

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



Comportamiento de Humatos y Fulvatos de Magnesio en la Producción de Semilla de Higuera (*Ricinus Communis*)

POR:

GABRIELA GONZÁLEZ CHÁVEZ

TESIS

**Presenta como Requisito Parcial para Obtener el Título Profesional
de:**

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre del 2013

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**Comportamiento de Humatos y Fulvatos de Magnesio en la Producción de Semilla
de Higuera (*Ricinus Communis*)**

POR:

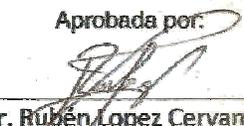
GABRIELA GONZÁLEZ CHÁVEZ

TESIS

**Que se somete a consideración del H. jurado examinador como requisito
parcial para obtener el título de:**

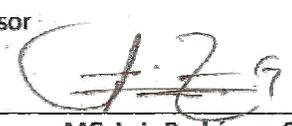
INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por:


Dr. Rubén Lopez Cervantes
Asesor Principal


Dr. Edmundo Peña Cervantes
Coasesor


MC. Fidel Maximiano Peña Ramos
Coasesor


MC. Luis Rodríguez Gutiérrez
Coordinador de la División de Ingeniería


Coordinación de
Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre del 2013

AGRADECIMIENTOS

Señor te agradezco, por darme el don de la vida, por la bendición de tener una familia que siempre está conmigo en las buenas y en las malas, por poner en mi camino a personas únicas, amigos y compañeros que forman parte de mi trayecto. Gracias te doy por estar siempre conmigo, por darme fortaleza y sabiduría, con las que hoy concluyo una de las etapas más anheladas. Por tu amor, bendiciones y protección gracias.

Si el señor es mi pastor, nada me faltara.....

A mi familia

A mis padres, hermanos y aquellos familiares que confiaron en mí, por su amor y apoyo incondicional, sin ustedes nada de esto hubiera sido posible. Soy un ser afortunado por contar con ustedes.

A mi Alma Mater

Es uno de los más grandes honores, pertenecer a una institución como mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, formar parte de esta gran familia y vivir una de mis mejores experiencias. Gracias por permitirme disfrutar de tus instalaciones y a todos los que la conforman e hicieron posible, este sueño.

“Buitre por siempre”

A mis asesores

Dr. Rubén López Cervantes, mi más sincero agradecimiento por su tiempo, dedicación, confianza y apoyo, para el desarrollo de esta investigación. Pero principalmente gracias por brindarme su amistad, ha sido todo un placer conocerlo y colaborar con usted. Es para mí un ejemplo de trabajo a seguir. Mi gratitud y respeto.

Dr. Edmundo Peña Cervantes, MC. Fidel Maximiano Peña Ramos, gracias por su tiempo, paciencia, durante este proceso. Gracias por aportar sus conocimientos y brindarme asesoría, el éxito de esta investigación se las debo a ustedes. Mi gratitud y respeto para ustedes.

A mis profesores, amigos y compañeros

A todos y cada uno de mis profesores que aportaron sus conocimientos a lo largo de mi estancia profesional, pero de manera particular a los profesores de la especialidad Ing., Agrícola y Ambiental, por compartir sus conocimientos, llevarme paso a paso durante esta etapa de mi vida, colaborando en mi desarrollo educativo y personal, MC. Alejandra Escobar, MC. Martha Ortega, Ing. Pedro Recio, MC. María Elena y a todos los que conforman la plantilla del Departamento de Ciencias del Suelo.

Gracias a todos mis amigos especialmente a Pedro Ismael, Rosalía, Roberto, así, como a todos mis compañeros, que me han brindado su amistad y apoyo para concluir esta meta, para no excluir a ninguno nos los nombro, pero sé que saben quiénes son. A mis compañeros de carrera, se que todos tomaremos rumbos diferentes, les deseo todo el éxito que se merecen, ha sido un placer conocerlos y compartir esta experiencia con ustedes.

“Que dios los bendiga siempre”.

A ti, Mario Flores

Gracias por brindarme tu amistad, confianza y apoyo, tanto personal como para el desarrollo de esta investigación, eres una persona muy especial, tu alegría contagiosa te hace único, te aprecio mucho. Mi más sincero agradecimiento.

Ing. Luis Rodríguez, señor Toño, gracias por su amistad y apoyo desde que los conocí, ha sido todo un honor conocerlos. Dios los bendiga.

Gracias al equipo de trabajo del campo experimental de Zaragoza, por su colaboración y disposición, para poder llevar a cabo esta investigación.

“Gracias”

La gratitud da sentido a nuestro pasado, trae paz al presente,

Y crea una visión para el mañana....

DEDICATORIAS

A mis padres

Juana Chaves Romero y Efrén González Montiel, por ser las dos personas más importantes en mi vida y mi ejemplo a seguir. Ejemplo de fortaleza, trabajo y paciencia. Les dedico esta meta lograda, ya que sin ustedes nada de esto hubiera sido posible, su amor, comprensión y apoyo, han sido mi motor para salir adelante. Gracias por educarme, por sus consejos y por soportar mis errores, todo ello, me han hecho llegar hasta donde estoy. Con todas sus letras estoy muy orgullosa de ser su hija. Mi agradecimiento eterno, todo mi respeto y mi amor para ustedes.

A mis hermanos y familia

Efrén, Luis y Miguel Ángel González Chávez, este sueño del cual también son partícipes, es dedicado para ustedes. Los quiero mucho, por nuestras alegrías y enojos como hermanos que somos, se que siempre contare con ustedes.

A mi cuñada Cynthia y mis sobrinos con mucho cariño. Así como a mi cuñada Ángeles, con aprecio.

A mis tíos

Sara Chávez y Rey romero, por su apoyo, por creer en mí y alentarme a seguir adelante. A todos mis familiares que me brindaron palabras de aliento.

A mis amigos

Por su amistad y por su apoyo incondicional, porque me demostraron que la verdadera amistad existe, con cariño dedicado para ustedes.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	3
GENERAL.....	3
ESPECÍFICOS.....	3
HIPÓTESIS	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
La Higuera (Ricinus communis L.).....	4
Clasificación Taxonómica	6
Descripción Botánica	6
Requerimientos Climáticos	8
Requerimientos Edáficos	9
Manejo Agronómico	10
Siembra.....	10
Plagas y Enfermedades	11
Enfermedades.....	11
Plagas	11
Cosecha.....	12
Importancia económica de la higuera.....	12
Internacional.....	12
Nacional	13
Las Sustancias Húmicas.....	13

Efecto de las Sustancias Húmicas	17
El Magnesio (Mg)	19
MATERIALES Y MÉTODOS	21
Localización del Área Experimental	21
Metodología.....	21
RESULTADOS Y DISCUSIONES	24
Altura de planta (AP).....	24
Diámetro de Tallo (DT).....	25
Potasio (K1).....	27
Calcio (Ca1)	28
Magnesio (Mg1).....	30
Hierro (Fe1)	31
Potasio (K2).....	33
Calcio (Ca2)	34
Magnesio (Mg2).....	36
Hierro (Fe2)	38
Peso de Panoja (Pp).....	39
Peso de Semilla más Capsula (PSC)	41
Peso de Semilla (PS).....	43
CONCLUSIÓN	46
LITERATURA CITADA	47

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>).....	23
Cuadro 3. Análisis de varianza de la altura de planta de higuera (<i>Ricinus Communis</i>), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	24
Cuadro 4. Análisis de varianza del diámetro de tallo de higuera (<i>Ricinus Communis</i>), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	26
Cuadro 5. Análisis de varianza de potasio (K1), en el primer muestreo, del tejido vegetal de follaje de la higuera (<i>Ricinus Communis</i>), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	27
Cuadro 6. Análisis de varianza de calcio (Ca1), en el primer muestreo, del tejido vegetal de follaje de la higuera (<i>Ricinus Communis</i>), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	29
Cuadro 7. Análisis de varianza de magnesio (Mg1), en el primer muestreo, del tejido vegetal de follaje de la higuera (<i>Ricinus Communis</i>), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	30
Cuadro 8. Análisis de varianza de hierro (Fe1), en el primer muestreo, del tejido vegetal de follaje de la higuera (<i>Ricinus Communis</i>), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	32
Cuadro 9. Análisis de varianza de potasio (K2), en el segundo muestreo, del tejido vegetal de follaje de la higuera (<i>Ricinus Communis</i>), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	33
Cuadro 10. Análisis de varianza de calcio (Ca2), en el segundo muestreo, del tejido vegetal de follaje de la higuera (<i>Ricinus Communis</i>), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	35
Cuadro 11. Análisis de varianza de magnesio (Mg2), en el segundo muestreo, del tejido vegetal de follaje de la higuera (<i>Ricinus Communis</i>), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	37
Cuadro 12. Análisis de varianza de hierro (Fe2), en el segundo muestreo, del tejido vegetal de follaje de la higuera (<i>Ricinus Communis</i>), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	38
Cuadro 13. Análisis de varianza de peso de panoja de higuera (<i>Ricinus Communis</i>), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	40
Cuadro 14. Análisis de varianza del peso de semilla mas capsula de higuera (<i>Ricinus Communis</i>), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	42
Cuadro 15. Análisis de varianza del peso de semilla de higuera (<i>Ricinus Communis</i>), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fraccionamiento de las sustancias húmicas en función de la solubilidad a diferentes pH (Stevenson, 1994).....	15
Figura 2. Estructura química del ácido húmico propuesta por Stevenson (1982).	16
Figura 3. Estructura química del ácido fúlvico tomada de Buffle <i>et al.</i> (1977).	16
Figura 4. Croquis del área experimental y distribución de los tratamientos.....	23
Figura 5. Altura de planta de higuera, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio..	25
Figura 6. Diámetro de tallo de higuera, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	26
Figura 7. Contenido de potasio de tejido vegetal de follaje de la higuera, en el primer muestreo, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	28
Figura 8. Contenido de calcio de tejido vegetal de follaje de la higuera, en el primer muestreo, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	29
Figura 9. Contenido de magnesio de tejido vegetal de follaje de la higuera, en el primer muestreo, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	31
Figura 10. Contenido de hierro de tejido vegetal de follaje de la higuera, en el primer muestreo, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	32
Figura 11. Contenido de potasio en el tejido vegetal de follaje de la higuera, en el segundo muestreo, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	34
Figura 12. Contenido de calcio en el tejido vegetal de follaje de la higuera, en el segundo muestreo, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	36
Figura 13. Contenido de magnesio en el tejido vegetal de follaje de la higuera, en el segundo muestreo, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.....	37
Figura 14. Contenido de hierro en el tejido vegetal de follaje de la higuera, en el segundo muestreo, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	39
Figura 15. Peso de panoja de planta de higuera, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	41
Figura 16. Peso de semilla más capsula de planta de higuera, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.....	42
Figura 17. Peso de semilla de planta de higuera, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.	44

RESUMEN

La presente investigación, se realizó con el objetivo de determinar el comportamiento de humatos y fulvatos de magnesio, en la producción de semilla de higuera (*Ricinus communis*), bajo condiciones a cielo abierto. Se usó semilla de higuera silvestre, las cuales fueron seleccionadas, para su posterior siembra, realizándose esta en charolas de poliestireno de 200 cavidades. Cuando la planta alcanzó la altura de 15 cm, se trasplantaron en bolsas negras de polietileno (técnica del picado), usando como sustrato una mezcla de hojarasca y suelo, posteriormente transcurridos 90 días se replantaron en la Estación Experimental de Zaragoza, Coahuila. Las variables evaluadas fueron: Altura de planta (AP), Diámetro de tallo (DT), Peso de panoja (Pp), Peso de semilla con cápsula (PSC), Peso de semilla (PS); así como la concentración de: potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y hierro (Fe) y en tejido vegetal de follaje a los 30 y 120 días después del trasplante. Los ácidos fúlvicos con magnesio al 1% a la dosis de 5 ml.litro⁻¹ de agua, aumentaron la AP y DT. Cuando se agregó la dosis de 10 ml.litro⁻¹ de agua de la mezcla de ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y el magnesio al 1%, se presentaron los superiores valores del Pp, PSC y PS y las concentraciones de magnesio en el tejido vegetal de follaje, sobrepasaron los niveles establecidos por algunos investigadores. En conclusión, se tiene que la mezcla de ácidos fúlvicos, ácidos húmicos más magnesio al uno por ciento, realizaron efecto positivo en el peso de la semilla de higuera.

Palabras claves: *Ricinus communis*; sustancias húmicas.

INTRODUCCIÓN

La higuera (*Ricinus communis L.*), es un importante cultivo oleaginoso no comestible y peligroso para la vida humana y animal y es considerado como importante materia prima de bajo costo, para la industria de pinturas, química y pesticidas, entre otras. 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 Substancias Húmicas (2013), dice 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 y 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 los 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, es mediana. Sus funciones en la planta son: es 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, 1992).

Por lo comentado, en la actualidad es necesario establecer una estrategia de producción de biocombustibles a partir de la semilla de higuera; porque, con el aprovechamiento integral de dicha planta, se contaminará 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 comportamiento de humatos y fulvatos de magnesio en la producción de semilla de higuera (*Ricinus communis*).

ESPECÍFICOS

Establecer el compuesto y la dosis optima, que aumente la producción de semilla de higuera (*Ricinus communis*).

HIPÓTESIS

Al menos un tipo de humato y/o fulvato de magnesio y una dosis, aumenta la producción de semillas de higuera (*Ricinus communis*).

REVISIÓN DE LITERATURA

La Higuera (Ricinus communis L.)

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 (pues su contenido toxoalbumínico lo confirma); sus hojas también se emplearon como una especie de “vendaje”, buscando aliviar dolores físicos, recalando 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 Higuera del Diablo, Higuera Infernal, Tlapatl, Palmacristi, Alcherva, Castor, Catapucia Mayor, Cherva, Crotón, Higuera (en Puerto Rico), Higuera, Palma de Cristo, Piojo del Diablo, Querva, Tártago o sencillamente Higuera, 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 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 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 (Martínez, 1979).

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),

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).

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.

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 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 (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 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 (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, 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, lisas y brillantes, de color pardo rojizo, con manchas o pintas de color café o gris; su longitud varía entre 10 y 17 mm (Villarreal, 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 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; 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 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 m de altitud, pero conforme aumenta la altitud decrece el contenido de aceite (Robles, 1992). La higuera 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 por ciento 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, 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 (Guzmán, 1989).

Plagas y Enfermedades

Según, Villaseñor y Espinosa (1998), indica 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

El aceite de higuera que tantas aplicaciones tiene, procede de sus semillas. Contiene del 35-55 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 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
Etiopia	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 Sustancias Húmicas

Stevenson (1994), cita que la materia orgánica del suelo está conformada por la totalidad de las sustancias de tipo orgánico presentes en los suelos, incluyendo los restos de tejidos vegetales y animales inalterados, sus productos de descomposición parcial, la biomasa del suelo, la fracción inorgánica soluble en agua y el humus. Drozd y Weber, (1996) excluyen de la totalidad de la materia orgánica, la fracción orgánica soluble en agua y la materia orgánica estabilizada: *el humus*. El término materia orgánica del suelo (MOS), se refiere al conjunto de sustancias orgánicas que contienen carbono, química y físicamente, consiste en una mezcla de residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición, sustancias sintetizadas microbiológica y/o químicamente, de productos desmenuzados, de cuerpos vivos y muertos de microorganismos y pequeños animales que permanecen descompuestos (Schnitzert y Schultem 1995, Schnitzer, 2000).

La humificación de materiales orgánicos, origina las sustancias húmicas (SH), las cuales son una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química compleja, distinta y más estable que su forma original, provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, así como de la actividad de síntesis de microorganismos (Stevenson, 1982; Schnitzer, 2000) y sus características generales son: color de amarillo a oscuro, ácidas, predominantemente aromáticas, hidrófilas, químicamente complejas, polielectrolíticas, con un amplio rango de peso molecular (Schnitzer, 1978) y constituyen del 70 al 80 por ciento (p/p) de la materia orgánica de la mayoría de los suelos (Schnitzer, 2000).

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 y Stevenson (1994), 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 (MacCarthy *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).

El origen de las SH, ha mostrado ser un factor determinante de los atributos moleculares como acidez y tamaño (Senesi *et al.* 1989). Las sustancias húmicas de

origen acuático son más pequeñas que las aisladas del suelo. Un caso especial son las SH de leonardita, que presentan una estructura más condensada (Thorn *et al.* 1989).

De acuerdo a su solubilidad en álcalis y ácidos, las SH se clasifican en ácidos húmicos (AH) y ácidos fúlvicos (AF), los 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 (Figura 1).

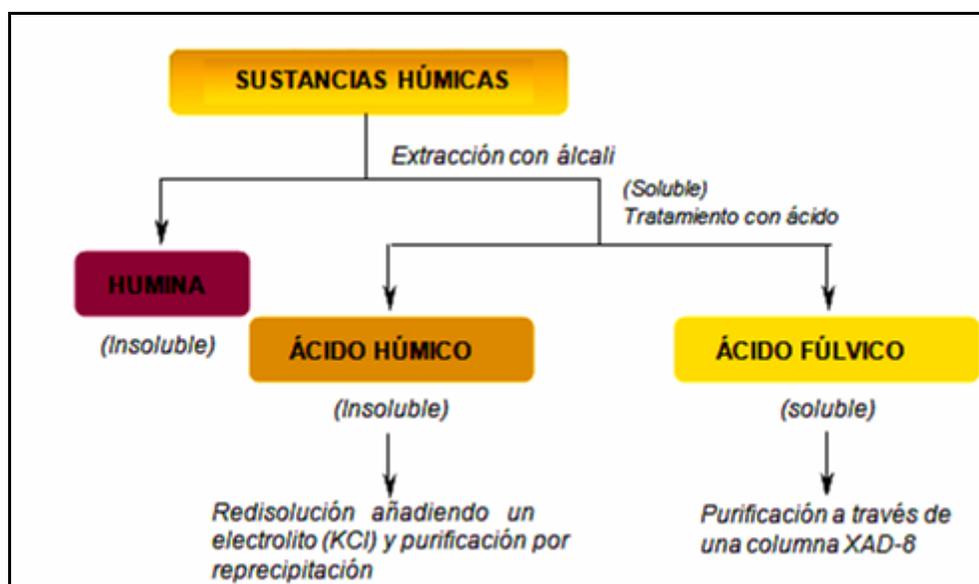


Figura 1. Fraccionamiento de las sustancias húmicas en función de la solubilidad a diferentes pH (Stevenson, 1994).

Los AH, son un Material orgánico de color oscuro, que puede ser extraídos del suelo por álcalis y otros reactivos y que es insoluble en ácido diluido (Stevenson, 1994), tienen alta estabilidad relativa y distinta reactividad y una de sus formas muy interesantes es la presencia de vacíos de variadas dimensiones, los cuales pueden atrapar o unir otros componentes orgánicos como carbohidratos, proteínas y lípidos o

también arcillas minerales oxihidróxidos (Figura 2).

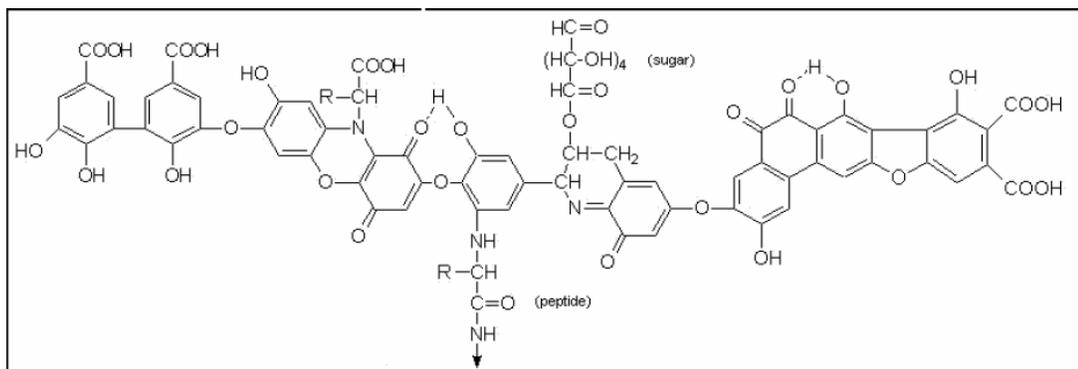


Figura 2. Estructura química del ácido húmico propuesta por Stevenson (1982).

Los AF, son la fracción de la materia del suelo que es soluble en álcali y ácido (Stevenson, 1994). Este investigador, los define como la fracción soluble a cualquier valor de pH, tienen menor peso molecular, mayor contenido de oxígeno y menor contenido de C y N y menor grado de polimerización que los AH. Además son la fracción más ácida y con mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC), debido a que éstos presentan mayor contenido en grupos carboxílicos e hidroxílicos (Steelink, 1985) (Figura 3).

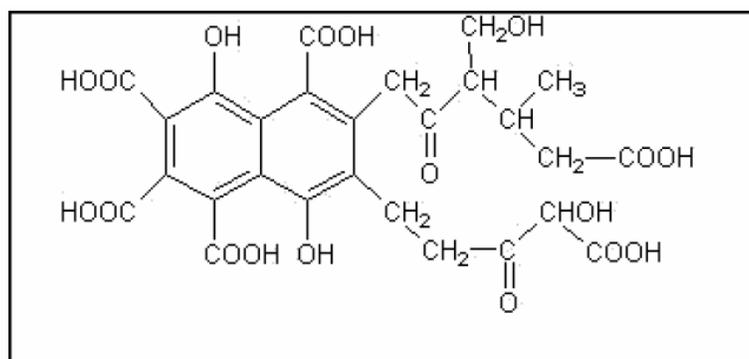


Figura 3. Estructura química del ácido fúlvico tomada de Buffle *et al.* (1977).

Efecto de las Sustancias Húmicas

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 y Pinton, 1995).

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 Pintón, 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).

Sobre el suelo

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

Suministrando nutrientes 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. (Akinremi *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.

Mejora de la estructura del suelo. 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).

Incremento en la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). En 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). Oscurecen el suelo, de manera que se facilita su calentamiento (Gallardo, 1980). Y a través de su combinación con plaguicidas puede, afectar su bioactividad, persistencia y biodegradabilidad (Hunchak-Kariouk y Suffet. 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 macronutrientes (Guminsky *et al.* 1983.)

Chen y Aviad, (1990), Varanini y Pintón. (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 por ciento (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 (fosfatasas, kinasas, ATPasas, sintetetasas, 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, sin embargo, 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, se producen (Forset, 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 de Noruega donde magnesio y 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 Unidad 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 BSo hx' (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

Para el desarrollo de la presente investigación, se uso semilla de higuierilla silvestre, colectada en la carrera federal 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.

Una vez colectadas las semillas, fueron seleccionadas de acuerdo a sus características de calidad, posterior a esto se les practicó un tratamiento hidrotérmico, que consistió en colocarlas en agua, a la cual se le adicionó, ácido fúlvico a la cantidad de 4 ml.litro⁻¹, manteniendo las semillas por un tiempo de 15 minutos a la temperatura de 40°C, con la finalidad de desinfectarlas y ocasionar que el embrión de la semilla se activara y germinara con mayor facilidad. Una vez transcurridos los 15 min, se retiraron del agua y se dejaron secar por un tiempo de 24 h, procediendo después a la siembra.

Para germinación y posterior trasplante, la siembra se llevó a cabo en charolas de poliestireno de 200 cavidades, con un sustrato de "peat most" con perlita (relación 1:1 p/p), dichas charolas, se colocaron en el invernadero perteneciente al 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 m.s.n.m. Cuando la planta alcanzó la altura de 15 cm, se procedió a realizar la técnica de picado que consistió en trasplantarlas en bolsas negras de polietileno, utilizando 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 realizó un barbecho, doble rastra cruzada y surcado. Las plantas fueron colocadas a dos metros entre plantas y a 1.80 m entre hileras, lo que produjo 2750 plantas por hectárea.

A los 30 y 90 días después del trasplante, se aplicaron los tratamientos que se presentan en el Cuadro 2. Los tratamientos fueron aplicados de la siguiente manera, a toda el área experimental los fulvatos de magnesio en sus diferentes concentraciones y dosis fueron adicionados vía foliar, aunando a esto que al 50 por ciento de las parcelas en las que se dividió el área de siembra se les hicieron aplicaciones de humatos de magnesio en las mismas concentraciones que los fulvatos, es decir 1 y 2%, con sus respectivas 3 dosis; 5, 10 y 15 ml aplicadas vía suelo, complementando con esto los tratamientos sumándole un testigo control el cual solo a base de fertilización química que consistió en la fórmula: 100 – 80 – 60, (figura 4).

Para la presente investigación se consideró un Diseño Experimental en bloques completos al azar, con 13 tratamientos y 4 repeticiones (Cuadro 2). Las variables evaluadas fueron: Altura de planta (AP), Diámetro de tallo (DT), Peso de panoja (Pp), Peso de semilla con cápsula (PSC), Peso de semilla (PS); así como la concentración de: potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y fierro (Fe) y en tejido vegetal de follaje a los 30 y 120 días después del trasplante. A los datos resultantes por la evaluación de estas variables, se les efectuó el análisis estadístico, que consistió en el análisis de varianza (ANVA) y en la prueba de comparación múltiple medias, con el método tukey ($p \leq 0.05$), para dicho análisis se empleó el paquete estadístico R versión 3.0.1. (R. Core Team, 2013).

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

Número	Tratamiento	Dosis (ml.litro ⁻¹)	Clave
T1	AF + Mg 1%	5	FM1-5
T2	AF + Mg 1%	10	FM1-10
T3	AF + Mg 1%	15	FM1-15
T4	AF + Mg 2%	5	FM2-5
T5	AF + Mg 2%	10	FM2-10
T6	AF + Mg 2%	15	FM2-15
T7	AF + AH + Mg 1%	5	FHM1-5
T8	AF + AH + Mg 1%	10	FHM1-10
T9	AF + AH + Mg 1%	15	FHM1-15
T10	AF + AH + Mg 2%	5	FHM2-5
T11	AF + AH + Mg 2%	10	FHM2-10
T12	AF + AH + Mg 2%	15	FHM2-15
T13	TC		FQ

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

AF+Mg 1% 5 ml T1	AF+Mg 1% 10 ml T2	AF+Mg 2% 5 ml T4	AF+Mg 2% 10 ml T5	TC - FQ T13
AF+ Mg 1% 5 ml + AH + Mg 1% 5 ml T7	AF+ Mg 1% 10 ml + AH+ Mg 1% 10 ml T8	AF+ Mg 2% 5 ml + AH+ Mg 2% 5 ml T10	AF+ Mg 2% 10 ml + AH + Mg 2% 10 ml T11	AF+ Mg 2% 15 ml + AH + Mg 2% 15 ml T12
		AF+ Mg 1% 5 ml T3	AF+ Mg 2% 15 ml T6	AF+ Mg 1% 15 ml + AH+ Mg 1% 15 ml T9

Figura 4. Croquis del área experimental y distribución de los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Altura de planta (AP)

Con base en el (Cuadro 3), del análisis de varianza, se tiene que los tratamientos realizaron efecto altamente significativo; mientras que en los bloques no lo afectaron en la altura de planta (AP). Además, de manera particular, a partir de la Figura 5, se puede establecer que al adicionar los ácidos fúlvicos mas el magnesio al uno por ciento, a la dosis de 5ml.litro⁻¹ de agua (FM1-5) y los mismos compuestos orgánicos, a la misma dosis; solo que, con el magnesio al dos por ciento (FM2-5), el valor de esta variable alcanzo la superioridad, que cuando se aplicaron los otros tratamientos. Estos aventajaron en un siete por ciento al testigo (TC).

Al considerar la misma figura; pero, de manera general, se puede decir que con la adición de todos los tratamientos, a excepción del TC, conforme se aumento la dosis, los valores disminuyeron en relación al testigo.

Cuadro 3. Análisis de varianza de la altura de planta de higuera (*Ricinis Communis*), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

FV	GL	SC	CM	F	Pr (>F)
Tratamientos	12	8166.8	680.56	18.57	6.26 e ^{-12**}
Block	3	36.9	12.29	0.33	0.79 NS
Error	36	1318.8	36.63		
Total	51	9522.5			

CV%= 9.93

**Altamente significativo

NS=No significativo

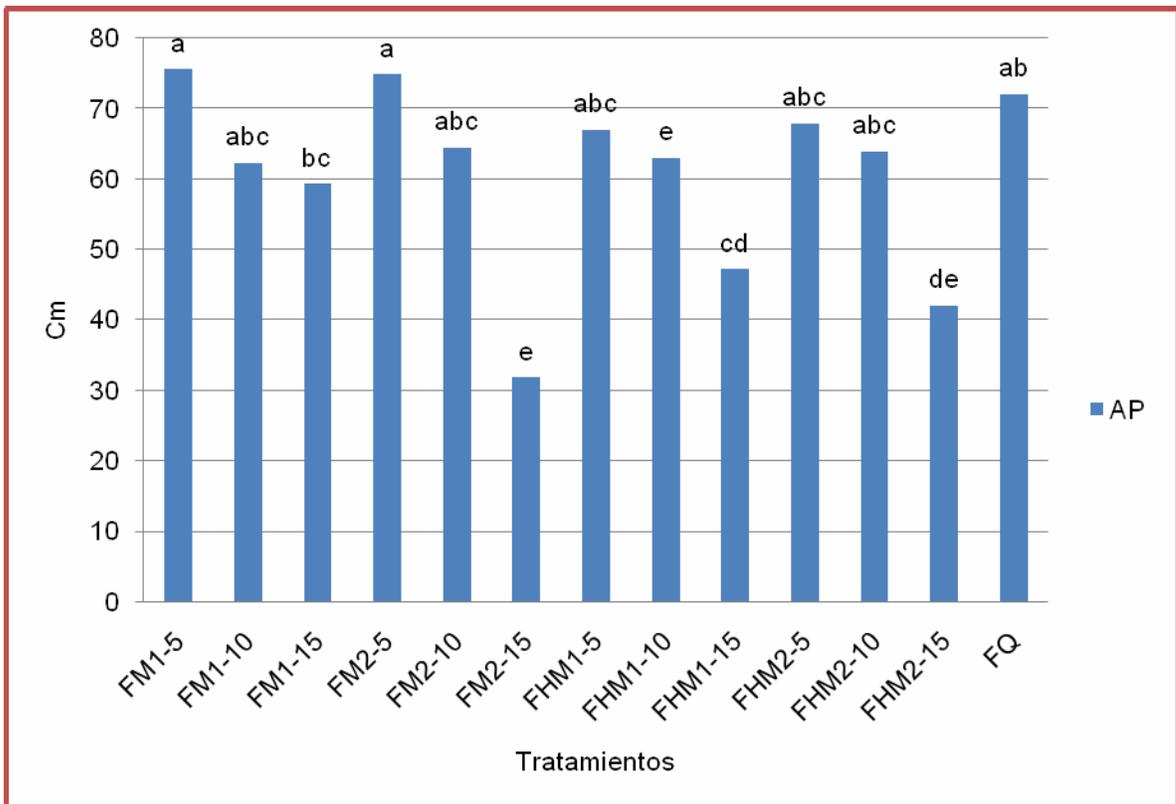


Figura 5. Altura de planta de higuera, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

Diámetro de Tallo (DT)

Al efectuar el análisis de varianza al diámetro de tallo (DT), se presenta en el (Cuadro 4), que hay efecto altamente significativo de los tratamientos y no de los bloques. En la Figura 6, se observa que al comparar los valores medios alcanzados en esta variable por acción de los tratamientos, con las dosis bajas y medias; es decir, con cinco y 10 ml.litro⁻¹ del agua de la mezcla de sustancias húmicas y porcentajes de magnesio, se alcanzaron las superiores cuantías y también con el TC. Aquí, el valor más inferior fue al agregar 15 ml.litro⁻¹ de agua de los ácidos fúlvicos con el magnesio al dos por ciento; es decir, la dosis más alta de estos compuestos (FM2-15), y fue superado por el TC en 58 por ciento.

Cuadro 4. Análisis de varianza del diámetro de tallo de higuera (*Ricinis Communis*), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

FV	GL	SC	CM	F	Pr (>F)
Tratamientos	12	919.28	76.60	16.85	2.617 e ^{-11**}
Block	3	12.45	4.15	0.91	0.44 NS
Error	36	163.61	4.54		
Total	51	1095.34			

CV%=8.67

**Altamente significativo

NS=No significativo

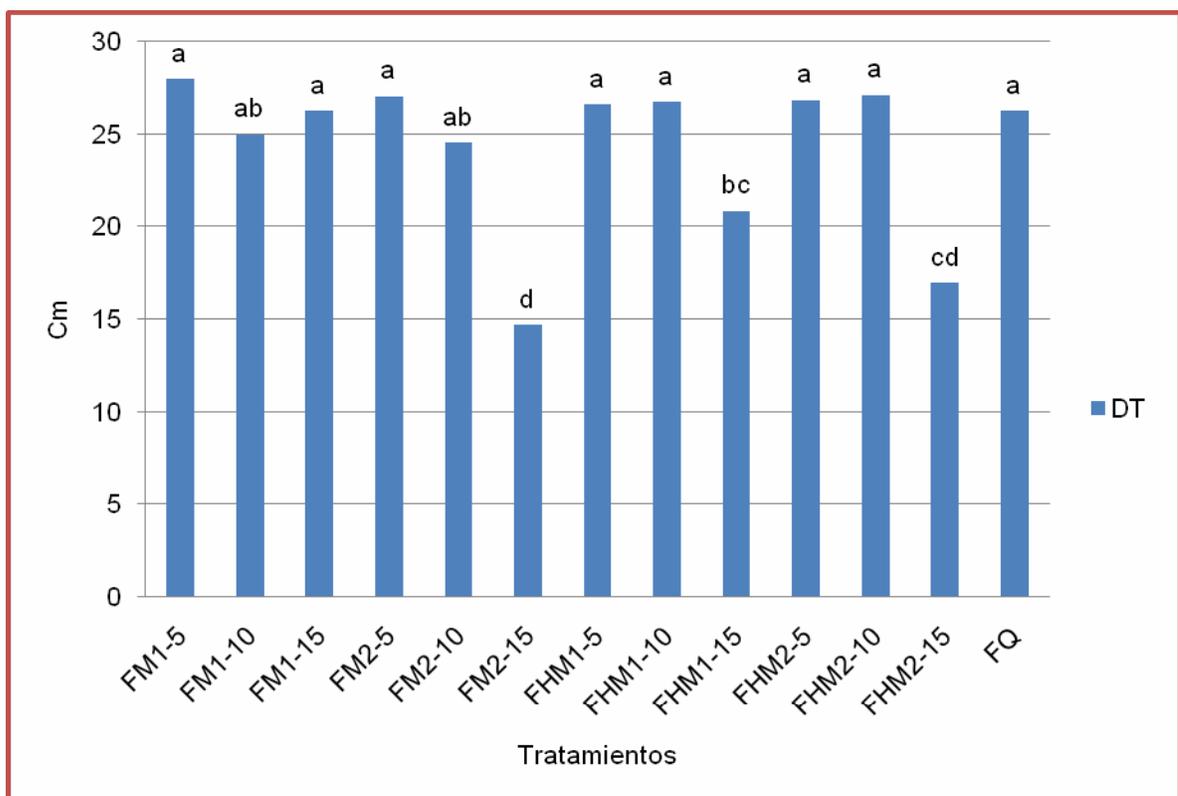


Figura 6. Diámetro de tallo de higuera, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

Potasio (K1)

En el contenido de potasio (K1), en el primer muestreo, se presentó efecto altamente significativo; pero no por los bloques (Cuadro 5). Así, con la adición de los ácidos fúlvicos con magnesio al uno por ciento, a las tres dosis, los valores fueron más o menos constantes, Figura 7. Con los mismos compuestos a las tres dosis, pero con el magnesio al dos por ciento, la distribución de las cuantías es más o menos normal. Los valores de este nutrimento, con la agregación de la mezcla de los ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y el magnesio al uno y dos por ciento, conforme aumento la dosis, disminuyeron. Al aplicar 5 y 10 ml.litro⁻¹ de agua de la mezcla de los ácidos fúlvicos y húmicos con el magnesio al uno por ciento (FHM1-5 y FHM1-10), superaron en 39 por ciento al TC.

Cuadro 5. Análisis de varianza de potasio (K1), en el primer muestreo, del tejido vegetal de follaje de la higuera (*Ricinis Communis*), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

FV	GL	SC	CM	F	Pr (>F)
Tratamientos	12	6770589779	564215815	3.58	0.0014**
Block	3	537791282	179263761	1.13	0.34 NS
Error	36	5670522051	157514501		
Total	51	1.29 e ¹⁰			

CV%=39.28

**Altamente significativo

NS=No significativo

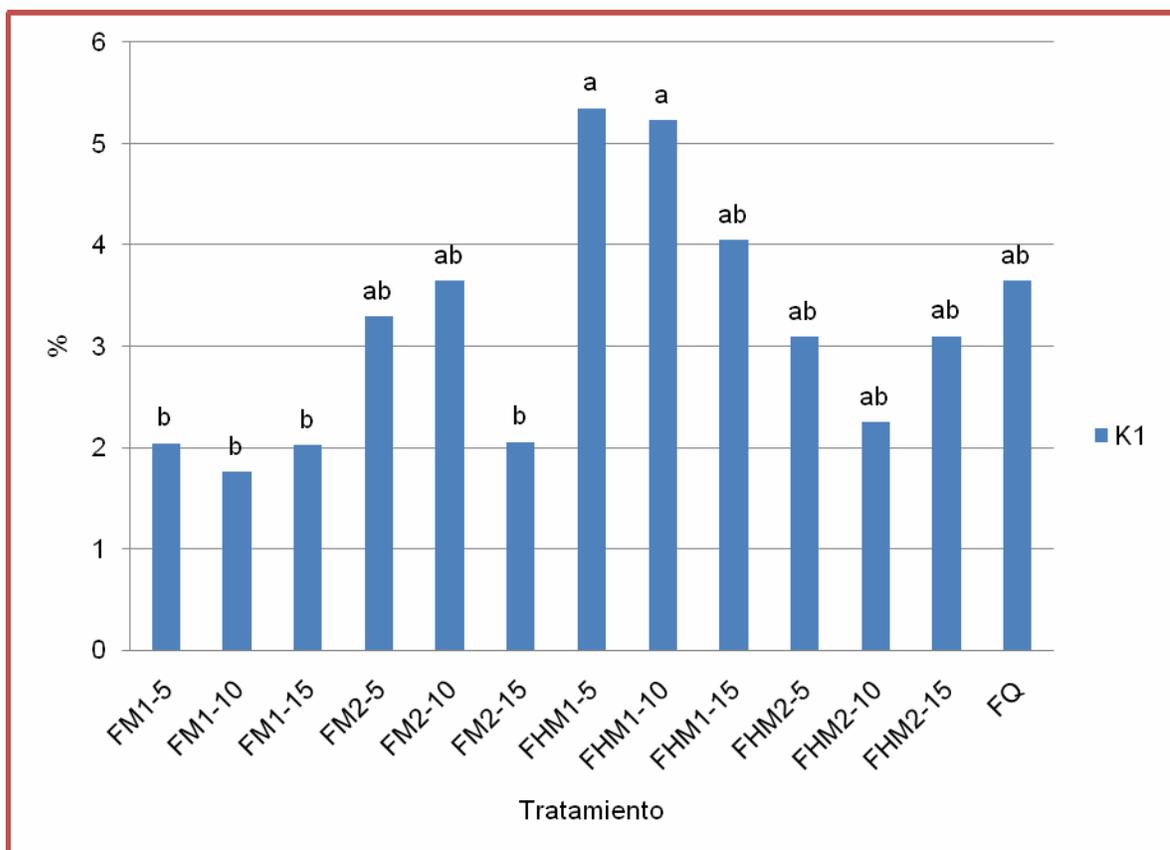


Figura 7. Contenido de potasio de tejido vegetal de follaje de la higuera, en el primer muestreo, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

Calcio (Ca1)

De acuerdo al análisis de varianza del calcio (Ca1), no se presentó efecto significativo de los tratamientos, ni tampoco de los bloques (Cuadro 6). En la Figura 8, se aprecia como al adicionar fulvatos de magnesio en sus dos concentraciones, uno y dos por ciento, pero en las dosis baja y alta, es decir 5 y 15 ml.litro⁻¹ de agua, generaron un efecto en la cantidad de este nutrimento, superando a las dosis media (FM1-10 y FM2-10). La aplicación de los ácidos fúlvicos con ácidos húmicos, ambos con magnesio en sus dos concentraciones, mostraron que conforme la cantidad de estos compuestos aumento, el nivel de la variable en también. la misma figura muestra de manera más clara que, el tratamiento de ácidos fúlvicos con magnesio al

uno por ciento a la cantidad de 5 ml.litro⁻¹ de agua, presentó una superioridad ante todos los tratamientos incluyendo el TC, rebasándolo en 95 por ciento.

Cuadro 6. Análisis de varianza de calcio (Ca1), en el primer muestreo, del tejido vegetal de follaje de la higuera (*Ricinis Communis*), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

FV	GL	SC	CM	F	PR (>F)
Tratamientos	12	1130934046	94244504	1.73	0.09 NS
Block	3	134052099	44684033	0.82	0.48 NS
Error	36	1952159934	54226665		
Total	51	3217146079			

CV%=38.48

**Altamente significativo

NS=No significativo

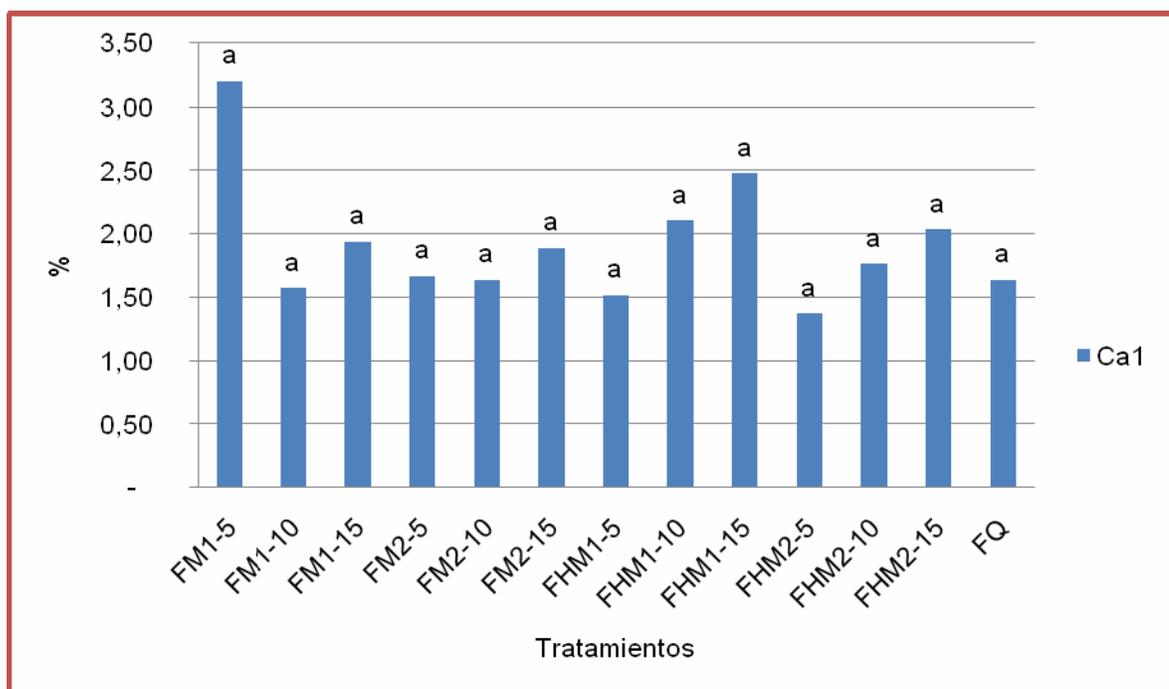


Figura 8. Contenido de calcio de tejido vegetal de follaje de la higuera, en el primer muestreo, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

Magnesio (Mg1)

En el primer muestreo, los niveles de magnesio (Mg1), según el análisis de varianza (Cuadro 7), presenta un efecto significativo en los tratamientos. Y un resultado no significativo (NS) en los bloques. De manera más específica la adición de fulvatos de magnesio, concentración al uno por ciento presenta que conforme la dosis de este compuesto aumento los valores de la variable tienen un comportamiento similar Figura 9. Los niveles de este nutrimento, con la adición de fulvatos de magnesio al dos por ciento, muestran en la misma figura como la dosis a la cantidad de 5 ml.litro⁻¹ y 15 ml.litro⁻¹ superan a la dosis media de 10 ml.litro⁻¹. Cuando se le proporcionaron los ácidos fúlvicos con ácidos húmicos, ambos con el magnesio al uno por ciento, al aumentar la dosis, la variable también se comporta de manera ascendente. Mientras que al adicionar ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, con el magnesio al dos por ciento la dosis media (FMH2-10), supera a las otras cantidades. El tratamiento a base de ácidos fúlvicos con magnesio al dos por ciento a la cantidad de 5 ml.litro⁻¹ de agua del compuesto supero a todos los tratamientos, incluyendo al TC con un 38 por ciento.

Cuadro 7. Análisis de varianza de magnesio (Mg1), en el primer muestreo, del tejido vegetal de follaje de la higuera (*Ricinis Communis*), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

FV	GL	SC	CM	F	PR (>F)
Tratamientos	12	23505663	1958805	2.53	0.01*
Block	3	93846	31282	0.04	0.98 NS
Error	36	27806154	772393		
Total	51				

CV%=24.94

*Significativo

NS=No significativo

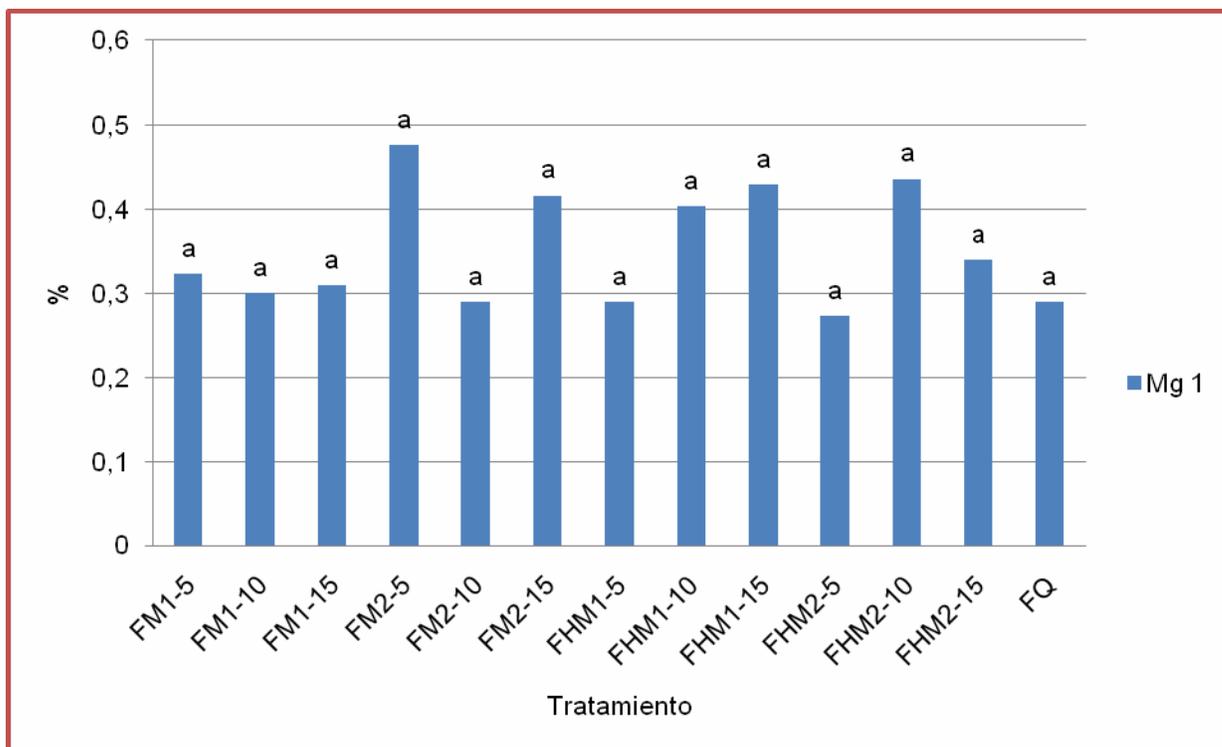


Figura 9. Contenido de magnesio de tejido vegetal de follaje de la higuera, en el primer muestreo, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

Hierro (Fe1)

El análisis de varianza según el (Cuadro 8), se muestra un efecto altamente significativo de los tratamientos, no ocurriendo esto en los bloques. En la Figura 10, la adición de los ácidos fúlvicos con magnesio, en sus dos concentraciones, presenta que en su dosis alta 15ml.litro^{-1} de agua de esos compuestos superan a las dosis medias y bajas. En la misma figura se aprecia como algunos de los tratamientos se comportan de la misma manera por ejemplo; el compuesto de ácidos fúlvicos con magnesio al dos por ciento, a la cantidad de 15 ml.litro^{-1} de agua con el tratamiento a base de la mezcla de los ácidos fúlvicos, ácidos húmicos con magnesio al uno por ciento. Con la dosis de 5 ml.litro^{-1} de agua. Presenta la figura que, los valores de este nutrimento, con la agregación de ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y el magnesio al

uno por ciento, las dosis media y alta ocasionaron un comportamiento igual, ambas superando a la dosis baja. Considerando la misma figura, la variable muestra un incremento conforme la dosis de los ácidos fúlvicos, ácidos húmicos con magnesio al dos por ciento aumenta. El TC se ve rebasado por los tratamientos FHM1-10 y FHM1-15 en un treinta por ciento.

Cuadro 8. Análisis de varianza de hierro (Fe1), en el primer muestreo, del tejido vegetal de follaje de la higuera (*Ricinis Communis*), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

FV	GL	SC	CM	F	PR (>F)
Tratamientos	12	5586.4	465.53	5.71	2.15e ^{-05**}
Block	3	66.7	22.22	0.27	0.84 NS
Error	36	2933.3	81.48		
Total	51	17172.8			

CV %= 12.39

**Significativo

NS=No significativo

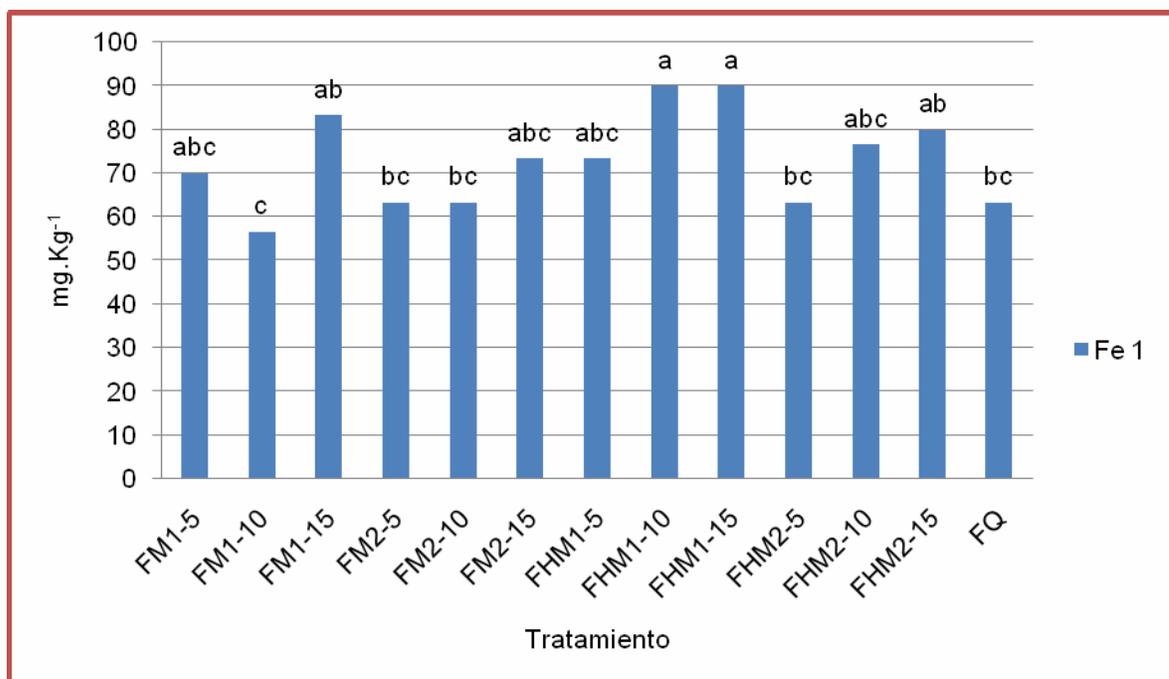


Figura 10. Contenido de hierro de tejido vegetal de follaje de la higuera, en el primer muestreo, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

Potasio (K2)

Al conjunto de datos obtenidos del segundo muestreo, se le efectuó el análisis de varianza presentado en el (Cuadro 9), demuestra un efecto significativo de los tratamientos, situación que no ocurre en los bloques. De manera más distintiva, de acuerdo a la Figura 11, se establece que conforme las dosis de los tratamientos de ácidos fúlvicos con magnesio, en respectivas concentraciones, uno y dos por ciento aumentaban, el valor de la variable (K2) presenta un incremento. Caso contrario a lo anterior, tras la adición de la mezcla de los ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y el magnesio al uno y dos por ciento respectivamente, mientras la dosificación aumentaba, el valor de este nutrimento presento un decremento. De acuerdo a la misma figura, se muestra como el TC supera a los valores que resultan de la aplicación de los compuestos en sus concentraciones y dosis respectivas, excepto al tratamiento a base de ácido fúlvico, ácido húmico con magnesio al uno por ciento a la cantidad de 5ml.litro⁻¹ de agua, siendo este el más sobresaliente.

El tratamiento de ácidos fúlvicos con magnesio al uno por ciento en la dosis baja, es decir, la de 5 ml.litro⁻¹ de agua (FM1-5) es la que está muy por debajo de todos los tratamientos, siendo sobrepasada por el TC en un 55 por ciento.

Cuadro 9. Análisis de varianza de potasio (K2), en el segundo muestreo, del tejido vegetal de follaje de la higuera (*Ricinis Communis*), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

FV	GL	SC	CM	F	Pr (>F)
Tratamientos	12	616706352	51392196	2.31	0.02*
Block	3	52548205	17516068	0.7878	0.50 NS
Error	36	800431795	22234217		
Total	51	1469686352			

CV%=31.43

*Significativo

NS=No significativo

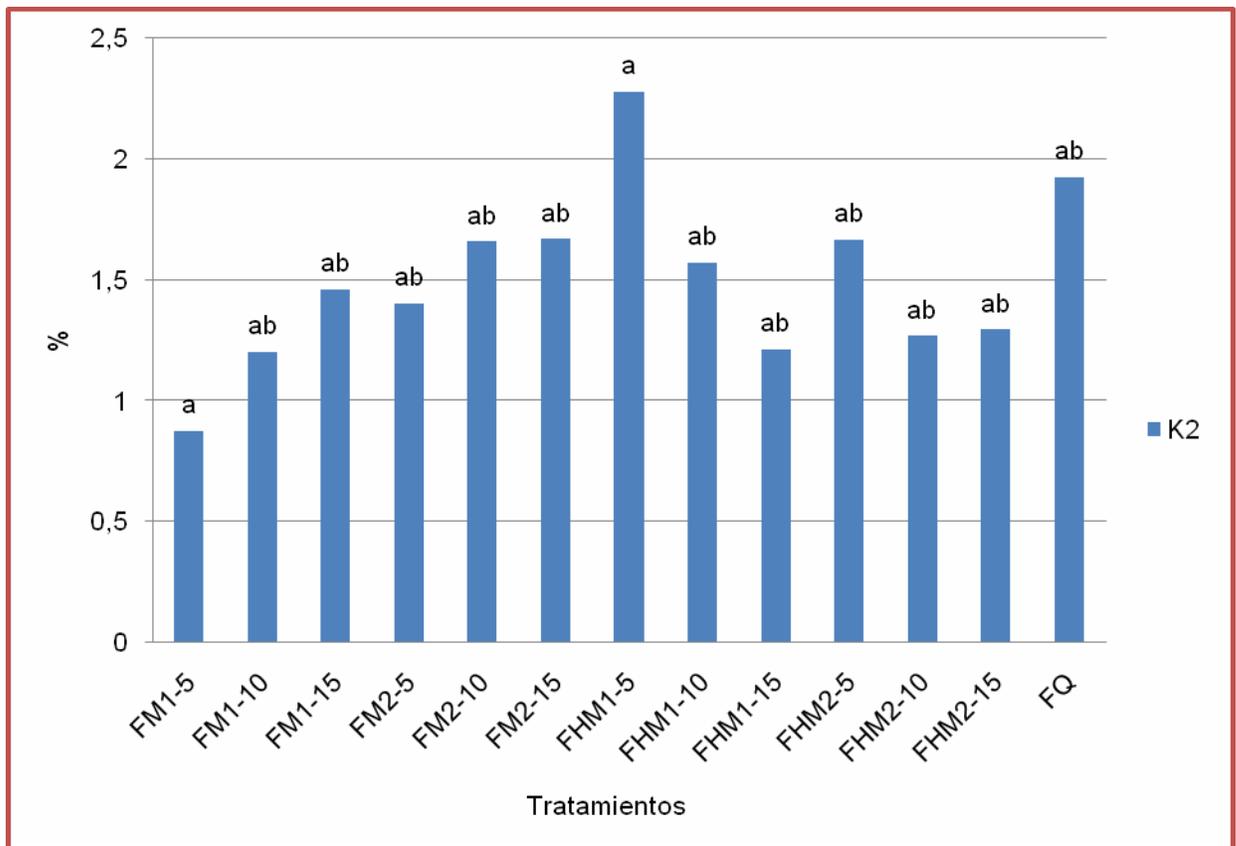


Figura 11. Contenido de potasio en el tejido vegetal de follaje de la higuera, en el segundo muestreo, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

Calcio (Ca²)

Basados en el (Cuadro 10), al efectuar el análisis de varianza en el contenido de calcio (Ca²), se muestra el efecto significativo en los tratamientos, mientras que en los bloques no es la misma situación. En la Figura 12, se observa que al comparar los valores alcanzados este nutrimento, por efecto de los tratamientos, a las dosis baja y alta, es decir 5 y 15 ml.litro⁻¹ de agua, tanto del ácido fúlvico con magnesio al 1 por ciento, así como de la mezcla de sustancias húmicas a la misma concentración de magnesio, presentan una superioridad al valor alcanzado, por la consecuencia de la dosis media 10 ml.litro⁻¹ de agua en ambos casos. Diferente situación se presenta en los tratamientos de ácidos fúlvicos con magnesio al dos por ciento y la mezcla de

ácidos fúlvicos con ácidos húmicos y magnesio al mismo porcentaje, ya que aquí la dosis media, es decir, la de 10 ml.litro⁻¹ de agua supera a las dosis de bajas y altas.

Dicha figura, muestra como el TC es superado por casi la mayoría de los tratamientos, en promedio por un 22 por ciento, excepto por la dosis media del ácido fúlvico con magnesio al uno por ciento de magnesio y la dosis alta de la mezcla de sustancias a la concentración de magnesio de dos por ciento.

Cuadro 10. Análisis de varianza de calcio (Ca²), en el segundo muestreo, del tejido vegetal de follaje de la higuera (*Ricinus Communis*), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

FV	GL	SC	CM	F	Pr (>F)
Tratamientos	12	249516622	20793052	2.0474	0.04*
Block	3	27001538	9000513	0.8862	0.45 NS
Error	36	365611795	10155883		
Total	51	642129955			

CV%=25.73

*Significativo

NS=No significativo

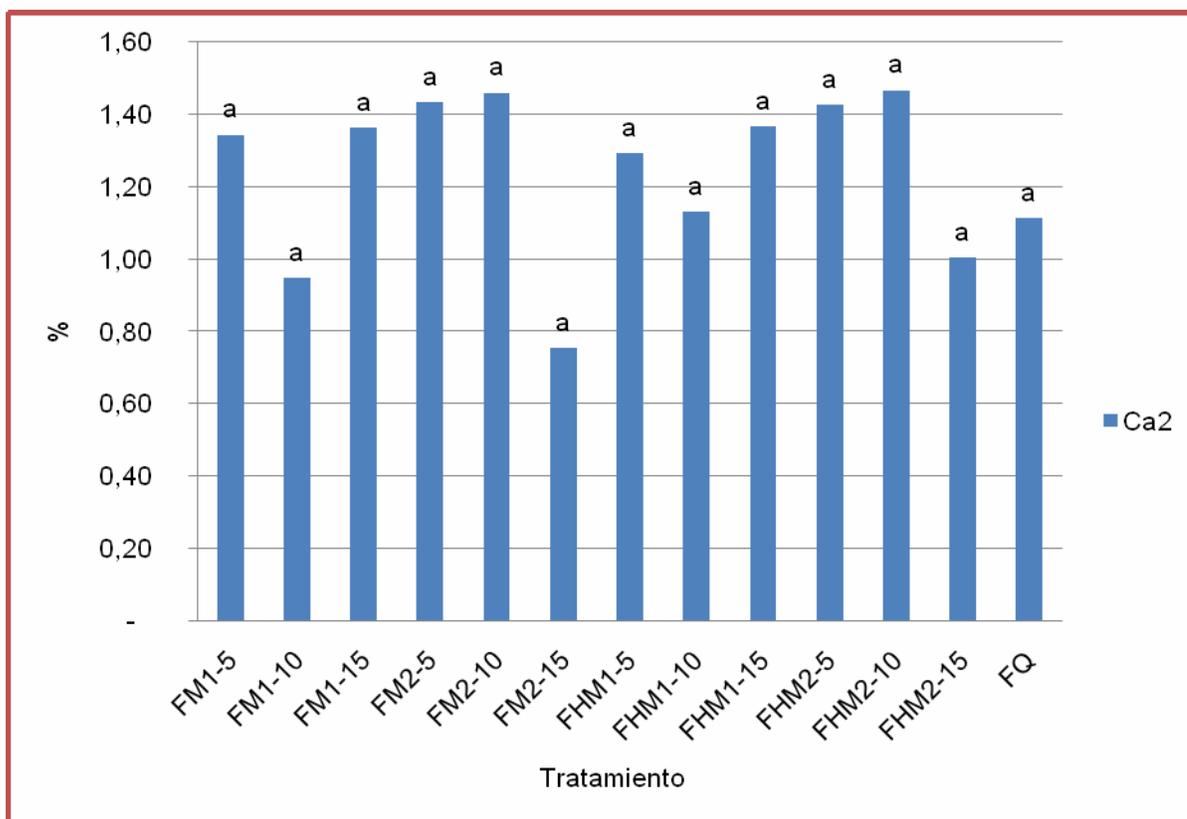


Figura 12. Contenido de calcio en el tejido vegetal de follaje de la higuera, en el segundo muestreo, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

Magnesio (Mg²⁺)

Al realizar el análisis de varianza, al contenido de magnesio (Mg²⁺), arroja que tanto los tratamientos como los bloques no presentan un efecto significativo (Cuadro 11). De manera general la Figura 13, presenta que tras la adición de los tratamientos, no hay mucha variabilidad en los valores de este nutriente. Considerando la misma figura de manera más específica el tratamiento a base ácidos fúlvicos con ácido húmico y magnesio al dos por ciento la dosis de 10 ml.litro⁻¹ de agua, es el más sobresaliente ya que rebasa el comportamiento de todos los tratamientos, incluyendo al TC superándolo en un 20 por ciento. Por último, los valores de esta variable por efecto de la mayoría de los tratamientos presenta una conducta similar a la del TC.

Cuadro 11. Análisis de varianza de magnesio (Mg²), en el segundo muestreo, del tejido vegetal de follaje de la higuera (*Ricinus Communis*), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

FV	GL	SC	CM	F	Pr (>F)
Tratamientos	12	6392471	532706	1.862	0.07 NS
Block	3	820513	273504	0.956	0.42 NS
Error	36	10299487	286097		
Total	51	17512471			

CV%=19.38

NS=No significativo

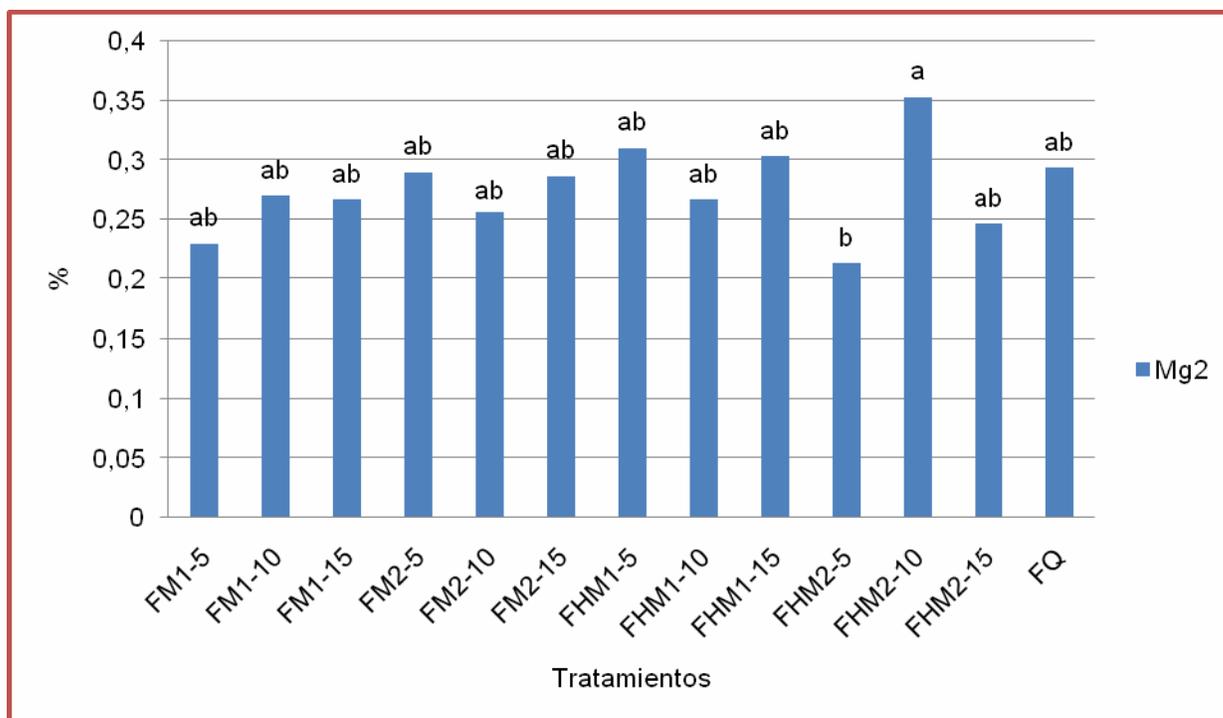


Figura 13. Contenido de magnesio en el tejido vegetal de follaje de la higuera, en el segundo muestreo, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

Hierro (Fe²)

Los tratamientos y los bloques no presentaron efecto significativo, según el análisis de varianza realizado para la variable en estudio (Cuadro 12). En la Figura 14, los tratamientos sobresalientes a simple vista son; la dosis baja y media de ácidos fúlvicos con magnesio al uno por ciento (FM1-5, FM1-10), la dosis baja de ácido fúlvico con magnesio a la concentración de dos por ciento. (FM2-5) así como el tratamiento a base de la mezcla de ácido fúlvico con ácidos húmicos y el magnesio al dos por ciento a la cantidad de 10 ml-litro⁻¹ de agua, es decir la dosis media (FHM2-10), superando estos a los demás tratamientos, incluyendo a TC, que se comportaron más o menos constantes.

Basados en la misma figura, se aprecia como el TC, fue aventajado por el tratamiento de ácido fúlvico con magnesio al dos por ciento a la cantidad de 5 ml.litro⁻¹ de agua, con un 60 por ciento, siendo este el que al ser adicionado genero el valor más alto del contenido de Fe.

Cuadro 12. Análisis de varianza de hierro (Fe²), en el segundo muestreo, del tejido vegetal de follaje de la higuera (*Ricinis Communis*), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

FV	GL	SC	CM	F	Pr (>F)
Tratamientos	12	56671	4722.5	1.21	0.30 NS
Block	3	1236	412.0	0.10	0.95 NS
Error	36	139497	3874.9		
Total	51	197404			

CV%=57.25

**Altamente significativo

NS=No significativo

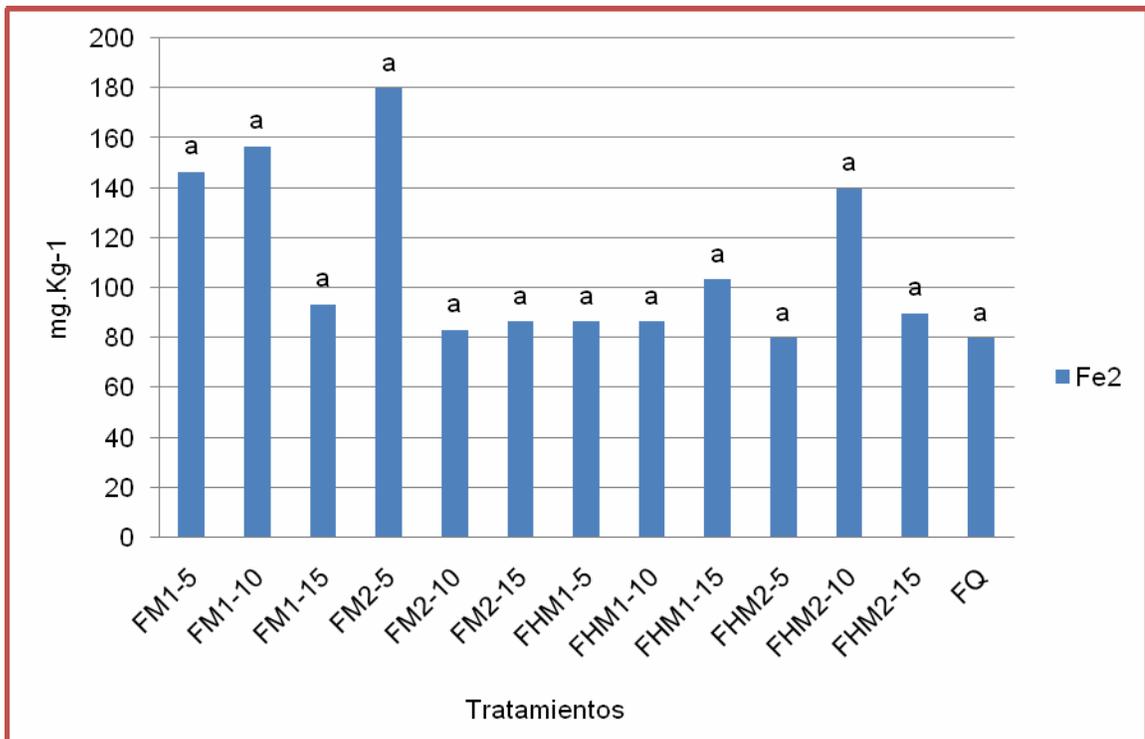


Figura 14. Contenido de hierro en el tejido vegetal de follaje de la higuera, en el segundo muestreo, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

Peso de Panoja (Pp)

Fundamentados en el (Cuadro 13), del análisis de varianza efectuado a la variable de peso de panoja (Pp), podemos establecer que se presentó un efecto altamente significativo en los tratamientos y en los bloques simplemente un efecto significativo. La Figura 15, muestra la conducta de esta variable al adicionar los tratamientos de ácidos fúlvicos con magnesio al uno por ciento, conforme la dosis de estos aumentaba la cantidad disminuía, pero se aprecia un comportamiento no tan variable; mientras que en la adición de ácidos fúlvicos con magnesio al dos por ciento, la dosis baja y alta, es decir, con 5 a 10 ml.litro⁻¹ de agua, el valor de la variable rebasó al alcanzado por la dosis alta de este compuesto a la misma concentración de magnesio. Siguiendo con la misma figura, el tratamiento más destacado, que generó el mayor valor alcanzado en esta variable, fue la mezcla de

ácido fúlvico más ácido húmico con magnesio al uno por ciento a la cantidad de de 10 ml.litro⁻¹ de agua, superando a la dosis alta de ese mismo compuesto hasta en un 100 por ciento. El efecto más positivo al agregar ácidos fúlvicos con ácidos húmicos y el magnesio al dos por ciento, la dosis media fue la que mostro una superioridad ante las demás dosis, de ese mismo compuesto.

El tratamiento de la mezcla de las sustancias húmicas con magnesio al uno por ciento a la dosis de 15 ml.litro⁻¹ de agua (FHM1-15), fue superada por todos los tratamientos incluyendo el TC, en un 100 por ciento, ya que en el no hubo producción de panoja.

Cuadro 13. Análisis de varianza de peso de panoja de higuierilla (*Ricinis Communis*), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

FV	GL	SC	CM	F	Pr (>F)
Tratamientos	12	1276155	106346	3.87	0.0007727**
Block	3	249905	83302	3.03	0.04*
Error	36	986792	27411		
Total	51	2512852			

CV%=47.76

**Altamente significativo

NS=No significativo

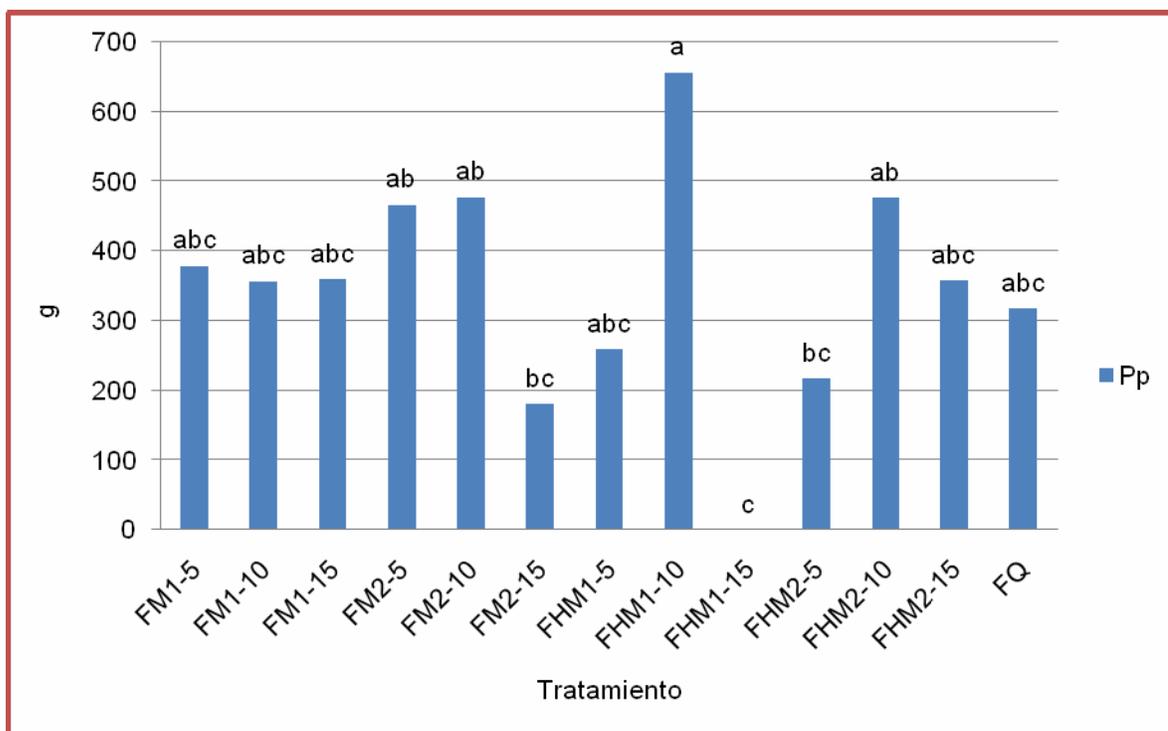


Figura 15. Peso de panoja de planta de higuerrilla, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

Peso de Semilla más Capsula (PSC)

El análisis de varianza arrojó un efecto altamente significativo en los tratamientos, no así en los bloques (Cuadro 14). Según la Figura 16, se determina que al adicionar los ácidos fúlvicos con magnesio en las dos concentraciones, uno y dos por ciento, a las dosis respectivas, mientras estas aumentan, la cuantía de la variable, mostro una disminución. Guiados de dicha figura, se establece que el valor menor (inexistente), se presentó al adicionar la mezcla de fulvatos con humatos estos con el magnesio al uno por ciento a la dosis de 15 ml.litro⁻¹ de agua (FHM1-15), siendo superado por los otros tratamientos, incluyendo al TC que lo rebaso en un 100 por ciento.

Un efecto altamente positivo en esta variable fue al adicionar la combinación de ácidos fúlvicos con ácidos húmicos y el magnesio al uno por ciento en la dosis de 10

ml.litro⁻¹ de agua, lo que lo sugiere como el mejor tratamiento por encima de los demás inclusive de TC, ya que lo supero en un 112 por ciento.

Cuadro 14. Análisis de varianza del peso de semilla mas capsula de higuierilla (*Ricinis Communis*), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

FV	GL	SC	CM	F	Pr (>F)
Tratamientos	12	1165405	97117	3.70	0.001122**
Block	3	212981	70994	2.70	0.059 NS
Error	36	943813	26217		
Total	51	2322199			

CV%=51.06

**Altamente significativo

NS=No significativo

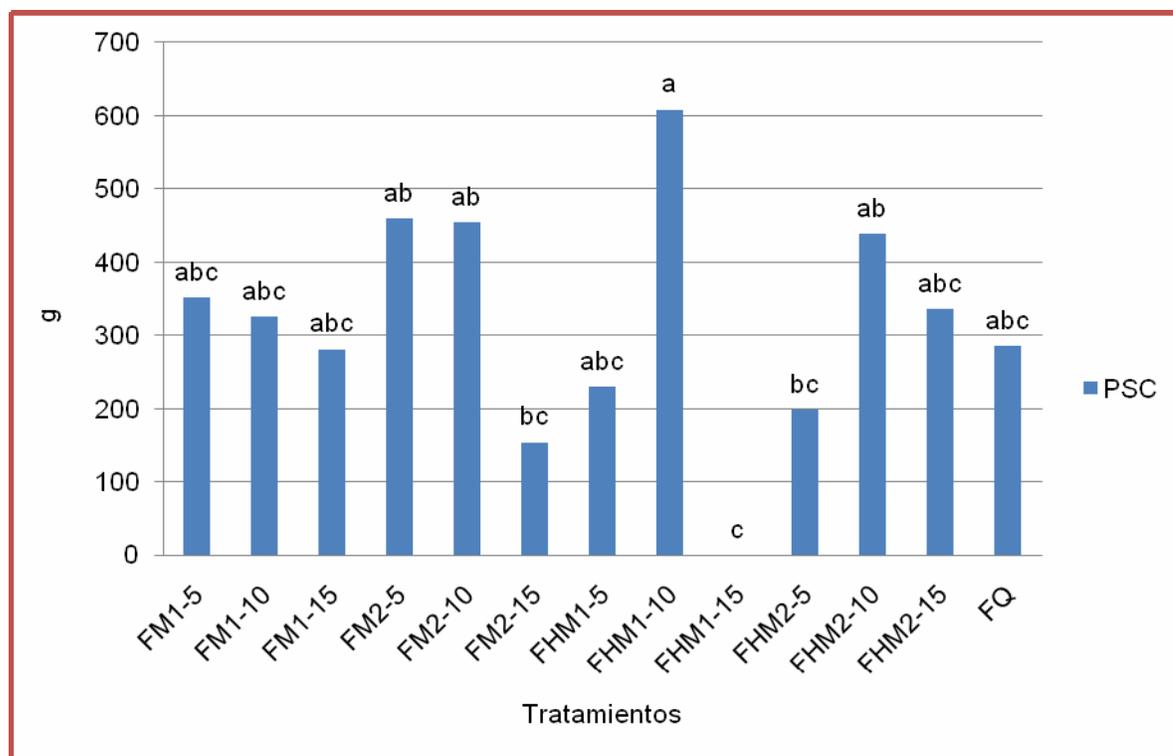


Figura 16. Peso de semilla más capsula de planta de higuierilla, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

Peso de Semilla (PS)

El análisis de varianza, muestra un efecto altamente significativo en los tratamientos, resultado que no ocurre en los bloques (Cuadro 15). Se establece en la Figura 17, que la adición de la mayoría de los tratamientos provocan un comportamiento más o menos constante. Al adicionar la dosis de 10 ml.litro⁻¹ de agua, del compuesto de fulvatos y humatos ambos de magnesio concentrado al uno por ciento (FHM1-10), la respuesta de la variable con respecto a la de los otros tratamientos resulto ser la más destaca, superando a la dosis alta de ese mismo compuesto y concentración (FHM1-15) un 100 por ciento, así como también supero al TC.

Cuadro 15. Análisis de varianza del peso de semilla de higuera (*Ricinis Communis*), con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

FV	GL	SC	CM	F	Pr (>F)
Tratamientos	12	968768	80731	4.62	0.0001692**
Block	3	107373	35791	2.04	0.12 NS
Error	36	628668	17463		
Total	51	1704809			

CV%=62.41
 **Altamente significativo *Significativo NS=No significativo

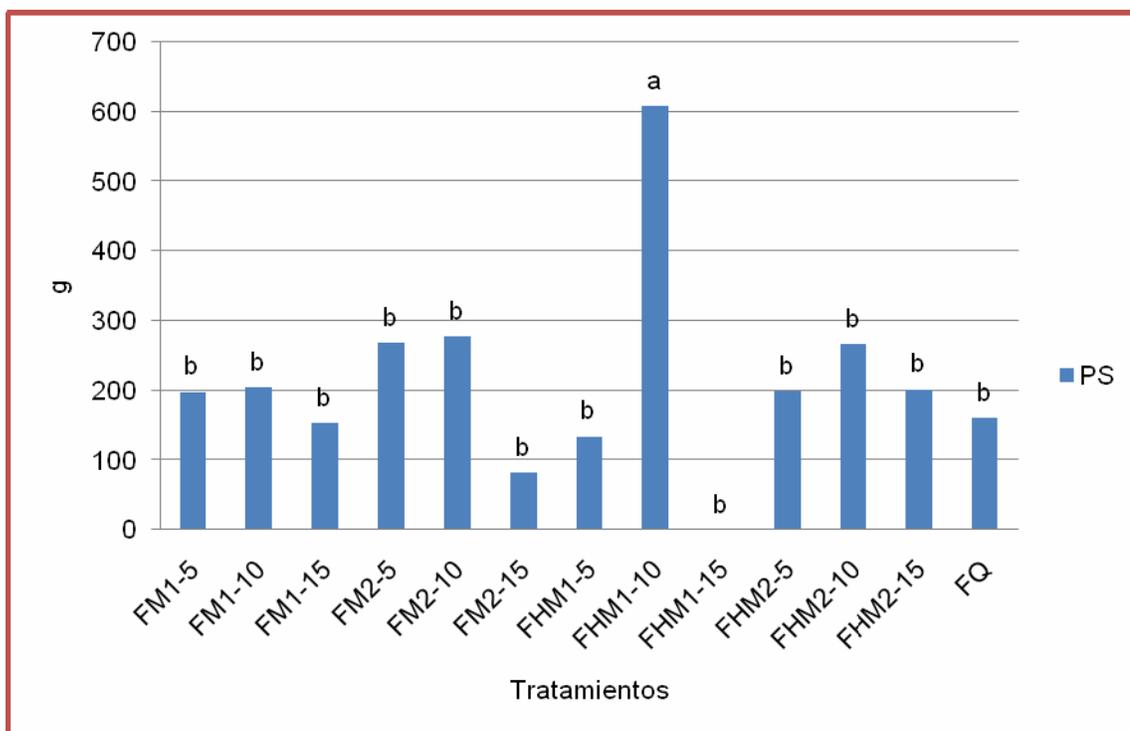


Figura 17. Peso de semilla de planta de higuera, con la adición de humatos y fulvatos de magnesio.

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 nutrientes (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 el presente trabajo, de forma general, se tiene que en los cuatro nutrientes medidos, los valores aumentaron del primer muestreo al segundo. Para el caso del

magnesio, Marschner (1995), 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; por lo que, en el segundo muestreo se cumplió con estos niveles y, en el primer muestreo no se alcanzó con él.

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; así, en una investigación efectuada en semillas de lechuga, muestran que estos vegetales crecen simultáneamente a la concentración de radicales libres de los compuestos húmicos, hasta una “dosis óptima”; pero, hasta un cierto límite a partir del cual puede ser inhibitoria. 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. Con base en lo comentado, la cantidad de magnesio del tejido vegetal de follaje, fue excesiva; por lo que 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 uno por ciento, incrementó la solubilidad del P en suelos con pH alcalino, pero en condiciones normales es muy insoluble.

En la altura de planta (AP) y el diámetro del tallo (DT) de la higuera, con la adición de los ácidos fúlvicos más el magnesio al uno por ciento, fue donde se presentaron los máximos valores. En el peso de la panoja, el peso de ésta más la cápsula y en esta variable de la semilla, al aplicar la mezcla de los ácidos húmicos, los ácidos fúlvicos y el magnesio al uno por ciento, se presentaron las cuantías superiores. Con base en lo ya comentado, los resultados obtenidos en estas variables concuerdan con las investigaciones, ya mencionadas.

CONCLUSIÓN

Con la adición de la mezcla de ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y el magnesio al uno por ciento, se presentó el mayor peso de la semilla de higuera. En la altura de planta y diámetro de tallo, el superior efecto lo realizó la mezcla de ácidos fúlvicos con el magnesio al uno por ciento; mientras que, en los elementos nutrimentales medidos lo realizaron la mezcla de ácidos húmicos y fúlvicos con ambos porcentajes del magnesio.

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.
- CALACE, N., FURLANI, G., PETRONIO, B. M., PIETROLETTI, M. 2000. Sedimentary humic and fulvic acids: Structure, molecular weight distribution and complexing capacity. *Annali di Chimica*, 90:25-34.
- CARDONA, P. 2008. Higuerrilla, ojo que no es una maleza. Medellin. CO. p. 24.
- CARLSEN, L., LASSEN, P., WARWICK, P., RANDALL, A. 1994. Radio-labelled humic and fulvic 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*. Elsevier Science 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 humic substances. *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*. Elsevier Science B. V. Amsterdam.
- 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 *Pinus sylvestris*. 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 of the IHSS. Wroclaw.
- 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.

- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria). 2005 c. Crescimento e Produtividade da Mamoneira sob fertilização Química em Região Semi Árida. Boletín de Pesquisa e Desenvolvimento N° 62. BR. p.20.
- EMBRAPA, 2006. Evaluación de 4 Cultivos de Higuera 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 unterschiedlich starkem Magnesiummangel bei Gerste auf den Ertrags- und Qualitätsmerkmale der Zuckerrübe. *Landwirtsch. Forsch. Sonderch.* 25 (II). 99-105.
- FRANCO, G. (2001). "Fertilización de la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) 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.) *Humic substances in the global environment and implications on human health.* Elsevier Science 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. 4^o 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.
- GUMINSKY, S., SULEJ, J., GLABISZEWSKI, J. 1983. Influence of sodium humate on the uptake of some ions by tomato seedlings. Acta Societatis Botanicorum Poloniae. 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 Ricinus communis L. Higuerilla. 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. Libro Botanica OnLine. <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 Humicas, "Producto de Alface Cultivado em Solucao Nutritiva Completa com Adicto a Substancias Húmicas Extraídas de Sete Carvoes Minerales". Universidad Federal de Santa María. Programa de Pos-graduacao em Agronomía. 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.
- 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 Higuera. (*Ricinus communis*). Consultado en marzo del 2012. Disponible en. <http://www.unalmed.edu.co/~crsequed/HIGUERILLA.htm>

- MENDOZA, H; REYES S. 1985. Guia 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.
- 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>.
- 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-RUIZ, 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.
- 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. Humic substances. Incidence on crop fertility. Acta Horticulturae. 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. Humic substances. Incidence on crop fertility. Acta Horticulturae. 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 (*Picea abies*) forest. *Science.* 244, 776-783.
- 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., NOPAMORNBODI, 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.
- 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.