

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Uso de un Humato de Magnesio Vía Foliar en la Producción de Semilla de Higuera
(*Ricinus communis*)

Por:

DULCE ANAHÍ HERNÁNDEZ RAMÍREZ

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título
de:**

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre del 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Uso de un Humato de Magnesio Vía Foliar en la Producción de Semilla de Higuierilla
(*Ricinus Communis*)

POR:

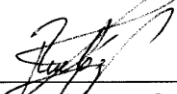
DULCE ANAHÍ HERNÁNDEZ RAMÍREZ

TESIS

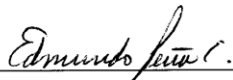
**QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

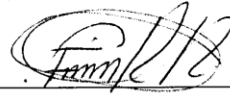
Aprobada por



Dr. Rubén López Cervantes
Asesor Principal



Dr. Edmundo Peña Cervantes
Co-asesor



M.C. Fidel Maximiano Peña
Ramos
Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"
Co-asesor



M.C. Luis Rodríguez Gutterrez
Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre del 2014

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Con humildad profunda te doy gracias por permitirme nacer, por brindarme la vida y por amarme como lo haces, por nunca abandonarme, estar siempre para mí cuando más te necesito, por ser mi guía en todo este camino recorrido, el que siempre está al pendiente de todo lo que me pasa y me escucha sin importar la hora, gracias por todos los momentos felices que he tenido, también te doy gracias por los momentos amargos que he vivido, porque con ellos eh aprendido lecciones de vida y principalmente aprendí que sin ti nada soy. Gracias por mi familia me colocaste en el lugar perfecto, lo único que tengo que decir es que son maravillosos y me han cuidado y tratado con el mejor amor, con ellos eh aprendido a superar muchas dificultades y me han enseñado los valores que necesito para seguir tu camino. Pero sobre todo gracias, por darme esperanzas, salud, fuerzas, valentía y coraje para seguir adelante y hoy permitirme un logro más a mi vida. Gracias mi DIOS.

A Mi Familia

A mis padres, hermanos, tías, sobrinos, gracias por estar siempre conmigo, brindarme su apoyo incondicional y confiar en mí, sin ustedes nada de esto hubiera sido posible.

¡Los amo!

A mi Alma Terra Mater

Gracias por abrirme las puertas y darme la oportunidad de terminar un sueño, por haberme acogido, ser mi hogar durante estos años, es uno de los más grandes honores pertenecer a esta institución, formar parte de esta gran familia y permitirme vivir una de mis mejores experiencias gracias a mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

A mis Asesores

Dr. Rubén López Cervantes

Dr. Edmundo Peña Cervantes

M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos

Gracias a la asesoría, el tiempo y paciencia que tuvieron para la realización de la presente investigación por haberme guiado, destinar su amplia gama de conocimientos y convertir la presente tesis en un éxito más en mi vida.

DEDICATORIAS

*Sin duda alguna para la persona que nunca falla, que estuvo ahí para levantarme cuando no podía mas y que sin ella jamás habría logrado este gran paso en mi vida a ti **mi Dios**.*

A mis padres

Teresa Ramírez Balderas y Atilano Hernández Domínguez ustedes son mi fuerza, mi motor y mi gran inspiración para seguir adelante, gracias por haberme dado la vida e inculcarme buenos principios, por educarme y estar siempre ahí cuando más lo necesito que siempre cuando han podido me han brindado todo sin esperar nada a cambio, por confiar en mi, a ustedes les dedico todos mis triunfos, ustedes son mi todo, los padres mas maravillosos que dios pudo darme estoy orgullosa de ser su hija.

¡Los amo!

A mis hermanos

Los mejores que pueden existir en este mundo, gracias por su apoyo incondicional, por confiar en mí y estar siempre cuando los necesito, por sus consejos, regaños y por amarme tanto, gracias. Karen Marlene, Jesús, Guadalupe Amparo.

¡Los amo!

A mi abuelita

Por sus consejos y todos esos regaños, por consentirme como solo usted sabía hacerlo y ahora por ser un ángel que me cuida, siempre vivirá en mis recuerdos y corazón.

A mi novio

Gracias amor por estar conmigo incondicionalmente en las buenas y en las malas, ser mi amigo, darme animo, apoyo y decirme que si puedo cuando siento desfallecer, gracias a dios por darme la oportunidad de conocerte y compartir contigo momentos memorables, he sido muy bendecida de que me mires, y de poder amarte con todo el corazón. Jorge Luis Aguirre Gómez ¡te amo!

A mis amigos

Roberto Solórzano, Jorge Uribe, Rosario, Enrique, Guillermina, Olga, Crisóforo, Gerardo, Guadalupe, Claudia, Selene, Nancy, Adalberto, Felicita, Dulce, María del Carmen, Areli, Amada, Erick, José, Israel, Eduardo, Zayra, Néstor, Víctor, Sócrates, Eligio, Patricio, Ana, lucia y a mi prima Cynthia, gracias por estar siempre para mí en los momentos más difíciles y felices en mi vida.

Y en especial

Le agradezco a dios de haberte puesto en mi camino y haber tenido la oportunidad de compartir momentos a tu lado, por haber sido el mejor amigo que pudo darme, por esas palabras de aliento y el abrazo que me diste cuando más lo necesite, y ahora por cuidarme como un ángel, te guardo en mi corazón, este triunfo también va dedicado a ti, Gracias por confiar en mi hasta el último instante. Refugio Rosas Cruz, "Qkq".

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
General	3
Específico	3
HIPÓTESIS	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen y Distribución de la Higuerilla	4
Clasificación Taxonómica	6
Descripción Botánica	7
Requerimientos Climáticos	9
Requerimientos Edáficos	10
Manejo Agronómico	11
Siembra	11
Plagas y Enfermedades	12
Enfermedades	12
Plagas	12
Cosecha	12
Importancia Económica de la Higuerilla	13
Internacional	13

Nacional.....	13
Las Sustancias Húmicas.....	14
Los Ácidos Húmicos	15
Historia del Uso de las Sustancias Húmicas	15
Química de las Sustancias Húmicas	16
Nitrógeno de los Ácidos Húmicos.....	18
Generalidades de las Sustancias Húmicas	18
Efecto de las Sustancias Húmicas	20
Sobre el Suelo	20
En la Planta.....	21
El Magnesio (Mg)	22
MATERIALES Y MÉTODOS	24
Localización del Área Experimental.....	24
Metodología	24
RESULTADOS Y DISCUSIONES	27
Altura de Planta (AP)	27
Diámetro de Tallo (DT)	28
Peso de semilla mas capsula (PSC).....	29
Peso de Semilla (PS).....	31
Calcio (Ca).....	32
Magnesio (Mg).....	33
Potasio (K).....	34
Hierro (Fe)	36
CONCLUSIÓN	39
LITERATURA CITADA.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales países productores de higuera a nivel mundial, en el 2005..	13
Cuadro 2. Descripción de los tratamientos adicionados a las plantas de higuera (<i>Ricinus communis</i>).....	26
Cuadro 3. Análisis de varianza de la altura de planta de higuera (<i>Ricinus Communis</i>), con la adición de un humato de magnesio	27
Cuadro 4. Análisis de varianza del diámetro de tallo de higuera (<i>Ricinus communis</i>), con la adición de un humato de magnesio	29
Cuadro 5. Análisis de varianza del peso de semilla mas capsula de higuera (<i>Ricinus communis</i>), con la adición de un humato de magnesio.	30
Cuadro 6. Análisis de varianza del peso de semilla de higuera (<i>Ricinus Communis</i>), con la adición de un humato de magnesio.....	31
Cuadro 7. Análisis de varianza de calcio (Ca), del tejido vegetal de follaje de la higuera (<i>Ricinus communis</i>), con la adición de un humato de magnesio.	32
Cuadro 8. Análisis de varianza de magnesio (Mg), del tejido vegetal de follaje de la higuera (<i>Ricinus communis</i>), con la adición de un humato de magnesio.	34
Cuadro 9. Análisis de varianza de potasio (K), del tejido vegetal de follaje de la higuera (<i>Ricinus communis</i>), con la adición de un humato de magnesio	35
Cuadro 10. Análisis de varianza de hierro (Fe), del tejido vegetal de follaje de la higuera (<i>Ricinus communis</i>), con la adición de un humato de magnesio.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Altura de planta de higuera, con la adición de un humato de magnesio...	28
Figura 2. Diámetro de tallo de higuera, con la adición de un humato de magnesio.	29
Figura 3. Peso de semilla mas capsula de planta de higuera, con la adición de un humato de magnesio.....	30
Figura 4. Peso de semilla de planta de higuera, con la adición de un humato de magnesio.	31
Figura 5. Contenido de calcio de tejido vegetal de follaje de la higuera, con la adición de un humato de magnesio.	33
Figura 6. Contenido de magnesio en el tejido vegetal de follaje de la higuera, con la adición de un humato de magnesio.	34
Figura 7. Contenido de potasio en el tejido vegetal de follaje de la higuera, con la adición de un humato de magnesio.	35
Figura 8. Contenido de hierro en el tejido vegetal de follaje de la higuera con la adición de un humato de magnesio	36

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el comportamiento de un Humato de magnesio (HMg), vía foliar, en la producción de semilla de higuera (*Ricinus communis*) se sembró semilla silvestre, en charolas de poliestireno de 200 cavidades. Cuando la planta alcanzo 15 cm de altura, se trasplantaron en bolsas de polietileno (técnica del “picado”); como sustrato fue empleada la mezcla de hojarasca y suelo. Después de 90 días, fueron trasplantadas en el campo definitivo, en la Estación Experimental de Zaragoza, Coahuila. Los tratamientos fueron: Humatos de magnesio al 1 y 2 %, en tres dosis 5,10 y 15 mL L⁻¹ y un testigo control (FQ). Las variables evaluadas: altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), peso de semilla con cápsula (PSC), peso de semilla (PS); así como, la concentración de potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y fierro (Fe) en tejido vegetal de follaje a los 120 días después del trasplante. En AP se encontró que con la adición del humato de magnesio al 1 % se presentó el superior valor, aventajando al control (FQ) en 20 %, para DT se establece que con la adición de 15 mL L⁻¹ de agua, el mayor valor superó al control en un 70 %. En el caso de PSC al aplicar el humato de magnesio al 2% en 15 mL L⁻¹, se aventajó al control en 15 %. En PS la dosis alta del humato de magnesio al 2% superó al control en 15 %. Mientras que para los nutrimentos medidos tal es el caso del calcio al aplicar el humato de magnesio al 1%, a la dosis de 5 mL L⁻¹ de agua, se superó al control en 38%. En magnesio con la dosis baja del humato de magnesio 1 % y el control (FQ), se presentaron los valores superiores de esta variable, en K cuando se agregaron 5 mL L⁻¹ del humato de magnesio al 1 % se aventajó al control en 114 %. En Fierro al adicionar 15 mL L⁻¹ de agua del humato de magnesio al 2 %, se adelantó al control en 66 %.

Palabras claves: *Ricinus communis*: Sustancias húmicas.

INTRODUCCIÓN

La higuera (*Ricinus communis L.*), es un cultivo oleaginoso no comestible y peligroso para la vida humana y animal, es considerado como importante materia prima de bajo costo, para la industria de pinturas, química y pesticida. La planta, es conocida por tolerar condiciones climáticas adversas y su semilla contiene cantidades importantes de aceites, las que pueden ser empleadas en la elaboración de biocombustibles, como el bioetanol y el biodiesel.

En los últimos 20 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. 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.

La Sociedad Internacional de Sustancias Húmicas (IHSS-2013), menciona que las SH, son 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). La lignina de las plantas y sus productos de transformación como los polisacáridos, melanina, cutina, proteínas, lípidos y ácidos nucleídos, son importantes componentes en este proceso. Stevenson (1984), las clasifica en: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), de acuerdo a su solubilidad en ácidos o álcalis.

A los AH y AF, se les atribuye que pueden complejar y/o quelatar cationes, 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 (Schnitzer, 2000); además, presentan alta capacidad para intercambiar cationes (Stevenson, 1984). Gracias a lo anterior, cuando a estos compuestos orgánicos se les adicionan nutrimentos, son denominados humatos y/o fulvatos del elemento químico dominante.

El magnesio (Mg), es un pequeño ion divalente con baja movilidad en el suelo y en la planta. Sus funciones en la planta son: fundamental en la formación de la molécula de clorofila, activa más enzimas que cualquier otro catión (por ejemplo: la carboxilasa y la fosfatasa), interviene en la síntesis de algunas proteínas, es determinante en la formación y utilización de las moléculas de ATP y es básico en la formación de carbohidratos y grasas. A pesar de lo anterior, la mayoría de los fertilizantes a base de este nutrimento, son de muy baja solubilidad y por consiguiente, pueden presentarse problemas si son aplicados por vía foliar (Marschner, 1995).

Por lo comentado, en la actualidad es necesario establecer una estrategia para elevar la producción de semilla y a partir de esta elaborar biocombustible, ya que con esto se contaminaría menos que con los derivados del petróleo, lo que impactará directamente en el cuidado medioambiental; además, mediante el uso de nuevas alternativas tecnológicas, se eficientarán los procesos de extracción y costos de biocombustibles, al impactar directamente en ahorro energético y reducción del uso de recursos naturales no renovables.

OBJETIVOS

General

Determinar el uso de un humato de magnesio, aplicado por vía foliar, en la producción de semilla de higuera.

Específico

Establecer la dosis óptima de un humato de magnesio, aplicado por vía foliar, que aumente la producción de semilla de higuera.

HIPÓTESIS

El humato de magnesio, aplicado por vía foliar, tiene efecto positivo en la producción de semilla de higuera.

REVISIÓN DE LITERATURA

El Cultivo de la Higuera (*Ricinus communis*)

La primera investigación con higuera en México, se realizó en 1962 por el Dr. Raúl Robles Sánchez en colaboración con el Dr. Leodegario Quilantán V. en el Campo Experimental de Río Bravo, Tamaulipas, del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), evaluaron cuatro variedades enanas, donde encontraron que los rendimientos superiores, se lograron con Lynn (1908 kg ha⁻¹) y Hale (1888 kg ha⁻¹) (Robles, 1980). González (2009), en el sur de Jalisco, evaluó variedades e híbridos comerciales disponibles en el mercado; el rendimiento fue de 2,994 kg ha⁻¹ y 52.34 % de aceite con el híbrido CSR-6.2.

En Chiapas, México, Grajales *et al.* (2009), evaluaron 20 colectas de *Ricinus communis*, donde reportan genotipos que produjeron de 1,440 a 2,500 kg ha⁻¹ de grano seco. El INIFAP, cuenta con colectas de higuera en los estados de Jalisco, Chiapas, Guanajuato, Veracruz, Oaxaca y Michoacán, las que constituyen la base para la obtención de materiales elite y su evaluación en diferentes regiones del país. En la búsqueda de biocombustibles, el uso del aceite de higuera *R. communis* ha demostrado tener ventajas técnicas y ecológicas, como un lubricante por su gran densidad, porque conserva su viscosidad a diferentes temperaturas y porque solo se congela a 10°C bajo cero y está posicionado como una oportunidad para el desarrollo agrícola en áreas áridas y empobrecidas de las zonas tropicales y subtropicales.

Origen y Distribución de la Higuera

Estudios realizados por empresas brasileñas, indican que el origen de *Ricinus communis* L. Está en Abisinia, Irán y Afganistán, que 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, destacando que ingerir sus semillas puede ser mortal (su contenido toxoalbumínico lo confirma); sus hojas también se emplearon como una especie de “vendaje”, buscando aliviar dolores físicos, recalcando además que, en sus raíces se reconocieron adicionalmente propiedades para disminuir la fiebre (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 (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, 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 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.

En México, la higuerilla 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 msnm.; aunque, por su gran capacidad de adaptación a

las diferentes regiones ecológicas, se le encuentra en forma cosmopolita en todo el país (Martínez, 1979).

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, Yucatán, (Villaseñor y Espinoza, 1998).

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 (Cerón, 1993).

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 (Fonnegra *et al.* 2007).

Clasificación Taxonómica

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

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Euphorbiales

Familia: Euphorbiaceae

Género: Ricinus L.

Especie: Communis L.

Según 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

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 palmada 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 (Valencia *et al.* 2000 y Embrapa, 2005 a).

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 denominándose 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 (Heike, 2009).

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. La relación normal de flores femeninas y

masculinas es 1:1; sin embargo, esta proporción puede variar en función de las condiciones ambientales (Moshkin, 1986 a) y de acuerdo con Weiss (1983), factores como alta temperatura, edad de la planta y los días cortos, favorecen el surgimiento de flores masculina en lugar de las femeninas. Conforme lo expuesto por Beltrão *et al.*(2001), el primer racimo floral es el de mayor tamaño y ha sido denominado como racimo principal o primario; en éste, debido a la distribución de las flores sobre su eje, la polinización es anemófila, con un grado de alogamia del 40%, aunque la especie sea considerada preferentemente autógama.

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, lisas y brillantes, de color pardo rojizo, con manchas o pintas de color café o gris; su longitud varía entre 10 y 17 mm (Villarroel, 1991 y Embrapa 2005 b).

Según Rzedowsky (2001). 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 orbicular, 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 perianto 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;

florece 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 tóxicas, 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 (Pavón, 2011).

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 (Embrapa, 2005 c).

El cultivo prospera desde el nivel del mar hasta los 2,500 msnm de altitud, pero conforme aumenta la altitud decrece el contenido de aceite (Robles, 1992). La higuierilla 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 (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 (Mendoza y Reyes, 1985).

Requerimientos Edáficos

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 (Embrapa, 2005 b). 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 compactada 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 (Robles, 1992).

Manejo Agronómico

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 (Miranda, 1976).

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% de germinación y esté en óptimas condiciones para su siembra (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 5 cm cuando hay humedad y a 8 cm, 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 (Guzmán y Vela, 1979).

El fertilizante que se adiciona en la siembra y el insecticida de suelo, debe 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% 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^{-1} de fósforo y entre 30 y 50 kg ha^{-1} de potasio y nitrógeno; a los veinticinco días se

aplican 50 kg ha⁻¹ de nitrógeno y a los cincuenta días otros 50 kg ha⁻¹ del mismo nutrimento (Guzmán, 1989).

Plagas y Enfermedades

Según, Villaseñor y Espinoza (1998), indican 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 pendiendo del 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. No es aconsejable 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 (Embrapa, 2006).

Importancia Económica de la Higuera

Internacional

Actualmente la higuera se encuentra ampliamente distribuida por su cultivo con fines industriales, por su crecimiento espontáneo y por su uso como planta ornamental. Brasil, India, China, Etiopía y Paraguay son sus principales productores (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, 2006) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales países productores de higuera a nivel mundial, en el 2005.

País	Producción (Tn)
India	870 000
China	268 000
Brasil	176 763
Etiopía	15 000
Paraguay	11 500
Mundo*	1 393 812

Nacional

La higuera 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 (Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos- INIREB, 1993).

Las Substancias Húmicas

Stevenson *et al.* (1994), define a la materia orgánica del suelo como la totalidad de las sustancias orgánicas presentes en el suelo, incluyendo los restos de tejidos vegetales y animales inalterados, sus productos de descomposición parcial, la biomasa del suelo, la fracción orgánica soluble en agua y el humus.

De Saussure *et al.* (1804) fueron los primeros en utilizar la palabra “humus” (que en latín significa suelo) para describir el material orgánico de color oscuro presente en el suelo, observo que el humus era más rico en carbono y más pobre en hidrogeno y oxigeno que el material vegetal de origen.

La Sociedad Internacional de Substancias Húmicas (2013), dice que son 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). La lignina de las plantas y sus productos de transformación como los polisacáridos, melanina, cutina, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos, son importantes componentes en este proceso. Stevenson (1984), las clasifica en: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), de acuerdo a su solubilidad en ácidos o álcalis.

Las SH, que se encuentran con gran asiduidad en el medio natural, en suelos sedimentos y aguas (Mac Carthy *et al.* 1990), son residuos de las plantas y animales en estado de descomposición, unidos a los productos sintetizados por los microorganismos del suelo y ciertos intermedios de dicha síntesis (Ayuso, 1995). Esta composición no es estable sino que presenta gran dinamismo, por lo que más que un grupo de sustancias estamos ante un estado de la materia orgánica diferente, según las condiciones de su formación. Entre un 60 por ciento y un 90 por ciento de la materia orgánica del suelo, está constituida por estos materiales de naturaleza lignoprotéica (Gallardo, 1980).

De acuerdo a su solubilidad en álcalis y ácidos, las SH se clasifican en ácidos

húmicos (AH) y ácidos fúlvicos (AF), que son macromoléculas aromáticas complejas, muy estables, con estructura polimérica en forma de círculos, cadenas y racimos (Schnitzer, 1978; Schnitzer y Ghosh, 1982; Stevenson, 1982; Schnitzer y Schulten, 1995), ciclos aromáticos condensados (Eworobe-at-cc.Umanitoba.CA, 1996), con aminoácidos, amino-azúcares, péptidos y compuestos alifáticos (Stevenson, 1982; Schnitzer, 2000) y las huminas residuales (HR), las que están menos estudiadas hasta ahora.

Los Ácidos Húmicos

Historia del Uso de las Sustancias Húmicas

A través de la historia el hombre ha considerado los suelos oscuros más productivos que los suelos claros, y que esta mayor productividad, se debe a la descomposición de los residuos de plantas y animales en el suelo.

Bacón (1651), pensaba que las plantas absorbían un jugo proveniente del suelo, y lo utilizaban para su sustento. Woodward (1699), demostró al final del siglo XVII, que las plantas respondían a diferentes fuentes de agua las cuales las ubico en el siguiente orden: agua de la solución del suelo, agua proveniente de los ríos, y agua de pozo. El efecto de estas aguas fue relacionado con el grado de coloración amarilla que presentaba.

A inicios del siglo XIX se enfatizo, en la importancia específica de las sustancias húmicas en la nutrición y crecimiento de las plantas (Thaer, 1808). Thaer además sugirió que el humus era el único material que suplía de nutrimentos a las plantas.

Posteriormente Grandeau (1872), mantuvo la teoría de que el humus era el mayor componente de la nutrición de las plantas, y que además era fuente de carbono y otros nutrimentos para las mismas; y así nació la teoría del humus.

La teoría del humus fue respaldada por muchos investigadores, tales como Sprengel (1832) y De Saussure (1804), quienes comprobaron que las plantas sintetizaban sustancias orgánicas a partir de CO₂ y agua.

Se han realizado investigaciones acerca de la aplicación de los ácidos húmicos en el control de la contaminación ambiental. En estos estudios se ha demostrado su capacidad para fijar metales pesados tóxicos en aguas negras, así como isótopos radioactivos en fase líquida y gaseosa. Materiales producidos a través de la mezcla de ácidos húmicos con sales de Calcio (Ca), han sido efectivos en la remoción de metales pesados contaminantes, como el Hierro (Fe), Níquel (Ni), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd) y Cobre (Cu) presentes en el agua.

Química de las Sustancias Húmicas

Las sustancias húmicas están constituidas por las siguientes fracciones básicas: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, ácidos hematmelánicos y humina.

Stevenson, (1994), en sus investigaciones señala que varios grupos funcionales incluyendo COOH, fenológicos, quinonas, hidróxiquinonas, lactona, éter y alcoholes, han sido reportados como parte de las sustancias húmicas. Los elementos en mayor proporción en los ácidos húmicos son el carbono (C) y el oxígeno (O). El contenido de carbono en los ácidos húmicos, está alrededor de 54 a 59 % mientras que la concentración de oxígeno varía entre 33 a 38%.

De acuerdo con Aiken *et al.* (1985) los ácidos húmicos constituyen la fracción de las sustancias húmicas que precipitan en sustancias acuosas, cuando el p^H es menor que 2.

Se presentan como sólidos amorfos de color marrón oscuro, generalmente insolubles en agua y en casi todos los disolventes no polares, pero fácilmente

dispersable en las soluciones acuosas de los hidróxidos y sales básicas de los metales alcalinos, constituyendo un hidrosol que puede experimentar floculación mediante el tratamiento de los ácidos o los demás cationes.

Desde el punto de vista estructural, su molécula parece estar constituida por un núcleo de naturaleza aromática más o menos condensado y de una región cortical con mayor predominio de radicalesalifáticos, presentando en conjunto el carácter de heteropolímeros condensados. El conjunto de ácidos que forman la denominación “Ácidos Húmicos”, está formado esencialmente por Ácidos Húmicos y Ácidos Fúlvicos, se caracterizan por ser solubles en “medio básico”, precipitando los Ácidos Húmicos al pasar a “medio ácido”, y quedando los Ácidos Fúlvicos en la solución.

En el grupo de los ácidos húmicos están englobadas las materias que se extraen del suelo con disolventes y que al acidificar con minerales, se precipitan de las soluciones obtenidas en forma de un gel oscuro. Los ácidos húmicos de distintos suelos, turbas, restos vegetales, a pesar de toda su diversidad, conservan unos principios de estructura muy semejantes.

Cepeda (1992) indica que los ácidos húmicos son sustancias polímeras coloidales, compuestas por unidades estructurales (polímeros), las cuales están constituidas de unidades monoestructurales (monómeros), que a su vez están formados por unidades micro estructurales, cada una de las cuales contiene núcleo, cadena puente y grupo reactivo (grupo carboxílico y alcohol).

Las unidades estructurales de las moléculas de los ácidos húmicos fundamentalmente son compuestos aromáticos de tipo fenológico y nitrogenados, tanto cíclicos (indol, pirimidina, purinas y otros), como aminoácidos alifáticos. Los compuestos aromáticos de tipo fenólicos constituyen la rejilla de carbono de la molécula del ácido húmico, la presencia de puentes, que unen el sistema de anillo, proporciona a la rejilla una estructura porosa y esponjosa, este puente puede ser de oxígeno carbono o nitrógeno.

En los procesos del suelo tiene un valor considerable el hecho de que las moléculas de ácidos húmicos no son compactas, sino que al poseer una estructura esponjosa, con multitud de poros internos, lo que determina de forma significativa, la capacidad de retención del agua y las propiedades de absorción de los ácidos húmicos.

Una propiedad, la hidrofilia, depende de la proporción, en las moléculas, de las rejillas aromáticas del carbono, que poseen propiedades hidrófugas; y de los radicales laterales, portadores de grupos hidrófilos. La presencia de grupos hidrófilos determina la tendencia de las materias orgánicas a formar complejos intracomplejos (quelatos) con cationes polivalentes.

Nitrógeno de los Ácidos Húmicos

En la actualidad el nitrógeno se considera como parte constitucional de las moléculas de los ácidos húmicos y su contenido es del 3.5-5.0%.

Una parte del nitrógeno, aproximadamente la mitad, pasa a la solución en el caso de producirse una hidrólisis ácida; esta parte está representada por amidas, mono y diaminoácidos, cuya relación resultó ser característica para las proteínas de origen animal y vegetal.

La mayoría de los autores señalan que el contenido de aminoácidos de los ácidos húmicos de distintos suelos, es en general homogéneo, aunque la capacidad de hidrolizar el nitrógeno en los diferentes ácidos húmicos es distinta. La situación del nitrógeno en las moléculas de las sustancias húmicas es muy importante ya que determina en cierta medida la accesibilidad de este a los microorganismos.

Generalidades de las Substancias Húmicas

Las sustancias húmicas constituyen el complejo de compuestos orgánicos de

color marrón, pardo y amarilla, que se extrae del suelo por soluciones de álcalis, sales neutras y disolventes orgánicos (Kanonova, 1983).

Cadahia (1998), señala que un elevado contenido de sustancias húmicas en el suelo favorece a la disponibilidad de los nutrientes así como su movilización hacia las raíces.

Asimismo menciona las características propias de los ácidos húmicos, las cuales son:

- Difícil degradación microbiana consecuencia de su alta estabilidad química.
- Gran capacidad de intercambio catiónico, debido a la alta presencia de grupos cargados negativamente (carboxilo, fenólicos, etc.)
- Peso molecular muy variables, lo que va a influir en la existencia de pequeñas moléculas, que tienen los grupos funcionales adecuados podrán disolverse y moverse fácilmente realizando una acción transportadora similar a la de los quelatos, así como extensas macromoléculas que formaran coloides inmóviles que podrán retener y liberar nutrientes contaminantes según sus equilibrios con la solución del suelo.
- Solubilidad variable, en función de los grupos funcionales peso moleculares y elementos adsorbidos o complejados.

La extracción del suelo de las sustancias húmicas en la actualidad se lleva a cabo con el empleo de diversos solventes. Las sales neutras de los ácidos minerales, en particular el pirofosfato de sodio, al igual que algunas sales neutras de los ácidos orgánicos, se utilizan con este fin en base a la capacidad que tienen para formar precipitados insolubles o complejos solubles con el calcio, hierro, aluminio y otros cationes polivalente, con los cuales pasan a estado soluble. Pero a pesar de este hecho, con las soluciones citadas se extrae menos materia orgánica que con soluciones de álcalis.

Efecto de las Sustancias Húmicas

Numerosos autores han descrito los efectos directos, que actúan sobre la planta en diferentes procesos fisiológicos-bioquímicos que estimulan su crecimiento e indirectos, que actúan sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas que determinan la fertilidad de los suelos, sobre el desarrollo vegetal que ejercen las SH (Chen y Aviad, 1990; Stevenson, 1994; Varanini y Pinton, 2000).

Los distintos efectos que las SH producen en las propiedades del suelo o en el desarrollo vegetal van a estar gobernados por la concentración en la que se encuentren, su naturaleza (García, 1990), el peso molecular de las fracciones húmicas y su contenido en grupos funcionales (Piccolo *et al.* 1992); así, como de la especie vegetal, su edad y estado nutricional (Albuzio *et al.* 1986).

El crecimiento y producción de las plantas depende de su nutrición mineral, del agua, el aire y de otros parámetros medioambientales como luz y temperatura. Sin embargo, el efecto positivo de la materia orgánica sobre el desarrollo vegetal también está sobradamente demostrado (Csicsor *et al.* 1994; Galli *et al.* 1994; Barón *et al.* 1995; Varanini *et al.* 1995).

Sobre el Suelo

Concretamente las SH pueden incidir indirectamente en la nutrición vegetal, por distintos mecanismos:

Suministrando nutrimento a las raíces: Las SH pueden servir de fuente de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), que liberan a través de la mineralización que la materia orgánica sufre en el suelo. (Akiremi *et al.* 2000). Esta fuente de elementos también se debe a la posibilidad de complejar metales que tienen las SH (Sánchez-Andreu *et al.* 2000). Sin embargo, este comportamiento va a estar determinado, en gran medida por el cultivo y las condiciones que lo rodean.

Los suelos pobremente agregados tienen un tamaño de poro demasiado pequeño, para permitir el necesario movimiento del aire y el agua; por el contrario, en suelos con agregados estables, aunque sean de textura fina hay un adecuado intercambio de gases con la atmósfera (Stevenson, 1994). Incremento de la población microbiana. La adición al suelo de SH son utilizadas como fuente de carbono e incrementan la población microbiana y por tanto la actividad enzimática asociada (Lizarazo, 2001).

La fertilidad del suelo, el intercambio de cationes de la fracción orgánica es de absoluta importancia, ya que aumenta el suministro de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y algunos micronutrientes (Fe^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+}) para las plantas. Por lo general los AH van a adsorber preferentemente cationes polivalentes frente a los monovalentes. Para iones con igual valencia, los menos hidratados tienen la mayor energía de adsorción (Stevenson, 1994).

Forman complejos estables con Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} y otros cationes polivalentes y aumentan así la disponibilidad de micronutrientes para las plantas (Albuzio *et al.*, 1994). Las SH, actúan como transportadoras de nutrientes (Varanini, 1995). Obscurecen el suelo, de manera que se facilita su calentamiento (Gallardo, 1980). A través de su combinación con plaguicidas puede, afectar su bioactividad, persistencia y biodegradabilidad (Hunchak-Kaiouk *et al.* 1994; Deschauer *et al.* 1994; Carlsen *et al.* 1994).

En la Planta

El efecto estimulante de las SH sobre el crecimiento de las plantas, esta comúnmente relacionado con el aumento de la absorción de nutrientes (Guminsky *et al.* 1983.)

Chen *et al.* (1990), Varanini *et al.* (1995) y Piccolo *et al.* (1992). A lo largo de sus investigaciones, han recogido la influencia de las SH en el crecimiento de las

plantas, en la nutrición mineral, en la productividad y el metabolismo, considerando los efectos positivos sobre la germinación de semillas, la iniciación y el desarrollo radicular, el desarrollo de los brotes, el contenido de nutrimentos en numerosos cultivos y la síntesis de ácidos nucleicos o la respiración.

Las investigaciones del efecto directo de las SH sobre las plantas, se centralizan en los efectos bioestimulantes al considerar la implicación de estos productos en los diferentes procesos fisiológicos-bioquímicos que tienen lugar en la planta (Ramos, 2000; Vivas, 2001). Si nos referimos a la influencia en el crecimiento y desarrollo de la raíz, se considera suficientemente probado que estos compuestos mejoran el crecimiento radicular, ya sea por aplicación foliar o adición al suelo (Sánchez-Andreu *et al.* 1994). Tanto la elongación como la formación de los primeros pelos radiculares, son afectadas por los materiales húmicos.

El Magnesio (Mg)

Quizá el papel más conocido de Mg, en la planta, se relaciona con su aparición en el centro de la molécula de la clorofila, pigmento esencial para que las plantas verdes puedan llevar a cabo la fotosíntesis; pese a ello, la fracción del Mg total asociada a la clorofila es relativamente pequeña, pues sólo representa entre el 15 y 20 % (Mengel y Kirkby, 2000).

Castellanos *et al.* (2000), argumentan que el Mg forma parte esencial de la clorofila, es necesario para la actividad de muchas enzimas incluyendo aquellos pasos más importantes en la actuación del ATP, así como, es fundamental para formar carbohidratos, grasas y ceras. La propiedad más importante del Mg^{2+} es su solubilidad. Su abundancia sugiere una multiplicidad de funciones, principalmente como activador de reacciones enzimáticas. Entre las reacciones en las que participa el Mg^{2+} , están las de transferencia de fosfatos o nucleótidos (fosfatasa, kinasas, ATPasas, sintetasa, nucleotidotransferasas), de grupos carboxilos (carboxilasas, descarboxilasas) y activador de deshidrogenasas, mutasas y liasas.

El Mg tiene un papel estructural como componente de la molécula de clorofila, es requerido para mantener la integridad de los ribosomas y sin duda contribuye en mantener la estabilidad estructural de los ácidos nucleicos y membranas (Hernández-Gil, 2001).

El requisito de magnesio para el crecimiento óptimo de las plantas está en el intervalo de 0.15-0.35 por ciento del peso seco de las partes vegetativas. La clorosis de las hojas totalmente expandidas es el síntoma visible más obvio de la deficiencia de magnesio. De acuerdo con la función de magnesio en la síntesis de proteínas, la proporción de nitrógeno proteico disminuye y el nitrógeno no proteico aumenta en hojas deficientes en magnesio. Según lo calculado en unidad de clorofila, la tasa de fotosíntesis es menor en las hojas de las plantas deficientes en magnesio y se acumulan carbohidratos. La aparición de síntomas ligeramente transitorios por deficiencia de magnesio durante la etapa de crecimiento vegetativo, no está necesariamente asociada con una disminución del rendimiento final a menos que los cambios irreversibles, como la reducción en el número de granos por espiga en los cereales (Fors *et al*, 1980).

Un suministro, a la raíz, de forma insuficiente permanentemente, la removilización de Magnesio a partir de hojas maduras reduce la duración del área de la hoja como se indica, por ejemplo, en las plantas perennes tales como el abeto donde el magnesio y el contenido de clorofila así como la tasa de fotosíntesis de las agujas mayores disminuyeron en primavera, cuando se desarrollan nuevos brotes (Lange *et al*. 1987).

En la última década, se ha presentado evidencia de la deficiencia de Magnesio y se ha generalizado en los ecosistemas forestales en el centro de Europa (Liu y Huttli, 1991), acentuada por otros factores de estrés, en particular la contaminación del aire (Schulze, 1989) y la acidificación del suelo (Marschner, 1991).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Área Experimental

El presente trabajo se realizó en la Unidad Experimental Norte perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado a 12 km al norte de la ciudad de Zaragoza, Coahuila, a 28° 33' Latitud Norte, 100° 55' Longitud Oeste y a una altitud de 350 msnm. La fórmula climática de la región de acuerdo a García (1987) es BSohx' (e), se trata de un clima seco, semicálido, extremo con lluvias intermedias entre el verano y el invierno. La temperatura promedio es de 22 a 24°C y una precipitación promedio anual de 300-400 mm. La frecuencia anual de heladas es de cero a dos días y granizadas de uno a dos días.

Metodología

Semilla de higuera silvestre, fue colectada en la carretera federal que va de la ciudad de San Luis Potosí a Ciudad Valles, ubicada a los 22° 02'51" Latitud norte, 100° 26' 05" Longitud oeste y a la altura de 1199 msnm. Posterior a ello, fueron seleccionadas las de superior dimensión y se les practicó un tratamiento hidrotérmico, el que consistió en colocarlas en "Baño maría" a temperatura de 40 °C, a la cual se le adicionó, ácidos fúlvicos a la cantidad de 4 mL L⁻¹ de agua, durante 15 minutos, con la finalidad de desinfectarlas y también ocasionar que el embrión de la semilla, se activara y germinara con mayor facilidad. Una vez transcurrido el tiempo comentado, se retiraron del agua y se dejaron secar durante 24 h, procediendo después a la siembra.

La siembra se llevó a cabo en charolas de poliestireno de 200 cavidades, con un sustrato de "peatmoss" con perlita (relación 1:1 p/p), dichas charolas, se colocaron en un invernadero del Departamento de Ciencias del Suelo, del *Campus* principal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cuyas coordenadas geográficas son: 25° 23' de Latitud Norte y 101° 00' de Longitud Oeste y a la altitud de 1742 msnm.

Cuando la planta alcanzo la altura de 15 cm, se procedió a realizar la técnica de picado que consistió en trasplantarlas en bolsas de polietileno, para lo cual se empleo una mezcla de hojarasca y suelo, con el objetivo de que la plántula desarrollara una raíz robusta, para ser establecida en su lugar definitivo. Transcurridos 90 días, se trasplantó en la Estación Experimental de Zaragoza, Coahuila, pero previo a esto al terreno se le realizo un barbecho, doble rastra cruzada y surcado. Las plantas fueron colocadas a dos metros entre plantas y a 1.80 m entre hileras.

A los 30 y 90 días después del trasplante, se aplicaron los tratamientos que se presentan en el Cuadro 2. Las aplicaciones de humatos de magnesio se hicieron en concentraciones de 1 y 2 por ciento, a las dosis de 5, 10 y 15 mL L⁻¹ de agua y aplicadas vía foliar, sumándole un testigo o control, el cual fue solo a base de fertilización química y consistió en la formula: 100 – 80 – 60.

Las variables medidas fueron, Altura de planta (AP), Diámetro de tallo (DT), Peso de semilla con capsula (PSC), Peso de semilla (PS), así como la concentración de Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Hierro (Fe) en tejido vegetal de follaje.

El diseño experimental empleado fue de Bloques completamente al azar, con siete tratamientos y seis repeticiones. Para el análisis estadístico, se empleo el paquete para computador Minitab, versión 16 para Windows en español y consistió en el análisis de varianza (ANVA) y la comparación de múltiple de medias se efectuó con el método de Tukey ($p \leq 0.05$) con el mismo paquete.

**Cuadro 2. Descripción de los tratamientos adicionados a las plantas de higuera
(*Ricinus communis*).**

Número	Tratamiento	Dosis (mL L⁻¹)	Clave
T1	AH+ Mg 1%	5	HMg1-5
T2	AH+ Mg 1%	10	HMg1-10
T3	AH+ Mg 1%	15	HMg1-15
T4	AH+ Mg 2%	5	HMg2-5
T5	AH+ Mg 2%	10	HMg2-10
T6	AH + Mg 2%	15	HMg2-15
T7	TC		FQ

AH: Ácidos Húmicos, Mg: Magnesio, TC: Control.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Altura de Planta (AP)

Los tratamientos, en esta variable, realizaron efecto significativo; pero los bloques no (Cuadro 3). También, a partir de la Figura 1, se puede establecer que al aplicar la dosis baja del humato de magnesio al uno por ciento, la AP no sobrepasó los 70 cm; con la dosis media no avanzó más allá de los 60 cm y con la cantidad más alta del tratamiento, se presentó el valor más alto de esta variable. Con el humato de magnesio al dos por ciento, conforme se aumentó la dosis, el valor acrecentó. De forma particular, se establece que con la adición del humato de magnesio al uno por ciento se presentó el superior valor, ya que aventajó al control (FQ) en 20 por ciento.

Cuadro 3. Análisis de varianza de la altura de planta de higuera (*Ricinus communis*), con la adición de un humato de magnesio.

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	6	3130.0	521.7	3.33	0.012*
Bloques	5	484.1	96.8	0.62	0.687 NS
Error	30	4704.0	156.8		
Total	41	8318.1			

CV%= 18.86 * Significativo NS= No significativo

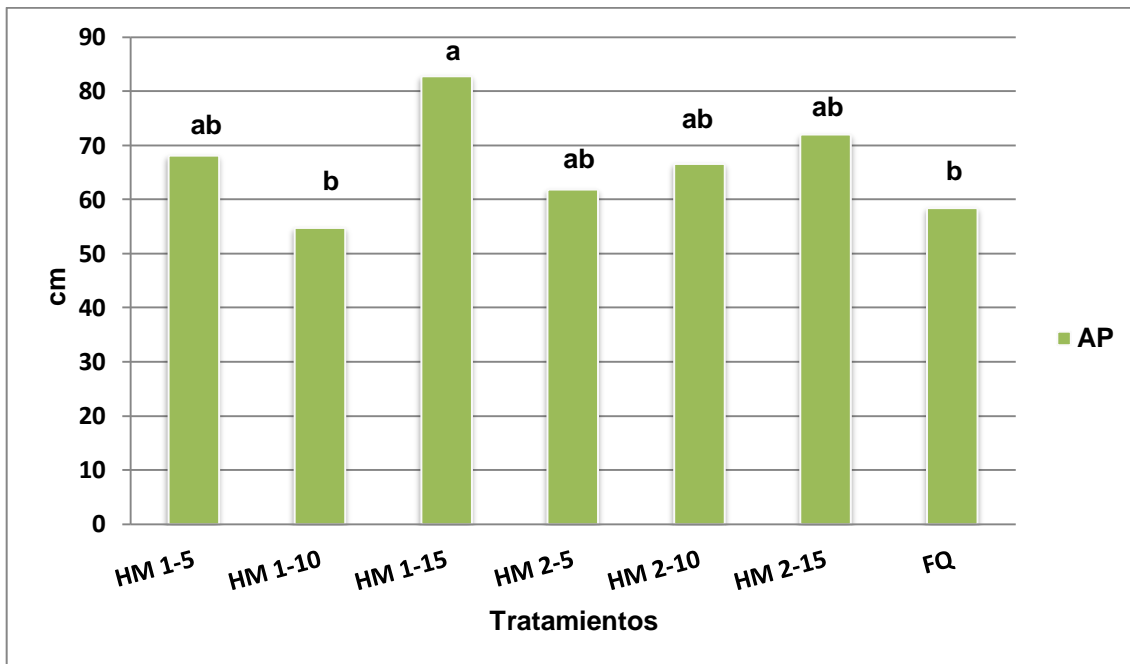


Figura 1. Altura de planta de higuera, con la adición de un humato de magnesio.

Diámetro de Tallo (DT)

Aquí el efecto de los tratamientos, fue altamente significativo; mientras que, los bloques no lo efectuaron (Cuadro 4). De forma general, aquí se puede establecer que con las dosis baja y media del humato de magnesio al uno por ciento, los valores fueron muy similares superiores con la dosis alta de esta mezcla órgano – mineral.

Similar situación, se presentó cuando se agregó el humato de magnesio al dos por ciento. De manera particular se establece que con la adición de 15 mL L⁻¹ de agua, el mayor valor superó al control en 70 por ciento. (Figura 2).

Cuadro 4. Análisis de varianza del diámetro de tallo de higuera (*Ricinus communis*), con la adición de un humato de magnesio.

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	6	822.90	137.15	10.35	0.000**
Bloques	5	87.33	17.47	1.32	0.283 NS
Error	30	397.67	13.26		
Total	41	1307.90			

CV %= 13.80 ** Altamente significativo NS= No significativo

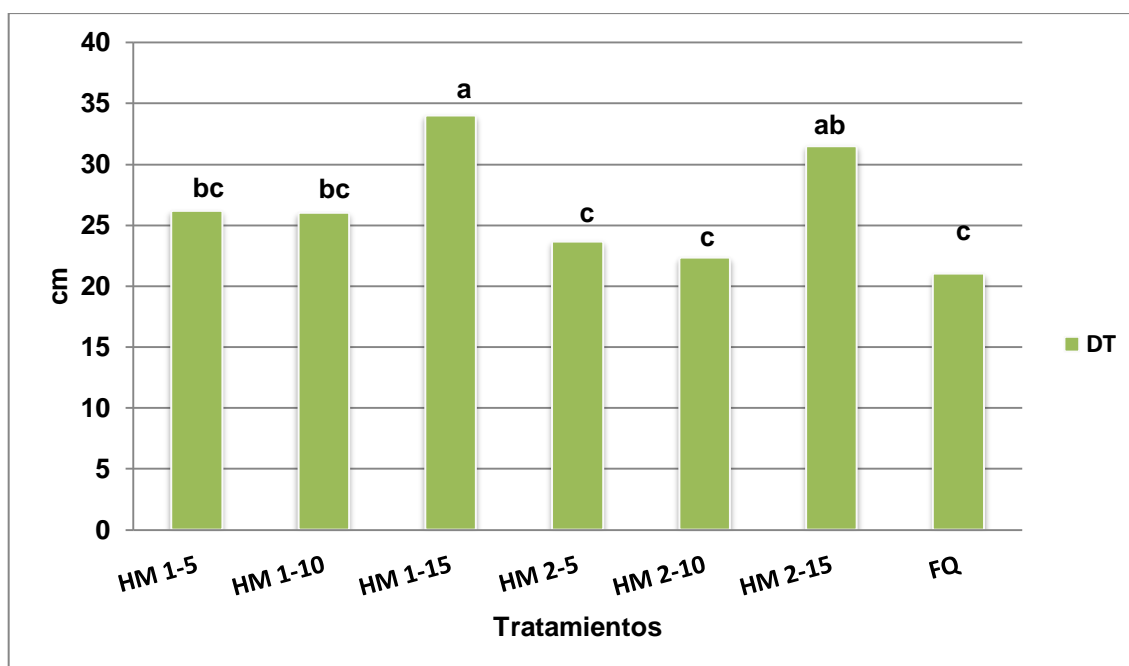


Figura 2. Diámetro de tallo de higuera, con la adición de un humato de magnesio.

Peso de semilla mas capsula (PSC)

En esta variable ni los tratamientos ni los bloques, realizaron efecto significativo (Cuadro 5). Sin embargo, de manera grafica (Figura 3) se observa que al aumentar la dosis del humato de magnesio al uno por ciento, los valores disminuyeron y por el

contrario, con la aplicación del humato de magnesio al dos por ciento en 15 mL L⁻¹, se aventajó al control en 15 por ciento.

Cuadro 5. Análisis de varianza del peso de semilla más capsula de higuera (*Ricinus communis*), con la adición de un humato de magnesio.

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	6	90.75	15.13	1.49	0.216 NS
Bloques	5	59.52	11.90	1.17	0.347 NS
Error	30	305.20	10.17		
Total	41	455.47			

CV%= 24.98** Altamente significativo NS= No significativo

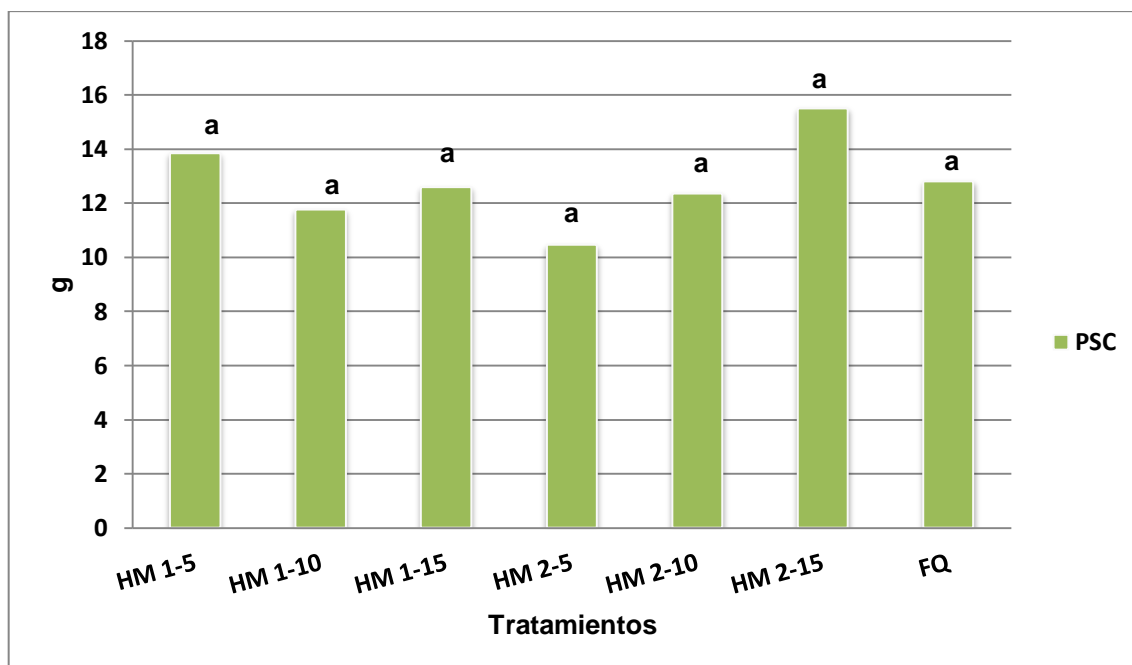


Figura 3. Peso de semilla mas capsula de planta de higuera, con la adición de un humato de magnesio.

Peso de Semilla (PS)

Aquí, no hay efecto de los tratamientos, ni de los bloques y esto se presenta en el (Cuadro 6). De manera general se establece que los valores de esta variable, se distribuyeron de forma muy similar que en la variable anterior y con la aplicación de la dosis alta del humato de magnesio al dos por ciento se superó al control en 15 por ciento (Figura 4).

Cuadro 6. Análisis de Varianza del Peso de semilla de higuera (*Ricinus communis*) con la adición de un humato de magnesio.

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	6	90.75	15.13	1.49	0.2146 NS
Bloques	5	59.52	11.90	1.17	0.347 NS
Error	30	305.20	10.17		
Total	41	455.47			

CV%= 24.98 NS= No significativo

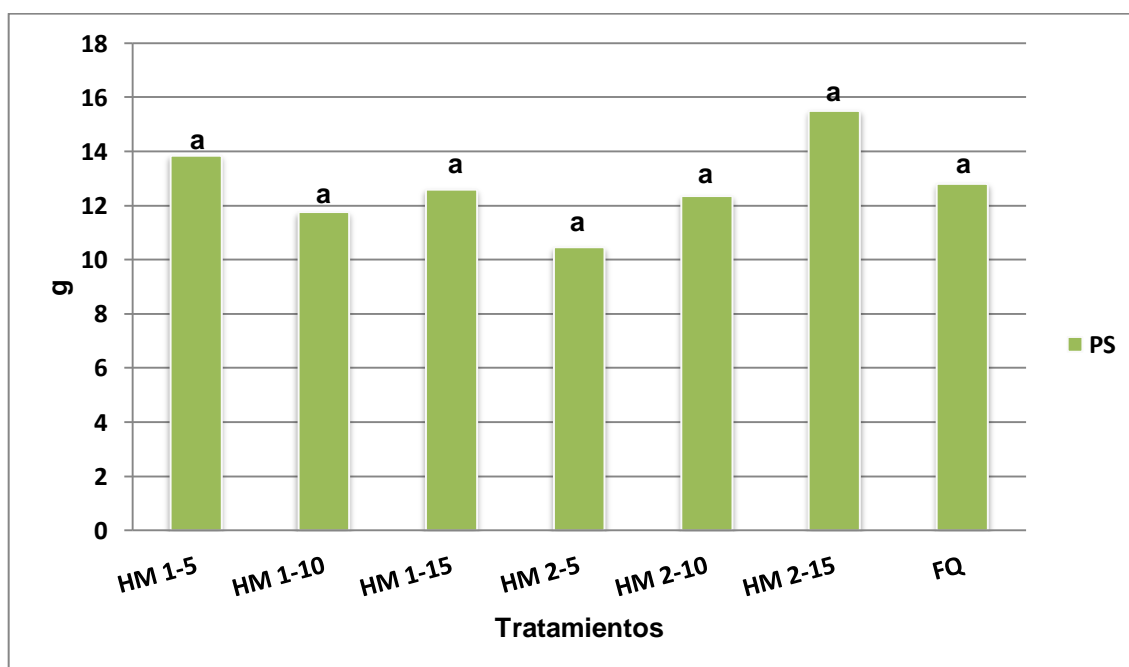


Figura 4. Peso de semilla de higuera, con la adición de un humato de magnesio.

Calcio (Ca)

En los contenidos de este nutrimento del tejido vegetal de follaje, no hay efecto estadístico significativo ni de los tratamientos ni de los bloques (Cuadro 7). En la Figura 5, se observa que al agrega el humato de magnesio al uno por ciento, con forme se aumentó la dosis, las cuantías disminuyeron; mientras que, con la dosis baja alta del humato de magnesio al dos por ciento los valores fueron similares y con la dosis media el valor fue más inferior que los anteriores. Al aplicar el humato de magnesio al uno por ciento, a la dosis de 5 mL L⁻¹ de agua, se superó al control en 38 por ciento.

Cuadro 7. Análisis de varianza de calcio (Ca) del tejido vegetal del follaje de la higuera (*Ricinus communis*) con la adición de un humato de magnesio.

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	6	238587962	39764660	0.86	0.538 NS
Bloques	5	91918476	18383695	0.40	0.848 NS
Error	30	1392729524	46424317		
Total	41	1723235962			

CV% =32.54 NS= No significativo

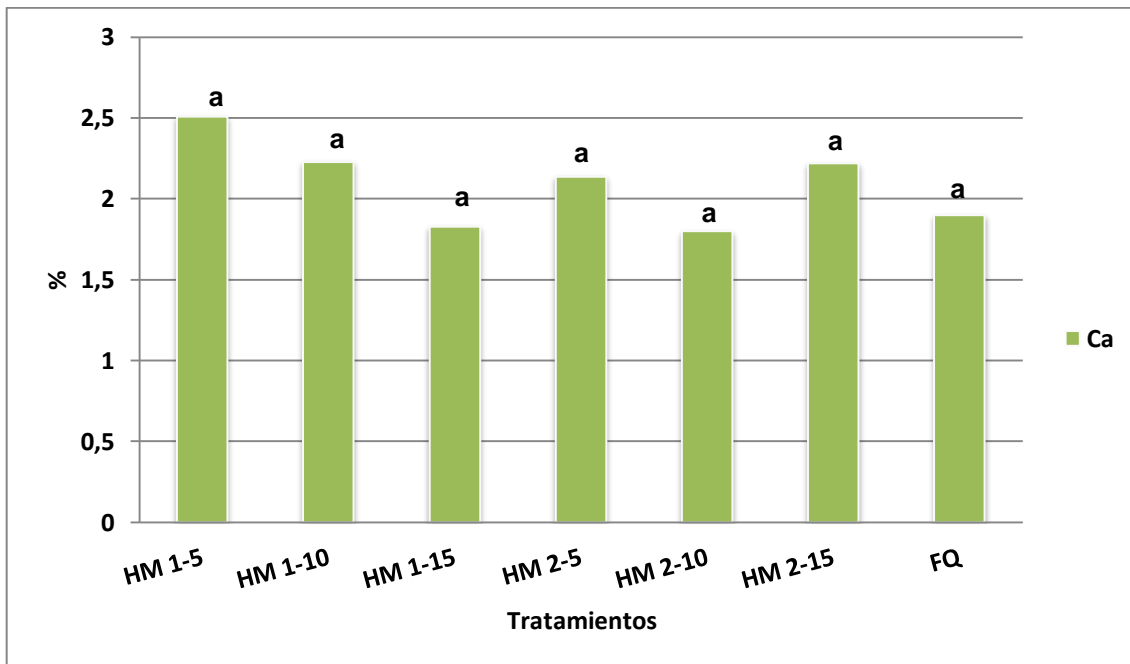


Figura 5. Contenido de calcio en el tejido vegetal de follaje de la higuera, con la adición de un humato de magnesio.

Magnesio (Mg)

Los tratamientos, en este nutriente, realizaron efecto significativo; pero, los bloques no (Cuadro 8). Aquí, de forma general, se establece que conforme se aumentó la dosis del humato de magnesio al uno por ciento, los valores descendieron y con el humato de magnesio al dos por ciento, con la dosis baja no sobrepasó el 0.6 por ciento, con la dosis media disminuyó y con la alta aumentó. Con la dosis baja del humato de magnesio al uno por ciento y el control (FQ), se presentaron los valores superiores de esta variable (Figura 6).

Cuadro 8. Análisis de varianza de magnesio (Mg) del tejido vegetal del follaje de la higuera (*Ricinus communis*) con la adición de un humato de magnesio.

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	6	167141181	27856863	2.35	0.056 *
Bloques	5	32233143	6446629	0.54	0.742 NS
Error	30	356172190	11872406		
Total	41	555546514			

CV%=49.49 *Significativo NS= No significativo

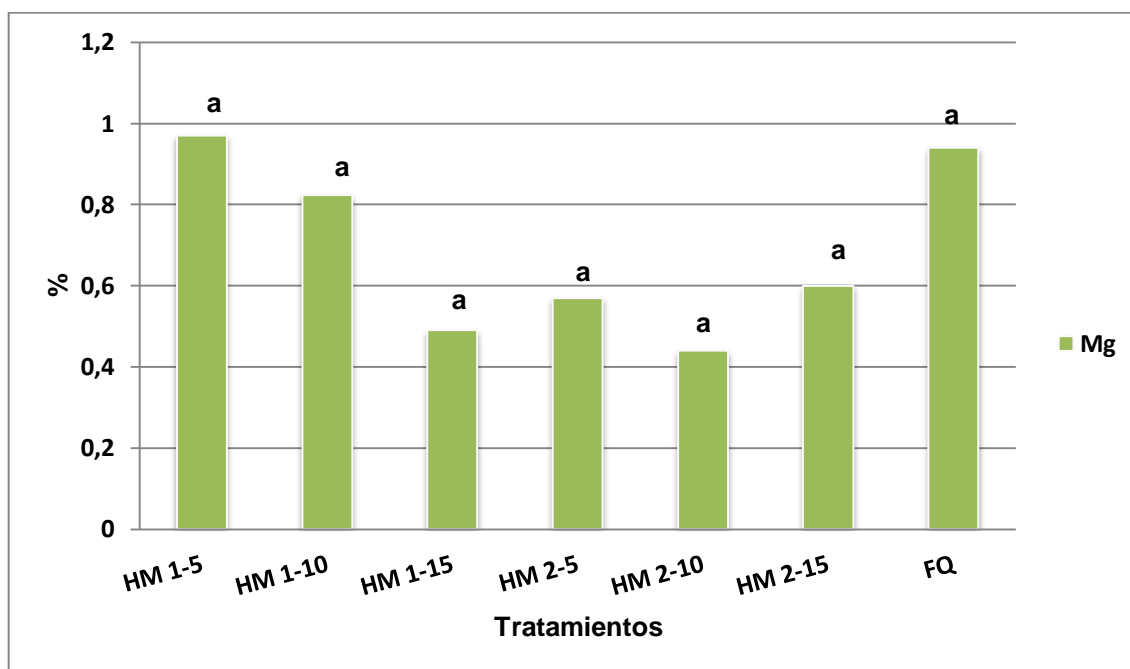


Figura 6. Contenido de magnesio en el tejido vegetal de follaje de la higuera, con la adición de un humato de magnesio.

Potasio (K)

Al realizar el análisis de varianza para el contenido de potasio K, en el tejido vegetal del follaje los tratamientos realizaron efecto altamente significativo y los bloques no (Cuadro 9). En ambos productos empleados como tratamientos, con forme se aumentaron las dosis, los valores disminuyeron. Cuando se agregaron 5 mL L⁻¹ del

humato de magnesio al uno por ciento, se aventajó al control en 114 por ciento (Figura 7).

Cuadro 9. Análisis de varianza de potasio (K) del tejido vegetal del follaje de la higuierilla (*Ricinus communis*) con la adición de un humato de magnesio.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	6	410463390	68410565	8.67	0.000**
Bloques	5	45952762	9190552	1.17	0.349 NS
Error	30	236655238	7888508		
Total	41	693071390			

CV%= 26.59**Altamente significativo NS= No significativo

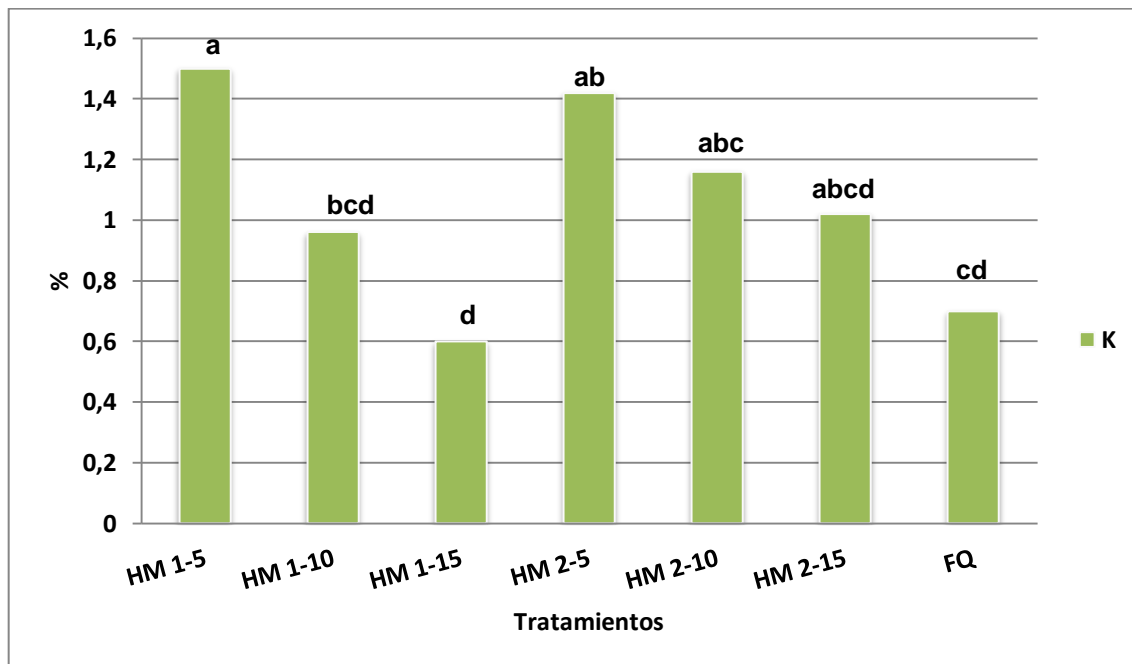


Figura 7. Contenido de potasio (K) en el tejido vegetal de follaje de la higuierilla con la adición de un humato de magnesio.

Fierro (Fe)

Como se puede apreciar en el Cuadro 10, no hay efecto significativo de los tratamientos, ni de los bloques; pero, gráficamente se puede observar en la Figura 8, que con la adición de 15 mL L⁻¹ de agua del humato de magnesio al dos por ciento, se adelantó al control en 66 por ciento.

Cuadro 10. Análisis de varianza de fierro (Fe) del tejido vegetal del follaje de la higuera (*Ricinus communis*), con la adición de un humato de magnesio.

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	6	237076	39513	1.26	0.305 NS
Bloques	5	234408	46882	1.50	0.221 NS
Error	30	940739	31358		
Total	41	1412222			

CV%= 80.42 *Significativo NS= No significativo

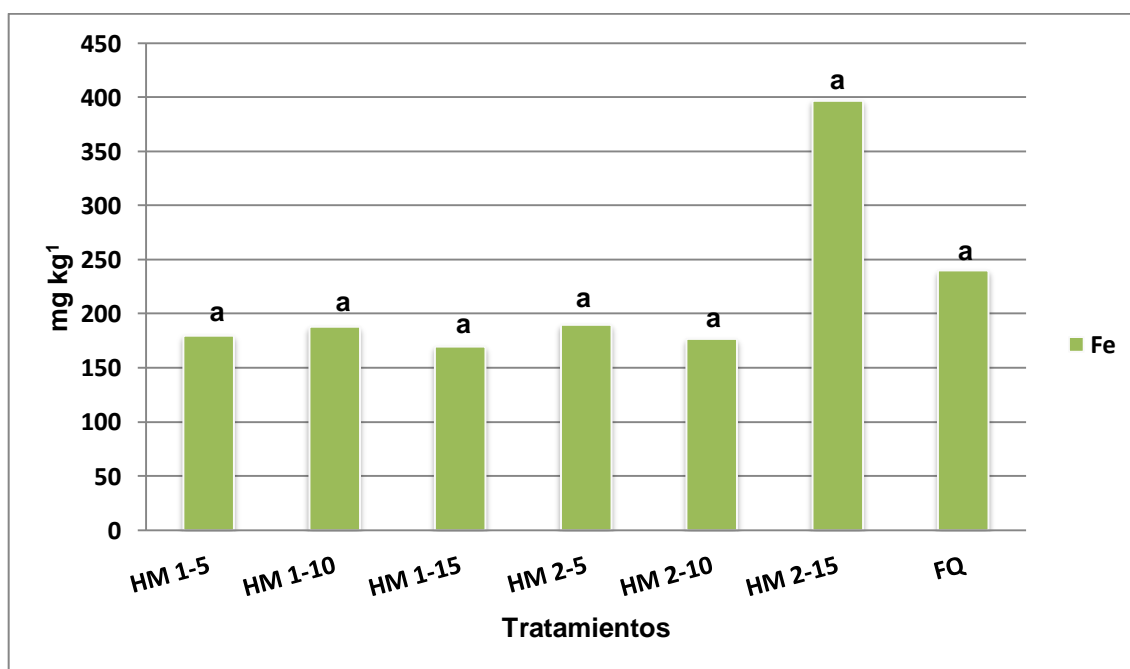


Figura 8. Contenido de fierro (Fe) en el tejido vegetal de la higuera, con la adición de un humato de magnesio.

De forma general, a manera de discusión, se puede establecer que gran cantidad de investigaciones han sido consagradas a determinar el papel de las sustancias húmicas (SH), en el crecimiento vegetal; estos compuestos orgánicos, tienen efectos directos e indirectos sobre las plantas: los directos son sobre el suelo, al estabilizar la estructura, aumentar la permeabilidad y los contenidos de materia orgánica (MO), entre otros (Ramos, 2000). Los indirectos son: aporte y transportadores de nutrimentos (Varanini y Pinton, 1995), como el amonio (Klucakova, 2010); aumento de la capacidad de intercambio catiónico y tal vez, efecto hormonal, porque juegan un papel fundamental en la raíz, al aumentar la cantidad de pelos radicales (Barón *et al.* 1995) y formación de complejos estables, con cationes mono y polivalentes para aumentar su disponibilidad (Albuzio *et al.* 1994).

En la AP, DT y contenido de Ca del tejido vegetal de follaje, el humato de magnesio al uno por ciento a la dosis alta, realizó el superior efecto. A la misma dosis; pero, el humato de magnesio al dos por ciento, lo efectuó en el PSC, PS y la cantidad de Fe. En el contenido de Mg y K, la dosis baja del humato de magnesio al uno por ciento, lo realizó.

Así en el presente trabajo, de forma general, el magnesio cumplió con los niveles para un buen desarrollo de la planta según Marschner (1995), ya que establece que para que el crecimiento y desarrollo de cualquier vegetal sea óptimo, la cantidad del elemento en el tejido vegetal de follaje, deberá fluctuar entre 0.15 y 0.35 por ciento.

Lo anterior concuerda con los estudios realizados por Chukov *et al.* (1996) y Dolenko *et al.* (2011), donde establecen que los efectos fisiológicos de las SH, dependen directamente de su concentración de radicales libres.

También Csicsor *et al.* (1994), están de acuerdo con lo anterior, al decir que los ácidos húmicos mezclados con nutrimentos, tienen superior efecto que la mezcla de ácidos fúlvicos, con elementos químicos, por el hecho de que los primeros poseen mayor cantidad de radicales libres, lo que provoca superior efecto en la cadena respiratoria. Barón *et al.* (2010), determinan que los ácidos húmicos, sirven como agentes quelatantes para cationes como el Ca y el Mg, ya que poseen gran cantidad de grupos funcionales oxigenados (cargas eléctricas negativas). También, Sánchez-Andreu *et al.* (1994), dicen que no solo los ácidos húmicos quelatan al Ca y al Mg,

sino también al fósforo (P) y al potasio (K). Por su parte Bermúdez *et al.* (1993), comprobaron que con la adición de un ácido húmico comercial, proveniente del lignito, a gránulos de un fertilizante fosforado (fosfato monoamónico), a concentración de 1 por ciento, incrementó la solubilidad del P en suelos con pH alcalino, pero en condiciones normales es muy insoluble.

CONCLUSIÓN

En las variables medidas a la planta y en el contenido de calcio, del tejido vegetal del follaje, la dosis alta del humato de magnesio al dos por ciento, realizó el efecto positivo. En las variables medidas a las semillas a la semilla y en el contenido de fierro, lo efectuó la dosis alta del humato de magnesio al dos por ciento; mientras que, la dosis baja del humato de magnesio al uno por ciento, lo efectuó en el contenido de Mg y K.

LITERATURA CITADA

- AKINREMI, O. O., JANZEN, H. H., LEMKE, R. L., LARNEY, F. J. 2000.** Response of canola, wheat and green beans to leonardite additions. *Can J. Soil Sci.* 80:437-443.
- ALBUZIO, A., CONCHERI, G., NARDI, S., DELL'AGNOLA, G. 1994.** Effect of humic fractions of different molecular size on the development of oat seedlings grown in varied nutritional conditions. In N. Senesi, T.M. Miano (Eds.) *Humic substances in the global environment and implications on human health.* Elsevier Science B.V. Amsterdam.
- ALBUZIO, A., FERRARI, G., NARDI, S. 1986.** Effects of humic substances on nitrate uptake and assimilation in barley seedlings. *Can. J. Soil Science*, 66:731- 736.
- ALBUZIO, A.; CONCHERI, G.; NARDI, S.; G. DELL'AGNOLA, G. 1994.** Effect of humic fractions of different molecular size on the development of oat seedlings grown in varied nutritional conditions. *In* N. Senesi, T. M. Miano (Eds.) *Humic substances in the global environment and implications on human health.* Elsevier Science B. V. Amsterdam.
- AYUSO, L.M. 1995.** Utilización de residuos urbanos como enmiendas orgánicas sólidas y líquidas: Valoración agronómica y efectividad frente a enmiendas tradicionales. Tesis Doctoral. CEBAS-CSIC. Murcia.
- BARÓN, R. BENÍTEZ, I.C., GONZÁLEZ, J.L. 1995.** Influencia de la dosis creciente de un abono orgánico en un cultivo de trigo. *Agrochemical XXXIX*,5-6; 280-289.
- BERMÚDEZ, D.; JUÁREZ, M.; SÁNCHEZ-ANDREU, J.; JORDÁ, J. 1993.** Role of EDDHA and humic acids on the solubility of soil phosphorus. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 24 (7 y 8): 673-683.

- BRAZILIAN AGRO ENERGY PLAN 2006-2011/** Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply, Secretariat for Production and Agroenergy. - Brasília, DF :Embrapa Publishing House, 2006.108 p
- BUFFLE, J.,GREETER, F., HAERDI, W.1977.**Measurement of complexation properties of humic and fulvic acids in natural waters with lead and copper ion-selective electrodes. *Anal. Chem.*.(49) 2:216-222.
- CADAHIA, A.C. (1998),** Fertirrigación de cultivos Horticolas y Ornamentales. España.
- CALACE, N., FURLANI, G., PETRONIO, B. M., PIETROLETTI, M. 2000.**Sedimentary humic and fulvic acids: Structure, molecular weight distribution and completing capacity. *Annali di Chimica*, 90:25-34.
- CARDONA, P. 2008.** Higuerilla, ojo que no es una maleza. Medellin. CO. p. 24.
- CARLSEN, L., LASSEN, P., WARWICK, P., RANDALL, A. 1994.** Radio-labelledhumic and dulvic acids: a new approach to studies on environmental fate of pollutants. In N. Senesi, T.M. Miano (Eds.) *Humic substances in the global environment and implications on human health*.ElsevierScience B.V. Amsterdam.
- CASTELLANOS J.Z., J. X. UVALLE-BUENO., A. AGUILAR-SATELICES. 2000.** Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. Segunda Edición. INTAGRI. Celaya, Guanajuato.
- 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. McCarthy, C. E. Clapp, R. L. Malcolm, P. R. Bloom (Eds.). Proceedings of a symposium by the IHSS, Chicago, Illinois, December 1985.

- CHEN, Y., SCHNITZER, M. 1978.**The surface tension of aqueous solutions of -soil humicsubstances. Soil Sci. 125:7-15.
- CHUKOV, S. N.; TALISHKINA, V. D.; NADPOROZHCKAYA, M. A. 1996.**Physiological activity of growth stimulators and of soil humic acids. Eurasian Soil Science, 28(4), 30-39.
- COBLEY, S.L.1995.**An introduction to the botany of tropical crops.3rd. Ed. Longman.London. 371 p.
- CRONQUIST, A.1981.**An Integrated System of Classification of Flowering Plants.The New York Botanical Garden.Columbia University Press. New York, USA.
- CSICSOR, J.; GERSE, J.; TITKOS, A. 1994.**The biostimulant effect of different humic substances fraction on seed germination.In N. Senesi, T. M. Miano (Eds.) Humic substances in the global environment and implications on human health. ElsevierScience B. V. Amsterdam.
- CEPEDA, J. M.1992.** Química de suelos, México, Ed. Trillas.
- DE SASSURE, T. 1804.**RecherchesChemiqessur la végétación.Paris.
- DESCHAUER, H., HARTMANN, R., KÖGEL-KNABER, I. y ZECH, W. 1994.**The influence of dissolved organic matter on the transport of polycyclic aromatic hydrocarbons in a forest soil under *Pinussylvestris*.In N. Senesi, T.M. Miano (Eds.) Humic substances in the global environment and implications on human health. Elsevier Science B.V. Amsterdam.
- DROZD, J. WEBER. 1996.** The role of humic substances in the ecosystem and in environmental protection. Proc. 8th Meeting ofthe IHSS. Wroclaw.
- EMBRAPA** (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria). 2005 a. Sistemas de Produção: Indicações Técnicas para a cultura da Mamona en Mato Grosso do Sul. BR. p. 63.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria). 2005 b. Comportamento de MamoneirasobEncharcamentodo solo. Boletín de Pesquisa e Desenvolvimento N° 57. BR. p.16.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria). 2005 c. Crescimento e Produtividade da Mamoneirasobfertilizaçao Química en RegiaoSemi 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

FAO. Food and Agricultural Organization of the United Nations 2006. "Major food and agricultural commodities and producers". November Disponible en: <http://fao.org>

FONNEGRA G. R., R. FONNEGRA GÓMEZ., S. L. JIMÉNEZ R. 2007. Plantas Medicinales Aprobadas en Colombia. Universidad de Antioquia, 2007

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO).2006. Bioenergy: A Development Option for Agriculture and Forestry in Asia and the Pacific. Twenty-Eighth FAO Regional Conferences for Asia and the Pacific

FORSET, H. 1980.Einfluss von unterschiedlichstarkem Magnesiummangel bei Gerste dung von Ertrangs- und Qualitätsmerkmale der Zuckerrube. *Landwirshc. Forsch. Sonderch.* 25 (II). 99-105.

FRANCO, G. (2001). "Fertilización de la mora de Castilla (*Rubusglaucusbenth*) en zonas del departamento de Caldas". En: Memorias Tercer seminario de clima frío moderado. Manizales, noviembre 15-17 del 2001.

GALLARDO, J.F. 1980. El Humus. Investigación y ciencia. 46, 8-16.

- GALLI, E., CEGARRA, J. TOMATI, U. y ROIG, A. 1994.**Effect of humified materials on plant metabolism. In N. Senesi, T.M. Miano (Eds.) Humicsubstances in the global environment and implications on human health. ElsevierScience B.V. Amsterdam.
- GARCÍA, C. 1990.** Estudio del compostaje de residuos orgánicos. Valoración agrícola. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Murcia.
- GARCÍA, E. 1987.** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 4º edición. México. D. F. 217p.
- GONZÁLEZ. L. 2001.** Guía de los Árboles y Arbustos de la Península Ibérica: especies silvestres y las cultivadas más comunes. Mundi-Prensa Libros. Madrid.
- GONZÁLEZ, A. A. 2009.** Evaluación de genotipos de higuera (*Ricinuscommunis*L.) en el sur de Jalisco. Memoria: Crisis alimentaria y energética: Retos para el Siglo XXI. Reunión Anual de la Sociedad del PCCMCA San Francisco de Campeche, México. Resumen. P. 116
- GUMINSKY, S., SULEJ, J., GLABISZEWSKI, J. 1983.**Influence of sodium humate on the uptake of some ions by tomato seedlings. Acta SocietatisBotanicorumPoloniae. 52, 149-164.
- GUZMÁN, H. G., L VELA. 1979.** Contribución al conocimiento de la vegetación del sur oeste del estado del Zacate cas. Bol. SocBot. Méx. 25:46-60.
- HEIKE, V. 2009.**Euphorbiaceae*Ricinuscommunis* L. Higuera. Consultado en Marzo 2011. Disponible en. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/ricinus-communis/fichas/ficha.htm>
- HERNÁNDEZ-GIL, R. 2001.** Nutrición Mineral de las Plantas. Botanical Book.LibroBotanicaOnLine. <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg>.

- HUNCHAK-KARIOUK, K., SUFFET, I.H. 1994.** Binding of organic pollutants to dissolved organic matter in anoxic pore waters. In N. Senesi, T.M. Miano (Eds.) Humic substances in the global environment and implications on human health. Elsevier Science B.V. Amsterdam.
- IHSS 2013.** Sociedad Internacional de Sustancias Húmicas, “Producto de Alface Cultivado em Solução Nutritiva Completa com Adicto a Substancias Húmicas Extraídas de Sete Carvoes Minerales”. Universidad Federal de Santa María. Programa de Pós-graduação em Agronomia. Santa María, Brasil. pp. 343-345.
- INIREB, 1993.** Instituto Nacional de Investigaciones de Recursos Bioticos, “Estudios etnobotánicos en el estado de Veracruz”, Xalapa, Ver. pp.-2.
- KANANOVA, M.M. (1983)** Materia orgánica del suelo. Barcelona (España) segunda edición. Pag. 2
- LANGE O. L., ZELLNER, H., SCHRAMMELI, P., KOSTHER, B AND CZYGAN, F. C. 1987.** Photosynthetic capacity, chloroplast pigments, and mineral content of the previous year's needles with and without the new flush: analysis of the forest-decline phenomenon of needle bleaching. *Oecologia (Berlin)* 73, 351-357.
- LIU, J. C., HUETTL, R. F. 1991.** Relations between damage symptoms and nutritional status of Norway spruce stands (*Picea abies* Karst) in southwestern Germany. *Fert. Res.* 27, 9-22.
- LIZARAZO, L. M. 2001.** Incidencia de sustancias húmicas comerciales sobre microorganismos del suelo. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.
- MACCARTHY, P., CLAPP, C. E., MALCOLM, R. L., BLOOM, P. R. 1990.** An introduction to soil humic substances. pp. 161-186. In Humic substances in Soil and Crop Sciences: Selected readings. P.

- MARSCHNER, B., STARHR, K., RENGER, M. 1991.** Lime effects on pine forest floor leachate chemistry and element fluxes. *J. Environ. Qual.* 21, 410-419.
- 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) 1985.** Proceedings of a symposium by the IHSS, Chicago, Illinois, December
- MEJÍA, S. 2011.** La Higuierilla. (*Ricinus communis*). Consultado en marzo del 2012. Disponible en. <http://www.unalmed.edu.co/~crsequed/HIGUERILLA.htm>
- MELÉNDEZ, GLORIA. 2003.** Residuos orgánicos y materia orgánica del suelo. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. Taller de Abonos Orgánicos Mendoza Segundo Reyes Heriberto, INIAP, boletín divulgativo No.177 Estación Experimental "Portoviejo"; 1985, GUIA DEL CULTIVO DE HIGUERILLA.
- 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 EA 2000.** Principios de Nutrición Vegetal. Traducción al español de la cuarta edición de Melgar RJ, Ruiz M. Basel, Switzerland: International Potash Institute. 692p.
- MIRANDA, E. 2011.** Evaluación del comportamiento de 19 accesiones de higuierilla (*Ricinus communis* L.). [Disponible en:] <http://www.monografias.com/trabajos88/higuierilla-ricinus-connmunis/higuierilla-ricinus-connmunis.shtml>.
- 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.

- MOSHKIN, V. A. 1986a.** Botanical and biological properties of castor. En: MOSHKIN, V. A. CASTOR. New Delhi. p. 11-64
- PAVÓN, G. 2011.** Estudio de las características botánicas y etnobotánicas de higuerilla (*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>.
- PICCOLO, A., NARDI, S., CONCHERI, G. 1992.** Structural characteristics of humic substances as related to nitrate uptake and growth regulation in plant systems. *Soil Biol. Biochem.* 24, 373-380.
- R. CORE TEAM (2013).** R: A Language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austrian. URL <http://www.R-project.org/>.
- 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.
- 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.

ROBLES. S.R. 1980. Producción de oleaginosas y textiles. Ed. LIMUSA. México.
Pag. 507-518.

RZEDOWSKI, G. C., 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>)

SÁNCHEZ- ANDREU, J.; JORDÁ, J.; JUÁREZ, M. 1994.
Humicsubstances.Incidance on crop fertility.ActaHorticulturae. 357, 303-313.

SÁNCHEZ-ANDREU, J. J.; JUÁREZ, M.; SÁNCHEZ, A. 2000. Incidencia de
Sustancias Húmicas y aminoácidos en la calidad del fruto del limón cv Fino.
VIII Simposium Nacional, IV Ibérico sobre Nutrición Mineral de las plantas.

SÁNCHEZ-ANDREU, J., JORDÁ, J., JUÁREZ, M. 1994.Humicsubstances.Incidence
on crop fertility.ActaHorticulturae. 357:303-313.

SCHNITZER, M. 1978.Humic Substances: Chemistry and Reactions: in Soil Organic
Matter (Ed.) Schnitzer and Khan. Soil Organic Matter. Elsevier, Amsterdam.

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. Ontario,
Canadá.

SCHNITZER, M., A. GHOSH. 1982. Characteristics of water-soluble fulvic acid-
copper and fulvic acid-iron complexes. Soil Sci. 134: 354-363.

SCHNITZER, M., H. R. SCHULTEN. 1995. Analysis of Organic Matter in Soil Extracts
and Whole Soils by Pyrolysis-Mass Spectrometry. Advances in Agronomy, Vol.
55:167-217.

- SCHULZE, E.- D. 1989.** Air pollution and forest decline in a spruce (*Piceaabies*) forest. *Science*.244, 776-783.
- SENESI N., MIANO T. M., PROVENZANO M.R. Y BRUNETTI G., 1991,** Characterization and classification of humic substances by fluorescence spectroscopy. *SoilSci*. 152:259-271.
- SENESI, N., MIANO, T. M., PROVENZANO, M. R., BRUNETTI, G. 1989.**Spectroscopic and compositional comparative characterization of I.H.S.S. reference and standard fulvic and humic acids of various origin. *Sci. Total environ*. 81/82: 143-156.
- STEELINK, C. 1985.**Implications of elemental characteristics of humic substances.pp. 457-476.*In*Humic substances in soil, sediment and water. G. P. Aiken, D. M. McKnight, R. L. Wershaw, P. MacCarthy, (Eds). John Wiley, New York.
- STEVENSON, F. J. 1979.** Humates-facts and fantasies on their value as commercial soil amendment. *Crops Soil* 31:14-16.
- STEVENSON, F. J. 1982.** Humus Chemistry: Genesis, Composition and Reaction. John Wiley and Sons, New York. 443 p.
- STEVENSON, F. J. 1994.** Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. J. Wiley and Sons, New York, NY.
- TAN, K. H., NOPAMORN BODI, V. 1979.**Effect of different levels of humic acids on nutrient content and growth of corn (*Zea may L.*). *Plant and Soil*. 51:283-287.
- THORN, K., FOLAN, D., MacCARTHY, P. 1989.**Characterization of the IHSS standard and reference fulvic and humic acids by solution state carbon-13 and hydrogen-1 nuclear magnetic resonance spectrometry.*Water Resources Investigations Rep*. 89-4196.US Geological Survey, Denver, Co.

VALENCIA, R.; PITMAN, S; YÁNEZ, L; JØRGENSEN, P. 2000. Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador. Herbario QCA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito. EC. p.34.

WEISS, E.A., 1983. Oilseed crops. London: Longman, 660p.

VARANINI Z., PINTON R. 2000. Plant- Soil relationship role of humic substances in iron nutrition. Department the Science Agrarian e Ambient. University of Udine, Italy.

VARANINI, Z., PINTON, R. 1995. Humic substances and plant nutrition. Progress in Botany, 56, 97-116.

VILLARROEL F. 1991. Introducción a la Botánica Sistemática. Universidad Central del Ecuador. Quito. EC. p.13.

VILLASEÑOR R., J., 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.

VIVAS, M. J. 2001. Mejora del desarrollo y la producción vegetal por bioestimuladores. Sustancias húmicas comerciales y alcoholes. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.