

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**



**Efectividad de Ácidos Fúlvicos de Leonardita en la Calidad de Plántula de
Chile Habanero (*Capsicum Chinense*)**

POR:

Celso Darinel Velázquez Pérez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mayo 2012.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISION DE INGENIERIA

Efectividad de Ácidos Fúlvicos de Leonardita en la Calidad de Plántula de
Chile Habanero (*Capsicum Chinense*)

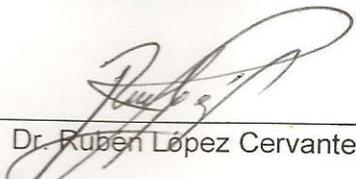
POR:

Celso Darinel Velázquez Pérez

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Aprobado por:


Dr. Rubén López Cervantes

Asesor principal


Dr. Edmundo Peña Cervantes

Sinodal


M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez

Coordinador de la División de Ingeniería
Coordinación de
Ingeniería

Buнавista, Saltillo, Coahuila, México, Mayo 2012.

Agradecimientos

A Dios

Por regalarme la vida, una familia hermosa, salud, acompañarme con sus bendiciones en mi camino y por permitirme concluir satisfactoriamente mi carrera profesional.

Gracias por cuidarme por darme fe en hacer bien las cosas por que se que has estado, estas y siempre estarás conmigo y en mi corazón.

A mi Alma Mater

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que me abrió las puertas para poder terminar un sueño que inicio en agosto del 2007 y que hoy he alcanzado, por brindarme sus instalaciones y brindarme a una nueva familia, "Buitres por siempre".

A mis Asesores

Dr. Rubén López Cervantes

Dr. Edmundo Peña Cervantes

Mc. Juan Manuel Cepeda Dovala

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

A mis compañeros de la carrera agrícola y ambiental

Gracias por su valioso apoyo en la colaboración para que este proyecto fuera realizado exitosamente .En especial a mis amigos Fermín, Romairo, Juan, Hugo, Arbeis, Daniel, Pablo, Eliel, Miguel y Nancy.

A mis primos y amigos

Adolfo, Cristian, Mario, Ulsiber, Javier, Celín, Pedro, Yobani, Luis. Con cariño y respeto por su comprensión, apoyo y animo brindado durante esta etapa de mis estudios.

Dedicatorias

A mis padres:

A Nazario Velázquez Carrillo y Guillermina Pérez Matul por ser las dos personas más importantes especiales que Dios eligió para que fuera mis padres, que me han inculcado buenos principios valores y que me regalaron la vida, gracias a ustedes he podido lograr esta meta y sin ustedes esto no hubiese sido posible, porque trabajaron cada día para que no me faltara nada en la universidad, porque creyeron en mí y estaban seguros de que este día llegaría, estoy muy orgulloso de ser su hijo y el tener a dos padres maravillosos "Los Amo".

A mis hermanos:

Iván Velázquez y Guadalupe Velázquez: Les dedico esta meta alcanzada, por ser las dos personas especiales, comprensivos quienes me han apoyado incondicionalmente en la culminación de mis estudios, les doy gracias hermanos, por su apoyo, amor y cariño que siempre me han brindado.

A toda mi familia:

Este trabajo se lo dedico a toda mi familia, que de una u otra forma me apoyó, a mis tíos, Víctor Hugo, Huber, abuelos, abuelas, sobrinos, primos todos etc. no los defraudaré, los quiero. A todas aquellas personas queridas que me ayudaron me motivaron en el camino, yo les dedico este trabajo que culmina y corona con broche de oro una meta más: mi carrera profesional.

INDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos.....	i
Dedicatorias.....	ii
Índice de contenidos.....	iii
Índice de cuadros.....	iv
Índice de figuras.....	v
Resumen.....	vi
INTRODUCCION.....	1
Objetivo.....	4
Hipótesis.....	4
REVISION DE LITERATURA.....	5
Generalidades del Chile Habanero.....	5
Características Botánicas y Taxonómicas.....	6
Clasificación botánica o Taxonómica.....	8
Requerimientos Climáticos.....	8
Requerimientos Edáficos.....	9
Fertilización.....	11
Densidad de Siembra y Población.....	12
Practicas al Cultivo.....	13
Plagas y enfermedades.....	14
Cosecha.....	17
Sustancias Húmicas.....	18
Capacidad de Intercambio Catiónico de la Raíz.....	25

MATERIALES Y METODOS.....	28
Localización del área experimental.....	28
Metodología.....	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
Método de Desviación Óptima Porcentual.....	38
CONCLUSIÓN.....	43
LITERATURA CITADA.....	44

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Dosis recomendadas a través del fertirriego por Mojarro (1986)...	11
Cuadro 2. Cantidades de nutrimentos requeridas para producir una tonelada de <i>Capsicum</i> según Burgueño (1995).....	12
Cuadro 3. Valor nutritivo del chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> L.) (Zubiran, 1992).....	13
Cuadro 4. Dosis y productos químicos para el control de las plagas.....	15
Cuadro 5. Tratamientos y Dosis.....	30
Cuadro 6. Análisis de varianza para la longitud de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.....	33
Cuadro 7. Análisis de varianza para la longitud de raíz de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.....	34
Cuadro 8. Análisis de varianza para el peso fresco de raíz de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.....	34
Cuadro 9. Análisis de varianza para el peso seco de raíz de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.....	34
Cuadro 10. Análisis de varianza para el peso fresco de vástago de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.....	35
Cuadro 11. Análisis de varianza para el peso seco de vástago de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.....	35
Cuadro 12. Análisis de varianza para el contenido de hierro de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.....	36
Cuadro 13. Análisis de varianza para el contenido de cobre de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.....	36
Cuadro 14. Análisis de varianza para el contenido de zinc de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.....	37
Cuadro 15. Resultados del análisis nutrimental de tejido vegetal de follaje de plántula de chile habanero con la adición de ácidos fúlvicos, para Fe, Cu y Zn, mediante el Método DOP y el menor nivel de referencia.....	38

Cuadro 16. Resultados del análisis nutrimental de tejido vegetal de follaje de plántula de chile habanero con la adición de ácidos fúlvicos, para Fe, Cu y Zn, mediante el Método DOP y el mayor nivel de referencia.....38

Cuadro 17. Resultados del análisis nutrimental de tejido vegetal de follaje de plántula de chile habanero con la adición de ácidos fúlvicos, para Fe, Cu y Zn, mediante el Método DOP y el nivel de referencia medio.....38

Cuadro 18. Análisis de varianza para el área de raíz de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.....39

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Localización del experimento.....28

Figura 2. Longitud de vástago y de raíz de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.....34

Figura 3. Peso fresco y seco de raíz de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.....35

Figura 4. Peso fresco y seco de vástago de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.....36

Figura 5. Contenido de hierro (Fe), cobre (Cu) y zinc (Zn) de tejido vegetal de follaje de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.....37

Figura 6. Área radicular de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.....39

Figura 7. Imagen original y binaria de raíz de plántula de chile habanero, con la adición de 2 ml.litro⁻¹ de ácidos fúlvicos de Leonardita.....39

Figura 8. Imagen original y binaria de raíz de plántula de chile habanero, con la adición de los fertilizantes químicos.....40

Figura 9. Imagen original y binaria de raíz de plántula de chile habanero, solo con agua.....40

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la efectividad de ácidos fúlvicos de Leonardita en la calidad de plántula de chile habanero, fue producida plántula de la variedad “Jaguar” en charolas de poliestireno y trasladadas a macetas de plástico, con 250 g de la mezcla del sustrato de peat moss con “perlita”, cuando contenían un par de hojas verdaderas. Cuando la plántula contenía las hojas cotiledonales y al inicio del primer par de hojas verdaderas, se les adicionaron 2, 4 y 6 ml.litro⁻¹ de agua de un ácido fúlvico de Leonardita, denominado experimental (AFE) y una solución nutritiva (FQ) y solo agua como testigo absoluto (TA). Se midieron la longitud de vástago (LV) y raíz (LR); el peso fresco y seco de vástago (PFV y PSV); el peso fresco y seco de raíz (PFR y PSR); la cantidad de hierro (Fe), cobre (Cu) y zinc (Zn), del tejido vegetal de follaje, así como se efectuó un análisis nutrimental mediante el Método de la Desviación Óptima Porcentual (DOP); el área de raíz (AR) y la capacidad de intercambio catiónico de raíz (CICR). Se encontró que no hay efecto significativo de los tratamientos en la LV, LR, el PFR, PSR, PFV, PSV, Fe y AR; pero, en el contenido de Zn, Cu y CICR, sí; de acuerdo con el DOP, Con las dosis baja y alta de los compuestos húmicos y la fertilización química FQ, el Cu supero a los otros dos nutrimentos. En la dosis media fue el Fe mientras que el Zn fue superior al adicionar agua.

La conclusión es que los ácidos fúlvicos de Leonardita, ejercieron efecto positivo en la CICR y los contenidos de Zn y Cu; mientras que en las variables de calidad de la plántula (PFR, PSR, PFV y PSV), no lo realizaron.

Palabras clave: *chile habanero, ácidos fúlvicos.*

INTRODUCCIÓN

En los últimos años las hortalizas han jugado un papel preponderante en la economía mexicana, desde el punto de vista de la superficie sembrada y en el aspecto social, debido a la gran demanda de mano de obra y a la captación de divisas que genera su cultivo, siendo México el principal país proveedor para Estados Unidos y Canadá en los ciclos de invierno – primavera.

El chile (*Capsicum annum* L.) es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia en México y el de mayor consumo popular, especialmente en estado fresco, aunque también se consume procesado de forma de salsas, polvos y en curtidos.

El chile habanero pertenece al género *Capsicum* y la especie *chínense* a la cual pertenece este tipo de chile se distribuye en México en los estados de Yucatán, Tabasco, Quintana Roo, Chiapas, Veracruz, Campeche y Oaxaca.

El formato de producción de plántulas más conocido en la actualidad, es en charolas de poliestireno de germinación, lugar donde se aplican fertilizaciones para la producción de plántulas, teniendo en cuenta los parámetros físicos y químicos de los componentes de producción, como son el sustrato, agua, lugar de producción, etc., así como las necesidades del cultivo.

En México, mayoritariamente en el Centro y el Norte, existen varias empresas dedicadas a la producción y venta de plántulas, que en los últimos años ha crecido enormemente; este tipo de empresas se dedican principalmente a la producción de plántula en invernadero, las que poseen características que las preparan para su posterior trasplante. Por lo que se deben tener en cuenta todas las características deseables de una buena planta, para que se pueda

adaptar al lugar definitivo de plantación y las que son: plántulas sanas y libres de patógenos, altura de la planta, número de hojas, longitud de raíces y adaptabilidad de la especie.

Todas estas características de la plántula, son importantes para tener éxito en la producción; además, también se deberán considerar las características del suelo donde se establecerá definitivamente el plantío como son: el pH, la conductividad eléctrica, la capacidad de intercambio catiónico del suelo, la materia orgánica, la textura y la estabilidad de agregados, como fundamentales para que la planta absorba los nutrimentos; sin embargo, no se considera la capacidad de intercambio catiónico de la raíz (CICR) de la planta.

El papel de la CICR, es uno de los factores inherentes de la planta que afecta su medioambiente y sus interrelaciones. Los patrones de correlación entre la CICR y los elementos nutrimentales en la raíz y el vástago, son distintos. Trabajos de investigación de este tipo, pueden revelar relaciones exactas entre las características de la raíz y la acumulación de minerales en las plantas, las cuales pudieran tener aplicaciones en cultivos agrícolas (Ray y George, 2010).

En los últimos 20 años, en México, con el auge de la agricultura sostenible y/o sustentable, el uso de sustancias húmicas (SH) va en aumento; por ello, Schnitzer (2000), las define como una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química muy compleja, distinta y más estable que su forma original y provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, gracias a la actividad enzimática de los microorganismos y por metamorfismo de residuos orgánicos, después de millones de años, sepultados por arcillas en deltas de ríos (minerales fósiles).

Las SH se dividen en ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), por su solubilidad y/o precipitación en soluciones ácidas y/o alcalinas y pueden complejar y/o quelatar cationes, debido a su alto contenido de grupos funcionales libres oxigenados (-OH, -COO, -COOH). En los primeros compuestos dominan los grupos funcionales oxhidrilos fenólicos y para los segundos los grupos carboxilos, porque más del 80 por ciento de la estructura molecular de dichos ácidos, está formada por los grupos funcionales mencionados; además, presentan alta capacidad de intercambiar cationes (Stevenson, 1984) y en el suelo, ayudan a colocar disponibles a los nutrimentos para la planta.

Es conocido que los fertilizantes químicos, ayudan en la nutrición vegetal desde la germinación de la semilla y durante todo el ciclo del cultivo; sin embargo, la mayoría de estos productos son derivados de recursos naturales no renovables y actualmente su costo es elevado. Por lo comentado, una alternativa real que podría ayudar a los agricultores a reducir el uso de estos compuestos, así como a mantener y conservar la fertilidad del recurso suelo, es la búsqueda de técnicas económica y ecológicamente factibles, como el uso de compuestos orgánicos de forma constante y organizada en la producción vegetal.

OBJETIVO

Determinar la efectividad de ácidos fúlvicos de Leonardita en la calidad de plántula de chile habanero.

HIPÓTESIS

La adición de ácidos fúlvicos de Leonardita, aumenta la calidad de plántula de chile habanero.

REVISION DE LITERATURA

Generalidades del Chile Habanero

El chile se distingue por ser picante al paladar, debido a que contiene un grupo de compuestos químicos denominados capsaicinoides, tiene mucha vitamina C, que es preventiva de enfermedades respiratorias y cuya ausencia provoca escorbuto, también es rico en vitamina A, con efectos benéficos para la piel y los ojos. Presentan diversidad de formas, tamaños, colores y niveles de picor. Las principales características de calidad del chile habanero son el picor, color, la firmeza, el aroma característico y su contenido de vitamina C. Para su consumo en fresco se utilizan frutos de color verde o anaranjado, según las características propias de los mercados.

Las características de calidad y la vida útil poscosecha de los productos hortofrutícolas dependen del grado de desarrollo o madurez que tengan al momento de la cosecha (Kader, 1992; Flores, 1998). La vida máxima de almacenamiento de las frutas y hortalizas depende del historial de su producción, grado de madurez al momento de la cosecha, de las condiciones del medio ambiente (Báez *et al.* 1993) y de sus propias características biológicas.

Debido a su importancia, se realizan investigaciones en diversos aspectos del cultivo, para incrementar los rendimientos y calidad de la cosecha. En México, desde la década de los 70 en el Colegio de Posgraduados, se iniciaron las investigaciones del efecto del ácido acetilsalicílico (aspirina) y ácido salicílico disuelto en dimetilsulfóxido (DMSO), como un regulador del crecimiento vegetal para aplicarlo en el mejoramiento de la producción de los cultivos; logrando demostrar que aspersiones foliares de estas sustancias a bajas

concentraciones (desde 10^{-6} a 10^{-12} M) permiten, entre otros, incrementar el enraizamiento, la propagación, la inducción a floración, el control del tamaño de la planta, la iniciación o inhibición del letargo de las semillas, brotes y tubérculos (Ortiz y Larqué, 1999), amarre de fructificaciones y en general, incrementar la productividad en plantas cultivadas (Martín y Larqué, 2003).

Características Botánicas y Taxonómicas

Laborde y Pozo (1984) señalan que estas plantas tienen hábito de crecimiento indeterminado, comportándose como planta perenne. El tallo principal este bien diferenciado, con variación en cuanto al tipo de ramificación la cual, generalmente es erecta y produce de 3 a 5 ramas primarias por 9 a 13 ramas secundarias; la planta presenta una altura no menor de 130 cm. Por lo general los tallos y las hojas carecen de pubescencia, aunque ocasionalmente se observan plantas con pelos cortos, generalmente tienen hojas grandes, de 15 cm de largo por 10 cm de ancho, de color verde brillante. Pueden llegar a presentarse hasta 6 frutos por axila, los cuales tienen forma que varían de redonda a oblonga y por lo general, son onduladas con un ensanchamiento en la parte apical y tienen de 3 a 4 lóculos. El tamaño de los frutos varía de 2 a 6 cm de largo por 2 a 4 cm de ancho; es de color verde cuando esta tierno y al madurar pueden ser amarillos, blancos, rojos predominando el color anaranjado, el cual es preferido por el consumidor.

Según Long (1986) los frutos son extremadamente pungentes (picosos) este factor está determinado por la cantidad de capsicina ($C_{18}H_{27}NO_3$) en el fruto, donde se encuentra principalmente en la placenta del chile. También son aromáticos y una característica importante es que la pungencia no es persistente y desaparece poco tiempo después que el fruto es consumido. Long señala que la cantidad de esta planta la determina la apariencia del fruto; el tamaño y el peso unitario del mismo son factores importantes, así como la firmeza y el color.

Ramírez (1981). Menciona que las hojas de este cultivo son simples alternas elípticas y ovadas con peciolo largo pubescente peninervadas.

Su tallo es recto, epigeo, ramificado de forma dicotómica subleñoso, cilíndrico, pubescente de 30 a 120 cm de altura o más. Sus hojas son simples alternas elípticas y ovadas con peciolo largo pubescente peninervadas.

El fruto es una baya de forma cónica oblonga semiredonda. Su ciclo vegetativo es de 120 a 150 días y su forma de reproducción es sexual (por semillas).

Clasificación Botánica o Taxonomía

Según Ramírez (1989) la clasificación sistemática y taxonómica de capsicum es la siguiente:

División	Angiosperma
Clase	Dycotiledoneae
Subclase	Metachlamydae
Orden	Tubiflorae
Familia	Solanaceae
Genero	<i>Capsicum</i>
Especie	<i>Chinense</i>
Nombre común	Chile habanero

Requerimientos Climáticos

El rango térmico para el desarrollo del chile habanero es de 17 a 29°C, con un óptimo alrededor de los 18°C considerando a su vez que las temperaturas óptimas oscilan entre 24 y 28°C, y que las temperaturas menores de 15°C y mayores de 35°C limitan el desarrollo de este cultivo (Food American Organization - FAO, 1994).

La incidencia de luz por la duración del día, es muy importante en la diferenciación o desarrollo del primordio floral, puesto que la duración del día controla la incidencia del primordio, dado que las plantas tienden a preferir un fotoperiodo intermedio Rylski *et al.* (1985).

Dado que es una planta neutra al fotoperiodo ya que se produce satisfactoriamente tanto en los días largos como en días cortos, pero teniendo muy en cuenta, la calidad de luz.

Mojarro (1986) menciona que el desarrollo óptimo empieza en un rango de temperatura que se ubica entre los 18 y 26 °C. El desarrollo mas rápido se lleva a cabo cuando el suelo es húmedo y una temperatura del aire entre los 21 y 26 °C. Una variación excesiva de las temperaturas, puede afectar la tasa de crecimiento y provocan anomalías en la floración o en cuajado del fruto.

En caso de calor excesivo cuando la temperatura sube por arriba de los 38 °C, se puede presentar el desprendimiento de las flores y una falta de maduración de los frutos ya fijados a la planta. Cuando las temperaturas nocturnas son más estables, la absorción de nutrimentos es mas uniforme.

Requerimientos Edáficos

Ramírez (1989) dice que el *capsicum chinense* tiene éxito en cualquier tipo de suelo, aunque prefiere aquellos con buen drenaje, fértiles y profundos. En suelos arenosos y ligeros aceleran la reproducción, siempre que se disponga de materia orgánica. El chile tiene elevado requerimiento de humedad en el suelo, el contenido óptimo de humedad en el suelo se ubica alrededor del 80% de la capacidad de campo, en estas condiciones de humedad hay una actividad radical intensa.

La humedad insuficiente, puede reducir el desarrollo vegetativo, ocasionar la lignificación del tallo, alterar la maduración de los frutos y provocan el desprendimiento de las hojas.

En suelos pesados no se recomienda sembrar por la mala aireación; las plantas presentan un crecimiento deficiente y se marchitan con facilidad por el ataque de *Verticillium*, especialmente bajo pH de 5.5 a 6.8.

Mojarro (1986) menciona que la planta crece bien en todo tipo de suelo; por lo general en verano prefiere los suelos medio pesados, mientras que en inviernos le sientan mejor los suelos ligeros. El tallo leñoso que tiene la planta es sensible al exceso de agua que puede formarse en los suelos limosos con una estructura pobre o en suelos con drenaje deficiente.

Es importante evitar la plantación del chile en los suelos recién cultivados con tomate y papa, sobre todo si estos fueron fuertemente atacados por enfermedades fungosas como por ejemplo: *Phytophthora* y *fusarium*. También hay que evitar su cultivo en aquellos suelos llenos de malezas perennes o malezas que no puedan ser controladas con herbicidas selectivos.

Fertilización

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – (INIFAP, 1993), recomienda 150 kg/ha de urea mas 350 kg/ha de superfosfato de calcio triple antes del trasplante u 8 días despues de esta actividad, en banda a un lado de la hilera y a una distancia de 10 cm de esta. A los 20 o 30 días despues de la primera aplicación aplicar 100 kg de urea y 50 kg de cloruro de potasio, en cepa o en banda.

Mojarro (1986) señala que para producir una tonelada de chile, se requieren las siguientes cantidades de nutrimentos de 3.2 a 4 kg de N, de 0.4 a 0.6 kg de P, 5.5 kg de K, 65.5 g de Mn, 47.7 g de Cu, 109.2 g de Fe, 44 g de Zn, 21.8 g de B y 0.44 g de Mo.

La absorción diaria por hectárea cuando el crecimiento esta en el pico alcanza los 3 kg de N, 4.5 kg de K, y 0.42 de P. Los rangos de fertilización para los principales nutrimentos son nitrógeno de 160 a 300 kg/ha fosforo de 40 a 60 kg y de potasio de 250 a 300 kg/ha.

Cuadro 1. Dosis recomendadas a través del fertirriego por Mojarro (1986)

Días después del trasplante	Estado de crecimiento	N	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O
0 a 10	Preplante	160	40	172
0 a 30	Trasplante y hasta botoneo	1.5	1.0	1.7
31 a 50	Inicio de floración a cuajo del primer fruto	1.5	3.0	1.7
51 a 77	Fin de cuajado a crecimiento del fruto	1.6	2.5	2.6
78 a 102	Crecimiento de fruto a cosecha	1.9	1.6	2.2
TOTAL		300	220	350

Cuadro 2. Cantidades de nutrimentos requeridas para producir una tonelada de *Capsicum* según Burgueño (1995).

N- Total (%)	N- NO ₃ (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	Na (mg.g ⁻¹)	Fe (mg.g ⁻¹)	Cu (mg.g ⁻¹)	Zn (mg.g ⁻¹)	Mn (mg.g ⁻¹)
4.5	0.5	1.15	7.1	1.14	0.09	0.04	0.04	0.005	0.02

Densidad de Siembra y Población

Valadez (1998) dice que en cuanto a siembra, a nivel comercial se utilizan principalmente almácigos, ya sea a campo abierto o en invernaderos. La siembra directa no es usual, recomendándose una dosis de siembra de 2 a 3 kg de semilla sembrada en una superficie de 50 m² se obtiene plántulas suficiente para una hectárea comercial.

Dichas plántulas se trasplantan a una edad de 40-50 días (cuando están a campo abierto), o cuando tengan 4 o 5 hojas verdaderas. La densidad de población en promedio se encuentra entre 20, 000 y 25, 000 plantas/ha, con las siguientes dimensiones entre surcos pueden ser 80, 92, 100 y 120 cm, lo cual depende del tipo de chile, maquinaria, región, etc., la distancia entre plantas varia entre 20 y 50 cm.

Cuadro 3. Valor nutritivo del chile habanero (*Capsicum chinense L.*) (Zubiran, 1992).

Minerales (mg)		Vitaminas (mg)		Ácidos Grasos	
Calcio	18.0	Retinol	12.0	Porción comestible	0.84%
Hierro	2.4	Acido ascórbico	94.00	Humedad	91.0%
Magnesio	25.0	Tiamina	0.11	Fibra	1.60%
Sodio	7.0	Riboflavina	0.16	Energía	31Kcal
Potasio	340.0	Niacina	0.70	Hidratos de carbono	5.30g
Zinc	0.3	Pinaoxina	0.20	Proteínas totales	2.20g
		Acido Fólico	23.00	Grasas totales	0.80g
		Cobalamina	0.00	Colesterol	0.0mg
				Saturados totales	0.08g
				Monoinsaturados oléicos	0.04g

Prácticas al Cultivo

*Escarda. Se practica antes de efectuar la segunda aplicación de nitrógeno.

*Aporque. Se realiza inmediatamente después de haber incorporado el nitrógeno al suelo, tres semanas después de haber efectuado el trasplante.

Es recomendable que esta práctica se haga profundamente, para que los surcos queden altos, y así disminuir el daño por Phytophthora.

*Riego. A este respecto se reporta que una hectárea de chile necesita aproximadamente 3, 000 m³ de agua con un promedio de 8 a 12 riegos, recomendándose que sean ligeros pero frecuentes.

Plagas y Enfermedades

Medina *et al.* (1984), menciona que las principales plagas que atacan esta hortaliza son los trozadores, chupadores, masticadores y los barrenadores.

Los trozadores cortan el tallo de las plantas recién plantadas; este daño puede afectar hasta un 30% del cultivo y para evitarlo deberá fumigarse con Lannate 90 por ciento, PH (polvo humectable) en dosis de 400g.ha⁻¹.

El pulgón es la plaga de chupadores mas importantes que pueda invadir todo el cultivo, especialmente en épocas de sequia. Al chupar el jugo de las hojas, este insecto ocasiona raquitismo y transmite enfermedades virosas, por lo que es importante realizar muestreos para detectar su presencia e iniciar su control con cualquiera de los siguientes productos: Tamaron 50% un litro/ha; Tritón 25% PH (polvo humectante), un kg/ha y además otros productos como: Pirimor 25% medio kg/ha y Afidrin 40% 1.25 litros/ha.

La pulga saltona y los gusanos masticadores desaparecen al efectuarse la aplicación para controlar al picudo, pero si se convierten en problema importante, debe aplicarse Paratión Metílico 50% en dosis de uno y medio litro/ha o bien 60 ml por mecate, antes de iniciar el control del picudo del chile.

También una de las plagas importantes que atacan al chile en orden de importancia son: la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), nematodo agallador, principalmente del genero *meloidogine*, barrenillo del fruto (*Anthonomus Eugeni Cano*), el pulgón verde (*Mizus persicae*), el minador de la hoja (*Liriomyza spa*), en etapa de plántula, la babosa o caracol (*Agriolimax sp*) y en ocasiones la araña roja (*Tetranychus sp*).

Cuadro 4. Dosis y productos químicos para el control de las plagas anteriores.

Plaga	Control	Dosis/ha
Mosquita blanca	Folidol	1 litro
	Thiodan	2 litros
	Orthene	1 litro
	Nuvacron	60 litros
	Ambush	260 cc
Nematodo agallador	Nemacur granulado 5%	4 g/poceta
	Terbufos (Counter) 5%	4 g/poceta
Barrenillo del fruto	Gusation	1.5 litros
	Sevin 80 PH	1.5 kg
	Thiodan	2 litros
	Lorsban 480 E	1.5 litros
Pulgón verde	Pirimidor	1 kg
	Tamaron	1 litro
	Monitor	1 litro
	Selexone	1 litro
Minador de la hoja	Lorsban 480 E	1.5 litros
	Folidol	1 litro
	Tamaron	1 litro
	Perfecthion	1 litro
Babosa o Caracol	Metaldehido o mata caracol	10 kg
Araña roja	Omite GE	1 litro
	Gusathion	1.5 litro
	Folimat	0.5 litro
	Parathion etílico	1 litro

SARH-INIA (1984) las enfermedades que constituyen un problema económico para el cultivo del chile habanero en la región son de tipo viroso, ya que ocasionan grandes daños al acabar con la capacidad productiva de la planta; las manchas de las hojas y las nodulaciones o bolas en la raíz.

Los síntomas que provocan las enfermedades son varios, pero entre los más comunes están el enchinamiento y los mosaicos en el follaje; no existe hasta el momento ningún producto para su control.

El riesgo de su incidencia se puede disminuir con las rotaciones de cultivo y el control de los insectos que son los agentes transmisores de estas enfermedades.

Virosis.- Se manifiestan en las hojas que cambian su color de verde oscuro a verde claro incluso en ocasiones hasta amarillo, se desarrollan poco y se arrugan; esto se conoce regionalmente como enchinamiento o “mulix”.

Si la enfermedad ataca antes de la fructificación, la planta no crece y produce poco fruto.

Una vez presente lo síntomas, el mal es incontrolable, por lo que se arranca la planta para evitar contagio o se le deja para obtener algo de fruto, aunque con riesgo de contagiar a otras plantas. El enchinamiento se previene mediante el control de insectos chupadores, el combate de maleza y el lavado de manos con agua y jabón después de haber fumado, si se va a tener contacto con las plantas.

Manchas de las hojas y tallo.- Esta enfermedad se manifiesta cuando las hojas y tallo presentan amarillamiento y manchas oscuras con centro gris, ligeramente ovaladas si el ataque es fuerte el amarillamiento será total y las hojas caerán.

El control de esta enfermedad se realiza cuando se presentan los primeros síntomas con Manzate 80 PH (polvo humectable) o Captan PH (polvo humectable) en dosis de 2 kg/ha y 80gr/mecate.

También otra de las enfermedades que inciden al cultivo es la marchitez, ya que en los últimos años se ha incrementado sobre todo en las siembras de verano cuando hay exceso de humedad, Soria menciona que con exactitud no esta determinada la enfermedad con respecto al agente patógeno casual pero se cree que es causada por los hongos *Verticillium*, *Fusarium* o *Phytophthora*.

Las enfermedades foliares no han sido un problema serio en Yucatán; quizás la que mas se presenta son las manchas foliares, que consisten en pequeñas manchas oscuras apergaminadas en las hojas, cuando las manchas son numerosas las hojas mas viejas caen, su control es preventivo, hasta ahora no se sabe que hongo u hongos son los que las transmite. El control de este tipo de enfermedades puede hacerse con los siguientes fungicidas: Manzate, Captan, Intercaptan PH, Cupravit mix y folatán con la dosis de 2 kg por hectárea dirigido al follaje cuando inicie el daño o estén en condiciones ambientales para su desarrollo.

Cosecha

SARH-INIA (1984) el cultivo de chile habanero tiene un ciclo de 170 días aproximadamente a partir del trasplante; normalmente el corte se hace 90 días despues de dicha practica y posteriormente los cortes se realizan cada 7 días hasta completar un total de 12 cortes aproximadamente. Los frutos a cosechar deben presentar un color verde oscuro brillante y estar duros al tacto, si este tiempo se alarga, el fruto sazona, colorea y baja su nivel comercial.

Valadez *et al.* (1998), dice que en esta hortaliza se utilizan principalmente dos indicadores físicos de cosecha: la longitud o tamaño y el color, así los chiles se cortan cuando han alcanzado el tamaño adecuado y su coloración característica.

Sustancias Húmicas

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

De Saussure *et al.* (1804) fue el primero en utilizar la palabra “humus” (que en latín significa suelo) para describir el material orgánico de color oscuro presente en el suelo. Este autor observó que el humus era más rico en carbono y más pobre en hidrógeno y oxígeno que el material vegetal de origen.

En la actualidad, el término “humus” todavía no se emplea de manera específica y concreta. Mientras que para algunos autores este término significa lo mismo que materia orgánica del suelo, incluyendo sustancias húmicas (SH), definidas como materiales orgánicos identificables de elevado peso molecular, poseen polisacáridos y proteínas y sustancias simples como azúcares, aminoácidos y otras moléculas, pero excluyendo los tejidos de plantas y animales no descompuestos, los productos de descomposición parcial y la biomasa del suelo (Stevenson, *et al.* 1994).

Aiken *et al.* (1985), menciona las SH como una categoría de sustancias de color amarillo a negro, de elevado peso molecular y propiedades refractarias; tal vez, habría que incluir su naturaleza coloidal y su resistencia al ataque microbiano.

Este enunciado es más una descripción de las SH que una definición, y es una muestra de la no especificidad que prevalece en el estudio de las sustancias.

Estos materiales resultan de la degradación de restos de animales y plantas y no pueden ser clasificados dentro de la categoría de compuestos discretos, como sucede con las sustancias no húmicas.

Las SH son omnipresentes y se encuentran en todos los suelos, sedimentos y aguas. Del 75 al 90 por ciento de los restos orgánicos están constituidos por agua. Una fracción pequeña de materia orgánica (MO), está constituida por carbohidratos, aminoácidos, ácidos alifáticos, proteínas, grasas, etc., y en su mayor parte están formadas por las llamadas SH, que son una serie de compuestos de alto peso molecular. Estas sustancias, han sido divididas en grupos de acuerdo a su solubilidad en soluciones ácidas y básicas concentradas en: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR).

Los AH son moléculas más grandes y complejas que los AF; además, presentan contenidos más altos de nitrógeno, pero menor de grupos funcionales (Meléndez, 2003).

Los AF se distinguen de los AH por su coloración más clara, por el contenido relativamente bajo en carbono (menos del 55 por ciento) y por su buena solubilidad en agua, alcohol, álcalis y ácidos minerales.

Los fulvoácidos pertenecen al grupo de los ácidos hidroxicarboxílicos y en la hidrólisis ácida forman sustancias reductoras y furfural, tienen alta capacidad de cambio (hasta 700 meq.100 g de sustancia), actúan destructivamente sobre los minerales, son propensos a formar complejos R_2O_3 que poseen gran movilidad; por lo tanto, parece ser que ya no existen dudas sobre los AF como grupos independientes de materias húmicas con propiedades distintas a la de los AH.

A parte de los AF propiamente dicho se han descubierto hidratos de carbono, glucósidos, sustancias de naturaleza fenólica, ácidos urónicos y ácidos orgánicos nitrogenados. Datos obtenidos de espectroscopia infrarroja, dan testimonio de la presencia de elementos de naturaleza aromática. Sobre la baja aromatización de los AF hablan los datos de la composición elemental en el cual el porcentaje de carbono es significativamente más bajo y el de hidrógeno supera el de los AH (Meléndez, 2003).

Los AH y AF son compuestos orgánicos no muy bien definidos químicamente, que constituyen la parte más elaborada de la descomposición de la MO; se derivan de diferentes materias primas originadas principalmente de yacimientos de carbón orgánico conocidos como lignitos, turbas y Leonarditas; forman humatos y fulvatos con los cationes del suelo, con lo que evitan la retrogradación. Son capaces de fijar los nutrimentos que son aplicados como fertilizantes, disminuye las pérdidas por lixiviación e inmovilización. Los AH son activadores de la flora microbiana del suelo con lo que aumenta la mineralización de la MO y la consecuente liberación de nutrimentos a formas disponibles para las raíces de las plantas.

Los AH y AF incrementan la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo y la retención de humedad, estimulan el desarrollo de la raíz y a nivel foliar aumentan la permeabilidad de la membrana celular, al facilitar la absorción de nutrimentos y son agentes naturales quelatantes de metales catiónicos, por lo que son utilizados para la nutrición mineral de los cultivos, debido a la acción complejante que ejercen sus grupos funcionales carboxílicos (COOH) e hidroxílicos (OH).

Chen *et al.* (1990). 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 nutrientes en numerosos cultivos y la síntesis de ácidos nucleicos o la respiración. En el suelo, estos compuestos mejoran la estructura de los sustratos, incrementan la capacidad de intercambio del suelo y movilizan micronutrientes (Olmos *et al.* 1998).

Los efectos de la aplicación al suelo de las sustancias húmicas sobre las cosechas han sido explicados por diferentes teorías (Benedetti *et al.* 1990 y 1992; la más aceptada por la comunidad científica, es la hipótesis que asigna a las SH “efectos directos” sobre la planta, teniendo un comportamiento hormonal y “efectos indirectos”, al actuar sobre el metabolismo de los microorganismos del suelo y la dinámica de los nutrientes.

Las SH son capaces de alterar la absorción de micronutrientes por las raíces y modificar las actividades enzimáticas implicadas en el metabolismo del nitrógeno (Visser, 1985).

Los distintos efectos que las SH producen en las propiedades del suelo o en el desarrollo vegetal están gobernados por la concentración en la que se encuentran, 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).

En el suelo, la MO, concretamente las SH, pueden incidir indirectamente en la nutrición vegetal por distintos mecanismos: suministrando nutrientes a las raíces; pueden servir de fuente de N, P y S, señala (Akinremi *et al.* 2000), que liberan a través de la mineralización de la MO en el suelo.

Esta fuente de elementos también se debe a la posibilidad de complejar metales que tienen (Tan *et al.* 1979. Sin embargo, este comportamiento va a estar determinado, en gran medida, por el cultivo y las condiciones que lo rodean. Duplessis *et al.* (1983), observaron que la aplicación de Leonardita incrementó la producción y los niveles de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), para maíz cultivado en un suelo franco-arenoso; mientras que no afectó a la producción, ni a los niveles cuando era aplicado en maíz cultivado en suelo arcilloso. La diferencia en la respuesta fue atribuida al alto contenido de arcilla y/o MO del suelo.

Akinremi *et al.* (2000), concluyeron que la adición de Leonardita produjo mejoras en los niveles foliares de N, P, K de los cultivos de nabos, trigo y judías; además, en el cultivo de nabos aumentó el nivel de azufre (S).

Estos resultados se deben, según los autores, a una combinación de los efectos directos de los ácidos sobre los procesos fisiológicos de la planta y un efecto indirecto incrementando la disponibilidad de nutrientes para el vegetal.

La dinámica del P en el suelo depende de la complejación del calcio por la materia húmica. En los suelos calizos, el calcio (Ca) es un catión reactivo y omnipresente que disminuye la biodisponibilidad de numerosos micronutrientes (Fe^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+}), así como del P, debido a la formación de fosfatos de calcio insolubles.

En la fertilidad del suelo, el intercambio de cationes de la fracción orgánica es de absoluta importancia, ya que va a suponer el suministro de K, Ca y magnesio (Mg) y algunos micronutrientes (Fe^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+}) para las plantas.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, puede depender en más de 80 por ciento de la MO, por tanto existe una relación directa entre la CIC y el contenido de MO. Por lo general, los AH adsorben preferentemente cationes polivalentes frente a monovalentes. Para iones con igual valencia, los menos hidratados tienen la mayor energía de adsorción (Stevenson, 1994).

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 *et al.* 2001).

Si nos referimos a la influencia de las SH 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 (Sladky, 1959; Fernández (1968). Tanto la elongación como la formación de los primeros pelos radiculares, son afectadas por los materiales húmicos.

Las dosis empleadas de las SH van a ser determinantes para que los efectos sean positivos o negativos; así, Young *et al.* (1997), encontraron que ácidos purificados procedentes de diferentes orígenes, mejoraban significativamente el crecimiento radicular en semilleros de lechuga, pasando de una longitud radicular media de 13.6 mm para el control a 20.2 mm, cuando se aplicaban ácidos de turba.

Algunos autores justifican sus resultados, al comentar que los ácidos pueden tener enlazadas a su estructura poliaminas (putrescina, espermidina, permina), que se encuentran en las paredes celulares y tienen una reconocida función reguladora en las plantas (Galston *et al.* 1990, Nardi *et al.* 1994). La aplicación foliar de SH a *Agrostis stolonifera* L. presentó un efecto muy limitado en el enraizado, mientras la incorporación de humato granular hasta a 10 cm profundidad, mejoró sensiblemente el enraizado, seguramente debido a la proximidad a las raíces (Cooper *et al.* 1998)

Capacidad de Intercambio Catiónico de la Raíz

Algunos investigadores en Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal, establecen que las propiedades físicas y químicas del suelo son determinantes en la absorción de nutrimentos por las plantas y han centralizado la investigación en la generación de fitosideróforos (ácidos orgánicos) y su papel en la rizosfera para la absorción; pero, no consideran la capacidad de intercambio catiónico de la raíz (CICR), la que es determinante en la cantidad de nutrimentos absorbidos por este órgano.

Teorell 1935, considera que en las membranas celulares de la raíz, los grupos carboxílicos y / o grupos de aminoácidos, se fijan como miembros inmóviles de las cadenas de valencia principal.

Las sustancias de la planta responsable de la adsorción de cationes, pueden ser similares a algunos alcoholes aromáticos y/o algunos aminoácidos; además, comenta que la superficie de la raíz, adquiere un potencial negativo debido a la disociación fuerte de los grupos ácidos.

Aunque los fisiólogos de plantas tienden a no considerar las propiedades de intercambio catiónico de raíces de las plantas, por carecer de importancia en el desarrollo de las teorías de la absorción de iones, los químicos del suelo han sido capaces de utilizar esta propiedad de la raíz, en forma cualitativa, como una posible explicación de la absorción diferencial de cationes mono y bivalentes por diferentes plantas.

No se puede negar, que la capacidad de intercambio catiónico de la raíz (CICR) de la planta, es una medida reproducible y que existen amplias diferencias entre las plantas.

En monocotiledóneas, los valores de CICR van de aproximadamente de 10 a 70 meq/100 g de materia seca y sólo la mitad en las dicotiledóneas (Crooke, 1964).

Este mismo investigador, continúa diciendo que hay métodos diseñados para medir la CIC del tejido de la raíz de la planta y han sido revisados. La mayoría dependen de la sustitución de los cationes cambiables de los tejidos por H^+ , que se determina directamente, o indirectamente por cambio de otro catión, generalmente el calcio.

Un método rápido y reproducible que se ha desarrollado es mediante el secado de material vegetal molido, que emplea un ácido para el lavado y seguido de titulación a pH 7, con un electrodo de vidrio.

Este método, ha sido utilizado con éxito para medir la CIC de diferentes tejidos de una amplia gama de valores más altos de las plantas inferiores y se correlacionan bien con los contenidos de ácido urónico; el que es definido como un producto de la oxidación del azúcar, los que se producen en diversos polisacáridos y que contienen tanto un aldehído y un grupo carboxilo.

Un experimento en arena, se llevó a cabo en condiciones de invernadero, para estudiar el efecto del ácido giberélico (GA3), del ácido indol-acético (IAA) y el ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D), en la CICR de dos clones de té, genéticamente diferentes.

Los resultados mostraron que la aplicación de GA3 y el IAA, aumentó progresivamente la CICR en ambos clones, cuando su concentración fue de 0 a 100 $mg.g^{-1}$. Con la adición del 2-4, D en su concentración más baja (<25 $mg.g^{-1}$), produce el mismo efecto; mientras que a altas concentraciones (100 $mg.g^{-1}$), produjo disminución en la CICR.

La CICR, correlacionó negativamente con raíz de color café y su relación con raíz blanca y positivamente con el crecimiento superior de las plantas de té (Cesco *et al.* 2002).

Para Ray y George (2010), actualmente hay un gran avance en la investigación del papel que juega la CICR en la acumulación de calcio (Ca) en las raíces y en los vástagos de las plantas, especialmente en función de la gran variedad en la cantidad de Ca en los suelos de origen sedimentario.

En los últimos 50 años, a nivel mundial, la gran mayoría de trabajos de investigación sobre el rol que juega la raíz en la absorción de nutrimentos, han sido consagrados a estudiar el papel de fitosideróforos (ácidos orgánicos de bajo peso molecular), en el proceso; pero no, en el papel que juegan las SH en este mecanismo. Por lo anterior, se hace necesaria la investigación básica, del papel que tiene la CICR en la fisiología y crecimiento de plantas y qué papel juegan estas sustancias en este proceso.

Los grupos carboxilos (-COOH) de las sustancias pépticas son los responsables de la alta proporción (70 al 90 %) de la capacidad de intercambio catiónico de las raíces (CICR). Esto da lugar a un proceso de absorción de iones que es pasivo, ya que es externo y diferente de la entrada del ión, al transporte pasivo interior de las raíces (proceso activo y metabólico).

Las plantas con mayor CICR, absorben preferentemente cationes bivalentes, con respecto a los monovalentes de este mecanismo, es de hasta tres por ciento de la absorción total. Esta propiedad permite a las raíces absorber nutrientes del suelo directamente por contacto (intercepción radicular) (<http://es.scribd.com/doc/59414231/Capacidad-de-intercambio-Cationico>, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área Experimental

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo en un invernadero del área experimental del Departamento de Ciencias del Suelo, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, a los 25° 23' de Latitud norte y los 101° 00' de Longitud Oeste y a la altura de 1742 msnm.

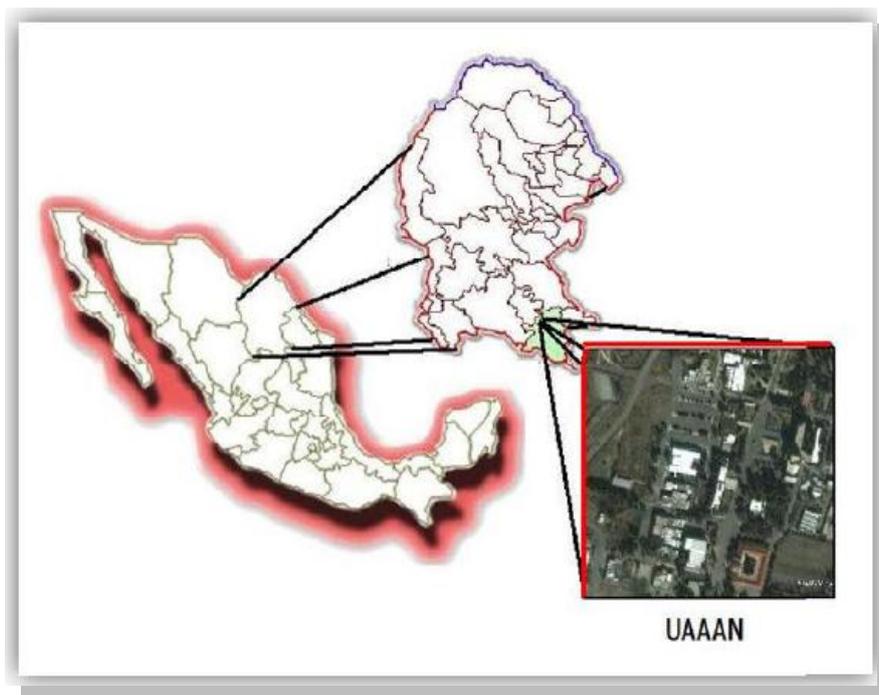


Figura 1.- Localización del área experimental

Metodología

Para este experimento se utilizaron semillas de la variedad “Jaguar” de chile habanero, a las cuales se les efectuó un tratamiento hidrotérmico, el que consistió en colocarlas en “Baño María” a 50 °C durante 20 minutos, con el fin de evitar lo más posible el ataque de hongos y bacterias patógenos. Realizado lo anterior, se dejaron enfriar durante 30 minutos y fueron sembradas en charolas de poliestireno de 200 cavidades en la forma de “tresbolillo”, que contenían el sustrato de “peat moss” con “perlita” (relación 1:1 p/p).

Después de tres días, se aplicaron 0.6 g de nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0.3 g de fosfato monoamónico (MAP), 0.3 g de sulfato de potasio (K_2SO_4) y 0.2 g de cada uno de sulfato ferroso (FeSO_4), sulfato de zinc (ZnSO_4) y sulfato de cobre (CuSO_4), por litro de agua aplicado.

Cuando la plántula contenía dos pares de hojas verdaderas (aproximadamente 10 cm de altura), fue trasplantada a macetas de plástico que contenían 250 g de la mezcla de peat moss con “perlita” (relación 1:1 p/p), empleada como sustrato.

Después de tres días del trasplante, se aplicaron los tratamientos de 2, 4 y 6 ml.litro⁻¹ de agua de ácidos fúlvicos de Leonardita; además, se agregaron 0.2 g de cada uno de los siguientes compuestos, FeSO₄, (ZnSO₄) y (CuSO₄), por litro de agua aplicado (FQ) y solo agua, como testigo absoluto (TA).

Cuadro 5. Tratamientos y Dosis

TRATAMIENTOS		DOSIS
AFE2		2ml.litro ⁻¹
AFE4		4ml.litro ⁻¹
AFE6		6ml.litro ⁻¹
FQ	Ca(NO ₃) ₂	0.6 g
	MAP	0.3 g
	K ₂ SO ₄	0.3 g
	FeSO ₄	0.2 g
	ZnSO ₄	0.2 g
	CuSO ₄	0.2 g
TA		0

Las variables medidas fueron: longitud de vástago (LV); peso fresco de raíz (PFR) y peso seco de raíz (PSR); peso fresco de vástago (PFV) y peso seco del vástago (PSV). También el contenido de zinc (Zn), hierro (Fe) y cobre (Cu) (Espectrofotómetro de Absorción Atómica – Varian, modelo A 5), del tejido vegetal de follaje y con estos datos se efectuó el análisis nutrimental mediante el Método de la Desviación Óptima Porcentual (DOP) (Montañés *et al.* 1995); con una cámara fotográfica SONY Alpha 14.2 megapixeles y mediante el analizador de imágenes Image Pro, versión 6 para Windows, se midieron la longitud de raíz (LR) y el área de raíz (AR); así como, la capacidad de intercambio catiónico de raíz (CICR) (Crooke, 1964).

Lo anterior resultó en cinco tratamientos con cuatro repeticiones, los cuales fueron distribuidos de acuerdo a un Diseño Experimental de Bloque al Azar, con arreglo factorial A x B: donde el factor A son los tratamientos y el B, son las dosis. El análisis estadístico consistió en el Análisis de Varianza (ANVA) y la prueba de medias de Tukey ($P < 0.05$), para lo cual se empleó el paquete para computador MINITAB versión 15 en Español para WINDOWS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la longitud del vástago (LV), no hay efecto significativo de los tratamientos; mientras que en la longitud de la raíz (LR) si se presentó (Cuadros 6 y 7). Así, de forma gráfica, en la (LV) al aplicar todos los tratamientos, los valores de esta variable fluctuaron entre 138 y 178 mm con un valor medio de 155 mm. En la (LR), al adicionar los tratamientos los valores fueron variables; pero, al agregar 6 ml.litro⁻¹ de los ácidos fúlvicos experimentales se presentó la superior cuantía, ya que adelantó al testigo absoluto (TA) en 8.7 por ciento y a la plántula que solo se le aplicó la fertilización química (FQ) en ocho por ciento (Figura 2).

En los Cuadros 8 y 9, se muestra que no hay efecto significativo de los tratamientos en el peso fresco de la raíz (PFR) y en el peso seco de la raíz (PSR); sin embargo, de manera gráfica se puede establecer que al aplicar la dosis de 2 ml.litro⁻¹ del ácido fúlvico experimental el valor de (PFR) fue de 6.72 g; con la cantidad de 4 ml.litro⁻¹ de agua de los compuestos orgánicos, el valor se redujo a 5 g y cuando se aplicaron 6 ml.litro⁻¹ de agua, se superó a todos los tratamientos, porque se aventajó en 58 por ciento al (TA) y en 10 por ciento cuando se adicionó la FQ (Figura 3). En la misma Figura, se presenta que al adicionar el tratamiento de 6 ml.litro⁻¹ de agua de los ácidos fúlvicos experimentales se adelantó al (TA) en 71 por ciento en el (PSR).

Los tratamientos no reflejaron efecto significativo en el peso fresco del vástago (PFV) y peso seco del mismo órgano vegetal (PSV) (Cuadros 10 y 11); pero de manera gráfica, se puede comentar que al agregar la dosis de 2 ml.litro⁻¹ de agua de los ácidos fúlvicos experimentales y la (FQ), se superó al (TA) en 18 y 32 por ciento respectivamente en ambas variables (Figura 4).

En el Cuadro 12, se puede observar que no hay efecto significativo de los tratamientos, en el contenido de hierro (Fe) del tejido vegetal del follaje; mientras que para los contenidos de cobre (Cu) y Zinc (Zn), si hay efecto altamente significativo (Cuadros 13 y 14). Así de forma gráfica (Figura 5), se puede decir que al agregar solo agua (TA) se presentó el valor superior de Fe y Zn ya que con esto se aventajó en 72 y 31 por ciento respectivamente, a cuando se aplicaron 6 ml.litro⁻¹ de agua de los ácidos fúlvicos experimentales en ambos elementos nutrimentales; mientras que cuando se agregaron 2ml.litro⁻¹ de agua de los ácidos fúlvicos y la (FQ) se adelantó en 60 por ciento al TA, en el contenido de Cu del tejido vegetal de follaje.

En el área de raíz (AR) no hay efecto significativo de los tratamientos (Cuadro 18); pero de forma gráfica, se puede establecer que al aplicar el tratamiento de 2 ml.litro⁻¹ de agua de los ácidos fúlvicos, se adelantó al (TA) en 80 por ciento y a la FQ en 33 por ciento (Figura 6).

Cuadro 6. Análisis de varianza para la longitud de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.

Fuente	Gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	4	3909.7	977.4	0.24	0.231NS
Repetición	3	433.8	144.6	0.24	0.866NS
Error	12	7206.3	600.5		
Total	19	11549.9			

Cuadro 7. Análisis de varianza para la longitud de raíz de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.

Fuente	Gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	4	8715.9	2179.0	3.02	0.061*
Repetición	3	4974.6	1658.2	2.30	0.129NS
Error	12	8644.2	720.4		
Total	19	22334.8			

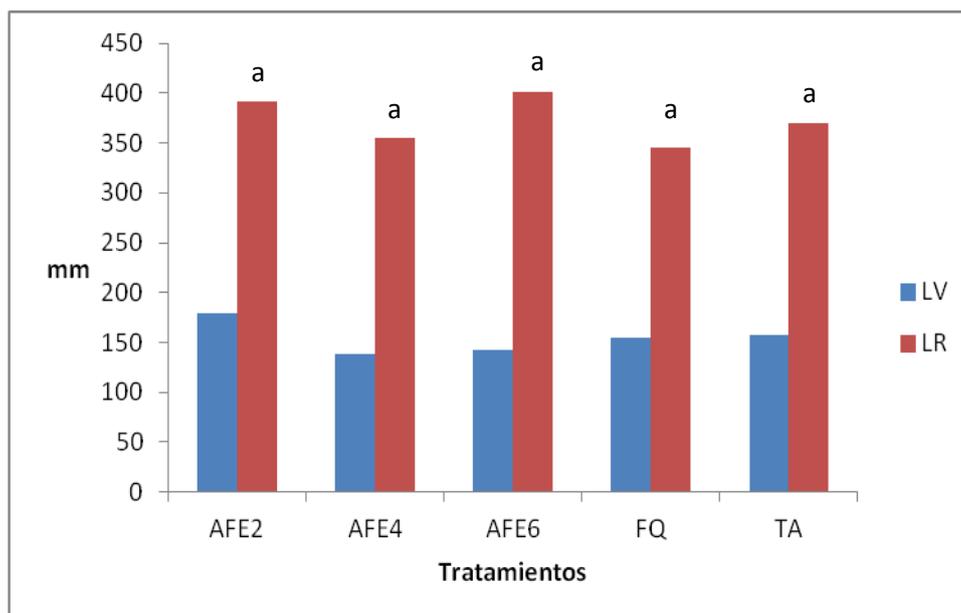


Figura 2. Longitud de vástago y de raíz de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el peso fresco de raíz de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.

Fuente	Gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	4	21.426	5.357	2.13	0.140 NS
Repetición	3	18.513	6.171	2.45	0.114 NS
Error	12	30.216	2.518		
Total	19	70.155			

Cuadro 9. Análisis de varianza para el peso seco de raíz de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.

Fuente	Gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	4	0.13917	0.03479	1.98	0.162NS
Repetición	3	0.15360	0.05120	2.91	0.078*
Error	12	0.21120	0.01760		
Total	19	0.50397			

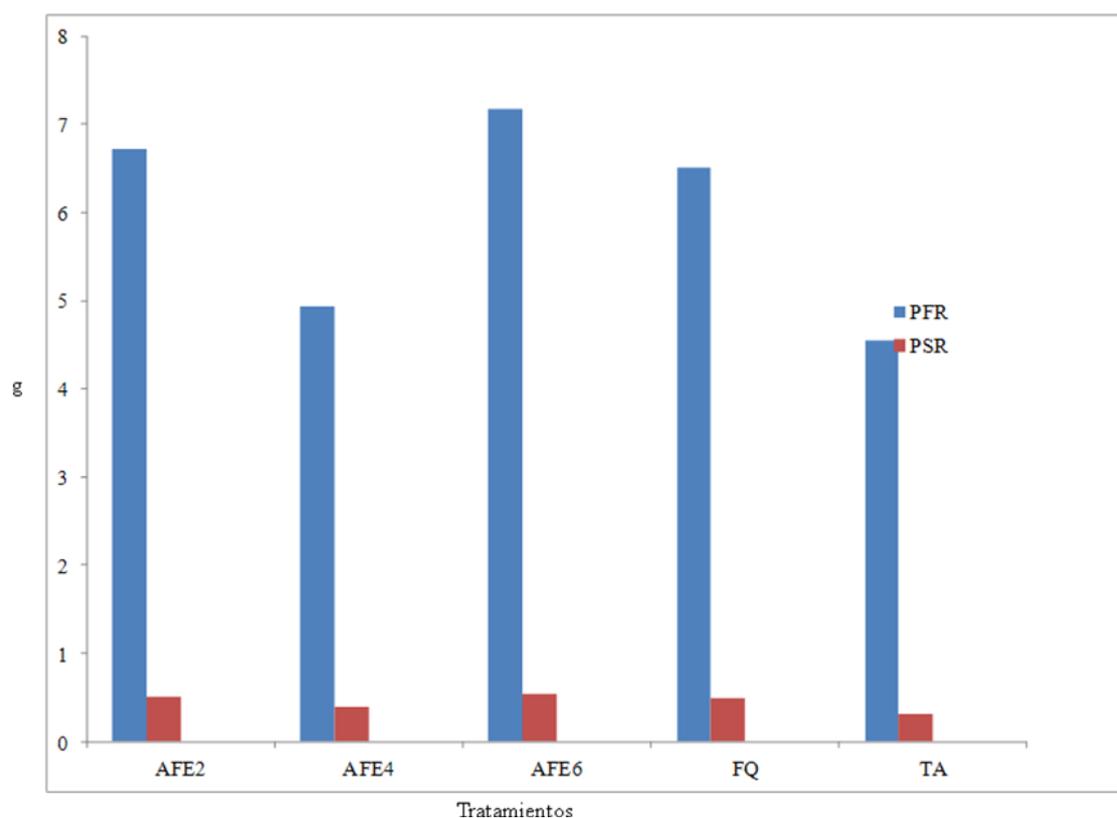


Figura 3. Peso fresco y seco de raíz de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el peso fresco de vástago de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.

Fuente	Gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	4	17.772	4.443	0.94	0.476NS
Repetición	3	21.513	7.171	1.51	0.262NS
Error	12	56.935	4.745		
Total	19	96.220			

Cuadro 11. Análisis de varianza para el peso seco de vástago de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.

Fuente	Gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	4	0.5581	0.1395	1.29	0.328NS
Repetición	3	0.5313	0.1771	1.64	0.233NS
Error	12	1.2995	0.1083		
Total	19	2.3890			

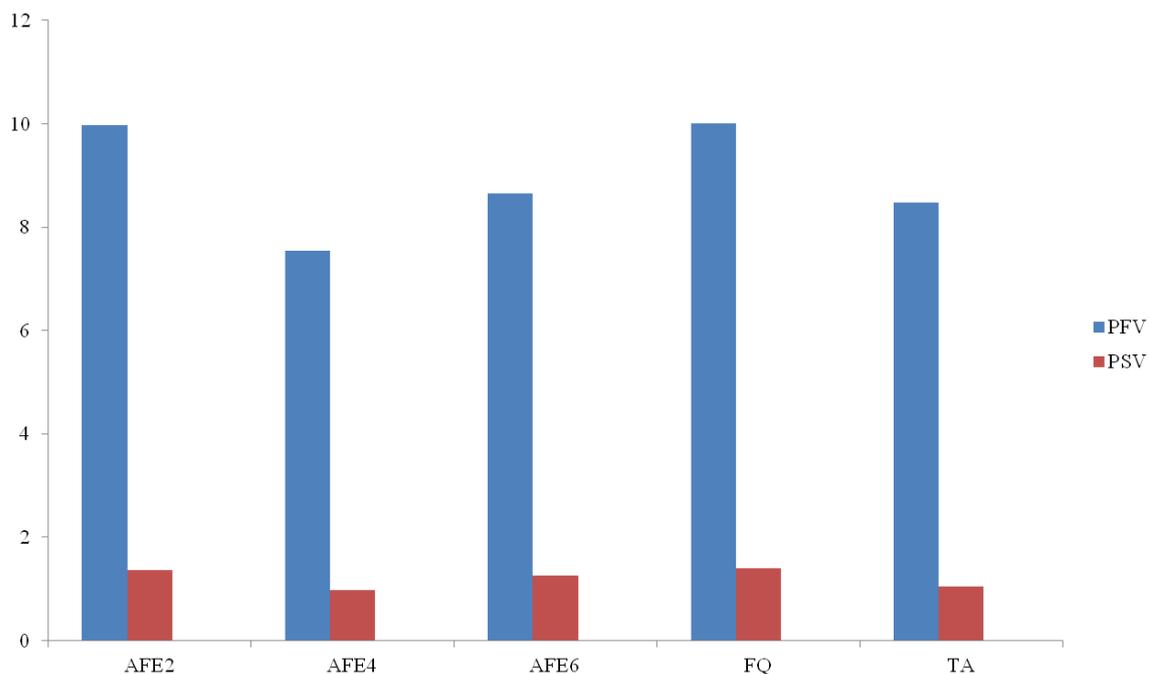


Figura 4. Peso fresco y seco de vástago de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el contenido de hierro de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.

Fuente	Gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	4	2781.8	695.5	0.83	0.533 NS
Repetición	3	691.4	230.5	0.27	0.843 NS
Error	12	10085.4	840.4		
Total	19	13558.5			

Cuadro 13. Análisis de varianza para el contenido de cobre de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.

Fuente	Gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	4	280.00	70.00	7.00	0.004 **
Repetición	3	180.00	60.00	6.00	0.010 *
Error	12	120.00	10.00		
Total	19	580.00			

Cuadro 14. Análisis de varianza para el contenido de zinc de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.

Fuente	Gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	4	58330	14583	9.02	0.001 **
Repetición	3	12335	4112	2.54	0.105 NS
Error	12	19390	1616		
Total	19	90055			

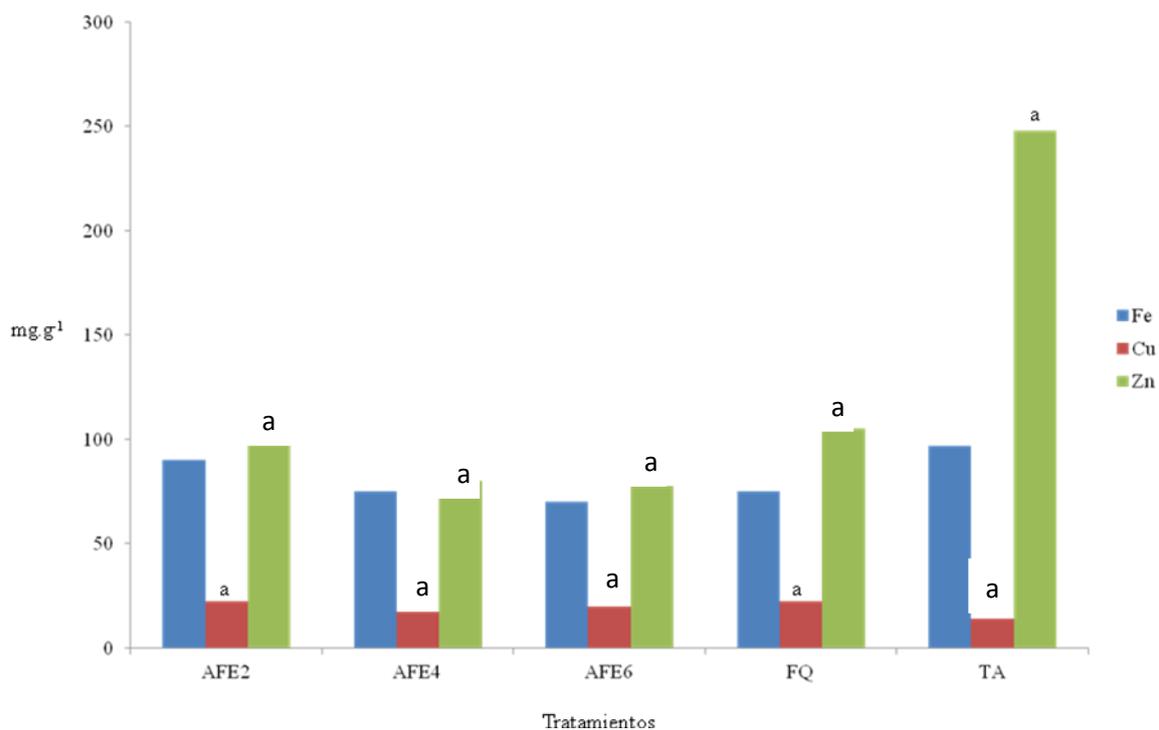


Figura 5. Contenido de hierro (Fe), cobre (Cu) y zinc (Zn) de tejido vegetal de follaje de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.

Método de Desviación Óptima Porcentual

Cuadro 15. Resultados del análisis nutrimental de tejido vegetal de follaje de plántula de chile habanero con la adición de ácidos fúlvicos, para Fe, Cu y Zn, mediante el Método DOP y el menor nivel de referencia.

Tratamientos	Zn	Fe	Cu	Resultados
AF2	+ 290	+ 350	+ 350	Cu > Fe > Zn
	Zn	Cu	Fe	
AF4	+ 220	+ 250	+ 275	Fe > Cu > Zn
	Zn	Fe	Cu	
AF6	+ 210	+ 250	+ 300	Cu > Fe > Zn
	Fe	Zn	Cu	
FQ	+ 275	+ 320	+ 350	Cu > Zn > Fe
	Cu	Fe	Zn	
T	180	+ 384	+ 892	Zn > Fe > Cu

Cuadro 16. Resultados del análisis nutrimental de tejido vegetal de follaje de plántula de chile habanero con la adición de ácidos fúlvicos, para Fe, Cu y Zn, mediante el Método DOP y el mayor nivel de referencia.

Tratamientos	Fe	Zn	Cu	Resultados
AF2	+ 5.88	+ 21.9	+ 125	Cu > Zn > Fe
	Fe	Zn	Cu	
AF4	- 11.76	+ 0.00	+ 20	Cu > Zn > Fe
	Fe	Zn	Cu	
AF6	- 17.64	- 3.1	+ 100	Cu > Zn > Fe
	Fe	Zn	Cu	
FQ	-11.76	+ 31.2	+ 125	Cu > Zn > Fe
	Cu	Fe	Zn	
T	+ 40	+ 13.88	+ 210	Zn > Fe > Cu

Cuadro 17. Resultados del análisis nutrimental de tejido vegetal de follaje de plántula de chile habanero con la adición de ácidos fúlvicos, para Fe, Cu y Zn, mediante el Método DOP y el nivel de referencia medio.

Tratamientos	Fe	Zn	Cu	Resultados
AF2	- 40	+ 85.7	+ 200	Cu > Zn > Fe
	Fe	Zn	Cu	
AF4	- 50	+ 52.4	+ 133	Cu > Zn > Fe
	Fe	Zn	Cu	
AF6	- 53	+ 47.6	+ 166	Cu > Zn > Fe
	Fe	Zn	Cu	
FQ	- 50	+ 100	+ 200	Cu > Zn > Fe
	Fe	Cu	Zn	
T	- 35	+ 86	+ 375.1	Zn > Cu > Fe

Cuadro 18. Análisis de varianza para el área de raíz de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.

Fuente	GI	SC	CM	F	P
Tratamientos	4	941371	235343	1.32	0.318NS
Repetición	3	62751	20917	0.12	0.948NS
Error	12	2139716	178310		
Total	19	3143839			

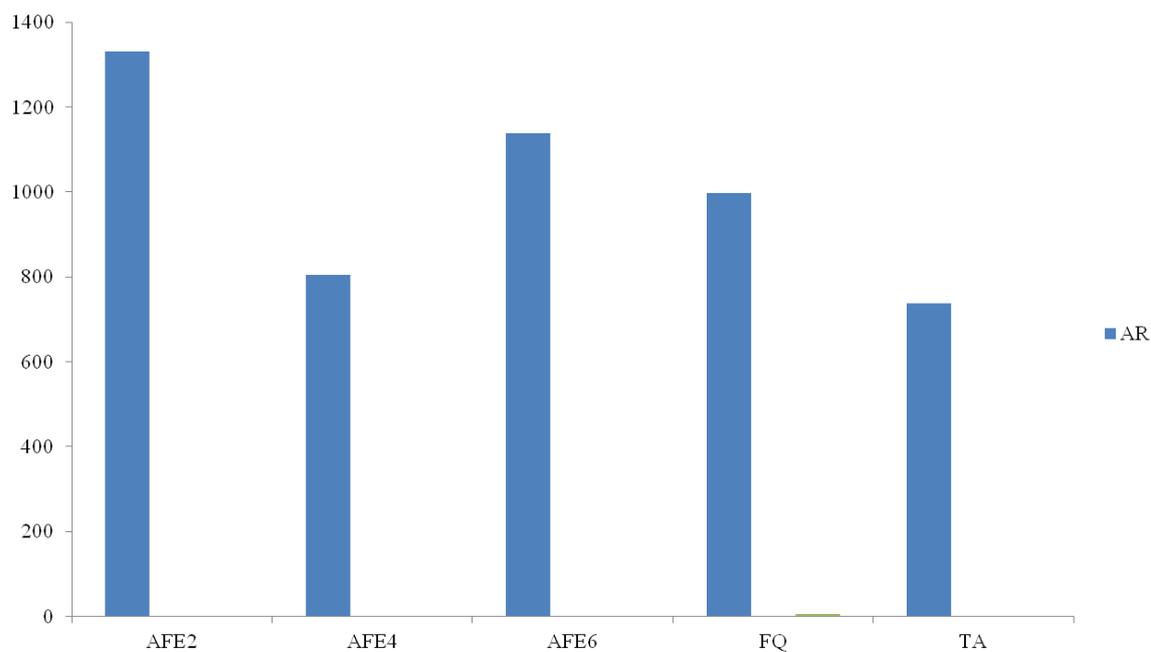


Figura 6. Área radicular de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.

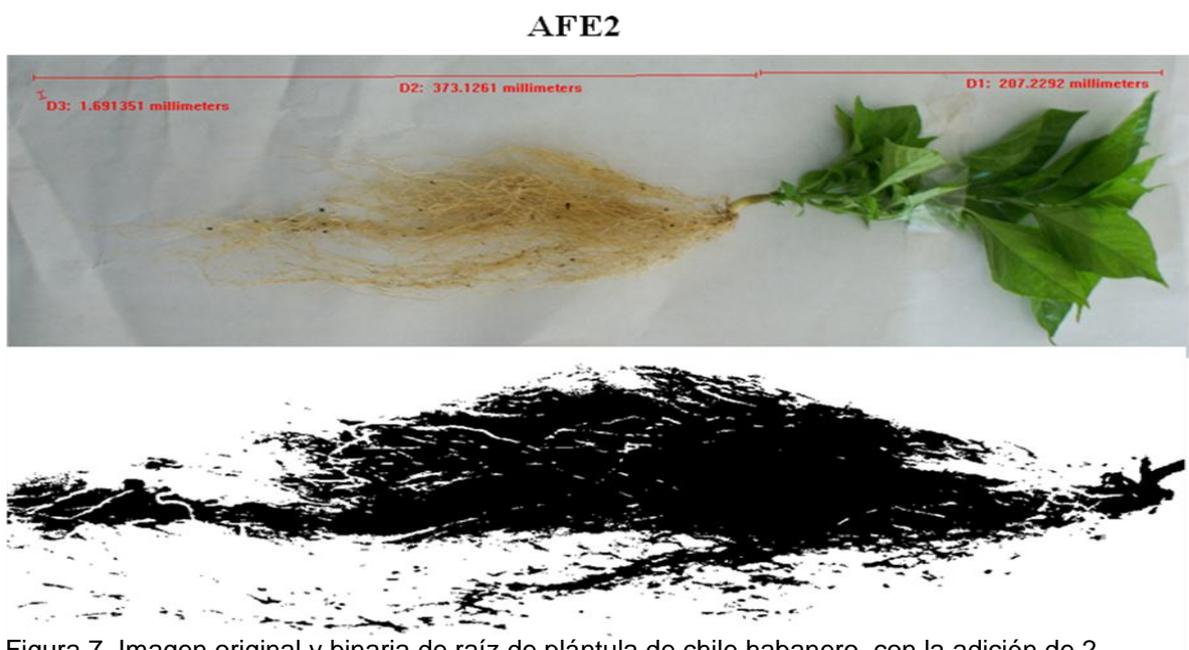


Figura 7. Imagen original y binaria de raíz de plántula de chile habanero, con la adición de 2 ml.litro⁻¹ de ácidos fúlvicos de Leonardita.

FQ

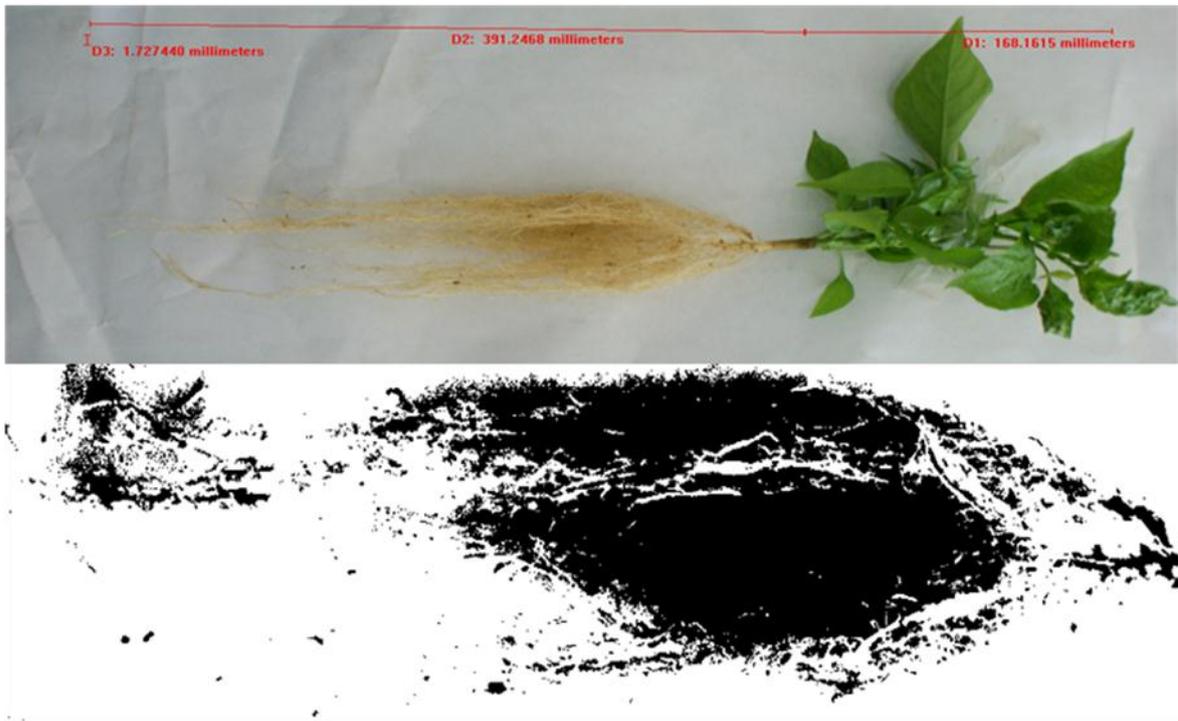


Figura 8. Imagen original y binaria de raíz de plántula de chile habanero, con la adición de los fertilizantes químicos.

TA



Figura 9. Imagen original y binaria de raíz de plántula de chile habanero, solo con agua.

A forma de discusión, se puede establecer que, la dosis menor de los ácidos fúlvicos de Leonardita, realizaron el efecto superior en las variables aéreas medidas a la plántula; es decir, en la longitud de plántula (LP) y en el peso fresco (PFV) y seco (PSV) del vástago. Sin embargo, la dosis alta de la sustancia húmica lo efectuó en las variables subterráneas, como son: longitud (LR), área (AR), peso fresco (PFR) y seco (PSR) de raíz.

Lo anterior concuerda con lo establecido por Kuiters y Mulder (1993) y Evangelou *et al.* (2004), donde comentan que estos compuestos, dentro de sus características, poseen una gran cantidad de grupos funcionales oxigenados, principalmente grupos carboxilos (-COOH), carbonilos (-COO⁻) y oxhidrilos (-OH), por lo que tienen la particularidad de complejar y/o quelatar cationes y en la solución del suelo, llevarlos a la pared celular de la raíz; es decir, similar a agentes quelatantes y/o complejantes y de ahí, los nutrimentos ser transportados por los pelos radicales hasta el torrente xilemático del tallo hacia la hoja.

Con las dosis de 2 y 6 ml.litro⁻¹ de agua de las sustancias húmicas, se presento el valor superior de Cu en el tejido vegetal de follaje; también al adicionar la fertilización química FQ, la situación fue similar.

Pero al agregar la dosis de 4ml.litro⁻¹ de los ácidos fúlvicos, la cantidad de hierro en el tejido vegetal de follaje fue el superior; mientras que al aplicar solo agua al (TA), la cantidad de Zn fue la superior a los otros dos micronutrientes.

Lo anterior pone de manifiesto el papel que juegan los nutrimentos en la parte aérea de la planta, especialmente cuando la concentración de un elemento, tiene especial significancia en la producción (Montañes *et al.* 1995).

Donde no se aplicaron las sustancias húmicas, ni la fertilización química, se presentó el superior valor de la CICR y los mayores valores del contenido de Zn y Fe; aquí, se puede decir que la raíz de la plántula del chile habanero, generó fitosideróforos lo que aumentó la CICR; además, disminuyó el pH de la rizosfera y por lo tanto aumentó la absorción de los nutrimentos disponibles en la fase de intercambio del peat moss, empleado como sustrato (Marschner, 1995).

CONCLUSIÓN

La dosis baja de los ácidos fúlvicos de Leonardita, ejercieron efecto positivo en la longitud, peso fresco y peso seco del vástago y en el área radicular; mientras que, la dosis alta lo efectuó en las demás características de la raíz.

Con las dosis baja y alta de los compuestos húmicos y la fertilización química, el cobre superó a los otros dos nutrimentos; en la dosis media, fue el hierro y el Zn fue superior al adicionar solo agua.

LITERATURA CITADA

- 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.
- 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.
- Aiken, G.R., McKnight, D. M., Wershaw, R. L., MacCarthy, P. 1985. An introduction to humic substances in soil, sediment, and water. pp. 1-9. *In* Humic substances in soil, sediment, and water: Geochemistry, isolation and characterization. G. R. Aiken et al. (ed.). Wiley-Interscience, New York.
- Burgueño C. H. 1995. La fertigación en cultivos hortícolas con acolchado plástico. 2a ed. Vol. 2. Culiacán Sinaloa. México p.32-36.
- Benedetti, A., 1990 y 1992. Fertilization with NPK and humate-NPK: plant yield and nutrient dynamics. *Suelo y Planta*. 2:203-214.
- Báez S.R., Bringas T. E., Mendoza W. A. y Mercado J. N., 1993. Almacenamiento de Productos Hortofrutícolas IV. Mango, Chile, Pimiento y Aguacate. Centro de Investigación en Alimentación A. C. Reporte Anual. Tomo II.
- Cesco. 2002. S.; Nikolic, M.; Römheld, V.; Varanini, Z. and Pinton, R. Uptake of Fe from soluble Fe-humate complexes by cucumber and barley plants. *Plant and Soil*. Crooke, W. M. 1964. The measurement of the cation exchange capacity of plant roots.
- Chen Y. and Aviad T. 1990. Effects of humic substances on plant growth. pp. 161-186. *In* Humic substances in Soil and Crop Sciences: Selected readings. P. MacCarthy, C. E. Clapp, R. L. Malcolm, P. R. Bloom (Eds.).
- Cooper, R. J., Chunhua, L., Fisher, D. S. 1998. Influence of humic substances on rooting and nutrient content of creeping bentgrass. *Crop Sci.* 38:1639-1644.
- De Saussure, T. 1804. *Recherches Chimiques sur la Vegetación*. Paris.
- Duplessis, G. L., Mackenzie, A. F. 1983 Effects of Leonardite applications on phosphorus availability and corn growth. *Can. J. Soil Sci.* 63: 749-751.

- Evangelou, M. W. H. Hactice, D. Andreas, S. 2004. The Influence of Humic Acids on the Phytoextraction of Cadmium from Soil. *Chemosphere*. 57 207—213
- FAO. 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requeriments database. Version 1.0 AGLS. FAO. Rome, Italy
- Fox, T., Come ford, N., McFee, W., 1990. Influence of humic acid on growth and mineral nutrition in plants. *Soil Sci. Soc. Amer.* 54:1763-1847.
- Fernandez, V. H. 1968. The actino of humic acids of different souces on the development of plant and their effect on increasing concentration of the nutrient solution. *Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varia*.
- García, C. 1990. Estudio del compostaje de residuos orgánicos. Valoración agrícola. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Murcia
- Gaur, A. C. 1964. Influence of humic acid on growth and mineral nutrition in plants. *Bull. Assoc. Fr. Etude Sol.* 35:207-219.
- Galston A. W. Sawhney, R. k. 1990. Polyamines in plant physiology. *Plant Physiol*
- Instituto Nacional de Investigadores Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1993. Paquete Tecnológico. China Campeche.
- Kuiters, A. T. and W. Mulder. 1993. Water-soluble organic matter in forest soils. II. Interference with plant cation uptake. *Plant and Soil*, 152: 225-235.
- Kader A. A., 1992. Quality Factors: Definition and evaluation for fresh horticultural crops. Pp.118. In *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Kader A., Kasmire R., Mitchell F., Reid M., Sommer N. y Thompson J., (eds.) Special Publication. University of California, Davis.
- Long, S. J. 1986. *Capsicum y Cultura. La historia del Chilli*. Fondo de Cultura Económica. Mexico, D.F.
- Laborde, C.A. y Pozo, C. O. 1984. *Presente y Pasado del Chile en México*, 2da. Ed. SARHINIA, México D.F.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*, Second edition. Academic Press Limited. London, U.K.
- Mojarro B. 1986. *Revista Productores de Hortalizas*.

- Montañés, L., E. Monge, J. Val and M. Sanz. 1995. Interpretative Possibilities of Plant. Analysis by the DOP Index. Acta Horticulturae 383. Nutrition of Deciduous Fruit Plants.
- Martín-Mex, R., y A. Larqué-Saavedra. 2003. Efecto de salicilatos en la productividad de pepino europeo (*Cucumis sativus* L.). X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de las Ciencias Hortícolas. 20-24 de octubre de 2003. Chapingo, México. p. 129.
- Meléndez, Gloria. 2003. Residuos orgánicos y materia orgánica del suelo. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. Taller de Abonos Orgánicos
- Medina Jesús, 1984. Guía para producir Chile Habanero en la zona Henequenera. Editorial Unidad de Difusión Técnica del CIAPY.
- Nardi, S., Panuccio, M.R. 1994. Auxin-like effect of humic substances extracted from faeces of *Allolobophora caliginosa* and *A. rosea*.
- Ortiz, M. E. y Larqué, S.A. 1999. Uso de reguladores de crecimiento en la floricultura mexicana. Ciencia y desarrollo. 35 (148) p.26
- Olmos, S., Esteban, E., Lucena, J. J. 1998. Micronutrient extraction in calcareous soils treated with humic substances. J. Plant Nutrition, 21 (4): 687-697.
- 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.
- Ray, J.C. and K.J George. 2010. Calcium Accumulation in Grasses in Relation to their Root Cation Exchange Capacity. Journal of Agronomy.
- 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.
- Ramírez L. M. C. 1981. I.T.A. No. 5. China Campeche.
- Ramírez, M. M. 1989. Clasificación de genotipos de Chile Serrano (*Capsicum annum* L). Según su Resistencia y susceptibilidad a Temperaturas Altas. Tesis de Maestría UAAAN.

- Rylski I. 1985. Capsicum in: Halevy, H. A. (Ed), CRC Handbook of Flowering. CRC Press, Boca Raton, FL p 140-146.
- SARH – INIA. 1984. Guía para producir Chile Habanero en suelos arables de Yucatán.
- Schnitzer, M. 2000. Life Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. D. L. Sparks (Ed.). Advances in Agronomy, Academic Press.
- Stevenson, F. 1984. Humus Chemistry: Genesis, Composition and Reactions. Wiley, New York, USA.
- Stevenson, F.J. 1994. Humus chemistry. Genesis, Composition, reactions. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Sladky, Z. 1959. The effect of extracted humus substances on growth of tomato plants. Biol. Plant. 1, 142-150.
- Tan K. H., Napamornbodi, V. 1979. Effect of different, levels of humic acids on nutrient contend and growt of corn (Zea May L.). Plant and Soil.
- Teorrell, 1935. Quantitative theory of membrane permeability. Proc. Soc. Exptl. Biol. Med. 33: 282-285.
- Visser, S. A. 1985. Physiological action of humic substances on microbial cells. Soil Biol. Biochem. 17:457-462.
- 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.
- Varanini, Z., Pinton, R. 1995. Humic substances and plant nutrition. Prog. Bot. 56:97-117.
- Valadez, A. 1998. Producción de Hortalizas. Ed. Uteha Noriega. México D.F.
- Young, C. C., Chen, L. F. 1997. Polyamines in humic acid and their effect on radical growth of lettuce seedlings. Plant and Soil. 198:143-149.
- Zubiran, S. 1992. Comision Nacional de Alimentación, Instituto Nacional de Nutrición.
- <http://es.scribd.com/doc/59414231/Capacidad-de-intercambio-Cationico> 2010).