

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



Comportamiento de Humatos y Fulvatos de Potasio y Magnesio en la Calidad de  
Plántula de Higuierilla (*Ricinus communis L.*)

Por:

**REYNA VERA GARCÍA**

**TESIS**

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre del 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Comportamiento de Humatos y Fulvatos de Potasio y Magnesio en la Calidad de  
Plántula de Higuierilla (*Ricinus communis L.*)

Por:

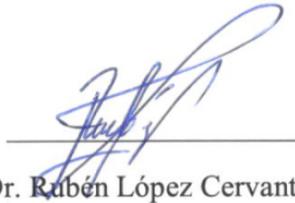
**REYNA VERA GARCÍA**

TESIS

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

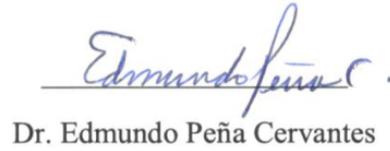
**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

Aprobada por:



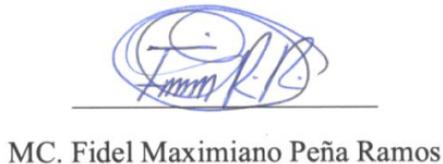
Dr. Rubén López Cervantes

Asesor Principal



Dr. Edmundo Peña Cervantes

Coasesor



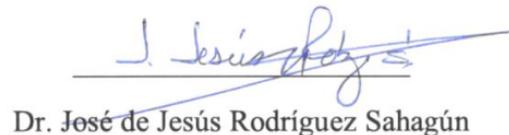
MC. Fidel Maximiano Peña Ramos

Coasesor

Universidad Autónoma Agraria  
"Antonio Narro"



Coordinación de la División  
de Ingeniería



Dr. José de Jesús Rodríguez Sahagún

Suplente



Dr. Luis Samaniego Moreno

Coordinador de la división de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre del 2017

# AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater

Es un honor, pertenecer a esta gran institución: Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, por darme conocimientos, amigos, formar parte de esta gran familia y vivir una de mis mejores experiencias.

*“Buitre por siempre”*

A mis Asesores:

Dr. Rubén López Cervantes, Dr. Edmundo Peña Cervantes y M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos, gracias por su apoyo, tiempo y por sus enseñanzas, por la confianza y dedicación que me tuvieron durante la realización de este trabajo.

A mis profesores:

por sus conocimientos a lo largo de esta etapa de mi vida, en especial a los que conforman el departamento Ciencias del Suelo, muy en particular al Dr. Rodríguez Sahagún, M. C. Alejandra; que fuera de clases me ofrecieron su amistad y buenos consejos, no sólo para ser mejor profesionalista, sino mejor persona... Gracias

A la Familia Pérez Moreno por recibirme en su casa y hacerme sentir como otro miembro de la familia, en especial a Yakelín por tu Gran Amistad y como en la pista como en la vida, nuestro recorrido sea constante y satisfactorio hasta alcanzar nuestras metas.

A mis Amigos y Compañeros de Carrera por los buenos momentos que pasamos juntos, por compartir su tiempo, malos momentos, en especial Samuel, Gregorio, José Andrés, Javier, Chava, José Eric, Luis Gerardo, Blanquita, Marisol, Diana, y Lili.

*Éxito a todos.*

## **DEDICATORIAS**

A mi Mamá

Juana García Santos por el amor y apoyo incondicional; por ser el mejor ejemplo a seguir, por no rendirse ante las dificultades que se presentan en la vida, por sus palabras de aliento para seguir adelante y así lograr mis sueños.

A mis hermanos

Alberto, Román, Mary y su esposo Florentino, por el cariño, por sus consejos, el apoyo económico, el sacrificio y la confianza en mí, para alcanzar esta meta...

Gracias.

A ti Felipe de Jesús, por tu gran amor, tolerancia, y tiempo que pasamos juntos, y que a pesar de las adversidades has permanecido a mi lado

A mi pequeña princesa Marcela, eres la alegría y razón por la cual seguir adelante... Te Amo.

A los Chicos del Coro, en especial a Alejandro y Artemio, por su amistad, cariño, comprensión y sus consejos.

## Índice de Contenido

Índice de Contenido.....	1
Índice de Cuadros .....	3
Índice de Figuras .....	5
RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
OBJETIVOS .....	10
General .....	10
Específico .....	10
HIPOTESIS .....	10
REVISIÓN DE LITERATURA .....	11
Generalidades de la Higuierilla ( <i>Ricinus communis</i> ).....	11
Clasificación Taxonómica .....	11
Descripción Botánica de la Higuierilla ( <i>Ricinus communis</i> ) .....	12
Requerimientos Agroclimáticos para el Cultivo de Higuierilla .....	14
Manejo del cultivo .....	14
Fertilización.....	15
Plagas y Enfermedades .....	15
Cosecha.....	16
Importancia Económica de la Higuierilla .....	17
Importancia del Potasio (K) y el Magnesio (Mg) .....	17
Las Sustancias Húmicas (SH) .....	19
MATERIALES Y MÉTODOS .....	22
Localización del Área Experimental .....	22
Metodología .....	22

Diseño experimental.....	24
Modelo estadístico .....	24
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>25</b>
Peso Fresco del Tallo (PFT) .....	25
Peso Seco del Tallo (PST).....	26
Concentración de K, Mg y Ca en el Tallo, Primera Etapa .....	27
Concentración de K, Mg y Ca en el Tallo, Segunda Etapa .....	28
Peso Fresco de la Hoja (PFH) .....	29
Peso Seco de la Hoja (PSH).....	30
Concentración de K, Mg y Ca en el Hoja, Primera Etapa .....	31
Concentración de K, Mg y Ca en el Hoja, Segunda Etapa .....	32
Peso Fresco de la Raíz (PFR) .....	33
Peso Seco de la Raíz (PSR).....	34
Concentración de K, Mg y Ca) en la Raíz, Primera Etapa .....	35
Concentración de K, Mg y Ca en la Raíz, Segunda Etapa .....	36
<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>39</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>40</b>

## Índice de Cuadros

Cuadro 1. Principales países productores de semilla de higuera en el mundo (FAOSTAT, 2014).....	17
Cuadro 2. Algunos de las enzimas relacionadas con el metabolismo glucídico que requieren $Mg^{++}$ como activador .....	18
Cuadro 3. Características generales de los suelos, usados como sustrato .....	23
Cuadro 4. Descripción de los tratamientos aplicados en higuera ( <i>Ricinus communis</i> )	23
Cuadro 5. Resumen del análisis de varianza en peso fresco del tallo en plántula de <i>Ricinus communis</i> , con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio en dos etapas .....	25
Cuadro 6. Resumen del análisis de varianza en peso seco del tallo de <i>Ricinus communis</i> , con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio en dos etapas.....	26
Cuadro 7. Resumen del análisis de varianza en contenido de algunos nutrientes, en la primer etapa, medidos al tallo de <i>Ricinus communis</i> , con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio .....	27
Cuadro 8. Resumen del análisis de varianza en contenido de algunos nutrientes, en la segunda etapa, medidos al tallo de <i>Ricinus communis</i> , con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio .....	28
Cuadro 9. Resumen del análisis de varianza en peso fresco de hoja de <i>Ricinus communis</i> , con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio en dos etapas.....	29
Cuadro 10. Resumen del análisis de varianza en peso seco de hoja de <i>Ricinus communis</i> , con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio en dos etapas.....	30
Cuadro 11. Resumen del análisis de varianza en contenido de algunos nutrientes, en la primer etapa, medidos a hojas de <i>Ricinus communis</i> , con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio .....	31
Cuadro 12. Resumen del análisis de varianza en contenido de algunos nutrientes, en la segunda etapa, medidos a hojas de <i>Ricinus communis</i> , con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio .....	32

Cuadro 13. Resumen del análisis de varianza en peso fresco de raíz de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio en dos etapas..... 33

Cuadro 14. Resumen del análisis de varianza en peso seco de raíz de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio en dos etapas..... 34

Cuadro 15. Resumen del análisis de varianza en contenido de algunos nutrimentos, en la primer etapa, medidos a la raíz de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio ..... 35

Cuadro 16. Contenido de algunos nutrimentos, en la segunda etapa, medidos a la raíz de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de Potasio y/o Magnesio. .... 36

Cuadro 17. Resumen del análisis de varianza en pH en la rizosfera de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio en dos etapas..... 37

## Índice de Figuras

Figura 1. Fruto de Higuierilla con dehiscencia ausente (izquierda) y presente (derecha) SNICS (2014) .....	13
Figura 3. Estructura química del ácido fúlvico (Buffle <i>et al.</i> , 1977) .....	20
Figura 4. Modelo de estructura química del ácido húmico propuesto por Stevenson (1982) .....	21
Figura 5. Comparación de medias del peso fresco del tallo en plántula de <i>Ricinus communis</i> , con la adición de humatos y fulvatos de potasio y magnesio. ....	25
Figura 6. Comparación de medias en peso seco del tallo de plántula de <i>Ricinus communis</i> , con la adición de humatos y fulvatos de potasio y magnesio. ....	26
Figura 7. Comparación de medias en contenido de algunos nutrimentos, en la primer etapa, medidos al tallo de <i>Ricinus communis</i> , con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio.....	27
Figura 8. Comparación de medias en contenido de algunos nutrimentos, en la segunda etapa, medidos al tallo de <i>Ricinus communis</i> , con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio.....	28
Figura 9. Comparación de medias en peso fresco de hojas en plántula de <i>Ricinus communis</i> , en dos etapas, con la adición de humatos y fulvatos de potasio y magnesio. ....	29
Figura 10. Comparación de medias en peso seco de hojas en plántula de <i>Ricinus communis</i> , en dos etapas, con la adición de humatos y fulvatos de potasio y magnesio. ....	30
Figura 11. Comparación de medias en contenido de algunos nutrimentos, en la primer etapa, medidos a hojas de <i>Ricinus communis</i> , con la adición de humatos y/o fulvatos de Potasio y/o Magnesio. ....	31
Figura 12. Comparación de medias en contenido de algunos nutrimentos, en la segunda etapa, medidos a hojas de <i>Ricinus communis</i> , con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio.....	32
Figura 13. Comparación de medias en peso fresco de raíz en plántula de <i>Ricinus communis</i> , en dos etapas, con la adición de humatos y fulvatos de potasio y magnesio. ....	33

Figura 14. Comparación de medias en peso seco de raíz en plántula de *Ricinus communis*, en dos etapas, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio..... 34

Figura 15. Comparación de medias en contenido de algunos nutrientes, en la primera etapa, medidos a la raíz de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio..... 35

Figura 16. Comparación de medias en contenido de algunos nutrientes, en la segunda etapa, medidos a la raíz de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio..... 36

Figura 17. Comparación de medias en pH de la rizosfera de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio..... 37

## RESUMEN

Con el fin de determinar el comportamiento de humatos y fulvatos de potasio y magnesio, en la calidad de plántula de *Ricinus communis* (“Higuerilla”), variedad “Guanajuat-oil”, semillas se colocaron en cajas “Petri” con 4 ml de ácidos fúlvicos por litro de agua y se incubaron durante 48 horas a 25°C, con la finalidad de tener una germinación homogénea; una vez germinadas, se sembraron en macetas (vasos) de poliestireno número ocho, que contenían como sustrato una mezcla de “peat moss” con “perlita” (relación 1:1 v/v). Cuando la plántula contenía un par de hojas verdaderas, se trasplantaron en macetas de polietileno que contenían cinco kilogramos de la mezcla de dos suelos: un Calcisol y un Andisol (relación 1:1 v/v). A los 15, 30 y 70 ddt, se aplicaron: un ácido fúlvico con magnesio (Fulvato de magnesio-FMg), un ácido fúlvico más potasio (Fulvato de potasio-FK), un ácido fúlvico más magnesio y potasio (Fulvato de magnesio y potasio-FMgK), un ácido fúlvico solo (AF), un ácido húmico más magnesio (Humato de magnesio-HMg), un ácido húmico más potasio (Humato de potasio-HK), un ácido húmico más magnesio y potasio (Humato de magnesio y potasio-HMgK), el ácido húmico solo (AH) y como testigo absoluto, solo agua (A). Las variables medidas: peso fresco y seco de tallo (PFT y PST), hoja (PFH y PSH) y raíz (PFR y PSR), los contenidos de potasio (K), magnesio (Mg) y calcio (Ca) del tejido vegetal de tallo, follaje y raíz y el pH de la rizosfera. Se encontró que en las variables medidas a la planta, el humato de potasio (HK) realizó efecto positivo; mientras que, en los nutrimentos medidos en el tejido vegetal de tallo, lo efectuó el fulvato de potasio y magnesio (FKMg), de follaje y en el pH de rizosfera, el humato de potasio y magnesio (HKMg) y de raíz, el fulvato de magnesio (FMg).

**Palabras Clave:** Humato, Fulvato, Potasio, Magnesio, *Ricinus communis* L.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el cambio climático ha obligado a las sociedades a buscar alternativas que ayuden a disminuir el consumo de combustibles fósiles y las emisiones de CO<sub>2</sub>: por lo que, hay diversas plantas denominadas agro-energéticas que pueden utilizarse en la producción de biocombustibles: “la higuera” por ejemplo, porque su semilla posee un alto contenido de aceite (hasta el 50 por ciento) (Armendáriz, 2014), que puede utilizarse para la producción de biodiesel y también, el aceite tiene cerca de 180 usos en diversas actividades humanas; además, el tallo y los peciolos contienen cantidades altas de celulosa, que sirven para la producción de Bioetanol. Por lo anterior, al considerar la rusticidad y diversidad de ambientes donde se desarrolla “la higuera”, puede considerarse un cultivo con alto potencial para México.

En los últimos años, en México, con el auge de la Agricultura Orgánica y/o Sustentable, el uso de sustancias húmicas (SH) aumentó considerablemente, por ser una alternativa ecológica y económicamente factible para aumentar la producción; además, por las bajas cantidades que se emplean y por el efecto positivo que realizan en la producción, se consideran como Bioestimulantes (Jardín, 2017) y La Sociedad Internacional de Sustancias Húmicas (IHSS) (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). Y para Stevenson (1994), se dividen en tres fracciones: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas (HR).

Es conocido, no solo para “la higuera”, sino también para cualquier otro vegetal, que dependiendo de la calidad de la semilla y de la plántula, está la calidad de la producción y para el caso de “la higuera”, es determinante que haya plántula de excelente calidad. Según Escalante (2013), para la producción de cualquier biocombustible, a partir de “la higuera”, es fundamental la calidad de la plántula, para lo que es necesario adicionarle la mezcla de SH con nutrimentos. Esta mezcla es denominada humatos, para el caso de los AH y Fulvatos para los AF, con los elementos químicos.

En este trabajo, se empleó la mezcla de AH y AF con potasio (K) y magnesio (Mg), porque estos nutrimentos tienen como función principal formar carbohidratos (como celulosa) y muchos compuestos promotores de energía, estabilizar la pared celular y mitigar los cambios bruscos de temperatura y además; en el mundo, se han consagrado una gran cantidad de estudios a determinar el efecto de la mezcla de SH con nutrimentos y se han encontrado excelentes resultados en cuanto a la nutrición vegetal, lo que redundará en superiores producciones.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Determinar el comportamiento de humatos y fulvatos de potasio y magnesio, en la calidad de plántula de higuera (*Ricinus communis* L.).

### **Específico**

Establecer la dosis óptima de un humato y/o fulvato de potasio y/o magnesio, que aumente la calidad de plántula de higuera.

## **HIPOTESIS**

Al menos una dosis de un humato y/o fulvato de potasio y/o magnesio, tienen efecto positivo al aumentar la calidad de plántula de higuera.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## Generalidades de la Higuera (*Ricinus communis*)

La Higuera es una especie procedente de África tropical y de la India, aunque se cree que pudo haber sido nativa del Medio Oriente; fue introducida en casi todas las regiones del mundo, principalmente en zonas cálidas para obtener aceite de ricino o como especie ornamental (Paz *et al.* 2013) y es una planta que se encuentra distribuida desde el nivel del mar, hasta los 3,000 m de altitud. Se encuentra como maleza en los bordes de los caminos, de las hondonadas y de los ríos, en solares, en huertas y también sembrada en cultivos comerciales con todas las técnicas de la agricultura moderna.

## Clasificación Taxonómica

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

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Euphorbiales

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Ricinus* L.

Especie: *Ricinus communis* L.

Mientras que el Sistema Integrado de Información Taxonómica (2010), ITIS, por sus siglas en inglés, la clasifica de la forma siguiente:

Reino: Plantae

Subreino: Viridiplantae

Infra reino: Streptophyta

Super división: Embryophyta

División: Tracheophyta

Subdivisión: Spermatophytina

Clase: Magnoliopsida

Super orden: Rosanae

Orden: Malpighiales

Familia: Euphorbiaceae

Género: Ricinus

Especie: *Ricinus communis*

### **Descripción Botánica de la Higuerilla (*Ricinus communis*)**

Leal y Jiménez (2009) la describen con hojas alternas, grandes, pecioladas, en forma de palma, con cierto brillo en el haz, mate en el envés, provista de espículas caducas, lóbulos lanceolados y márgenes dentados. En cuanto a su forma, existe una gran variedad, pueden ser hojas que forman muy pocos o muchos lóbulos cuyo tamaño también tiene una gran variabilidad. De acuerdo con Samayoa (2007) y Mazzani (2007), el sistema radical de la higuerilla es denso y voluminoso; además, puede llegar a más de un metro de profundidad, lo cual le proporciona una gran resistencia a la

sequía y un buen anclaje al suelo. El tallo es cilíndrico, hueco con nudos y entrenudos, durante las primeras etapas de desarrollo, cuando este es mayor, los entrenudos son largos y a medida que la planta madura, el largo de los entrenudos se reduce. En el área de los nudos existe acumulación de puntos de crecimiento de las hojas y ramas. Para estos mismos autores el fruto, es una baya trilobular que contiene tres semillas en su interior, las cuales se encuentran dentro de una capsula individual. La cubierta del fruto puede ser lisa o recubierta de vellosidades. Los frutos pueden ser dehiscentes (presentan apertura espontánea de la capsula para la expulsión de la semilla una vez que esta haya madurado) semi indehiscentes o totalmente indehiscentes (Figura 1) en los cuales la capsula no abre de manera espontánea.



**Figura 1.** Fruto de Higuera con dehiscencia ausente (izquierda) y presente (derecha) SNICS (2014)

Para Leal y Jiménez (2009), Mazzani (2007) y Samayoa (2007), las flores de la higuera se encuentran agrupadas en inflorescencias tipo panícula terminal, las flores masculinas se encuentran localizadas en la base del raquis, mientras que las flores femeninas se encuentran en la parte superior. La polinización, usualmente anemófila (la polinización es realizada por el viento), es la de una planta alógama (este tipo de reproducción generalmente es mayor al 30 %) aunque puede también presentar autofecundación. La semilla de la higuera varía tanto en su color (tonalidades de café hasta blancas, con bandas negras) como tamaño (la semilla puede llegar a medir hasta 18 mm de longitud y 10 mm de ancho). Cabe mencionar que el tamaño no tiene ninguna relación con la producción y el contenido de aceite.

## **Requerimientos Agroclimáticos para el Cultivo de Higuierilla**

Para mostrar rendimientos óptimos, la higuierilla requiere de las siguientes condiciones agroclimáticas: Al ser una planta tropical, para su óptimo desarrollo necesita temperaturas superiores a los 14 °C (Bonilla *et al.* 2011), si es menor, el ciclo de la planta se acorta y por ende disminuye la semilla producida. Desarrolla bien desde 0 a 1800 msnm. De acuerdo con Ponce *et al.*, (2011), se localiza de manera natural en un rango de latitud que va desde 0° hasta 50°, en los hemisferios norte y sur. Necesita de suelos fértiles, profundos, con buen drenaje y permeables; con un pH entre 5.5 y 6.7 (Rico *et al.*, 2011). El INIFAP (2012), establece una profundidad óptima de 0.5 m y una precipitación anual de 500-800 mm durante la etapa de crecimiento.

### **Manejo del cultivo**

Con la preparación del terreno se busca crear condiciones óptimas que favorezca el desarrollo del cultivo, bajo el sistema de labranza tradicional consiste en realizar subsoleo, cinceleo, barbecho, rastra y/o nivelación, de acuerdo con las necesidades del terreno, disponibilidad de maquinaria, disponibilidad económica y rentabilidad de las labores que se realizan. Lo anterior, con el fin de que las plantas presenten una nacencia uniforme y un desarrollo favorable.

Mercado *et al.*, (2014), sugieren que en el ciclo primavera-verano bajo condiciones de temporal, sembrar al inicio del temporal en los meses de mayo y junio, en áreas con precipitaciones de 450 mm o más durante el ciclo, hasta una altitud de 2000 msnm y con una estación de crecimiento (Condiciones de humedad en el suelo para la siembra hasta la primera helada o insuficiente humedad en el suelo) de 140 días o más.

Al ser un cultivo para la elaboración de biodiesel, se recomienda establecer el cultivo preferentemente en zonas de temporal crítico y zonas de riego con agua negra, de acuerdo a los estatutos de la ley de bioenergía, que señala que no sea en áreas

potenciales en donde se produzcan alimentos y con éste se genere una competencia en la superficie de siembra de cultivos básicos e industriales para el consumo de la población. (Diario Oficial de la Federación, 2008).

## **Fertilización**

En México, la fórmula de fertilización recomendada por Gómez *et al.*, (2014), es 80-40-00; se debe aplicar toda la mezcla de forma manual o mecánica al momento de la primera escarda. Esto asegura un desarrollo vigoroso de las plantas, un mayor número de inflorescencias, rendimientos significativos y un alto contenido de aceite en la semilla. De acuerdo con el portal agrícola Ikisan (2017), en la India (principal productor de higuera en el mundo), se ha calculado que un rendimiento de 1700 kg por hectárea, elimina del suelo el equivalente de 50 kg de nitrógeno, 20 kg de ácido fosfórico y 16 kg de potasio, otra estimación indica que un rendimiento de 2000 kg de semilla y 1333 kg de cascotes, elimina 80 kg de nitrógeno, 18 kg de fósforo, 32 kg de potasio, 12 de calcio y 10 kg de magnesio por hectárea. Además de la incorporación de estiércol de 5-6 toneladas por hectárea, para mejorar las propiedades del suelo y garantizar un mejor suministro de micronutrientes.

## **Plagas y Enfermedades**

López *et al.*, (2015) mencionan que las plagas de la higuera y el tipo de daño varían de lugar a lugar, incluso, algunas plagas pueden estar presentes en distintas regiones, mientras que otras son endémicas. Mientras que Gómez *et al.*, (2014) del INIFAP, sitio Experimental Hidalgo, consideran a Diabrotica y la Chinche de encaje como plagas de mayor importancia. Diabrotica (*Diabrotica spp.*): Se presenta en las primeras etapas de desarrollo del cultivo, los adultos se alimentan del follaje, dejan huecos grandes y redondos en las hojas y reducen la capacidad de fotosíntesis. Chinche de encaje

(*Leptodyctia spp.*). Es un insecto muy pequeño, apenas visible a simple vista, vive en el envés de las hojas alimentándose de la savia de la hoja, las hojas atacadas poco a poco se decoloran y adquieren un aspecto moteado y puntos negros que son el excremento del insecto, cuando el ataque es severo las hojas se caen. Se presenta en la etapa de fructificación del cultivo.

En cuestión de enfermedades en México no se tiene registro, sin embargo, suelos con drenaje deficiente y pesados, suelos mal nivelados provocan excesos de humedad y presencia de patógenos que pueden provocar que la raíz sea susceptible a pudriciones causadas por los hongos *Fusarium ricini*, *F. oxysporium*, *Phymatotrichium omnivorum*, *Alternaria ricini*, *Sclerotinia ricini*, *Xanthomonas ricinicola* y *Cercospora ricinielala* (Rico *et al.*, 2011).

### **Cosecha**

La cosecha puede ser manual o mecanizada: La cosecha manual se realiza recolectando las inflorescencias, cuando el racimo está seco, la colecta debe efectuarse mediante un corte de la inflorescencia con uso de tijeras y recipientes plásticos o costales colocados en la cintura del trabajador. La segunda opción de cosecha mecanizada con trilladora se realiza en híbridos o variedades enanas que tienen pocas inflorescencias, con un solo nivel de altura de inflorescencias y cuando todos los frutos están secos, las hojas deben eliminarse ya sea de manera natural por su secado y caída o artificialmente con defoliantes. En ambos casos, durante la cosecha se debe evitar dañar la cutícula de la semilla. La madurez de cosecha se observa en el campo, cuando en las inflorescencias el 80% de las cápsulas presentan un color café (Gómez *et al.* 2014).

## Importancia Económica de la Higuera

La superficie cultivada de higuera a nivel mundial en el año 2014 fue de 1'442'812 ha, con una producción total de 1'951'509 t de semilla. Los países productores más importantes se muestran en el Cuadro 1; (FAOSTAT, 2014); como se puede observar, México no figura dentro de estos.

**Cuadro 1. Principales países productores de semilla de higuera en el mundo (FAOSTAT, 2014)**

<b>País</b>	<b>Producción (Toneladas)</b>
India	1733000
Mozambique	68947
China	40000
Brasil	37582
Myanmar (Birmania)	11094
Etiopia	11000
Paraguay	9000
Vietnam	7000
Sudáfrica	6364
Angola	4027

## Importancia del Potasio (K) y el Magnesio (Mg)

El K desempeña un papel clave en la osmorregulación que tiene lugar en los procesos de apertura y cierre estomáticos (Bieto y Talón, 2008). Por otra parte, el K activa más de 50 sistemas enzimáticos, entre los que se destacan oxidoreductasas, deshidrogenasas, transferasas, sintetasas y quinasas. El K se encuentra dentro de la solución de las células de la planta y se usa para mantener la presión de turgencia de la célula; lo que evita que la planta se marchite prematuramente (Pro-mix, 2017). La deficiencia de K en los cultivos se traduce en una mayor susceptibilidad al ataque de patógenos en la raíz, en una debilidad de los tallos que hace a las plantas especialmente sensibles a la acción del viento, las lluvias, etc., principalmente en el caso de las monocotiledóneas. En las dicotiledóneas, los primeros síntomas de clorosis

aparecen también en las hojas adultas, que posteriormente se hacen necróticas; el crecimiento se retrasa y se produce pérdida de turgencia y marchitamiento, mucho más acusados cuando existe un déficit hídrico. En condiciones de exceso, interfiere en la absorción y la disponibilidad fisiológica de Ca y Mg.

El Mg, es absorbido por las plantas como ion  $Mg^{+2}$  (Marschner, 1986). Este elemento constituye normalmente cerca del 0.5 por ciento de la biomasa total de las plantas (Navarro y Navarro, 2003); sin embargo, las diferentes especies vegetales pueden presentar un rango relativamente amplio en su contenido total (entre 0.07 y 9%) (Larcher, 2003). Mengel y Kirkby (2000) y Castellanos *et al.*, (2000) consideran que el papel más conocido del 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. Además, 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.

Muchos de las enzimas que intervienen en el metabolismo glucídico necesitan magnesio como activador; en general, el ATP interviene también en estas reacciones (Cuadro 2). El magnesio actúa también como activador para las enzimas que intervienen en la síntesis de los ácidos nucleicos (DNA, RNA) a partir de los nucleótidos polifosfatados (Devlin, 1982).

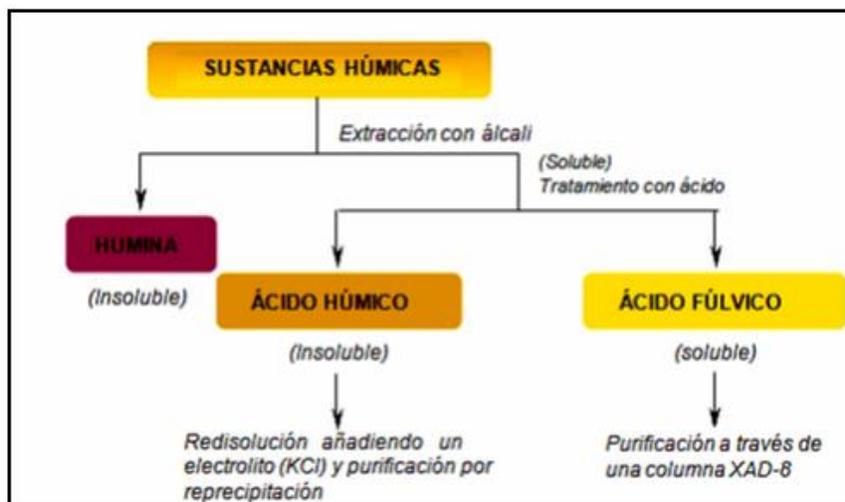
**Cuadro 2. Algunos de las enzimas relacionadas con el metabolismo glucídico que requieren  $Mg^{++}$  como activador**

<b>Enzimas</b>	<b>Reacción</b>
Glucocinasa	Glucosa +ATP → Glucosa-6-P
Fructocinasa	Fructosa +ATP → fructosa-1-P
Galactocinasa	Galactosa+ATP → galactosa-1-P
Hexocinasa	Hexosa +ATP → hexosa-6-P
Triocinasa	Gliceraldehído +ATP → fosfogliceraldehído
Gluconolactonasa	6-fosfogluconolactona → 6-fosfogluconato
Deshidrogenasa 6-fosfogluconica	6-fosfogluconato → ribulosa-6-P
Fosfopentocinasa	ribulosa-6-P +ATP → ribulosa-1,5-di-P
Enolasa	2-fosfoglicerato +ATP → piruvato
Carboxilasa	Piruvato → acetaldehído
Quinasa fosfoglicérica	1,3 dofosfoglicerato +ATP → 3-fosfoglicerato

## Las Sustancias Húmicas (SH)

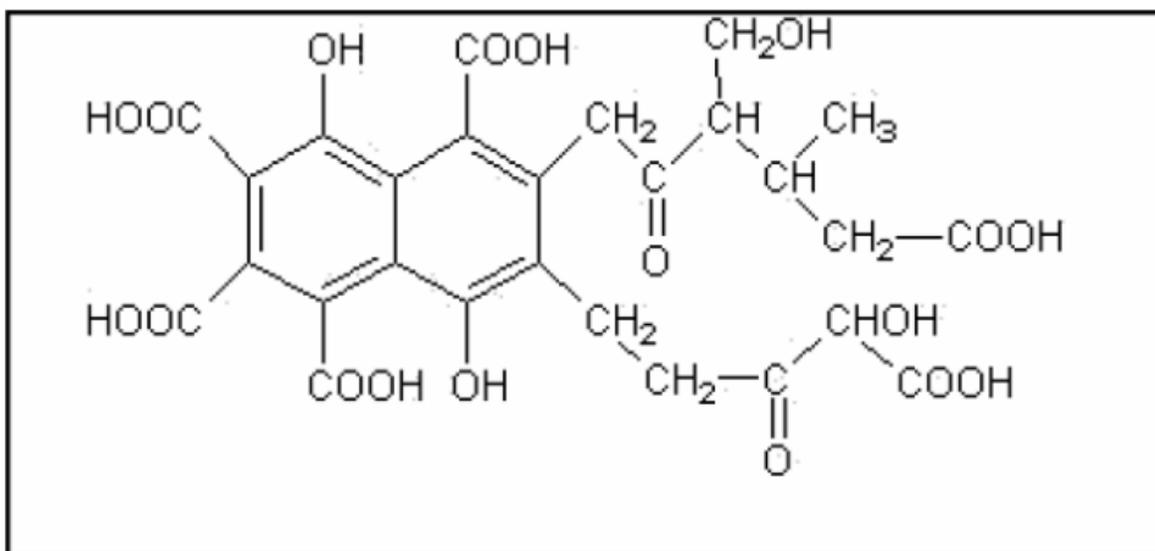
Las sustancias húmicas, son aquellas que se encuentran con gran frecuencia en el medio natural, en el suelo, sedimentos y aguas, (MacCarthy *et al*, 1990). La humificación de materiales orgánicos, origina las SH, las cuales son una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química 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) y sus características generales son: color de amarillo a oscuro, ácidas, predominantemente aromáticas, hidrófilas, químicamente complejas, polielectrolíticas, con un amplio rango de peso molecular 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 Sustancias Húmicas (2013), las define como una mezcla compleja y heterogénea de materiales polidispersados, formados en suelos, sedimentos y aguas naturales por reacciones químicas y bioquímicas, durante la descomposición y transformación de plantas y restos de microorganismos (proceso denominado Humificación). 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.

A los AH y AF, se les atribuye que pueden complejar y/o quelatar cationes, debido a su alto contenido de grupos funcionales libres oxigenados. En los primeros, dominan los grupos funcionales oxhidrilos fenólicos (-OH) y en los segundos, los grupos funcionales carboxilos (-COOH), por que más del 80% de la estructura molecular de dichos ácidos, está formada por los grupos funcionales mencionados (Schnitzer, 2000); además, presentan alta capacidad para intercambiar cationes (Stevenson, 1994). Por lo anterior, a estos compuestos orgánicos se les ha adicionado nutrimentos (en su mayoría son sales), son denominados humatos y/o fulvatos del elemento químico dominante.



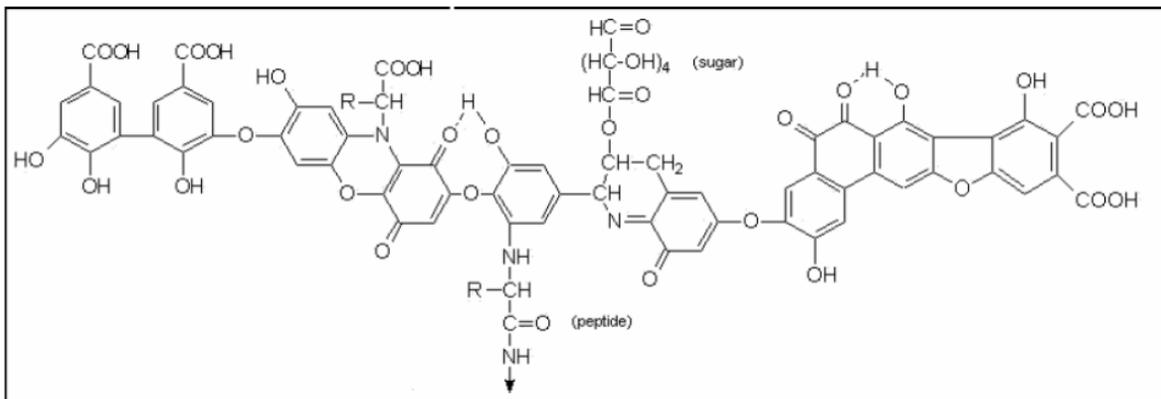
**Figura 2.** Fraccionamiento de las sustancias húmicas en función de la solubilidad a diferentes pH (Stevenson, 1994)

Los AF se distinguen de los AH por su coloración más clara; son la fracción de la materia del suelo que es soluble en álcali y ácido (Stevenson, 1994), éste, las define como la fracción soluble a cualquier valor de pH, tienen menor peso molecular y contenido de C y N, y mayor contenido de oxígeno (Figura 2). Además son la fracción más ácida y con mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC), debido a que éstos presentan mayor contenido en grupos carboxílicos (Steelink, 1985), y oscila desde 520 hasta 1,120 cmol (H<sup>+</sup>)/Kg (Pettit, 2004) (Figura 3).



**Figura 2.** Estructura química del ácido fúlvico (Buffle *et al.*, 1977)

Los ácidos húmicos (AH), son un material orgánico de color oscuro, que puede ser extraídos del suelo por álcalis (Figura 2) 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 4). El tamaño molecular de los ácidos húmicos (AH), oscila entre 10,000 a 100,000; los polímeros de estos ácidos, se unen fácilmente a los minerales de arcilla para formar complejos orgánicos estables (Pettit, 2004).



**Figura 3.** Modelo de estructura química del ácido húmico propuesto por Stevenson (1982)

# MATERIALES Y MÉTODOS

## Localización del Área Experimental

El trabajo se realizó en el invernadero ubicado en el Departamento de Ciencias del Suelo, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas son: 25° 23' de Latitud Norte y 101° 00' de Longitud Oeste, a la altitud de 1742 msnm.

## Metodología

Para el desarrollo de la presente investigación, se utilizó semilla de higuera (*Ricinus communis*), de variedad mejorada "Guanajuat-oil", donada por el Dr. Miguel Hernández del Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de Celaya, Guanajuato, las que se colocaron en cajas "Petri" con 4 ml L<sup>-1</sup> de agua de los tratamientos presentados en el Cuadro 4, se incubaron durante 48 horas a 25°C; con la finalidad de tener una germinación homogénea; una vez germinadas, se sembraron con gran cuidado en vasos de poliestireno del número ocho, que contenían como sustrato una mezcla de "peat moss" con "perlita" (relación 1:1 v/v). Cuando la plántula contenía un par de hojas verdaderas, aproximadamente a los 15 días después de la siembra (dds), las plántulas se trasplantaron en macetas de polietileno que contenían cinco kilogramos de la mezcla de dos suelos: uno (Calcisol) colectado del área experimental denominada "El Bajío" de la UAAAN y un Andisol (del Estado de Jalisco), en relación 1:1 v/v, con las características presentadas en el Cuadro 3. A los 15, 30 y 70 dds, se aplicaron los tratamientos. Las SH fueron obtenidas del mineral fósil del carbono denominado Leonardita y los tratamientos fueron: un ácido fúlvico con magnesio (Fulvato de magnesio-FMg), un ácido fúlvico más potasio (Fulvato de potasio-FK), un ácido fúlvico más magnesio y potasio (Fulvato de magnesio y

potasio-FMgK), un ácido fúlvico solo (AF); además, un ácido húmico más magnesio (Humato de magnesio-HMg), un ácido húmico más potasio (Humato de potasio-HK), un ácido húmico más magnesio y potasio (Humato de magnesio y potasio-HMgK), el ácido húmico solo (AH) y como testigo absoluto (TA), solo agua (Cuadro 4).

**Cuadro 3. Características generales de los suelos, usados como sustrato**

Características	Valor	Jalisco	"El Bajío", UAAAN	
		Clasificación	Valor	Clasificación
Textura		Franca		Franca
pH	7.84	Mod. Alcalino	8.27	
Carbonatos (%)	3.61	Bajo	7.94	Mod. Bajo
C.E. (ds/m)	2.17	Mediano	0.68	Bajo
M. O. (%)	4.46	Muy alto	4.13	Muy alto
D. Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0.67		1	
K (ppm)	421	Mod. Alto	449	Mod. Alto
Mg (ppm)	365	Medio	203	medio
Ca (ppm)	4616	Alto	7211	Muy alto

**Cuadro 4. Descripción de los tratamientos aplicados en higuera (*Ricinus communis*)**

Tratamiento (N°)	Clave	Dosis (ml L <sup>-1</sup> )
1	TESTIGO	0
2	FMg	4
3	FK	4
4	FMG+K	4
5	AF	4
6	HMg	4
7	HK	4
8	HMg+K	4
9	AH	4

AF: Ácidos Fúlvicos, AH: Ácidos Húmicos, Mg: Magnesio, K: Potasio.

Las plantas se analizaron en dos etapas, la primera a los 70 y la segunda 100 dds, cuando tenían dos y tres aplicaciones de los tratamientos respectivamente.

Las variables medidas fueron: peso fresco (PFT1 y PFT2) y seco (PST1 y PST2) de tallo y la concentración de potasio, magnesio y calcio en ambas etapas (TK1, TMg1, TCa1 y TK2, TMg2, TCa2); peso fresco (PFH1 y PFH2) y seco (PSH1 y PSH2) y contenido de K, Mg y Ca en hoja en dos etapas (HK1, HMg1, HCa1 y HK2, HMg2, HCa2); además de peso fresco (PFR1 y PFR2) y seco (PSR1 y PSR2) y contenido de K, Mg y Ca en raíz de ambas etapas (RK1, RMg1, RCa1 y RK2, RMg2, RCa2); la concentración de elementos se midió con Espectrofotómetro de Absorción Atómica, Marca Varian, Modelo A-5; también se midió el pH de la rizosfera (En agua, relación 1:5).

### **Diseño experimental**

El experimento se estableció con un Diseño Completamente al Azar con nueve tratamientos y cinco repeticiones, para las variables antes mencionadas, a las que se les efectuó un análisis de varianza y comparación de medias por el método de tukey ( $p \leq 0.05$ ). Para ello, se empleó el paquete estadístico para computador Statistical Analysis System (S.A.S.), versión 9.0.

### **Modelo estadístico**

El modelo estadístico utilizado en este experimento se ajusta a la formula siguiente:

$$y_{ij} = \mu_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

$y_{ij}$  = Es la observación de la j-ésima unidad experimental de i-ésimo tratamiento

$\mu_i$  = Es la media del i-ésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$  = Es el error experimental de la unidad ij

Asumiendo que hay  $t$  tratamientos y  $r$  repeticiones

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

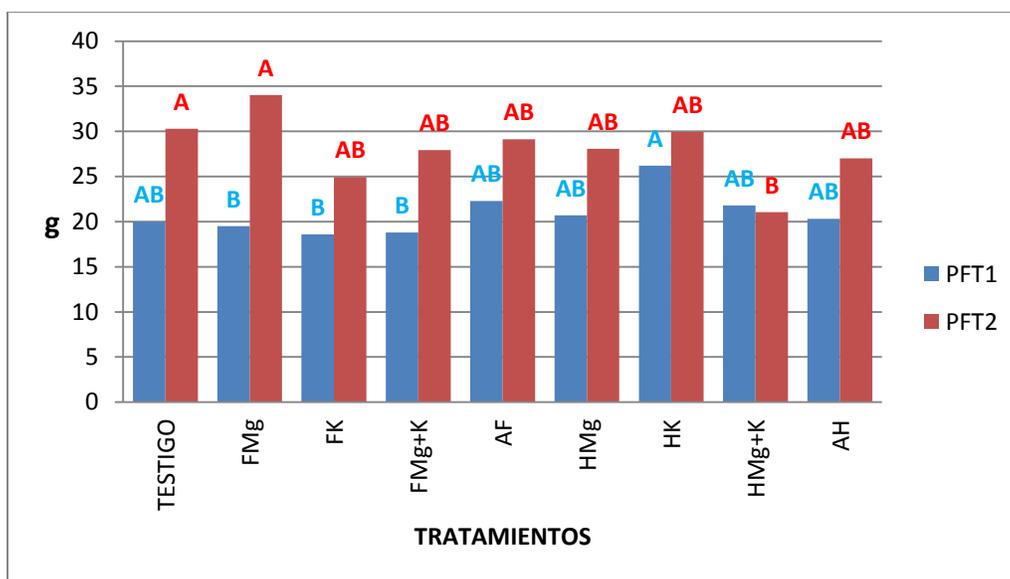
### Peso Fresco del Tallo (PFT)

En esta variable, en la primera etapa, el efecto de los tratamientos fue significativo y en la segunda, altamente significativo (Cuadro 5). En la primera, con la adición del humato de potasio (HK), se presentó el mayor valor y adelantó al testigo absoluto en 30 por ciento; mientras que, en la segunda, el fulvato de magnesio (FMg) aventajó a los demás tratamientos y al testigo en 13 por ciento. En ambas etapas, el valor más inferior de esta variable fue con la aplicación del humato de potasio y magnesio (HMgK) (Figura 5).

**Cuadro 5. Resumen del análisis de varianza en peso fresco del tallo en plántula de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio en dos etapas**

Variable	F	P
PFT1	2.81	0.0157*
PFT2	3.44	0.0049**

F=F calculada, P=Nivel de significancia ( $p < 0.05$ )



**Figura 4.** Comparación de medias del peso fresco del tallo en plántula de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y fulvatos de potasio y magnesio.

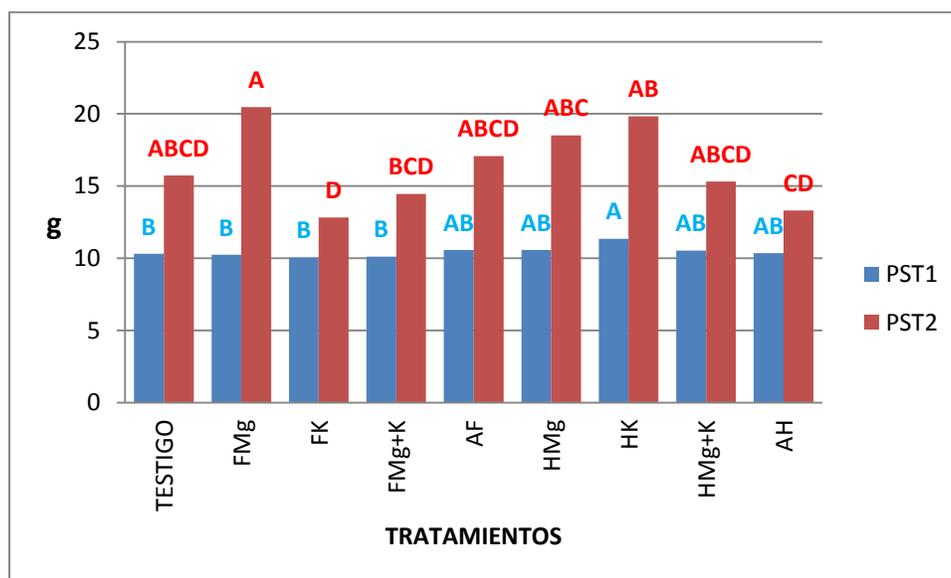
### Peso Seco del Tallo (PST)

Los tratamientos realizaron efecto altamente significativo en la primer etapa y en la segunda mostraron significancia (Cuadro 6); de tal manera que, en la primera con la adición del HK, se presentó el superior valor ya que se adelantó al testigo en 10 por ciento (Figura 6). En la misma Figura, se aprecia que con la aplicación del fulvato de magnesio (FMg), se aventajó al testigo en 30 por ciento, en la segunda etapa.

**Cuadro 6. Resumen del análisis de varianza en peso seco del tallo de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio en dos etapas**

Variable	F	P
PST1	3.19	0.0077**
PST2	2.51	0.0281*

F=F calculada, P=Nivel de significancia (p<0.05)



**Figura 5.** Comparación de medias en peso seco del tallo de plántula de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y fulvatos de potasio y magnesio.

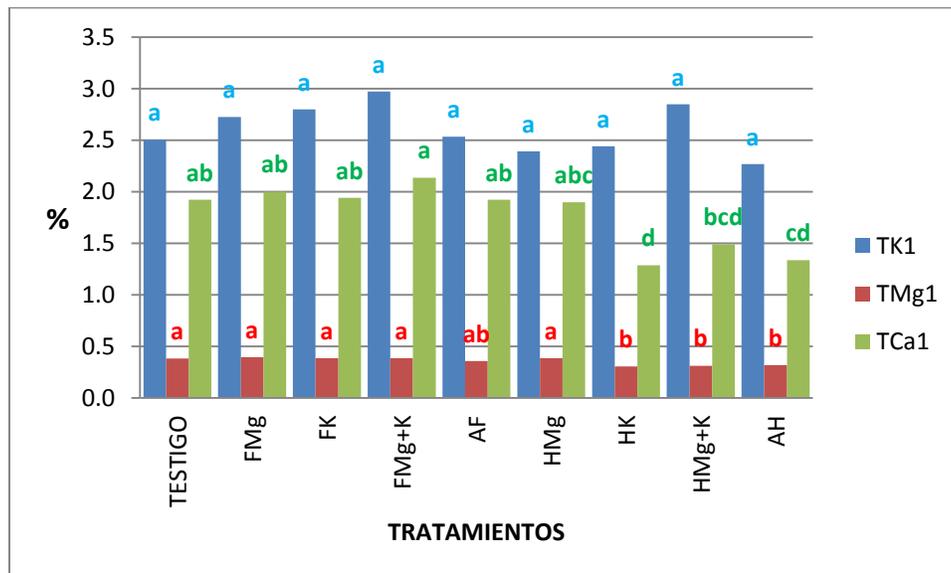
## Concentración de K, Mg y Ca en el Tallo, Primera Etapa

En el K, no hay efecto significativo de los tratamientos (Cuadro 7); pese a esto, de manera gráfica se puede observar que el FMg+K superó al testigo en 18 por ciento. En el mismo Cuadro, se aprecia que en la concentración de Mg de este órgano vegetal, el efecto de los tratamientos es altamente significativo con la adición del FMg, porque supera al testigo en tres por ciento y también, los tratamientos realizaron efecto altamente significativo en la cantidad de Ca, ya que al aplicar el FMg+K, este compuesto orgánico-mineral, realizó efecto altamente significativo al superar al testigo en 11 por ciento (Figura 7).

**Cuadro 7. Resumen del análisis de varianza en contenido de algunos nutrimentos, en la primer etapa, medidos al tallo de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio**

Variable	F	P
TK1	0.97	0.4775 <sup>NS</sup>
TMg1	8.47	0.0001 <sup>**</sup>
TCa1	6.21	0.0001 <sup>**</sup>

F=F calculada, P=Nivel de significancia ( $p < 0.05$ ), NS=No significativo



**Figura 6.** Comparación de medias en contenido de algunos nutrimentos, en la primer etapa, medidos al tallo de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio.

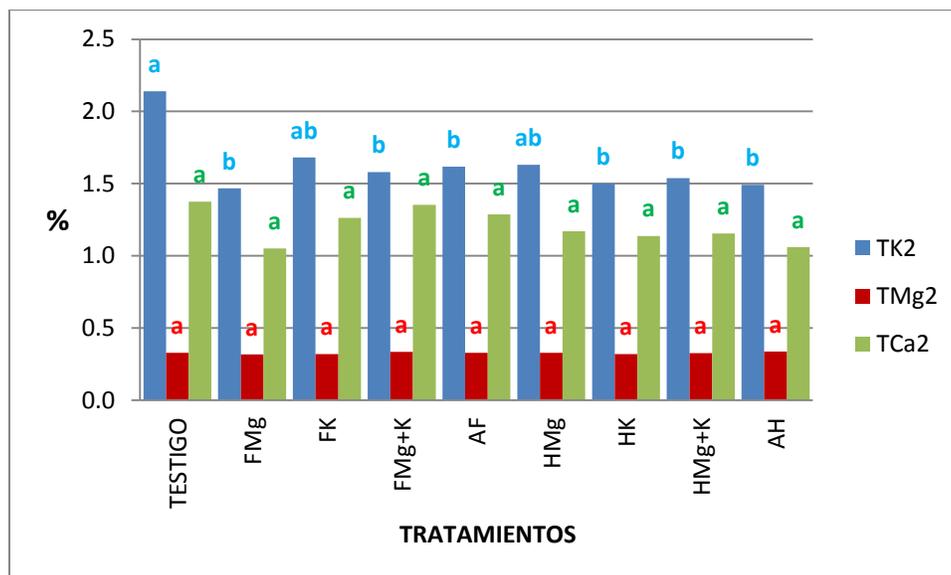
## Concentración de K, Mg y Ca en el Tallo, Segunda Etapa

En la segunda etapa y en el mismo órgano vegetal, los tratamientos solo realizaron efecto altamente significativo en el K, ya que con el testigo absoluto (Control), se superó al valor obtenido con la aplicación del FMg, que fue el valor más inferior de todos, con 147 por ciento (Cuadro 8); además, de forma gráfica se observa que en la concentración de Mg, los valores presentados fueron similares con la adición de todos los tratamientos y con la agregación del control, el contenido mayor de Ca se presentó (Figura 8).

**Cuadro 8. Resumen del análisis de varianza en contenido de algunos nutrientes, en la segunda etapa, medidos al tallo de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio**

Variable	F	P
TK2	3.38	0.0055**
TMg2	0.66	0.7243 <sup>NS</sup>
TCa2	1.17	0.341 <sup>NS</sup>

F=F calculada, P=Nivel de significancia ( $p < 0.05$ ), NS=No significativo



**Figura 7.** Comparación de medias en contenido de algunos nutrientes, en la segunda etapa, medidos al tallo de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio.

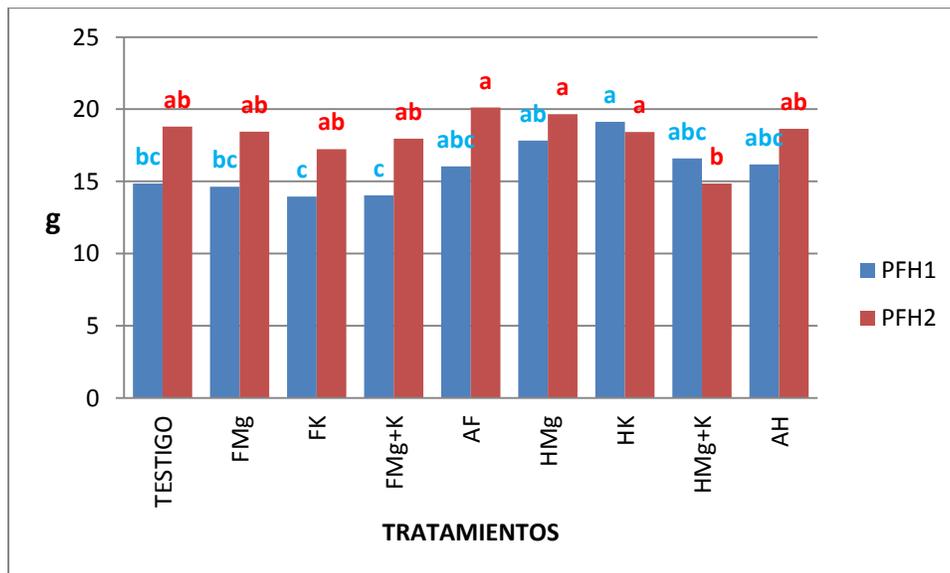
### Peso Fresco de la Hoja (PFH)

Los tratamientos, en esta variable, realizaron efecto altamente significativo en la primer etapa y significativo para la segunda (Cuadro 9), al aplicar el HK en la primer etapa y se superó al testigo en 28 por ciento; mientras que, en la segunda etapa con la adición de los AF se presentó la mayor cuantía, porque aventaja al testigo en siete por ciento (Figura 9).

**Cuadro 9. Resumen del análisis de varianza en peso fresco de hoja de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio en dos etapas**

Variable	F	P
PFH1	5.12	0.0003**
PFH2	2.51	0.0281*

F=F calculada, P=Nivel de significancia ( $p < 0.05$ )



**Figura 8.** Comparación de medias en peso fresco de hojas en plántula de *Ricinus communis*, en dos etapas, con la adición de humatos y fulvatos de potasio y magnesio.

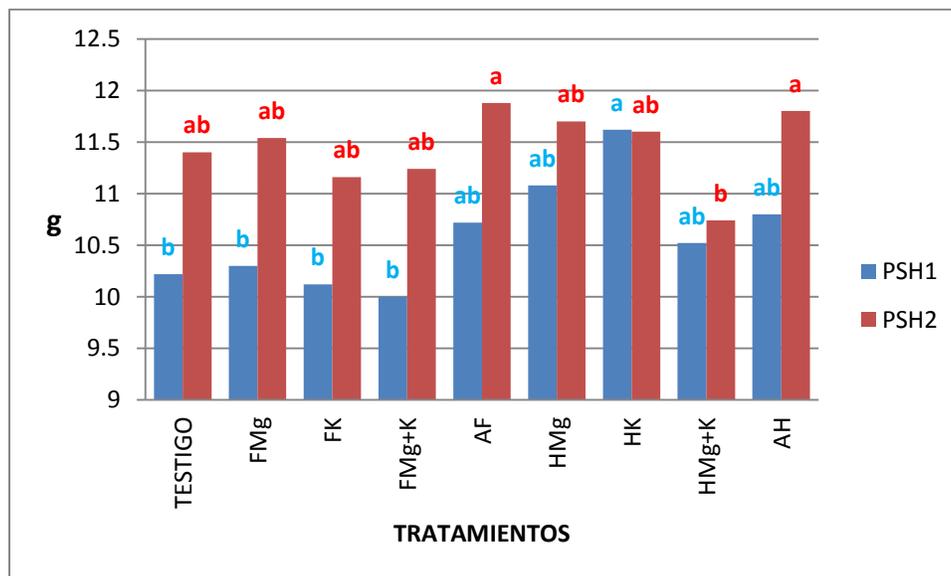
## Peso Seco de la Hoja (PSH)

Con base en el Cuadro 10, se puede establecer que los tratamientos realizaron efecto altamente significativo en esta variable, en la primera etapa y significativo para la segunda; de acuerdo a la Figura 10, en la primer etapa, al aplicar el HK se presentó el mayor efecto, porque supera al testigo en 13 por ciento; en la segunda etapa, al agregar el AF se presentó el mayor valor, ya que aventaja al testigo en cuatro por ciento.

**Cuadro 10. Resumen del análisis de varianza en peso seco de hoja de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio en dos etapas**

Variable	F	P
PSH1	4.08	0.0015**
PSH2	2.59	0.024*

F=F calculada, P=Nivel de significancia (p<0.05)



**Figura 9.** Comparación de medias en peso seco de hojas en plántula de *Ricinus communis*, en dos etapas, con la adición de humatos y fulvatos de potasio y magnesio.

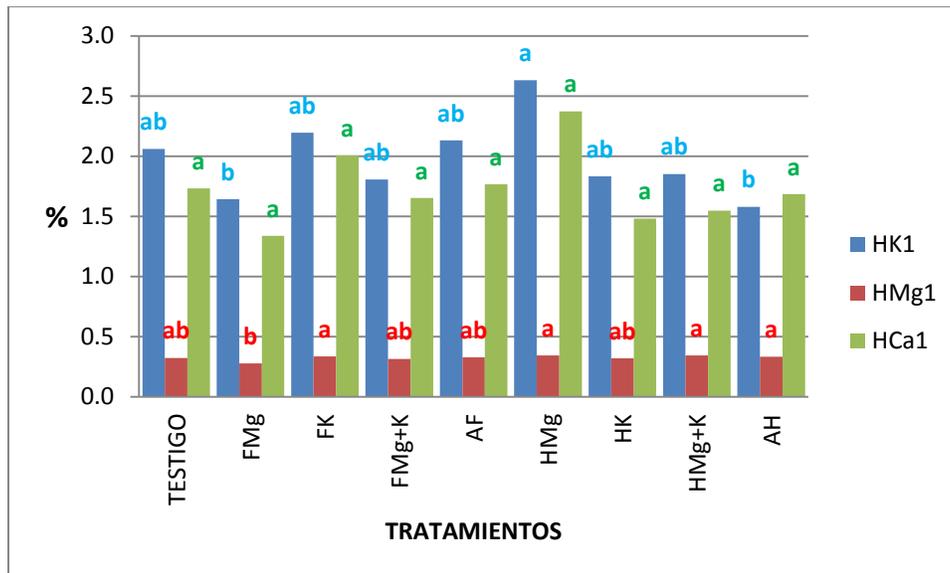
## Concentración de K, Mg y Ca en el Hoja, Primera Etapa

En el Cuadro 11, se muestra que los tratamientos realizaron efecto altamente significativo en la concentración de K y Mg en la hoja; al agregar el HMg, se expone mayor efecto en la cantidad de K, al superar al testigo en 27 por ciento; mientras que, al aplicar el HMg+K, se presenta mayor cantidad de Mg con seis por ciento con respecto al testigo, en este importante órgano vegetal. En el Ca, no hay efecto significativo de los tratamientos; sin embargo, como se puede apreciar en la Figura 11, con la aplicación del HMg se favorece la concentración de este elemento en 36 por ciento más que el testigo.

**Cuadro 11. Resumen del análisis de varianza en contenido de algunos nutrientes, en la primer etapa, medidos a hojas de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio**

Variable	F	P
HK1	3.35	0.0058**
HMg1	3.1	0.0091**
HCa1	1.73	0.1245 <sup>NS</sup>

F=F calculada, P=Nivel de significancia (p<0.05), NS=No significativo



**Figura 10.** Comparación de medias en contenido de algunos nutrientes, en la primer etapa, medidos a hojas de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de Potasio y/o Magnesio.

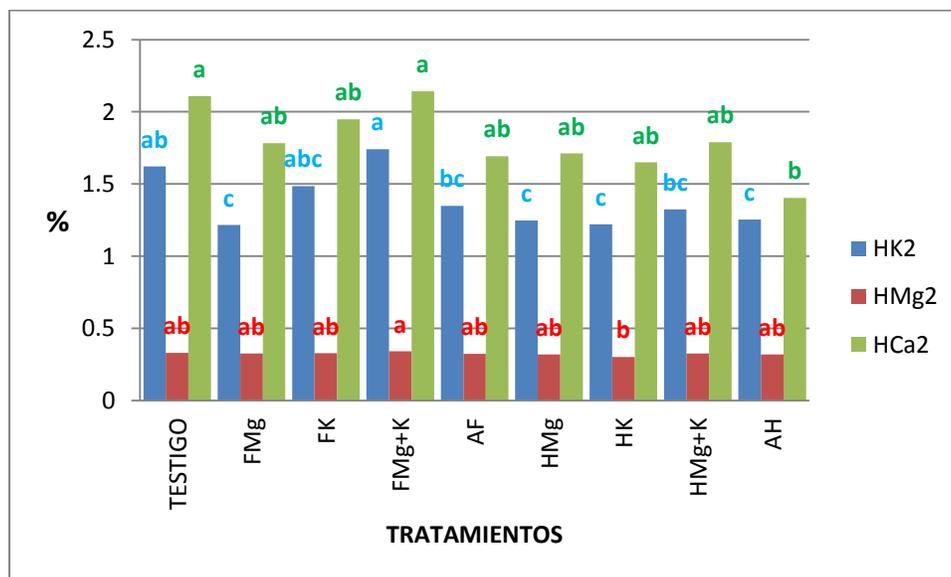
## Concentración de K, Mg y Ca en el Hoja, Segunda Etapa

Como se muestra en el Cuadro 12, los tratamientos realizaron efecto significativo en el contenido de K y Mg; y altamente significativo en el Ca. El efecto se presentó al adicionar el FMg+K y de forma gráfica (Figura 12), se presenta que los valores del Mg en esta variable no oscilaron; pero, con el mismo compuesto orgánico-mineral, se adelantó al control.

**Cuadro 12. Resumen del análisis de varianza en contenido de algunos nutrientes, en la segunda etapa, medidos a hojas de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio**

Variable	F	P
HK2	2.71	0.019*
HMg2	1.95	0.043*
HCa2	3.91	0.0021**

F=F calculada, P=Nivel de significancia (p<0.05)



**Figura 11.** Comparación de medias en contenido de algunos nutrientes, en la segunda etapa, medidos a hojas de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio.

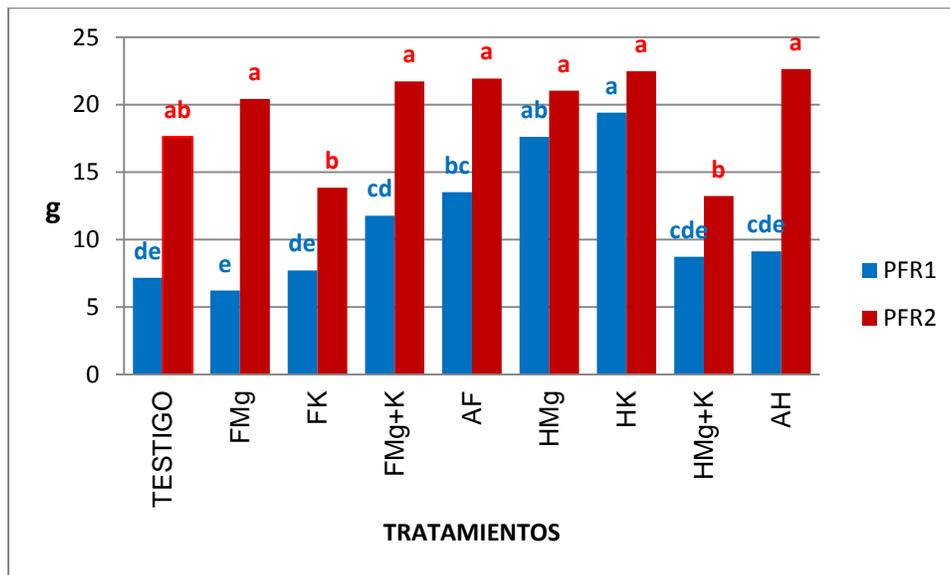
## Peso Fresco de la Raíz (PFR)

Como se aprecia en el Cuadro 13, en esta variable en ambas etapas, los tratamientos realizaron efecto altamente significativo con la aplicación del HK, al superar al testigo en 170 y 27 por ciento respectivamente (Figura 13).

**Cuadro 13. Resumen del análisis de varianza en peso fresco de raíz de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio en dos etapas**

Variable	F	P
PFR1	16.29	0.0001**
PFR2	10.14	0.0001**

F=F calculada, P=Nivel de significancia ( $p < 0.05$ )



**Figura 12.** Comparación de medias en peso fresco de raíz en plántula de *Ricinus communis*, en dos etapas, con la adición de humatos y fulvatos de potasio y magnesio.

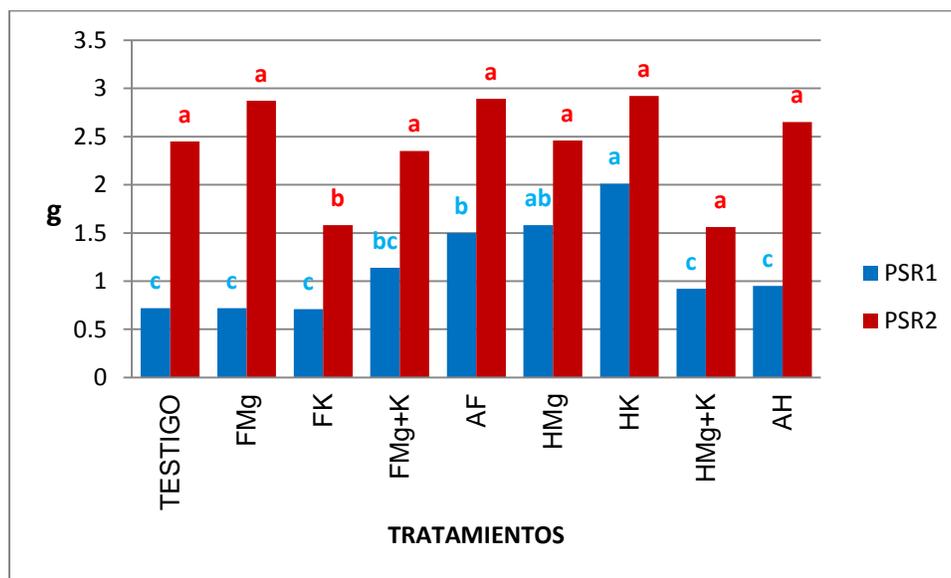
## Peso Seco de la Raíz (PSR)

De acuerdo al análisis de varianza, se tiene que los tratamientos realizaron efecto altamente significativo en las dos etapas (Cuadro 14), en esta variable al igual que en el PFR, con la aplicación del HK se presentó superior valor y tiene ventaja del 179 y 19 por ciento para la primera y segunda etapa, respectivamente (Figura 14).

**Cuadro 14. Resumen del análisis de varianza en peso seco de raíz de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio en dos etapas.**

Variable	F	P
PSR1	21.18	0.0001**
PSR2	11.01	0.0001**

F=F calculada, P=Nivel de significancia (p<0.05)



**Figura 13.** Comparación de medias en peso seco de raíz en plántula de *Ricinus communis*, en dos etapas, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio.

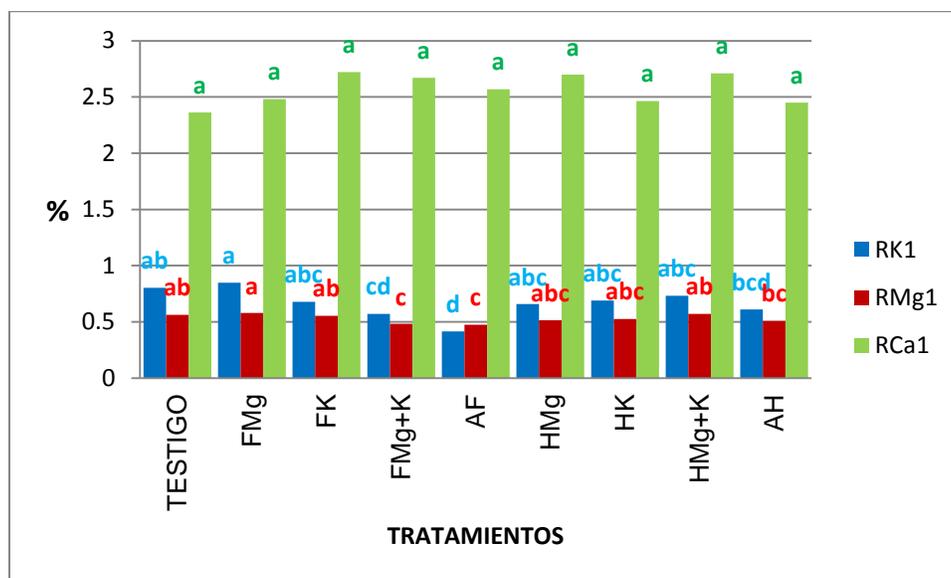
## Concentración de K, Mg y Ca) en la Raíz, Primera Etapa

Aquí, en la concentración de K, los tratamientos realizaron efecto altamente significativo y en la de Mg, solo significativa; mientras que en el Ca no lo efectuaron (Cuadro 15). Al agregar el FMg, se adelantó en cinco y tres por ciento al testigo, respectivamente y en el Ca, con la aplicación de FK, aventajó al testigo en 15 por ciento (Figura 15).

**Cuadro 15. Resumen del análisis de varianza en contenido de algunos nutrientes, en la primer etapa, medidos a la raíz de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio**

Variable	F	P
RK1	7.55	0.0001**
RMg1	2.89	0.0137*
RCa1	0.7	0.6871 <sup>NS</sup>

F=F calculada, P=Nivel de significancia ( $p < 0.05$ ), NS=No significativo



**Figura 14.** Comparacion de medias en contenido de algunos nutrientes, en la primer etapa, medidos a la raíz de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio.

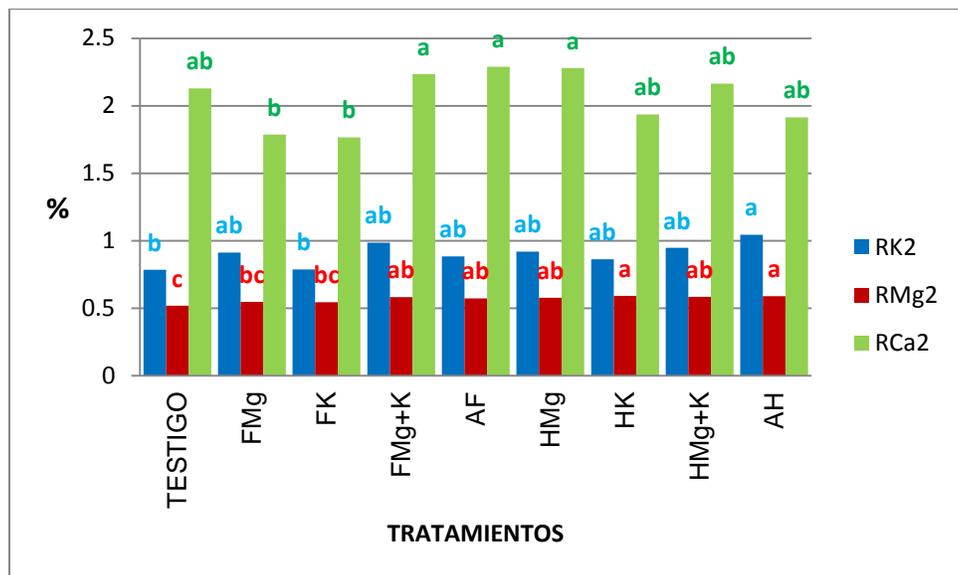
## Concentración de K, Mg y Ca en la Raíz, Segunda Etapa

De acuerdo al Análisis de Varianza, los tratamientos realizaron efecto significativo en la concentración de K, con la adición del AH porque presenta el valor mayor y supera al testigo en 33 por ciento; para Mg y Ca, el efecto es altamente significativo al aplicar el HK y los AH porque sobrepasaron en 14 y siete por ciento al testigo (Cuadro 16 y Figura 16).

**Cuadro 16. Contenido de algunos nutrimentos, en la segunda etapa, medidos a la raíz de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de Potasio y/o Magnesio.**

Variable	F	P
RK2	2.43	0.0323*
RMg2	7.88	0.0001**
RCa2	4.79	0.0005**

F=F calculada, P=Nivel de significancia ( $p < 0.05$ )



**Figura 15.** Comparación de medias en contenido de algunos nutrimentos, en la segunda etapa, medidos a la raíz de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio.

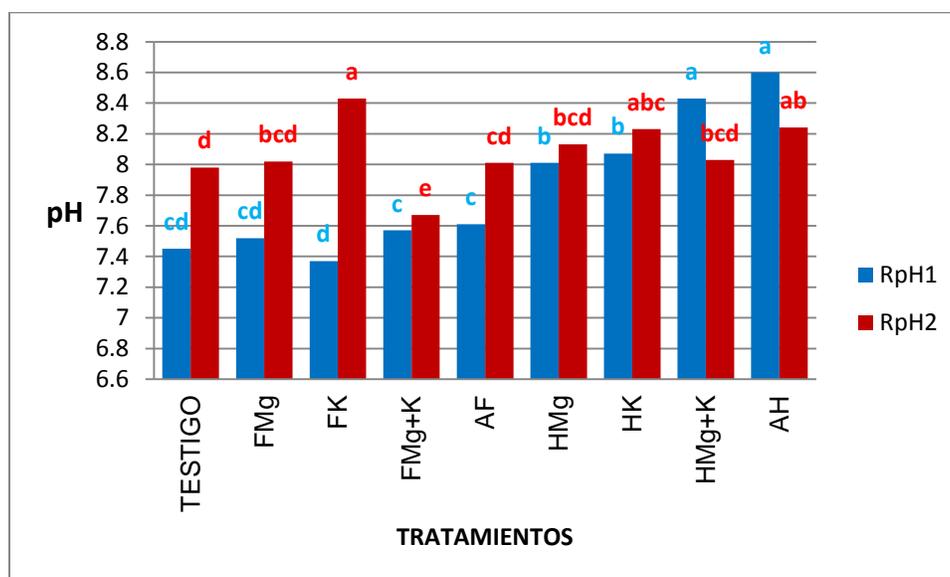
## pH de la Rizófora

En el pH de la rizosfera, en ambas etapas, los tratamientos realizaron efecto altamente significativo (Cuadro 17). A partir de la Figura 17, se puede establecer que al agregar el humato de potasio y magnesio (HMg+K), se presentó el valor mayor en la primera etapa y con el fulvato de potasio (FK), en la segunda etapa.

**Cuadro 17. Resumen del análisis de varianza en pH en la rizosfera de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio en dos etapas**

Variable	F	P
RpH1	124.28	0.0001**
RpH2	19.79	0.0001**

F=F calculada, P=Nivel de significancia (p<0.05)



**Figura 16.** Comparación de medias en pH de la rizosfera de *Ricinus communis*, con la adición de humatos y/o fulvatos de potasio y/o magnesio.

A forma de discusión, se puede establecer que con la adición del humato de potasio (HK) se aumentó la calidad de la plántula de “Higuerilla”, ya que con este tratamiento los valores del peso fresco y seco de la raíz, el tallo y el follaje aumentaron. Lo anterior, concuerda con lo establecido por Schnitzer (2000) al decir que el uso de SH en la producción de vegetales, es algo viable, ya que como característica fundamental, poseen grupos funcionales oxigenados (-COOH-, -OH-, -COO-) y nitrogenados (NH-, NH<sub>2</sub>); de los dos tipos de grupos funcionales, los primeros forman más del 80 por ciento de la molécula de las sustancias orgánicas mencionadas., que tienen la particularidad de complejar y/o quelatar a los nutrimentos (cationes) y la mezcla de estos compuestos con los nutrimentos, se ha establecido como una forma económica y ecológicamente factible para aportar de forma fácil, los nutrimentos a la raíz de la planta.

A pesar de que ha sido reconocido el efecto de las SH en el crecimiento de las plantas y en la acumulación de nutrimentos, el o los mecanismos mediante lo que sucede lo anterior, no están bien dilucidado; sin embargo, Albuizio *et al.* (1986) establecieron que la intervención de las SH en el mecanismo de absorción de nutrimentos, va en dos direcciones: primero, si los nutrientes son absorbidos por el mecanismo activo, las SH pueden inhibir la absorción, puesto que estas tienden a complejar los iones y por el contrario, la segunda, si iones semejantes son absorbidos por medio de mecanismos pasivos, las SH no intervienen en la absorción o tienen un efecto positivo.

Con relación a lo comentado, Basilio *et al.* (2007), aseveran que las SH también poseen estructuras similares a las hormonas denominadas auxinas, las que están involucradas en la elongación celular, la dominancia apical y en la elongación de pelos laterales absorbentes de la raíz, debido a alta respiración y esto redundando en alta división celular, sobre todo en suelos con bajos contenidos de materia orgánica.

De acuerdo con Marschner (1986), todas las plantas que se desarrollan en suelos con pH alcalino, necesitan generar exudados para acidificar la rizosfera; los exudados, son ácidos orgánicos de bajo peso molecular como el acético, cítrico y málico, entre otros. Al estar la rizosfera ácida, los nutrimentos se solubilizan y pueden ser absorbidos por la planta. Con relación a esto, Piccolo y Spiteller (2003) y Calvo *et al.* (2014), en algunos

estudios recientes, presentan que gracias a las características de los ácidos orgánicos (exudados), estos compuestos pueden desasociar a las SH en moléculas de más bajo peso molecular y esto, soporta la hipótesis de que gracias a la conformación molecular de las SH, estos compuestos orgánicos se pueden presentar disueltos en la rizosfera y también, por ello la interacción de los compuestos húmicos de la célula de la raíz con la planta; tal vez, controlada por los exudados. En el presente trabajo, el pH de la rizosfera con la adición de todos los tratamientos disminuyó con relación al pH del suelo y sobresale el menor pH de ella, al aplicar el humato de potasio (HK).

## **CONCLUSIÓN**

En las variables medidas a la planta, el humato de potasio (HK) realizó efecto positivo; mientras que, en los nutrimentos medidos en el tejido vegetal de tallo, lo efectuó el fulvato de potasio y magnesio (FKMg), de follaje y en el pH de rizosfera, el humato de potasio y magnesio (HKMg) y de raíz, el fulvato de magnesio (FMg).

## BIBLIOGRAFÍA

- Albuzio**, A., Ferrari, G., & Nardi, S. (1986). Effects of humic substances on nitrate uptake and assimilation in barley seedlings. *Can J. Soil Science*, 225:1583-1595.
- Armendáriz Velázquez**, J. (2014). Producción de higuierilla (*Ricinus communis* L.) como materia prima en la producción de biodiesel.
- Basilio**, Z., L. Pasqualoto, C., & Rocha Facanha, A. (2007). Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H<sup>+</sup> pumps activation. *Planta*, 225:1583-1595.
- Bieto**, J. A., & Talón, M. (2008). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. España: McGraw-Hill.
- Bonilla**, J. L., Gonzales, A., Tapia, H., Teniente, R., Zacarías, M., Cruz, J. (2011). *Guía Técnica para la producción de Higuierilla (Ricinus communis L.) en Chiapas*. Chiapas, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
- Buffle**, J., Greeter, F., & Haerdi, W. (1977). Measurement of complexation properties of humic and fulvic in natural waters with lead and copper ion selective electrodes.
- Calvo**, P., Nelson, L., & W. Kloepper. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, 383:3-41.
- Castellanos** J, Z., Uvalle Bueno, J., & Aguilar Satelices, A. (2000). *Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas*. Guanajuato, México: Segunda Edición. Intagri.
- Cronquist**, A. (1981). *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. The New York Botanical Garden. New York, USA: Colombia University Press.
- Devlin**, R. M. (1982). *Fisiología Vegetal*. Barcelona: Ediciones omega S. A.

- FAOSTAT.** (2014). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado el 15 de Enero de 2017, de Producción-castor oil seeds: <http://www.fao.org/faostat/en#data/QC>
- Diario. Oficial.de la Federacion** (1 de febrero de 2008). Recuperado el 16 de octubre de 2017, de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPDB.pdf>
- Ikisan.** (s.f.). Recuperado el 17 de octubre de 2017, de <http://www.ikisan.com/ap-castor-nutrient-management.html>
- J. Steveson, F.** (1982). Humus Chemistry: Genesis, Composition and Reaction. New York, USA: John Wiley and Sons.
- Larcher, W.** (2003). Physiological plant ecology; Ecophysiology and stress physiology of functional groups (Fourth edition ed.). Springer.
- Leal, D., & Jiménez, E.** (2009). Caracterización Morfométrica de cinco ecotipos de Higuilla (*Ricinus communis*). ESPOL. Campus Gustavo Galindo.
- López Guillén , G., Gómez Ruiz, J., Barrera Gaytán, J. F., Martínez Bolaños, M., Herrera Parra, E., & Hernández Arenas, M.** (2015). Plagas y enfermedades asociadas a higuilla (*Ricinus communis* L.) en el trópicomexicano (Vol. Folleto Técnico Número 36). Tapachula, Chiapas, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
- MacCarthy, P., Clapp, R., & Bloom, M.** (1990). Introduction to soil humic substances. Chicago.
- Marschner, H.** (1986). Mineral nutrition of higher plants. London: Second edition. Academic Press.
- Mengel, K., & Kirkby, E. A.** (2000). Principios de Nutrición Vegetal. . Traducción al español de la cuarta edición de Melgar RJ, Ruiz M. Basel, Switzerland: International Potash Institute.

- Mercado**, R. G., Mercado, R. G., & Elías Martínez Cruz, M. Á. (2014). Tecnología de Producción de Higuierilla en el Estado de Hidalgo. Hidalgo, México: INIFAP. Folleto Técnico No. 2.
- Paz**, H. E., Hernández, R. R., & Mosqueda, E. B. (2013). Guía para cultivar higuierilla en condiciones de temporal, en los valles centrales de Oaxaca. Etla, Oaxaca, México: Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. CIRPAS- INIFAP. Folleto para Productores No. 13.
- Pettit**, R. (2004). Organic Matter, Humus, Humate, Humic Acid, Fulvic Acid and Humic: their Importance in Soil Fertility and Plant Health. Recuperado el 17 de enero de 2017, de Professor Texas A&M University: <http://www.humates.com/pdf/ORGANICMATTERPettit.pdf>
- Piccolo**, A., & Spiteller, M. (2003). Electro spray ionization mass spectrometry of terrestrial humic substances and their size fractions. *Anal. Bioanal. Chem.*, 377:1047-1059.
- Ponce**, H. R., Vargas, L. M., Oviedo, R. T., Avila, A. G., Martínez, M. H., Bonilla, J. L., et al. (2011). Guía para cultivar higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Michoacán. Apatzingán, Michoacán, México: Folleto técnico Núm. 1. INIFAP-CIRPAC Campo Experimental Valle de Apatzingán.
- Pro-mix**. (12 de septiembre de 2017). Rol del potasio en el cultivo de plantas. Recuperado el 19 de octubre de 2017, de <http://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-potasio-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Samayoa**, M. (2007). Manual Técnico del Higuierillo. El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, CENTA. Programa Agroindustrial.
- Schnitzer**, M. (1978). Humic Substances: Chemistry and Reactions: in Soil Organic Matter. Elsevier, Amsterdam: Schnitzer and Khan. Soil Organic Matter.

**Schnitzer, M.** (2000). Life Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. Ontario, Canada: Advances in agronomy, Academic Press.

**Steelink, C.** (1985). Implications of elemental characteristics of humic substances. New York, USA.

**Stevenson, F. J.** (1994). Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. New York: J. Wiley and Sons.