinatil GUANAJUAT-OIL, na ke t'sunxi b'a bolsa b'utxi sok lu'um sb'i'il "peat moss" sok "perlita" Yajni sta'ak'o ja 20 cm jas cha'anili sok yajni axa yi'oj Chabe yal powil wajxa t'sunxu b'a alaj jas lu'umili wax alxi textura franco-arcillosa sok jun pH b'a 8.39 sok materia orgánica b'a 1.58 % me yi'oj jit'san potasio (K) sok snalan magesio (Mg).

Ja jastik tuktukil yajnal ochi ja 1500 mg.kg-2 b'a jun litro ja sok jun Fulvato sok Magnesio (FMg), cha makuni ab'ono kimiko b'a oj ilxuk ta wax tukb'i. Jana ke iti axi ochyi b'a yoxil sok jun tajb'e lajune k'ak'u yaj ts'unanxa. Ja jasti nake lexi'i ja a xcha'anil ja yal te'i (AP), ja yal powil (AF), jas tolanil jas k'ab'i (DT), ja yalal takinxa jas k'ab'i ja yal te'i (PST), yalal takinxa ja yinatil ja yal te'i (PSSP) sok ni ja yalal takinxa ja yinatil ja yal te'i b'ajni jun hectárea (PSSH), cha sok ni ja yatel ja enzima ATP-asa (ATP), cha k'el xini ja yabono'il ja yalal powil ja yalal te'i jastalni (K-H, Mg-H, Ca-H) cha jachini sok ja yal K'ab' ja yal te'i jastal (K-T, Mg-TCa-T) ja potasio, maknesio sok ja kalsio sok ni ja celulosa ja yi'oj jas K'ab'i ja yal te'i (C-T). Ja jas nake yajnal ochi ilxi je lek waji ja yatel ja ATP-asa (ATP) ja masni yastiro ja yajni ochyi'i ja FMg ekni jun 49% que yu ja ochyi'i FQ. B'a oj ilxu maslek k'ulxi jun yal gráfica ti wax je'a ja yajni axi ochyi'i ja FMg ja mas yastiro ke yu ja b'a ochyi FQ mas yastiro jab'a AP, DT sok ja Mg-T, sok ja FKMg mas yastiro ke yuja FQ ja b'a PSSP, PSSH, PSP sok ni ja Ca-H, jaxa b'a K-H sok ja K-T aji kanyu ja FK. Jaxani b'a C-T Kan ke mix tukb'imas ja b'a yajanali pe ti mas je'a b'a yal gráfica ke tukb'i y ja mas lek waji ja FMg chajach' junxta waji ja b'a FQ jaxa mas ko'eli ja HMgK ke wax ajikan jun 12%.

INTRODUCCIÓN

La higuera (*Ricinus communis* L.), es una maleza oleaginosa que crece espontáneamente en gran parte de los campos y por su hábito de crecimiento, es un arbusto que puede llegar a medir entre cuatro y cinco metros de altura, perenne, con hojas de gran área foliar y tallos huecos; pero, con altos contenidos de celulosa. El órgano más empleado de la planta es la semilla, cuyo aceite se utiliza en más de 180 productos, como son en la industria de motores de alta revolución, en pinturas, lacas, barnices, plásticos, para generar biodiesel, fertilizantes y como antiparasitario en humanos.

El aumento acelerado del uso de energía derivada de los combustibles fósiles, con la consecuente emisión de grandes cantidades de gases de efecto invernadero a la atmósfera, ha motivado la búsqueda de fuentes alternativas de energía a partir de recursos renovables como lo mencionan Rambo *et al.*, (2015).

Hay muchas fuentes de energía alternativas como la eólica, solar, geotérmica y biomasa de vegetales que cumplen con el criterio de sostenibilidad; sin embargo, sólo algunas de ellas reúnen el criterio de viabilidad económica y la mejor opción para cumplir los criterios anteriores son los biocombustibles, los cuales son líquidos o gaseosos, obtenidos a partir de materias primas renovables mediante procesos de conversión biológica y termoquímica. Varios biocombustibles, como el Bioetanol, el Metanol, el Biodiesel, la Bioturbosina y el Hidrógeno, parecen ser opciones atractivas para el futuro del sector del transporte y se espera que la producción de biocombustibles aumente de manera constante en las próximas dos o tres décadas.

Mukhopadh *et al.*, (2011) mencionan que debido a que las materias primas mencionadas, constituyen parte del sustento humano y animal y su disponibilidad es limitada, actualmente se desarrollan tecnologías de producción de etanol de segunda generación a base de diferentes tipos de materiales lignocelulósicos; cuyas ventajas son: gran disponibilidad, bajo costo y sostenibilidad sin competir con la producción de

alimentos, estos son los principales motivos que convierten a los compuestos lignocelulósicos en materia prima altamente atractiva, para la producción de Bioetanol u otros biocombustibles líquidos señalan.

En los últimos 25 años, en México, con el auge de la agricultura sostenible y/o sustentable, la búsqueda de técnicas de producción agrícola, económica y ecológicamente factibles, ha tomado gran importancia. Es conocido que el uso de fertilizantes químicos en la agricultura, ha traído grandes beneficios al incrementar el rendimiento por superficie; sin embargo, la mayoría de estos productos son derivados de recursos naturales no renovables y su costo es elevado; por lo que, una alternativa real y que puede ayudar a los agricultores en la producción vegetal, es el uso de sustancias húmicas (SH), pero de forma organizada.

Así, la Sociedad Internacional de Substancias Húmicas (IHSS) (2013), dice que las SH, son una mezcla compleja y heterogénea de materiales orgánicos polidispersados, formados en suelos, sedimentos y aguas naturales por reacciones químicas y bioquímicas, durante la descomposición y transformación de plantas y restos de microorganismos (proceso denominado Humificación). Stevenson (1994), él las clasifica en: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), de acuerdo a su solubilidad en ácidos o álcalis.

Schnitzer (2000) argumenta que los AH y los AF, se les atribuye que pueden complejar y/o quelatar cationes y llevarlos a la pared celular de la raíz de los vegetales, debido a su alto contenido de grupos funcionales libres oxigenados. En los primeros, dominan los grupos funcionales oxhidrilos fenólicos (OH) y en los segundos, los grupos carboxilos (-COOH), porque más del 80 por ciento de la estructura molecular de dichos ácidos, está formada por los grupos funcionales mencionados; además, presentan alta capacidad para intercambiar cationes señala Stevenson (1994).

Gracias a lo anterior, cuando a estos compuestos orgánicos se les adicionan nutrimentos, son denominados Humatos y/o Fulvatos del elemento químico

dominante. Sin embargo, el o los mecanismos mediante los cuales las mezclas orgánico-minerales logran lo anterior, no están bien dilucidados y desde el punto de vista comercial y de investigación, muy pocos trabajos han sido consagrados a obtener biomasa de esta planta y se le ha dado poca importancia industrial, como lo es la producción de Bioetanol a partir de la celulosa.

Hasta el momento no existe ningún reporte de aprovechamiento de la biomasa de la planta, para la producción de biocombustibles. En este trabajo, se propone dilucidar como los Humatos y Fulvatos de K y Mg, aumentan la cantidad de celulosa del tallo de la “Higuerilla” como materia prima alternativa, para la producción de Bioetanol; con los siguientes objetivos e hipótesis:

OBJETIVOS

General

Determinar el efecto de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio, en la producción de celulosa de tallo de “Higuerilla”

Específico

Determinar el tratamiento adecuado de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio, que genere la producción más alta de celulosa de tallo de “Higuerilla”

HIPOTESIS

Al menos, un tratamiento de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio, aumentan la producción de celulosa del tallo de “Higuerilla”

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades de “La Higuerilla”

Estudios realizados por algunas empresas Brasileñas, indican que el origen de *Ricinus communis L.* está en Abisinia, Irán y Afganistán. Se considera que esta planta puede tomar desde un color verde claro a uno azul grisáceo o incluso rojizo. En la historia, fue utilizada en antorchas o candiles requeridos para el alumbrado e incluso, se usó en aplicaciones medicinales al ser dispuesta como remedio para contrarrestar trastornos digestivos, atacar la erisipela (una infección cutánea distinguida principalmente por erupciones rojizas en la cara y el cuero cabelludo, acompañada por fiebres), dolores estomacales, heridas, inflamaciones, abscesos, reumatismo e incluso, fue usada como purgante y se destaca que ingerir sus semillas puede ser mortal (pues su contenido toxoalbumínico lo confirma); sus hojas, también se emplearon como una especie de “venda4je” al buscar aliviar dolores físicos. Además, se reconoce que sus raíces adicionalmente tienen propiedades para disminuir la fiebre, como considera Embrapa (2005 a).

En cuanto a la distribución, se tiene que ha sido introducida en casi todas las regiones del mundo, principalmente en regiones cálidas donde se ha naturalizado por ser planta cultivada desde la antigüedad, para obtener aceite de ricino o como especie ornamental expresan Fonnegra *et al.* (2007).

Según Cardona (2008), es originaria de Etiopía, pero la planta ha sido adaptada a una serie de países, tanto es así que, en cada país tiene una designación especial; por ello, los nombres de “Higuera” o “Higuerilla del Diablo”, “Higuera Infernal”, “Tlapatl”, “Palmacristi”, “Alcherva”, “Frijol de Castor”, “Catapucia Mayor”, “Cherva”, “Crotón”, “Higuereta” (en Puerto Rico), “Higuerillo”, “Palma de Cristo”, “Piojo del Diablo”, “Querva”, “Tártago” o sencillamente “Higuerilla”, tal como se la designa en el Ecuador.

González (2001), señala que el nombre común de “Aceite de Castor” (“Castor Oil”), se da porque erróneamente en los siglos XVI y XVII, se creía que el aceite de ricino se obtenía de la semilla de la planta *Agnus castus*. Para Mejía (2011), es originaria de África de donde se extendió al Medio Oriente como planta silvestre. En la India y China, fue conocida hace unos 3000 años y probablemente se introdujo en América después del descubrimiento. Los Egipcios hace más de 4000 años, la empleaban en la iluminación o alumbrado de sus casas, parece que era una planta altamente estimada porque en algunas tumbas egipcias se han encontrado sus semillas.

Villaseñor y Espinoza (1998) indican que en México hay registros que se encuentra en: Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán.

En México, la higuera se ha naturalizado en todas las regiones cálidas produciéndose de forma adecuada en donde la temperatura promedio es de 20°C y la altitud no mayor de 1500 m.s.n.m.; aunque, por su gran capacidad de adaptación a las diferentes regiones ecológicas, se le encuentra en forma cosmopolita en todo el país. El *Ricinus L.*, es un género de plantas de flores, con aproximadamente 72 especies, cuyo nombre, etimológicamente se debe al nombre latino de la garrapata *Ricinus* y se refiere al parecido de la semilla con dicho ácaro, tanto en la forma como en el color menciona Fonnegra *et al.*, (2007).

Cerón (1993) da a conocer en la actualidad, la *Ricinus* se cultiva con el propósito de producir aceites industriales en una serie de países de Europa, Asia, África, América (especialmente en el Sur) y la India, pues el aceite que se extrae desde sus semillas, se emplea en industrias para fabricar desde explosivos, barnices, lubricantes, plásticos, tintas, pegamentos, fertilizantes, jabones, velas y cosméticos.

Clasificación Taxonómica

Según Cronquist (1981), la clasificación taxonómica de la higuera es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Euphorbiales

Familia: Euphorbiaceae

Género: Ricinus L.

Especie: *Ricinus communis* L.

Para Martínez (1979), se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino: Vegetal

Subreino: Traqueobionta

Superdivisión: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Euphorbiales

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Ricinus*

Especie: *communis* L.

Descripción Botánica

Valencia *et al.*, (2000) y Embrapa (2005 a) argumentan que el sistema radicular de la higuera es pivotante. Los tallos son erectos, lampiños, ramificados y rojizos, sin látex. Sus hojas miden hasta 50 cm, tienen nerviación palmeada y hendidas con cinco a nueve lóbulos, su borde es irregularmente dentado, en su forma algo redondeada y con divisiones lanceoladas, son alternas con peciolo largo de hasta 20 cm. de longitud. Sus flores se agrupan en racimos, espigas o candelas unisexuales que alcanzan hasta 75 cm de largo.

Heike (2009) escribe que es una planta monoica con flores masculinas y femeninas en las inflorescencias, algunas variedades cuando las cápsulas están maduras y secas, con ayuda del sol abren solas denominándoseles dehiscentes. A las que no abren con estos elementos se denominan indehiscentes. En las dehiscentes la cosecha puede iniciar a partir de los 120 días en variedades precoces y a los 160 días en tardías.

Las flores se alternan, masculinas en su base y femeninas en la parte superior de las inflorescencias, aunque debe destacarse que el porcentaje de flores femeninas es de gran variabilidad, lo cual garantiza una mayor cantidad de frutos. El fruto es una cápsula con un largo que oscila entre los 1.5 y 2.5 cm, presenta espinas y contiene tres semillas de las que se extrae el aceite de ricino. Las semillas son elipsoides grandes, lisos y brillantes, de color pardo rojizo, con manchas o pintas de color café o gris; su longitud varía entre 10 y 17 mm señalan Villarroel, (1991) y Embrapa (2005 b).

Según Rzedowsky y Rzedowsky (2001), la descripción botánica de la planta de higuera es la siguiente: es una planta herbácea, perenne, alta, de raíz superficial y tallo grueso erecto, hueco por dentro, leñoso, de uno a 5 m de altura y ramificado, de color verde a café rojizo. De lo mismo que los rabillos y nervios de las hojas, puede tomar un color púrpura oscuro, suele estar cubierto de un polvillo blanco, semejante a la cera. La raíz es pivotante y puede alcanzar hasta 3 m de profundidad

constituyéndose el anclaje principal de la planta. Presenta tallo grueso, erecto, hueco por dentro, leñoso, lampiño, de uno a 5 metros de altura y ramificado de color verde a café rojizo. Las hojas son, láminas casi orbiculares, de 10 a 60 cm de diámetro, alternas, palmatilobadas, con dimensiones ovado-oblongas a lanceoladas, agudas o acuminadas, lóbulos irregularmente dentados, miden hasta 50 cm de longitud, divididas en varias partes, tienen forma de estrella, con pecíolo muy largo hasta de 20 cm de longitud, unido por su parte inferior, nervaduras rojizas y bordes dentados de tamaño irregular.

Las flores crecen en racimos y tienen color blanco, se presentan flores masculinas con un periantro de 6 a 12 mm de largo y flores femeninas de 4 a 8 mm de largo: la flor femenina son con tres estilos, dispuestas en la parte superior de la panícula, con ovario formado por tres hojas carpelares y rematadas por tres ramitas bifurcadas, con papilas destinadas a captar el polen; florecen casi todo el año y las flores masculinas, están en la parte inferior de los tallos con un cáliz, con cinco piezas lanceoladas y múltiples estambres soldados, con forma de columna, ramificada en forma de coliflor.

Los mismos autores, continúan al establecer que: los frutos son globuloso, trilobulado, cápsula casi siempre cubierto por abundantes púas, que le dan un aspecto erizado; tiene tres cavidades, ovoide de 1-2 cm de diámetro, con la superficie cubierta de espinas y de color rojo antes de la maduración. Con semillas elipsoides, algo aplanadas, de 10 a 17 mm de largo, lisas, brillantes, frecuentemente jaspeadas de café y gris, conspicuamente carunculadas, son muy toxicas, por la presencia de una albúmina llamada ricina, similar a la estricnina, ya que basta la ingestión de unas pocas para producir la muerte; sin embargo, producen aceite de ricino, pero eliminan la toxina ricina, contiene vitamina E, y su aceite es soluble en alcohol muy valorado en cosmética y utilizado como laxante.

Requerimientos Climáticos

Como planta típica de zonas cálidas, su producción es mayor cuando la media de las temperaturas mínimas se sitúa en torno a los 20°C y la media de las máximas alrededor de los 30°C; si las temperaturas son inferiores a este rango, principalmente durante la floración, suele producirse una disminución en el número de flores femeninas. También, la temperatura tiene mucha importancia en la etapa de la emergencia de la semilla, si esta es menor de 20°C la emergencia se tardará entre 15 a 20 días y si es mayor de 30°C será de seis días. La planta exige alta luminosidad, requiriendo para completar su ciclo de 10 a 12 horas de luz solar diariamente. Puede producir con baja disponibilidad de agua, pero si dispone de ella, puede prolongar su período de fructificación menciona Pavón (2011).

Embrapa (2005 c) describe los cultivares de porte alto son los que mejor resisten los largos períodos de sequía, debido a que su sistema radicular tiene capacidad para alcanzar grandes profundidades. Los cultivares modernos, enanos y con raíces más superficiales, exigen precipitaciones entre 600 y 1000 mm, que permiten obtener producciones de aproximadamente 1000 a 1500 kg.ha⁻¹.

Argumenta Robles (1992) que el cultivo prospera desde el nivel del mar hasta los 2,500 m de altitud, pero conforme aumenta la altitud decrece el contenido de aceite. La higuerrilla requiere una época seca definida después de la floración y su requerimiento de agua durante la etapa de crecimiento es de 600 a 800 mm; tiene gran capacidad de adaptación y hoy día es cultivada prácticamente en todas las regiones tropicales y subtropicales, aunque es típica de regiones semiáridas sugiere Cobley (1995).

La precipitación es un factor importante en la distribución de *Ricinus communis*, donde la mayor frecuencia de colectas corresponde a las zonas relativamente secas, con precipitaciones que van entre los 250 y 650 mm. Las colectas descienden en su frecuencia en rangos de precipitación de 650 y 1450 mm, y

adquieren los valores mínimos en rangos de 1450 y 2250 mm. En rangos de precipitaciones superiores a los 4250 mm, también es posible encontrar individuos de *Ricinus communis*, una vez más gracias a su extraordinaria capacidad de adaptación mencionan Mendoza y Reyes (1985).

Requerimientos Edáficos

Embrapa, (2005 b), sugiere que el pH del suelo óptimo para este cultivo debe mantenerse alrededor de 6 a 7; el mínimo tolerable para la planta es de 5.5. Cuando este valor es inferior a 5, se puede aplicar cal para corregir el pH, por lo menos tres meses antes de la siembra. En cambio, Mejía (2011), manifiesta que la planta puede desarrollarse sin ningún problema en suelos que tengan pH entre 5 y 6.5.

Esta planta prospera bien en suelos profundos, de consistencia suelta, con buena aireación, poco y de buen drenaje, de mediana o alta fertilidad, permeables, con altas cantidades de elementos nutritivos y con pH sobre 5.5 (óptimo 6 - 7), aunque no soporta la alcalinidad según Robles (1992).

Manejo Agronómico

Miranda (1976) indica que los terrenos para cultivar comercialmente esta especie, deben tener facilidades para el uso de maquinaria. Las labores consisten en: una arada a 20 cm de profundidad, según el suelo sea liviano o pesado, luego entre una o dos pasadas de rastra en sentido cruzado. En la última, que debe realizarse inmediatamente antes de sembrar, se acostumbra hacer los surcos orientados perpendicularmente a la dirección del viento.

La semilla es importante saber de dónde proviene, ya que hay diferentes variedades e híbridos que pueden ser más útiles según las condiciones del lote, debemos tomar en cuenta también algunas de las características para la semilla primordialmente que estas, no presenten alguna enfermedad como hongos y que

tenga un 90 por ciento de germinación y esté en óptimas condiciones para su siembra plantea Robles (1982).

Siembra

En siembras, se utiliza la sembradora con un disco de distribución adecuado para depositar una semilla por metro, a una profundidad de cinco centímetros cuando hay humedad y a ocho centímetros, si no hay humedad, con un espaciamiento entre surcos de 1 m, generalmente. Respetar la profundidad de siembra mencionada, es de gran importancia, ya que el calor, debido al alto contenido de aceite de la semilla, la quema y disminuye mucho la germinación señalan Guzmán y Vela (1979).

El fertilizante que se adiciona en la siembra y el insecticida de suelo, de ser necesario, se aplica en banda y a un lado de la línea de siembra y entre 5 y 10 cm de la semilla. En el caso de una pérdida superior al 25 por ciento de plantas sembradas, se recomienda resembrar. Con variedades de porte enano de 10.000 a 15.000 plantas por hectárea.

Se fertiliza de la siguiente forma: a la siembra se adicionan entre 50 y 70 kg/ha de fósforo y entre 30 y 50 kg/ha de potasio y nitrógeno; a los veinticinco días se aplican 50 kg/ha de nitrógeno y a los cincuenta días otros 50 kg/ha del mismo nutrimento argumenta Guzmán (1989).

Plagas y Enfermedades

Según, Villaseñor y Espinosa (1998), indican que algunas de las enfermedades y plagas que se pueden presentar en la higuera son:

Enfermedades

Marchitez o Fusariosis (*Fusarium oxysporum*): es un hongo que vive en el suelo y ataca las plantas en cualquier estado de su ciclo. Las hojas las deja marchitas y quedan perdiendo el pecíolo. En la base de las hojas y de las ramas produce una mancha color marrón oscuro, desarrollada en sentido longitudinal; generalmente causa la muerte de la planta.

La Podredumbre Gris (*Botrytis ricini*), ataca la parte reproductiva de la higuera, desde la inflorescencia hasta la semilla y pudre la cápsula. Se presenta en condiciones de alta humedad y temperatura.

Plagas

La Gallina Ciega (*Phyllophaga spp*), afecta principalmente lo que es la raíz destruyendo toda la estructura de las raíces y el Gusano de alambre (*Agrotis spp.*), daña principalmente lo que es el tallo de la plántula de la higuera para su alimentación.

Cosecha

La cosecha de esta planta, se inicia normalmente a los 120 días cuando las variedades son precoces y a los 150 días en las más tardías. El criterio que debe predominar es: el racimo está listo para cosechar cuando está totalmente seco o tiene solo tres frutos verdes y los demás ya se han secado, habiendo cambiado de color verde a café. Cuando los frutos están verdes, no es fácil abrir la cápsula para retirar las semillas, y la calidad del aceite es baja por el aumento de la acidez y hay una reducción en el contenido de aceite. Embrapa (2006), recomienda no cosechar fruto por fruto, cuando éstos van secando, debido al alto costo de mano de obra y no es necesario hacerlo si las variedades son indehiscentes.

Importancia Económica de la “Higuerilla”

Internacional

El aceite de higuerilla que tantas aplicaciones tiene, procede de sus semillas, contiene del 35 al 55 por ciento de aceite viscoso, incoloro, o algo verde que se obtiene mediante presión mecánica o por medio de disolventes. Actualmente el 99 por ciento, se emplea en la industria de la transformación en la obtención de unos 25 productos diferentes; es resistente al agua y por eso se usa como aislante, es un buen lubricante para motores de avión y aparatos de gran precisión, difícilmente se congela a bajas temperaturas. Una vez hidratado se convierte en un aceite que se seca rápidamente, muy usado para fabricar pinturas, barnices, jabón, tintes y protección de cueros.

Actualmente la higuerilla se encuentra ampliamente distribuida por su cultivo con fines industriales, por su crecimiento espontáneo y por su uso como planta ornamental. Brasil, India, China, Etiopia y Paraguay son sus principales productores indica la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, - 2006) (Cuadro 2.1).

País	Producción (Tonelada)
India	870 000
China	268 000
Brasil	176 763
Etiopia	15 000
Paraguay	11 500
Total	1 393 812

cuadro 2. 1. Principales países productores de “Higuerilla” en 2005.

Nacional

La “Higuerilla” en México no se ha establecido como cultivo de importancia, por falta de tecnología de esta planta y por la inseguridad en el mercado nacional e internacional. En años anteriores las industrias de transformación de este aceite,

obtenían la materia prima a través de la importación, pues resultaba más económica esta forma que su producción en el país postula el Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB, -1993).

El Magnesio y el Potasio

Marschner (1986), Mengel y Kirkby (2000) argumentan que el magnesio (Mg), es absorbido por las plantas como ion Mg^{+} . Cakmak (2015), indica que el Mg forma parte esencial de la clorofila, es necesario para la actividad enzimática incluyendo aquellos pasos más importantes en la actuación del ATP; así como, es fundamentales para formar carbohidratos, grasas y ceras. Su abundancia sugiere una multiplicidad de funciones, principalmente como activador de reacciones enzimáticas, entre las que están las de transferencia de fosfato nucleótidos (fosfatasas, kinasas, ATPasas, sintetasas, nucleótido - transferasas), de grupos carboxilos (carboxilasas, descarboxilasas) y activador de deshidrogenasas, mutasas y liasas.

Para Cakmak (2015), el potasio (K) es un nutriente clave en la relación agua-planta al ayudar a los vegetales a mantener altos niveles de turgencia, es decir, niveles adecuados de agua en las plantas. Lo anterior es posible debido a que participa fuertemente en la regulación de la apertura y cierre de estomas, lo cual es esencial para la fotosíntesis. La apertura y cierre de estomas, es posible debido a que el K se acumula en las células que rodean a los estomas (también conocidos como células guarda), ya que a través de osmosis las células acumulen agua (hinchamiento); posteriormente las células guarda hinchadas, aplican presión a los poros estomáticos y hacen que se abran. Cuando los estomas están abiertos se produce intercambio de CO_2 y otros gases entre la planta y la atmósfera, además las plantas liberan oxígeno y agua.

Este mismo Investigador continua al decir, si el suministro de K es inadecuado, la velocidad de apertura y cierre de estomas disminuirá, lo que puede resultar en una

notable pérdida de agua. En resumen, las plantas con un suministro insuficiente de K son más susceptibles al estrés hídrico.

Además, establece que, quizá el papel más importante del K se da en el proceso de la fotosíntesis, donde participa en la activación de enzimas e interviene en la producción del adenosín trifosfato (ATP). Además, el balance de carga eléctrica en el sitio de producción de ATP se mantiene con iones de K⁺. Cuando las plantas tienen deficiencia de este elemento, la tasa de fotosíntesis y la tasa de producción de ATP se reducen, así como todos los procesos dependientes del ATP; en este sentido, debido a su contribución para la presión osmótica y la turgencia de las células, el K desempeña un papel esencial en la apertura y cierre de las estomas que regulan la transpiración y la absorción de CO₂.

Otra función vital es el transporte de los fotoasimilados por medio del floema; por otra parte, el K desempeña un papel crítico en el transporte de azúcares en el floema. Como se sabe, los órganos fuentes (principalmente las hojas), son los encargados de llevar a cabo el proceso de fotosíntesis y a través de este proceso se producen fotoasimilados que posteriormente son transportados por el canal del floema hasta los órganos sumideros (flores, frutos, raíces, etc.). La carga de los fotoasimilados en el floema es impulsada por la ATP-asa, y el K es el elemento encargado de activar esta enzima. Al limitar la llegada de carbohidratos a los órganos demanda, estas no logran la longitud o el tamaño adecuado.

También, en la activación enzimática el catión K⁺ participa en la actividad catalítica de más de 60 enzimas en los vegetales, entre ellas la enzima ATP-asa. El K, es un catión monovalente que interactúa con las enzimas; activa las enzimas induciendo cambios en la conformación de la proteína enzimática. En general, este cambio inducido por el potasio favorece la velocidad de las reacciones catalíticas. También se ha demostrado que la cantidad de este nutriente presente en la célula determina cuántas reacciones impulsadas por enzimas puede activarse en cualquier momento.

El K es fundamental en la síntesis proteica, porque desempeña un papel elemental en la síntesis y activación de la enzima nitrato-reductasa (NR) y esta a su vez es considerada una enzima clave del proceso de asimilación del nitrógeno (N). El K mantiene una relación estrecha en la absorción, translocación y asimilación de los NO_3^- en las plantas y es la materia prima para la formación de las proteínas. También, interviene en la elongación celular y uno de los requisitos para la elongación celular es la acumulación de soluto para crear el potencial osmótico interno necesario para la presión de turgencia.

El K, es el principal soluto requerido en las vacuolas para la elongación de las células, debido a que aumenta el potencial osmótico al favorecer la entrada de agua; por lo tanto, el K es un nutriente fundamental para la elongación celular, principalmente para el crecimiento de las raíces. La falta de K, además de afectar el crecimiento radicular, también limita la absorción de agua y otros nutrientes al tener menor cantidad de pelos absorbentes; lo anterior se acrecienta en suelos con contenidos bajos de nutrientes y bajo contenido de agua disponible en el suelo.

Las Sustancias Húmicas

Se sabe que la composición química de la materia orgánica, incluye a muchos anillos aromáticos que interactúan entre sí y con cadenas alifáticas, dando lugar a macromoléculas con diferente masa. La génesis de las Sustancias Húmicas, implica una combinación de varios caminos de reacción y una gran variedad de sistemas químicos vinculantes, es muy difícil definir un concepto claro de su composición. Los residuos orgánicos, vegetales y animales, manejados o depositados en diferentes ambientes, tales como suelo, compostas, biodigestores, turbas, pantanos, carbones, se ven sometidos a un proceso de transformación esencialmente microbiana plantea Hayes y Wilson (1997).

Este proceso consta fundamentalmente de dos vías: la mineralización y la humificación. La mineralización consiste en el paso de los nutrimentos de sus formas orgánicas a formas inorgánicas aprovechables por los cultivos. En el proceso de humificación, la explicación más aceptada se maneja en la denominada TEORIA DEL POLIFENOL indica Rodríguez (1991). Esta teoría incluye dos mecanismos cuya diferencia es el origen de los polifenoles. En uno de los mecanismos, los aldehídos y ácidos fenólicos, que se generan durante la degradación de ligninas por los microorganismos del suelo, producen quinonas por reacciones enzimáticas, las que se polimerizan para formar macromoléculas del tipo de las SH.

Stevenson (1994), plantea que el otro mecanismo es similar, excepto que los compuestos polifenólicos son sintetizados por microorganismos a partir de sustratos distintos de la lignina (por ejemplo, celulosa). Los polifenoles son luego oxidados enzimáticamente a quinonas y posteriormente convertidas en SH. De acuerdo a estos conceptos, las quinonas provenientes de la lignina, son sintetizadas por los microorganismos, son los bloques principales a partir de los cuales se forman las SH. La formación de compuestos de color oscuro a partir de reacciones en las que participan quinonas ya fue observada en la formación de melanina. El término SH, suele utilizarse como nombre genérico para describir al material coloreado del suelo o a las fracciones que se obtienen en base a sus características de solubilidad.

De acuerdo con Stevenson (1994), se clasifican en: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), de acuerdo a su solubilidad en ácidos o álcalis. De forma general MacCarthy (2001), menciona que están compuestas por aproximadamente 50 por ciento de carbono, entre 35-45 por ciento de oxígeno, 5 por ciento de hidrogeno, tres por ciento de nitrógeno y azufre. La Sociedad Internacional de Substancias Húmicas (IHSS, 2013), las define como una mezcla compleja y heterogénea de materiales polidispersados, formados en suelos, sedimentos y aguas naturales por reacciones químicas y bioquímicas, durante la descomposición y transformación de plantas y restos de microorganismos (proceso denominado humificación).

Coyne (2000), clasifica las SH de la siguiente manera: ácidos húmicos, son la fracción de las SH que no es soluble en soluciones acuosas ácidas ($\text{pH} < 2$), pero sí es soluble a valores mayores de pH; puede extraérselas del suelo con reactivos alcalinos, son la mayor fracción extraíble de las SH del suelo y presentan una coloración entre marrón oscuro y negro. Los ácidos fúlvicos, son la fracción soluble en soluciones acuosas a cualquier valor de pH, se las separa de los AH por acidificación, permanecen en solución y son de color amarillo-amarronado. Las huminas, son la fracción insoluble en agua a cualquier valor de pH y son de color negro plantean Karanfil *et al.*, (1996).

Importancia de las Sustancias Húmicas

Stevenson (1994), argumenta que la complejación y/o quelatación es el papel más importante de las sustancias húmicas, ya que quelatan los cationes y los coloca disponibles para la raíz de la planta; además, previene su precipitación. Los elementos metálicos son más rápidamente adsorbidos que los alcalinotérreos, ya que se compleja hierro y zinc más rápido que el sodio. Las SH estimulan la absorción de iones en muchas plantas a una concentración de 10 a 100 ppm comentan Zacharakis y Shepherd (2001).

Durson *et al.*, (2007), afirma que las SH tienen efectos benéficos en la absorción de nutrientes por las plantas y particularmente el transporte y disponibilidad de microelementos; cuando se aplican en soluciones minerales ayudan al crecimiento de varias especies vegetales lo que hace creer que dichas sustancias actúan como hormonas de crecimiento vegetal mencionan Chen y Aviad (1990). Aplicaciones prolongadas de manera foliar de AH, estimulan mayor eficiencia fotosintética a partir de la quinta aplicación al principio de la cosecha de fruta en la planta de fresa plantean Neri *et al.*, (2002).

Los efectos Bioestimulantes de las SH, es que se caracterizan tanto por los cambios estructurales y fisiológicos en las raíces y brotes relacionados con la absorción de nutrientes, la asimilación y distribución (rasgos de la eficiencia del uso de nutrientes). También, pueden inducir cambios en el metabolismo vegetal y los relacionados con la tolerancia al estrés abiótico que modula colectivamente crecimiento de las plantas, así como la promoción de la aptitud.

En conclusión, la aplicación exógena de SH dentro de los sistemas agronómicos, se puede utilizar para ayudar al desarrollo de la intensificación sostenible. Como la mayoría de las SH utilizados en la agricultura, actualmente se derivan a partir de recursos no renovables como el carbón y la turba, la promoción de esta tecnología también requiere el desarrollo de nuevas fuentes sostenibles de productos húmicos lo explican Canellas *et al.*, (2015).

La aplicación de SH se observa un aumento en la nutrición mineral, es decir, en general aumenta la absorción de macro y micro elementos que podrían estar relacionados con la estimulación del crecimiento de plantas. La aplicación de extractos húmicos mejora la absorción de potasio, calcio, fósforo, nitrógeno, manganeso y hierro; además, se ha observado mayor concentración de nutrimentos en los tejidos radicales. En condiciones hidropónicas, se ha observado que inducen a una precocidad en la floración y modifican el desarrollo de la raíz, es decir, hay mayor cantidad de raíces según Eyheraguibel *et al.*, (2008).

Las Substancias Húmicas como Agente Quelatante

De Santiago *et al.*, (2008) explican que las SH forman sales con catión de metales alcalinos, alcalino-térreos y con otros metales, dando origen a humatos y fulvatos. Algunos de ellos son de alto valor nutrimental para las plantas, ya que vuelven solubles y asimilables a los metales. Así, por ejemplo, los AF reducen y movilizan al hierro transformándolo de Fe^{3+} a Fe^{2+} . Los elementos metálicos son más rápidamente adsorbidos que los alcalinotérreos, ya que se compleja hierro y zinc más rápido que el

sodio; por lo que, al adicionar AF y Fe es más abundante en tejido vegetal de follaje de tomate ya que hay mayor cantidad de calcio y resulta muy favorable para corregir la clorosis férrica en el cultivo de altramuz menciona Orlov (1995).

La presencia de las SH, promueven el crecimiento de plantas de vid además aumenta en el número de brotes laterales, mayor altura, mayor contenido de materia seca de hojas, tallos raíces y aumento de la clorofila total, se ha encontrado que aumenta la concentración foliar de clorofilas totales conforme aumenta la dosis de aplicación de sustancias húmicas. Además, de que promueve un mayor contenido de carbohidratos, y concentración de clorofila en hojas y brotes. Aumenta los niveles de fosforo y potasio en raíces como también los niveles de calcio, magnesio y zinc en hojas plantea Ramos (2000).

Este mismo investigador, establece que la aplicación de AF durante la floración puede llegar a tener efectos negativos; pero, aplicados durante la fructificación los AH estimulan la acumulación de pigmentación y ayuda a que las hojas tengan mayor eficiencia fotosintética, esto a su vez tiene como consecuencia frutos de mayor calidad, ya que en la etapa de fructificación hay mayor demanda de carbohidratos. Además, continúa diciendo que tienen efecto sobre los parámetros de calidad de frutos que se manifiesta en aumento de la acidez, la conductividad eléctrica, los ácidos solubles y la vitamina C.

Aunque la influencia de las SH, es más acusada sobre las raíces, existen numerosos estudios de su efecto sobre la parte aérea. Así, Rauthan y Schnitzer (1981), estudiaron la incidencia de la aplicación de los AF a la disolución nutritiva (Hoagland), en plantas de pepino. El resultado se muestra, en el óptimo crecimiento de los tallos para dosis de 100 a 300 mg. litro^{-1} . Mientras que, Chen *et al.*, (1990), mencionan que las SH, mezcladas con soluciones minerales, ayuda al crecimiento de varias especies vegetales lo que hace creer que las sustancias orgánicas, actúan como hormonas de crecimiento vegetal; pero, otros autores como Olsen (1982), aseguran que el efecto positivo de las SH sobre las plantas, se puede atribuir a la

solubilización de iones como Fe, por lo que cuando se utilizan SH para mejorar el crecimiento de las plantas, es necesario suministrar suficiente cantidad de minerales.

Según los resultados reportados en la literatura de investigación de los efectos positivos de las SH, se observó por primera vez en factores fisiotécnicos que refleja un crecimiento tales como aumento de los brotes y longitud de la raíz o el peso fresco y seco para cada órgano de maíz. Sin embargo, la mayoría de los estudios se centran en el crecimiento de planta jóvenes y hay poca información disponible sobre el efecto de las SH en conjuntos en plantas maduras (las etapas avanzadas de desarrollo, es decir, la floración). En plantas de olivo estimula el crecimiento de brotes indica Escobar (2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en dos etapas: la primera en campo y la segunda en el Laboratorio de Fertilidad de Suelos y Sustratos del *Campus* principal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) y otra parte, en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila (U. A. de C.); ambas en Saltillo, Coahuila, México (Figura 4.1).



Figura 4. 1.- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Localización del Trabajo

La primera etapa, se realizó en una Estación Experimental, propiedad de la UAAAN, que se encuentra a 425 kilómetros al norte de Saltillo, Coahuila, a 12 km al Norte de la Ciudad de Zaragoza, Coahuila y está ubicada a los 28° 33' de Latitud Norte, 100° 55' de Longitud Oeste y a los 350 m.s.n.m. (Figura 4.2).



Figura 4. 2.- Localización del área de experimento.

Elaboración de los Humatos y Fulvatos

El mineral fósil del carbón denominado Leonardita, fue obtenida de una mina de Alpine, Texas, U.S.A., secada a 60 °C durante 24 horas en una estufa de secado (Lab Oven, Quincy Lab. Inc. Modelo 30GC, Serie G3-5572. Chicago, IL. U.S.A.), después enfriada a temperatura ambiente (25°C) durante una hora y tamizada a una malla de un milímetro de diámetro. A cinco gramos se les adicionaron 100 mL de hidróxido de potasio 0.5 N (KOH, 0.5 N), se colocaron a “Baño María” (Water Bath YAMATO, Modelo BM100) durante dos horas a 60°C, para extraer los AH y los AF.

Una vez extraídos, ambos compuestos fueron separados con ácido acético (AAc) al 98 por ciento de pureza; esto fue de la siguiente forma: la solución que contenía las SH presentó pH de 9.2, se le adicionó el AAc y el pH se llevó a 4. De esta forma, se separaron los dos ácidos, porque por naturaleza, los AH precipitan en un medio ácido; después, se calentó la solución a 50°C durante 10 minutos y los AH se separaron completamente de los AF y se les adicionaron magnesio (Mg) y potasio (K), al dos por ciento. Como fuente de los elementos, se empleó el sulfato de ambos nutrimentos en forma de fertilizante.

Metodología

Semillas de la Variedad “GUANAJUAT-OIL”, donadas por el Dr. Miguel Hernández, Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), de Celaya, Guanajuato, fueron colocadas para la germinación de la plántula en macetas de poliestireno de 250 ml que contenían como sustrato la mezcla de “peat moss” con “perlita” (relación 1:1 v/v). Cuando la plántula presentó dos pares de hojas verdaderas, fue trasplantada en el área ya mencionada a la distancia entre plantas de dos metros y a 1.80 m entre hileras, bajo la técnica de “Tresbolillo”, lo cual proporcionó la cantidad de 730 plantas por hectárea. Las características del suelo se presentan en el cuadro 4.1 y el riego fue por inundación (“rodado”).

Profundidad (cm)	Textura	Da (g.cm ⁻³)	pH	CE (dS.m ⁻¹)	MO (%)	CIC (meq.100g)	K (mg.kg ⁻¹)	Mg (mg.kg ⁻¹)
0-30	F-Ar	1.13	8.39	0.58	1.58	24.2	407	233
30-60	F	1.12	8.44	0.53	1.46	23.8	171	259

cuadro 4. 1. Características físico-químicas del suelo empleado en el experimento.

Los tratamientos fueron adicionados de la siguiente manera, con base en los Índices de Steiner (Cuadro 4.2).

Tratamiento	Soluciones	Dosis (mg.kg ⁻¹)
1	FMg	1500
2	FK	1500
3	HMg	1500
4	HK	1500
5	FMgK	1500
6	HMgK	1500
7	FQ	1500

Cuadro 4. 2. Distribución de tratamientos aplicados a plántulas de "Higuerilla" (*Ricinus communis* L.) Variedad "GUANAJUAT-OIL".

Fulvato de magnesio (FMg), Fulvato de potasio (FK), Humato de magnesio (HMg), Humato de potasio (HK), Fulvato de magnesio y potasio (FMgK), Humato de magnesio y potasio (HMgK), Fertilización química (FQ).

Los compuestos orgánico-minerales fueron adicionados a los tres y 30 días después del trasplante al suelo. Las variables medidas fueron: altura de planta (AP), área foliar (AF), diámetro de tallo (DT) (Vernier Stainless-Steel, Marca Truper), peso seco de tallo (PST) (Lab Oven, Quincy Lab. Inc. Modelo 30GC, Serie G3-5572. Chicago, IL. U.S.A.), peso seco de semilla por planta (PSSP) y peso seco de semilla

por hectárea (PSSH) (Balanza Marca AND, Modelo GX-200), actividad de la enzima ATP-asa (ATP) (Bradford, 1976). Del tejido vegetal de follaje (K-H, Mg-H, Ca-H) y tallo (K-T, Mg-T, Ca-T); el potasio, magnesio y calcio por vía húmeda (Digestor a base de microondas MARS 6) (Espectrofotómetro de absorción atómica, Marca VARIAN, Modelo A-5) y la celulosa del tallo (C-T) (método Fibra ácido Detergente, modelo AnKom A 200 U.S.A. Analizador de fibra). El experimento se estableció de acuerdo al Diseño en Bloques Completamente al Azar.

El análisis de los datos, consistió en el análisis de varianza y la comparación de medias con base en el Método de DMS ($p \leq 0.05$); es decir, al 95 por ciento de confianza y se empleó para ello, el paquete para computador MINITAB, versión 17.1 en Español.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza

El análisis de varianza (ANVA) mostro para las variables, Área Foliar (AF), Peso Seco de Tallo (PST), Actividad Enzima ATP-asa (AE-ATP-asa), Nutrimiento en Follaje Mg (NF-Mg) y Nutrimiento en Follaje Ca (NF-Ca) diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos. Indicando que el tratamiento HMg,FK, HMg y FQ, FMg, FK y FMgK fueron los que obtuvieron estadísticamente mayores valores en las variables mencionadas (Figuras 4.2, 4.4, 4.7, y 4.8). Estos resultados confirman que los fulvatos y humatos ayudan al crecimiento y desarrollo de la planta.

Los resultados obtenidos del ANVA para las variables, Altura de Planta (AP), Diámetro de Tallo (DT), Peso Seco de Semilla por Planta (PSSP), Peso Seco de Semilla por Hectárea (PSSH), Nutrimientos en Follaje K (NF-K) y Celulosa (C) no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos, aunque numéricamente se observó que los tratamientos HK; HK y HMg; HMgK; FMg; HK; FK; HMg y FQ fueron los que aventajaron a las variables AP, DT, PSSP, PSSH, NF-K y C.

Área Foliar (AF)

Goytia *et al.*, (2014), mencionan que algunas variedades de plantas de “higuerilla” como son COLIMA, MICHOACAN; IBEA 240; LA VERDE; etc. Los clasifican en tres tipos que son: muy chica (< 8.5 cm), chica (8.6 ó 12.5 cm), mediana (12.6 ó 22.5 cm), grande (22.6 ó 30.5 cm) y muy grande (> 30.6 cm). El cual esta variable se encuentra en la clasificación muy grande (> 30.6 cm).

Para esta variable los resultados del ANVA mostraron efecto entre los tratamientos evaluados ($p < 0.05$). En el caso de la FQ contrastado con el resto de los tratamientos se aprecia cómo este tratamiento mostró valores intermedios siendo superado en 11% por el HMg. En el cómo de los Humatos y Fulvatos simples el de Mg supero claramente el de K y al combinado. Queda bastante claro que, en el caso de esta variable, que el Mg simple generó variables altas tanto con AF cómo con AH (Figura 4.3).

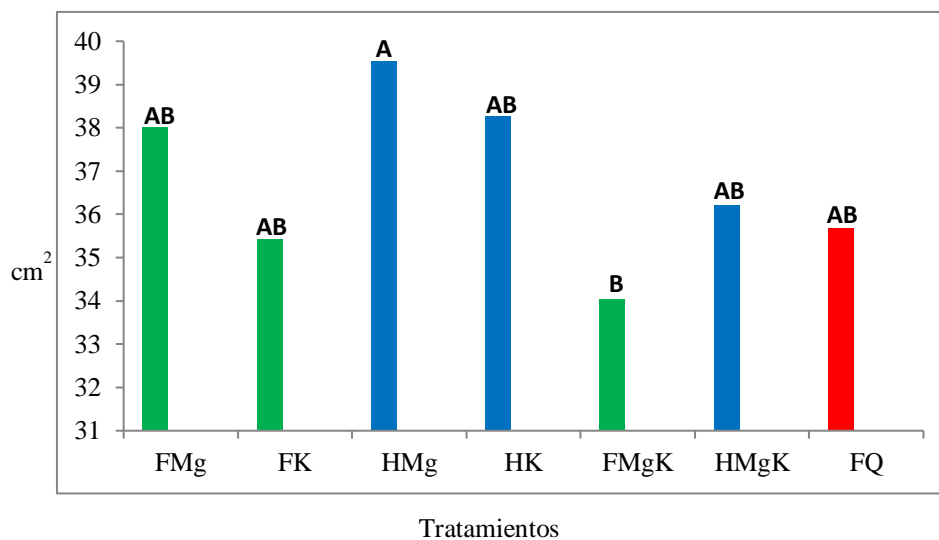


Figura 4. 3.- Área foliar de planta de “Higuerilla”, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio

Peso Seco de Tallo (PST)

Cakmak (2015) al establecer que el K aumenta el volumen y tamaño del *cambium* de las células del tallo con el cual se presenta la mayor cantidad del elemento en el tejido vegetal de follaje y tallo, por lo que es recomendable en adicionar este elemento.

En esta variable PST los tratamientos mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$). Mientras tanto la FQ se designa en los resultados de los tratamientos que se muestran que se obtuvo un valor alto pero superado por el HMgK. Se puede establecer que el valor presentado al aplicar el FK adelantó al del FMg y similar situación, sucedió cuando se mezclaron el Mg y el K con ambos compuestos orgánicos. Así, al aplicar el Humato de magnesio y potasio (HMgK), se superó al control en 4 % (Figura 4.4).

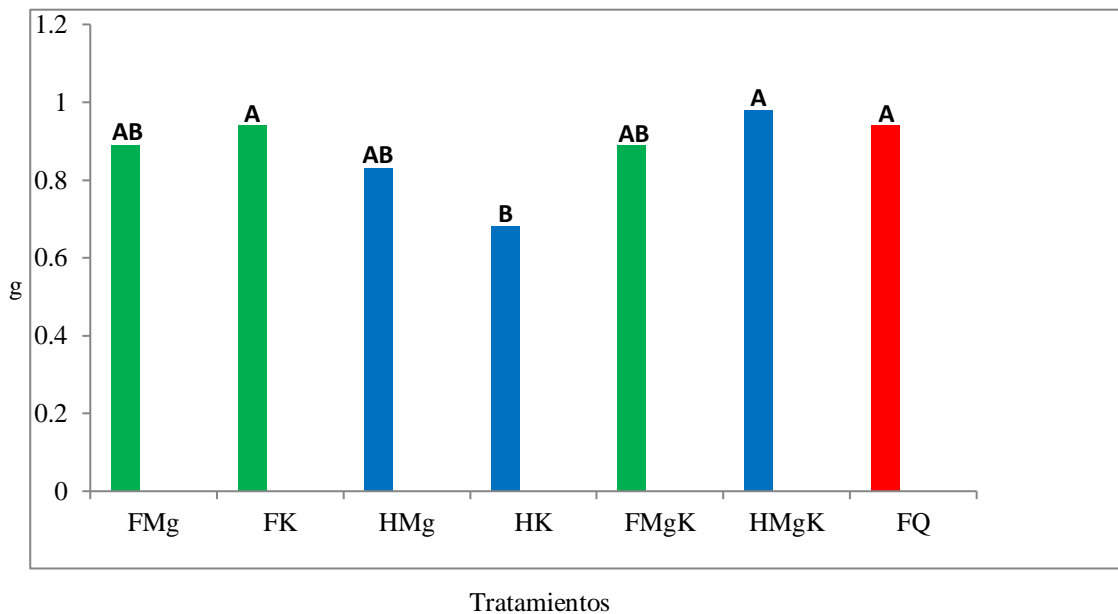


Figura 4. 4.- Peso seco de tallo de planta de “Higuerilla”, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio.

Actividad Enzima ATP-asa (AE-ATP-asa)

Ramos *et al.*, (2015), aislaron AH de una vermicomposta, los adicionaron en diversas dosis (1.0, 2.0, 3.5 y 4.0 μM de C) y encontraron que la superior actividad de la ATP-asa, fue al agregar 3.5 μM de C en la formación de raíces laterales y esto lo atribuyen en gran medida a la presencia de grupos Metoxi ($-\text{OCH}_3$) de los AH.

En esta variable, los tratamientos mostraron efecto significativo ($p < 0.05$) con base a la figura 4.5. Los resultados del tratamiento FQ mostró un resultado intermedio con la comparación de los resultados del resto de los tratamientos. En el caso de los humatos y fulvatos simples, el tratamiento que sobresalió es el FMg que superó 49% a los otros tratamientos. A diferencia de los humatos y fulvatos combinados representan un resultado igualitario. Mientras tanto los valores del HK y el HMgK se obtuvo mayor resultado que el del HMg y al FMgK (Figura 4.5).

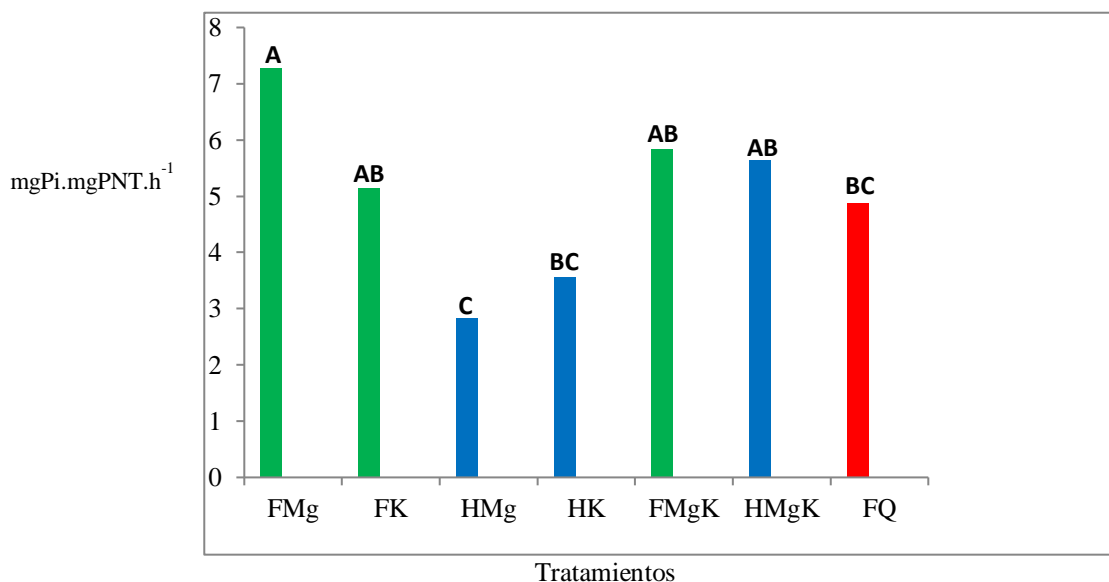


Figura 4. 5.- Actividad de la enzima ATP-asa de raíz de planta de “Higuerilla”, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio.

Nutrientes en Follaje K, Mg y Ca (NF-k, NF-Mg y NF-Ca)

Tapia *et al.*, (1993) indican que el cultivo de higuera es bajo en N y Fe para ello se debe utilizar un programa de fertilización a base de estos nutrientes ya que es una planta de alta rusticidad que presenta limitaciones.

En dos nutrientes medidos en el tejido vegetal de follaje (NF-Mg y NF-Ca), los tratamientos mostraron efecto significativo ($p < 0.05$); sin embargo, en nutrientes en follaje obtenidos para K (NF-K) no se presentó diferencia significativa ($p > 0.05$). Sin embargo, de acuerdo con la Figura 4.8, al aplicar el FK presentó mayor valor del K en el tejido vegetal de follaje, porque fue 20 por ciento mayor que la FQ. Con la agregación del FMgK se adelantó a la FQ en 64 por ciento en el Mg; mientras que, al adicionar el HMgK se superó a donde se aplicó el control en 16 por ciento en el Ca (Figura 4.6).

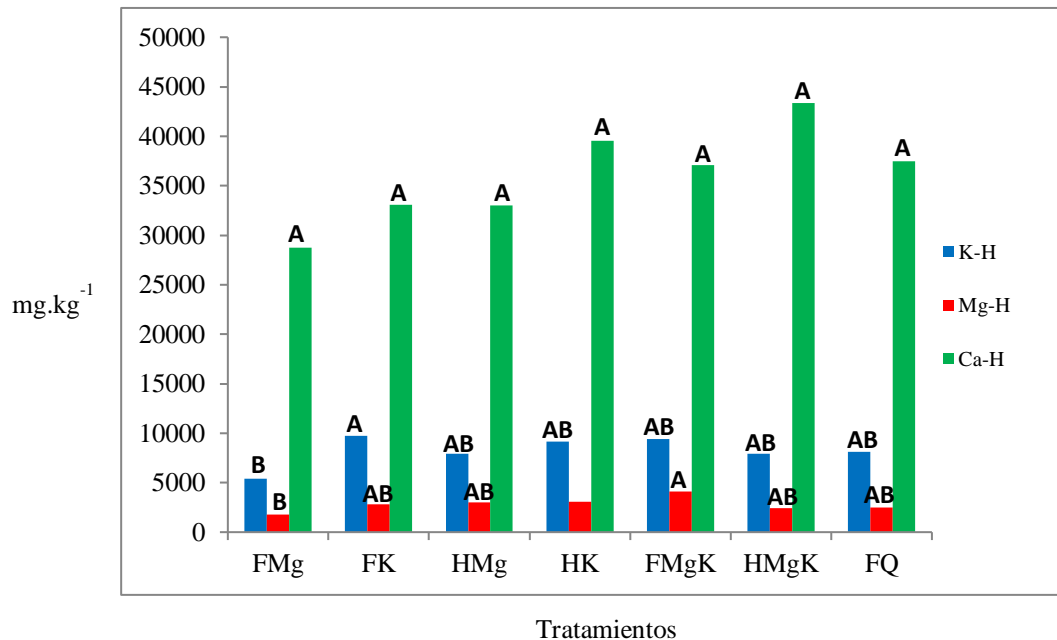


Figura 4. 6.- Contenido de potasio, magnesio y calcio del tejido vegetal de follaje de planta de "Higuera", con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio.

Altura de Planta (AP)

El los resultados obtenidos no muestran que es un parámetro que determine el mayor o menor rendimiento de cultivares. Severino *et al.*, (2010) menciona sobre la condición climática, en periodos de sequía en Brasil la nordastia llega a medir una altura de 1.70 a 2 m teniendo la temperatura ideal de 20 a 30°C. Camacho (2008) el argumenta que la nordastia en el Perú alcanzo una altura de 148 cm.

En esta variable, los tratamientos no mostraron efecto significativo ($p>0.05$); sin embargo, de manera gráfica se puede establecer que con el fulvato de potasio y magnesio (FMgK) y la fertilización química (FQ), se presentaron los valores más inferiores ya que no sobrepasaron a la unidad; con los fulvatos de magnesio (FMg) y potasio (FK), las cuantías fueron similares y con la adición del humato de potasio (HK), se presentó el valor superior porque sobrepaso a la FQ en 12 por ciento (Figura 4.7).

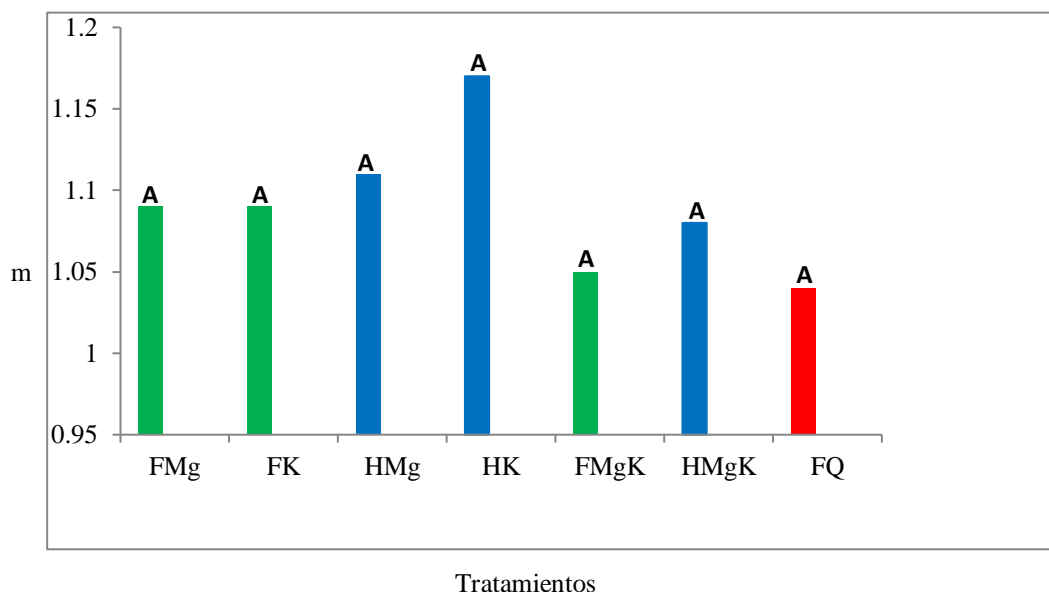


Figura 4. 7.- Altura de planta de “Higuerilla”, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio

Diámetro de Tallo (DT)

Ruíz *et al.*, (2014) argumentan que en variedades como 17 OAXACA, LAGOS, IBEA 328, etc. presentan grosor de tallo muy distintos por lo cual los clasifica en distintas categorías que son muy pequeño (< 3.5cm), pequeño (3.6-4.5cm), medio (4.6-5.0), grande (5.1-6.0) y muy grande (> 6.0), con respecto a estos datos se considera esta variable en el rango de muy pequeño (< 3.5 cm).

Para la variable DT, los tratamientos no realizaron efecto significativo ($p>0.05$); aquí, los valores fueron muy similares con todos los tratamientos, pero sobresalen en donde se agregaron los Humatos de magnesio (HMg) y de potasio (HK). De tal manera que, con la aplicación de este último compuesto orgánico-mineral, se aventajó a donde se adicionó la FQ en 17 por ciento (Figura 4.8).

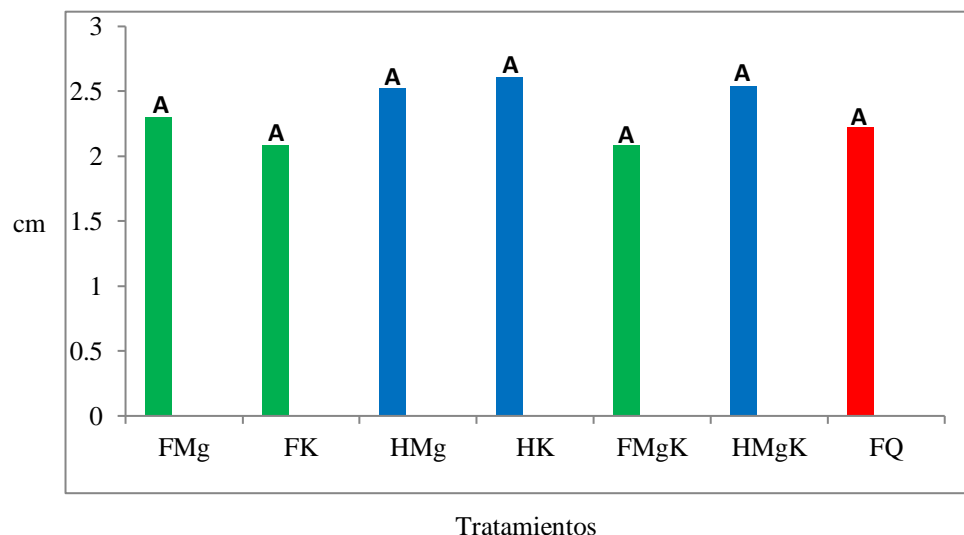


Figura 4. 8.- Diámetro de tallo de planta de “Higuerilla, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio.

Peso Seco de Semilla por Planta (PSSP)

Egli *et al.*, (1987) mencionan que el peso de la semilla se determina por el potencial genético de la planta y la variabilidad en el peso de la semilla se presenta por varios factores fisiológicos ocasionados por los cambios ambientales. Para Hay *et al.*, (2010) consideran que la variabilidad de peso se debe a las especies de polinización cruzada, así como también el origen del embrión diploide y de la naturaleza del endospermo triploide.

De igual forma que en las variables anteriores, los tratamientos no mostraron efecto significativo ($p>0.05$). Aquí, el valor del FMg fue mayor que el del FK y a la inversa, se presentó con los Humatos; es decir, el valor del HK superó al del HMg y sucedió lo mismo con la mezcla de los dos compuestos orgánicos con ambos nutrimentos. Con el HMgK, se aventajó a donde se aplicó la FQ en 10 por ciento (Figura 4.9).

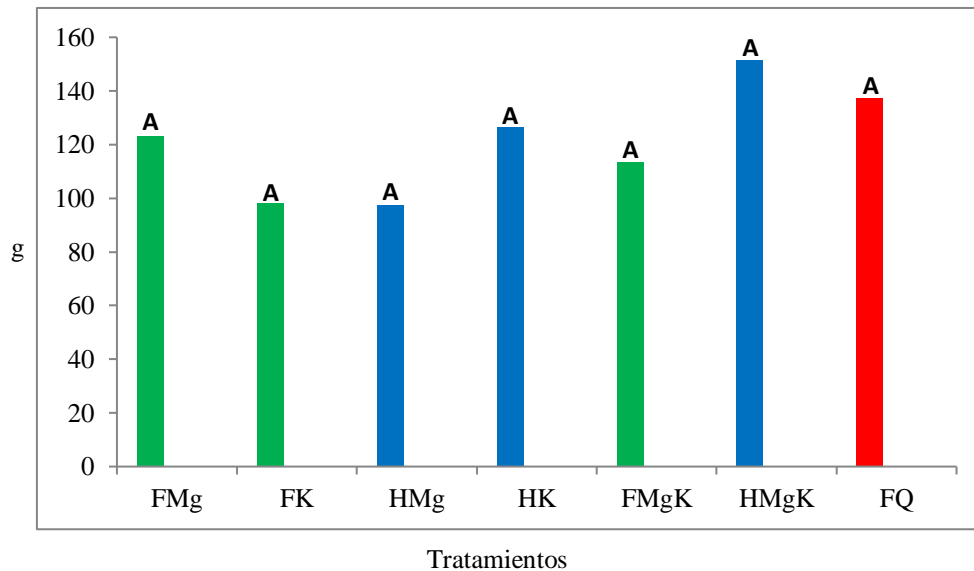


Figura 4. 9.- Peso seco de semilla por planta de “Higuerilla”, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio.

Peso Seco de Semilla por Hectárea (PSSH)

Severino *et al.*, (2010), manifiestan que el número de racimos y el número de semillas, influyen directamente en el rendimiento de grano. En la planta de higuera el número de ramas es el que representará mayor o menor número de inflorescencias por lo tanto se obtendrá la cantidad de cápsulas y semilla como también influye la fertilización.

De igual manera que en las variables anteriores, los tratamientos no mostraron efecto significativo ($p > 0.05$) en esta variable. Indicando que la FQ se vio adelantada en 11% por el HMgK. Notándose también en los humatos y fulvatos simples que se obtuvo resultados similares el FMg y el HK. (Figura 4.10)

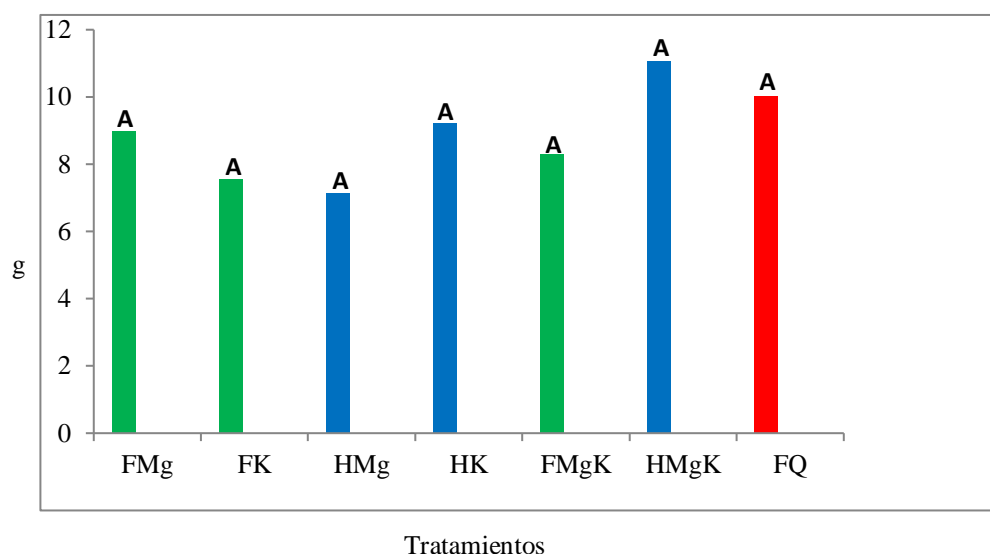


Figura 4. 10.- Peso seco de semilla por hectárea de “Higuerilla”, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio.

Nutrientes en Tallo K, Mg y Ca (NT-K, NT-Mg y NT-Ca)

Castellanos *et al.*, (1996), expresan que la agricultura en México se fertilizaba con abonos orgánicos, pero con la implementación de los fertilizantes minerales los productores han remplazado al abono orgánico por la eficiencia que presentan.

De igual manera que en los nutrientes medidos en el tejido vegetal de follaje, aquí en los nutrientes medidos en el tejido vegetal de tallo, los tratamientos no mostraron efecto significativo ($p > 0.05$) en ninguno de los tres elementos medido. Aquí en estos elementos, al aplicar el FK, el HK y el FMg se presentaron los valores superiores en los contenidos de K, Mg y Ca, porque con los tratamientos mencionados fueron mayores en 58, seis y 40 por ciento respectivamente, con relación a la FQ (Figura 4.11).

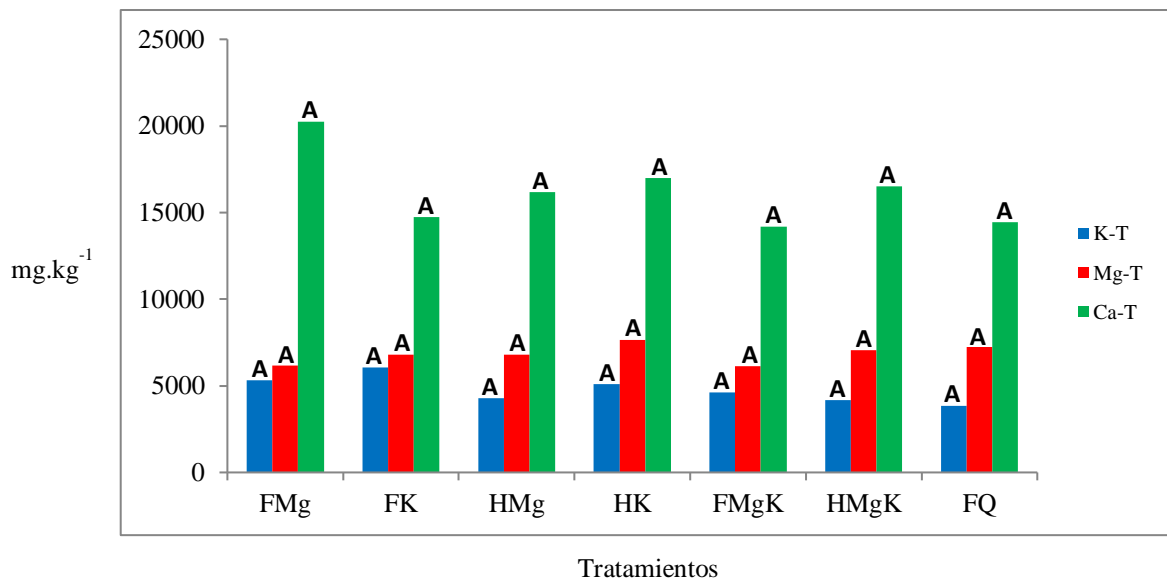


Figura 4. 11.- Contenido de potasio, magnesio y calcio del tejido vegetal de tallo de la planta de “Higuerilla”, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio.

Celulosa

García y García (2009), mencionan que los azúcares la fuente fundamental son celulosa y hemicelulosa (holocelulosa) y están compuestas por glucanos y arabinoxilanos.

Saha y col., (2010), indican que para obtener azúcares es necesario pretratar el material agregar enzimas celulolíticas que rompan los enlaces β -1,4glucosídicos de la celulosa para obtener glucosa y enzimas capaces de hidrolizar compuestos xilanos en xilosa, no obstante.

Gray y col., (2008); Hallett y col., (2009) mencionan que después de la hidrolización los azúcares pueden ser fermentados por distintos microorganismos y ser convertidos en etanol utilizando la lignina sobrandante del proceso como material solido pue ser utilizada como combustión para la generación de electricidad, o bien, para la síntesis de distintos biomateriales.

En esta variable, los tratamientos no presentaron efecto significativo ($p > 0.05$); sin embargo, de manera gráfica se puede establecer que con el Fulvato de magnesio (FMg) y la fertilización química (FQ), presentaron los valores superiores, con el Fulvato de magnesio y potasio (FMgK), Humato de magnesio (HMg) y Humato de potasio (HK) presentaron resultados similares a lo anterior, los valor inferiores no tan significativos fueron el Fulvato de potasio (FK) y el Humato de magnesio y potasio (HMgK). (Figura 4.12).

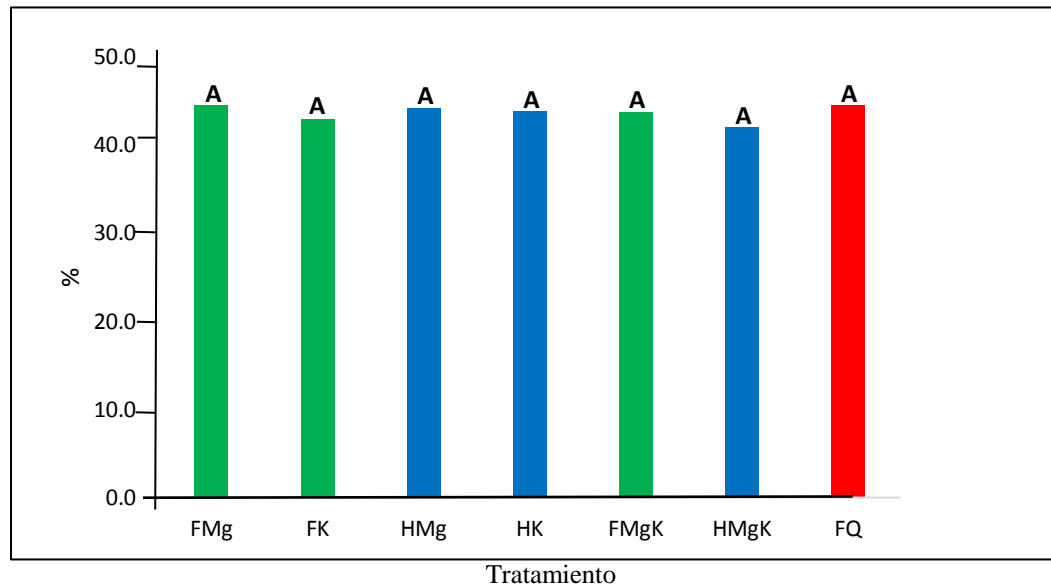


Figura 4. 12.- Porcentaje de celulosa del tejido vegetal de tallo de planta de “Higuerilla”, con la adición de un Humato y un Fulvato de potasio y magnesio.

A manera de discusión, se conoce que la actividad de las sustancias húmicas (SH) en la Nutrición y Fisiología Vegetal está relacionada con sus características físicas y químicas, principalmente gracias a sus grupos funcionales y al tipo de estructuras similares a hormonas y a que las SH, son consideradas como Bioestimulantes para el crecimiento vegetal menciona DuJardin (2014). Desde los puntos de vista de Para Dikovic *et al.*, (2011) cómo las SH, intervienen en la Nutrición Vegetal, una gran cantidad de investigaciones se han realizado en el mundo y la hipótesis mayormente aceptada, es que las SH gracias a los grupos funcionales, poseen la capacidad de complejar y/o quelatar cationes, llevar a los elementos nutrimentales a la pared celular de la raíz y en función de las características de la rizosfera, que estos sean liberados y que penetren al torrente xilemático y de ahí hasta la hoja de los vegetales; sin embargo, el o los mecanismos mediante los cuales sucede lo anterior, no están bien dilucidados y por ello se cree que tienen efectos positivos en la disponibilidad de los nutrimentos y gracias a esto el aumento en biomasa de chile, al maíz según Ertani *et al.*, (2013) y en tomate menciona Ramos (2000).

Para efecto del presente trabajo, al adicionar el Fulvato de potasio (FK), se presentó la mayor cantidad del elemento en el tejido vegetal de follaje y tallo, Con la adición del Fulvato de K y Mg (FMgK), se presentó el valor superior de Mg en ambos tejidos vegetales. Desde el punto de vista de la Fisiología Vegetal, la mayoría de las investigaciones establecen que la actividad de las SH, es gracias a que estas substancias presentan estructuras muy similares al Ácido Indolacético (IAA), que es una auxina y produce aumento de pelos radicales y por consiguiente de la masa radicular, lo que permite mayor absorción de nutrimentos; sin embargo, investigadores establecen que para que suceda la estimulación del crecimiento de la raíz y por lo tanto también de la planta, es posible que las SH estimulen la actividad de la enzima ATP-asa. En este trabajo, al agregar el Fulvato de magnesio (FMg), se presentó el valor superior de la actividad de la enzima.

Hoy en día se conoce más sobre los diferentes usos de la planta de “higuerilla” Sánchez (2006) menciona que la planta de higuerilla se emplea para producir combustible (biodiesel) o para una mezcla con la gasolina. Esta planta es para la producción de papel esto a través del tallo fuente de celulosa ya que su corteza es proveniente de recurso maderable.

CONCLUSIÓN

Para el caso del porcentaje de celulosa en tallo no se alcanzó el objetivo de que un tratamiento generara una producción estadísticamente superior al resto.

LITERATURA CITADA

- Camacho Villalobos, A. 2007. Evaluación de cuatro cultivares de higuierilla (*Ricinus communis*. L.) en la selva del Perú región Ucayali 2007.
- Cakmak, I. 2015. The Role of Potassium in Alleviating Detrimental Effects of Abiotic in Plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 168: 521 – 530. Kafkafi, U.; Xu, G. Imas, P.; Magen, H.
- Canellas, L.P., Olivares, F. L., Auilar, N.O., Jones, D.L., Nebbioso, A., Mazzei, P Y Piccolo, A. 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulture*, 196, (30), 15-27.
- Cardona, P. 2008. Higuierilla, ojo que no es una maleza. Medellín. CO. p. 24.
- Castellanos J. Z; Uvalle B. J. X; Aguilar S. A. 1996. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª edición colección INCAPA.
- Cerón, C. 1993. Manual de Botánica Ecuatoriana. Universidad Central del Ecuador. Quito. EC. p. 33.
- Chen, y., Aviad, T. 1990. Effects of humic substances on plant growth. pp. 161-186. *In* Humic substances in Soil and Crop Sciences: Selected readings. P.
- Cobley, S.L. 1995. An introduction to the botany of tropical crops. 3rd. Ed. Longman. London. 371 p.
- Coyne, M. 2000. Microbiología de suelo: un enfoque exploratorio. Ed. Paraninfo. Madrid, España. P. 416.
- Cronquist, A. (1981). *An Integrated System of Classification of Flowering Plants. The New York Botanical Garden*. New York, USA: Colombia University Press.
- De Santiago A.; M. J. Quintero, E. Carmona, A. Delgado. 2008. Humic Substances Increase the Effectiveness of Iron Sulfate and Vivianite Preventing Iron Chlorosis in White Lupin. *Biol Fertile Solis*. 44: 875-883 Ontario, Canadá.
- Du Jardin, P., 2011. The Science of Plant Biostimulants—A bibliographic analysis. Ad hoc Study Report to the European Commission DG ENTR. 2012; http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/fertilizers/final_report_bio_2012_en.pdf.

- Durson A; I. Guven and Turan. 2007. Macro and micro nutrient contents of tomato (*Lycopersicon esculentum*) and eggplant (*Solatum melongena* var. *Esculentum*). Sedling and their effects on seeding in relation to humic acid application pag improved Crop Quality by Nutrient Management Vol.86.
- Egli, D. B.; Wiralaga, R. A. and Ramseur, E. L. 1987. Variation in seed size in soybean. *Agron. J.* 79;463-467.
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria). 2005 a. Sistemas de Produção: Indicações Técnicas para a cultura da Mamona em Mato Grosso do Sul. BR. p. 63.
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria). 2005 b. Comportamento de Mamoneira sob Encharcamento do solo. *Boletín de Pesquisa e Desenvolvimento* N° 57. BR. p.16. 50
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria). 2005 c. Crescimento e Produtividade da Mamoneira sob fertilização Química en Região Semi Árida. *Boletín de Pesquisa e Desenvolvimento* N° 62. BR. p.20.
- Embrapa, 2006. Evaluación de 4 Cultivos de Higuierilla en la Selva de Perú, Regional Ucayali, Instituto Nacional de Innovación Agraria, Convenio
- Ertani, A.; Schiavon, M.; Muscolo, A. and Nardi, S. 2013. Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed *Zea mays* L. plants. *Plant and Soil.* 364(1-2):145-158.
- Escobar, Fernandez R., Barianco D. y Rallo L. 2014. El cultivo de Olivo. Universidad de Cordoba, Madrid, España.
- Eyheraguibel, B.; Silvestre, J. and Morard, P. 2008. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresour. Technol.* 99:4206-4212.
- Fonnegra G. R., R., S. L. Jiménez R. 2007. Plantas Medicinales Aprobadas en Colombia. Universidad de Antioquia, 2007
- Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO).2006. "Major food and agricultural commodities and producers". November Disponible en: <http://fao.org>

- García Camús J. y García Laborda J. (2009). Biocarburantes líquidos: Biodiesel y bioetanol. Informe de Vigilancia Tecnológica, vol 4, pág 76-91, Madrid, España.
- Gray K., Zhao L. y Emptage M (2008). Bioethanol. Current Opinion in Chemical Biology, 10:141-146.
- González, L. 2001. Guía de los Árboles y Arbustos de la Península Ibérica: especies silvestres y las actividades más comunes. Mundí-Prensa. Madrid.
- Goytia J. M. A.; Ramírez M. E.; Goytia R. G.; Ruíz T. J. D.; Dr. Carballo C. A. 2014. Guía técnica para la descripción varietal de higuera (Ricinus communis L.). SAGARPA.P.13.
- Guzmán M, A Sanchez. 1989. Influence of nitrate and calcium increments on development, growth and early yield in sweet pepper plants. Acta Horticulturae 609:207-211
- Guzmán, H. G. y L Vela. 1979. Contribución al conocimiento de la vegetación del suroeste del estado de Zacatecas. Bol. SocBot. Méx. 25:46-60.
- Hallett J., Leak D., Liotta C., Mielenz J., Murphy R., Templer R. y Tschaplinski T. (2009). The Path Forward for Biofuels and Biomaterials. Science 311: 484-489.
- Hay, F. R.; Smith, R. D.; Ellis, R. H. and Butler, L. H. 2010. Developmental changes in the germinability, desiccation tolerance, hardseededness, and longevity of individual seeds of *Trifolium ambiguum*. Ann. Bot. 105:1035-1052.
- Hayes, M. H. B. & W. S. Wilson. 1997. Humic substances, peats and sludges. RSC, Cambridge.
- Heike, V. 2009. Euphorbiaceae *Ricinus communis* L. Higuera. Consultado en Marzo 2011. Disponible en. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/ricinus-communis/fichas/ficha.htm>
- Instituto Nacional de Investigaciones de Recursos Bioticos (INIREB), 1993. "Estudios etnobotánicos en el estado de Veracruz", Xalapa, Ver. pp.-2.
- Karanfil T., M. A. Schlautman, J. E. Kilduff, W. J. Weber Jr. 1996. Adsorption of organic macromolecules by granular activated carbon. 2. Influence of dissolved oxygen. Environmental Science and Technology, 30: 2195 - 2201.

- Marschner, H. (1986). *Mineral nutrition of higher plants*. London: Second edition. Academic Press.
- Martínez, M., 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- McCarthy, C. E. Clapp, R. L. Malcolm, P. R. Bloom (Eds.). Proceedings of a symposium by the IHSS, Chicago, Illinois, December 2001.
- Mejía, S. 2011. La Higuierilla. (*Ricinus communis*). Consultado en marzo del 2012. Disponible en. <http://www.unalmed.edu.co/~crsequed/HIGUERILLA.htm>
- Mendoza, H; Reyes S. 1985. Guía del Cultivo de Higuierilla (*Ricinus communis*). Boletín divulgatorio No. 177. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2000). Principios de Nutrición Vegetal. Traducción al español de la cuarta edición de Melgar RJ, Ruiz M. Basel, Switzerland: International Potash Institute.
- Miranda, F. 1976. Estudios sobre la vegetación de México. Notas generales sobre la vegetación del suroeste de Puebla, An. Inst. Biol. Méx. 13:417-450.
- Mukhopadhyay M, Kuila A, Tuli DK, Banerjee R. 2011. Enzymatic depolymerization of *Ricinus communis*, a potential lignocellulosic for improved saccharification, Biomass and Bioenergy, 35, 3584-3591.
- Neri, D., Lodolini, E. M., Savini, G., Sabbatini, P., Bonanomi, G., & Zucconi, F. 2002. Foliar application of humic acids on strawberry (cvOnda). Acta horticulturae.
- Olsen, C. 1982 On the influence of humus substances on the growth of green plants in water culture, *Comptes-rendus du Laboratoire Carlsberg* 18, 1-16.
- Orlov, D. S. 1995. Humic substances of soils and general theory of humification. A. A. Balkema. Rotterdam, The Netherlands.
- Parađiković N; Vinković T; Vinković Vrček I; Žuntar I; Bojić M; Medićšarić M. 2011. Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annum* L.) plants. Journal of the Science of Food and Agriculture 91: 2146-2152.
- Pavón, G. 2011. Estudio de las características botánicas y etnobotánicas de higuierilla (*Ricinus communis* L.). pag. 11-17. Consultado en marzo 2012 en internet. Disponible en. <http://publicaciones.pucesi.edu.ec/documentos/libros/cultivos/9-24.pdf>.

- Rambo, M. K. D., F. L. Schmidt, y M. M. C. Ferreira. 2015. Analysis of the lignocellulosic components of biomass residues for biorefinery opportunities. *Talanta*. 144:696–703. doi:10.1016/j.talanta.2015.06.045. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2015.06.045>
- Ramos, M.A., Fiol, S., Lopez, R., Antelo, J.M. and Arce, F. (2015) Analysis of the effect of pH on Cu²⁺ – Fulvic acid complexation using a simple electrostatic model, *Environmental Science & Technology* 36, 3109-3113.
- Ramos, R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulante. Efectos frente al estrés salino. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.
- Ramos-Ruíz, R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulante. Efectos frente al estrés salino. Tesis de Doctorado. Universidad de Alicante, España.
- Rauthan, B.S. y M. Schnitzer. 1981. Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant Soil* 63: 491-495.
- Robles P. 1992. Variación de algunos parámetros químicos del suelo por irrigación con aguas negras urbanas. pp. 103. In: J.L. Tovar S. y R. Quintero L. (eds.). La investigación edafológica en México 1991-1992. Memorias del XXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Gro., México
- Robles, S.R. 1982. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa. Tercera Edición. México, D.F.
- Rodríguez, H. M. A. 1991. Efecto de la combinación de Ácidos Húmicos con el sulfato de Hierro en e cultivo del fríjol (*Phaseolus vulgaris* L) cv Black valentine. Tesis de licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Rzedowski, G. C. y J. Rzedowski, 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México. (<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/ricinus-communis/fichas/ficha.htm>)
- Saha B., Iten L., Cotta M. y Wu Y. (2010). Dilute acid pretreatment, enzymatic saccharification and fermentation of wheat straw to ethanol. *Process Biochemistry* 40: 3693-3700.

- Severino, L.S., Freire M.A.O., Lucena A.M. and Vale, L. 2010. Sequential defoliations influencing the development and yield components of castor plants (*Ricinus communis* L.) *Industrial Crops and Products*. 32:400-404
- Severino, L. S.; Ferreyra, G. B.; Moraes, C. R. A. de M. produtividade de crescimento da mamoneira em resposta a adubação orgânica e mineral. *Pesquisa agropecuária brasileira*, DF, V.41, n.5, p. 879-882,2006.
- Schnitzer, M. 2000. Life Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. D. L. Sparks (Ed). *Advances in agronomy*, Academic Press. 98: 3-58. 55
- Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS) 2013. "Produto de Alface Cultivado em Solução Nutritiva Completa com Adição de Substâncias Húmicas Extraídas de Sete Carvoes Minerais". Universidad Federal de Santa María. Programa de Pós-graduação em Agronomia. Santa María, Brasil. pp. 343-345. 52
- Stevenson, F. J. 1994. *Humus chemistry: Genesis, composition, reactions*. J. Wiley and Sons, New York, NY.
- Tapia V. M., Vega P. A. y Alcántar R.J.J. 1993. Adelanto de la producción en mango cv. Haden en el Valle de Apatzingán, Mich. *Terra* 12(3):304-310.
- Valencia, R.; Pitman, S; Yáñez, L; Jørgensen, P. 2000. Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador. Herbario QCA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito. EC. p.34.
- Varanini, Z. and Pintón, R. 2001. Direct Versus Indirect Effects of soil humic Substances on plant Growth and nutrition, pp. 141-158, In R. Pintón. Z. Varanini, and P. Nannipieri (eds). *The Rhizosphere*. Marcel Dekker, Basel, Switzerland.
- Villarreal F. 1991. Introducción a la Botánica Sistemática. Universidad Central del Ecuador. Quito. p.13.
- Villaseñor R., J. y F. J. Espinosa G., 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Zacharakis, A. and D. Shepherd (2001). The nature of information and overconfidence on venture capitalists' decision making. *Journal of Business Venturing*. 16(4), 311-332.