



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO EN EDAFOLOGIA**

**ÁCIDOS HÚMICOS Y FÚLVICOS EN LA PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA DE
CHILE MANZANO (*Capsicum pubescens* R y P) EN INVERNADERO.**

ANTELMA HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRA EN CIENCIAS

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO
2011**

La presente tesis titulada "Ácidos húmicos y fúlvicos en la producción hidropónica de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) en invernadero." realizada por la alumna: Antelma Hernández Hernández bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

EDAFOLOGÍA

COSEJO PARTICULAR

Consejero:



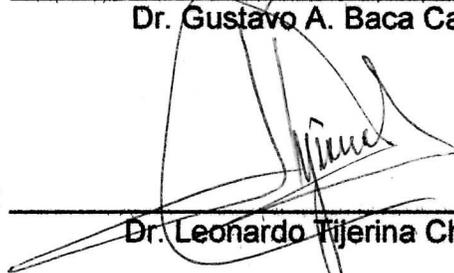
Dr. Roberto Quintero Lizaola

Asesor:



Dr. Gustavo A. Baca Castillo

Asesor:



Dr. Leonardo Tijerina Chávez

Asesor:



Dr. Aureliano Peña Lomell

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Mayo 2011

La presente tesis titulada “**Ácidos húmicos y fúlvicos en la producción hidropónica de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) en invernadero.**” realizada por la alumna: Antelma Hernández Hernández bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

EDAFOLOGÍA

COSEJO PARTICULAR

Consejero: _____
Dr. Roberto Quintero Lizaola

Asesor: _____
Dr. Gustavo A. Baca Castillo

Asesor: _____
Dr. Leonardo Tijerina Chávez

Asesor: _____
Dr. Aureliano Peña Lómeli

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Mayo 2011

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II.-REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2. 1 Definición de sustancias húmicas:	3
2.1.1 Formación de sustancias húmicas.....	4
2.1.2 Clasificación de substancias húmicas.....	5
2.1.3 Ácidos húmicos.....	6
2.1.4. Ácidos fúlvicos	7
2.2 Composición química de los componentes de los humus.....	7
2.2.1 Grupos funcionales de las sustancias húmicas.	8
2.2.2 Contenido nutrimental de las sustancias húmicas	10
2.3 Mecanismo de interacción de las sustancias húmicas y los nutrimentos.	11
2.4 Uso de sustancias húmicas en el desarrollo de cultivos.	12
2.4.1 Las sustancias húmicas en la germinación.....	13
2.4.2 Las sustancias húmicas en el crecimiento de raíz	13
2.4.2 Las sustancias húmicas en el desarrollo del tallo	14
2.4.3 Efecto de las sustancias húmicas en el desarrollo de la planta	14
2.4.4 Sustancias húmicas en el desarrollo de frutos.....	15
2.5 Absorción de nutrientes	16
2.6 Efectos fisiológicos de las sustancias húmicas	17
2.7 Sustancias húmicas en cultivos hidropónicos.	18
2.8 Fertilización foliar	19
2.8.1 Mecanismos de absorción	20
2.8.2 Factores que afectan la fertilización foliar	22
2.9 Algunos aspectos del cultivo de chile Manzano.	23
III.- OBJETIVOS E HIPOTESIS.....	26
3.1 Objetivos	26
3.2 Hipótesis	26
IV.- MATERIALES Y METODOS.....	27
4.1 Localización del experimento	27
4.2 Material vegetal.....	27
4. 3 Establecimiento y conducción del experimento.....	28
4.4 Diseño experimental.	30
4.5 Origen de los ácidos	30
4.6 esdripcion de los tratamientos.....	31
4.7 Variables estudiadas.....	33
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	37
5.1 Dinámica de crecimiento.....	37
5.2 Indicadores agronómicos	38
5.3 Indicadores de calidad	51

5.4 contenido de macro y micro nutrientes	55
VI.- CONCLUSIONES	64
VII.- BIBLIOGRAFÍA.....	65

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Grupos funcionales de los ácidos húmicos.	9
Cuadro 2	Composición elemental de los ácidos húmicos y fúlvicos.	10
Cuadro 3	Composición química de los ácidos húmicos y fúlvicos	31
Cuadro 4	Tratamientos para el experimento, solución nutritiva y aplicación foliar	32
Cuadro 5	Fuentes de fertilización de macronutrientes para la preparación de la solución nutritiva Steiner con presión osmótica de 0.72 at (Steiner, 1984).	32
Cuadro 6	Mezcla de micronutrientes.	33
Cuadro 7	Análisis de varianza de cuatro variables respuesta en chile manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	39
Cuadro 8	Cuadro de comparación de medias de tres presiones osmóticas de la solución Steiner y respuesta de cuatro variables en chile manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	39
Cuadro 9	. Cuadro de comparación de medias de la aplicación foliar de sustancias húmicas en chile manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), y respuesta de cuatro variables Chapingo, México. 2010.	40
Cuadro 10	Cuadro de comparación de medias de nueve tratamientos en chile manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), y respuesta de cuatro variables en Chapingo, México. 2010.	40
Cuadro 11	Análisis de varianza de seis variables respuesta en chile manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	43
Cuadro 12	Cuadro de comparación de medias de tres presiones osmóticas de la solución Steiner y respuesta de seis variables	44

en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010.

Cuadro 13	Cuadro de comparación de medias de la aplicación foliar de tres concentraciones de sustancias húmicas en chile manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), y respuesta de seis variables Chapingo, México. 2010.	44
Cuadro 14	Cuadro de comparación de medias de nueve tratamientos en chile manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), y respuesta de seis variables en Chapingo, México. 2010.	45
Cuadro 15	Análisis de varianza de tres variables respuesta en chile manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	52
Cuadro 16	Comparación de medias de tres presiones osmóticas de solución Steiner y respuesta de tres variables en chile manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	52
Cuadro 17	. Cuadro de comparación de medias de la aplicación foliar de sustancias húmicas en chile manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), y respuesta de tres variables Chapingo, México. 2010.	53
Cuadro 18	Cuadro de comparación de medias de nueve tratamientos en chile manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), y respuesta de tres variables en Chapingo, México. 2010.	53
Cuadro 19	Análisis de varianza de cinco variables respuesta en chile manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	55
Cuadro 20	Cuadro de comparación de medias de tres niveles de solución Steiner y respuesta de cinco variables en chile manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	55
Cuadro 21	Cuadro de comparación de medias de las aplicación foliar y respuesta de cinco variables en chile manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	56
Cuadro 22	Cuadro de comparación de medias de nueve tratamientos en chile manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), y respuesta de tres variables en Chapingo, México. 2010.	56

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Dinámica de crecimiento de plantas de chile manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P).	37
Figura 2	Dinámica de engrosamiento de tallo en plantas de chile manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P).	38
Figura 3	Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritivas en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	41
Figura 4	Respuesta de la variable volumen a la aplicación de tres PO de solución nutritiva y la variable grosor de pericarpio a tres concentraciones de aplicación foliar en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	42
Figura 5	Respuesta de la variable Volumen en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010	42
Figura 6	Respuesta de la variable número de frutos comerciales (NFRC) a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y a tres concentraciones de aplicación foliar en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	46
Figura7	Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y concentración de aplicación foliar en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	46
Figura 8	Respuesta de la variable número de frutos pequeños (NFRP) a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y a tres concentraciones de aplicación foliar en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	47
Figura 9	Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y concentración de aplicación foliar en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	48
Figura 10	Respuesta de la variable número total de frutos (NTOT) a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y a tres concentraciones de aplicación foliar en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	49

Figura 11	Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y concentración de aplicación foliar en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	49
Figura12	Respuesta de la variable rendimiento (RTO) a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y a tres concentraciones de aplicación foliar en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	50
Figura 13	Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y concentración de aplicación foliar en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	51
Figura 14	Respuesta del contenido de capsaicina a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y a tres concentraciones de aplicación foliar en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	54
Figura 15	Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y concentración de aplicación foliar en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	54
Figura15	Contenido de Fosforo a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y a tres concentraciones de aplicación foliar en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	57
Figura17	Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y concentración de aplicación foliar en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	58
Figura18	Contenido de Potasio a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y a tres concentraciones de aplicación foliar en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	59
Figura19	Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y concentración de aplicación foliar en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México. 2010.	60
Figura 20	Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritiva y concentración de aplicación foliar en chile Manzano (<i>Capsicum pubescens</i> R y P), Chapingo, México.	61

2010.

- Figura 21 Contenido de hierro en el fruto de chile manzano tres diferentes presiones osmóticas y tres concentraciones de aplicación foliar de ácidos húmicos. 63
- Figura 22 Contenido de hierro en el fruto de chile manzano. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales 63

ÁCIDOS HÚMICOS Y FÚLVICOS EN LA PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA DE CHILE MANZANO (*Capsicum Pubescens* R y P) EN INVERNADERO

Antelma Hernández Hernández M.C

Colegio de postgraduados, 2011

Resumen

Para determinar el efecto de sustancias húmicas (SH) en el crecimiento del chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), en invernadero, se evaluaron tres niveles de presión osmótica de solución nutritiva Steiner (0.54, 0.72 y 0.90 atm) y tres concentraciones de aplicación foliar de sustancias húmicas (0.5, 1, 1.5 ml.L⁻¹ de agua de las SH)

Las variables medidas fueron: diámetro ecuatorial (DE), diámetro polar (DP), volumen (VOL), grosor de pericarpio (GP), número de frutos comerciales (NFRC), número de frutos pequeños (NFRP), número total de frutos (NTOT), rendimiento (RTO), peso seco de fruto (PSFR), firmeza (FIR), sólidos solubles totales (°BRIX), capsaicina (CAPS) y macro y micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y Fe. Al aplicar la solución nutritiva con presión osmótica de 0.54 junto con la fertilización foliar de 1.5 ml.L⁻¹ de agua de sustancias húmicas se observó un aumento en el volumen (VOL), número total de frutos (NTOT) y rendimiento RTO), además de que fue el tratamiento con mayor contenido de P, K, Ca, Mg y Fe.

Palabras clave: Sustancias Húmicas, Solución nutritiva, *Capsicum pubescens*, rendimiento.

HUMIC AND FULVIC HYDROPONIC PRODUCTION IN MANZANO HOT CHILI PEPPER (*Capsicum pubescens* R y P) IN GREENHOUSE

Antelma Hernández Hernández M.C

Colegio de postgraduados, 2011

ABSTRACT

To determine the effect of humic substances (HS) on growth of pepper (*Capsicum pubescens* R and P), under glass, we evaluated three levels of osmotic pressure Steiner nutrient solution (0.54, 0.72 and 0.90 atm) and three concentrations foliar application of humic substances (0.5, 1, 1.5 ml. L water-1 SH)

The variables measured were: equatorial diameter (DE), polar diameter (PD), volume (VOL), per carp thickness (GP), number of marketable fruit (NFRC), number of small fruits (NFRP), total number of fruits (NTOT), yield (RTO), dry weight of fruit (PSFR), firmness (FIR), total soluble solids (° Brix), capsaicin (CAPS) and macro and micro nutrients (N, P, K, Ca, Mg and Fe. At applying nutrient solution osmotic pressure of 0.54 along with foliar fertilization of 1.5 ml.l-1 water humic substances was observed an increase in the volume (VOL), total number of fruits (NTOT) and RTO yield), plus that was the treatment with higher levels of P, K, Ca, Mg and Fe

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento y facilidades brindadas durante la realización de mis estudios de Maestría.

Al Colegio de Postgraduados por facilitarme la oportunidad de continuar con mi formación profesional.

Al Dr. Roberto Quintero Lizaola, por el apoyo que me brindo durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados

Al Dr. Gustavo Baca castillo y Dr, Tijerina por sus observaciones realizadas en la presente investigación.

Al M.C. Rosalino Gasga peña, por sus acertadas aportaciones y observaciones realizadas en este trabajo.

Dr. Rogelio Castro Brindis, por su apoyo y por las facilidades que me brindo durante el desarrollo en la parte experimental de este trabajo.

Dedicatoria

A mi esposo (Gerardo Rojas Duran) con todo mi amor, hoy y siempre te agradezco el apoyo que me brindas en todo momento.

A mi hijo (Jesús Eduardo) quien ha sido el motor de mi superación.

A mis padres (Antonia y Manuel) por darme la vida, su cariño y amor en todo momento.

A mis hermanas (Yuri y Luisa) y a mis hermanos (Rogelio y Manuel)

A mis amigas y amigos (Chahua, Rufina y Rosalino) quienes me han apoyado en todo momento

Con cariño y admiración, sinceramente. . . .Antelma

I. INTRODUCCIÓN

Las sustancias húmicas en la actualidad tienen una gran importancia debido a las funciones que pueden ejercer en la disponibilidad de nutrientes actuando como un agente quelatante y/o acarreador de cationes. La mayoría de la investigación hecha hasta el momento se ha enfocado a estudiar su estructura, función y las ventajas que ofrece en la aplicación de cultivos, aunque debido a su tamaño muchos autores mencionan que no puede ser absorbida por las plantas. Se ha observado una serie de efectos positivos en la aplicación de estos. Los países en donde más se ha desarrollado su estudio son: Estados Unidos de América, Rusia, Francia, Alemania, Italia y Canadá. Se ha estudiado con gran amplitud el proceso de humificación y hasta ahora se conoce su función en cuanto a las características y el modo de acción de las moléculas de las sustancias en los suelos agrícolas y su efecto benéfico en la nutrición vegetal.

En México, sobre todo en el Norte, el uso de sustancias húmicas en la agricultura con fines de fertilización, inicia a fines de los años 80's, aunque la mayoría de estos productos orgánicos provienen de los minerales fósiles, los cuales se importan de Estados Unidos provocando altos precios de estos productos.

Para la obtención de sustancias húmicas, tiene que haber un proceso de mineralización (transformación de compuestos orgánicos en inorgánicos) y humificación (síntesis y/o unión química y/o biológica de compuestos de degradación de residuos de origen vegetal y animal), para transformarse en humus, el proceso es muy lento y para acelerar este proceso, se han adecuado metodologías que permiten obtener los ácidos a partir del proceso de descomposición de distintos materiales orgánicos.

La gran mayoría de las investigaciones hechas sobre la función de las sustancias húmicas, indican que estos están formados de grupos funcionales que intervienen

directamente en una gran cantidad de procesos fisiológicos involucrados con el crecimiento de las plantas e indirectamente en la nutrición vegetal en forma similar a los intercambiadores de iones sintéticos (agentes quelatantes), sin embargo, este mecanismo no está explicado por ello el objetivo de evaluar los efectos de las sustancias húmicas en la producción de chile manzano bajo un ambiente controlado en cultivo hidropónico.

II.-REVISIÓN DE LITERATURA.

2. 1 Definición de sustancias húmicas:

La mayor parte de la agricultura se desarrolla sobre suelo, y en este caso, la materia orgánica del suelo se describe, frecuentemente, como el factor clave para la fertilidad del mismo. Pero antes de entrar en tema sobre el papel de la materia orgánica sobre los cultivos, se debe definir el término.

La materia orgánica del suelo está conformada por la totalidad de las sustancias de tipo orgánico presentes en los suelos, incluyendo los restos de tejidos vegetales y animales inalterados, productos de descomposición parcial y total de la biomasa del suelo. A veces se excluye de la totalidad de la materia orgánica, la fracción orgánica soluble en agua y la materia orgánica estabilizada como lo es el humus (Stevenson 1994; Drozd *et al.*, 1996).

El término humus, se utilizó en la antigüedad para hacer referencia a la totalidad del suelo. Posteriormente se ha empleado como sinónimo de materia orgánica. En la actualidad, y como ya se ha mencionado, hace referencia a una fracción de dicha materia orgánica que engloba a un grupo de sustancias difícilmente clasificables, de color oscuro, muy resistentes al ataque microbiano, de alto peso molecular, de naturaleza coloidal y propiedades ácidas (Stevenson 1994).

En conclusión, las sustancias húmicas, que se encuentran con gran frecuencia en el medio natural, en suelos, sedimentos y aguas (MacCarthy *et al.*, 1990) son residuos de las plantas y animales en estado de descomposición, unidos a los productos sintetizados por los microorganismos del suelo y ciertos intermediarios de dicha síntesis (Ayuso, 1995). Esta composición no es estable sino que presenta gran dinamismo, por lo que más que un grupo de sustancias, estamos ante un estado de la materia orgánica, diferente según las condiciones de su formación. Entre un 60% y

un 90% de la materia orgánica del suelo está constituida por estos materiales de naturaleza lignoprotéica (Gallardo, 1980).

Pero las sustancias húmicas (SH) en el suelo se encuentran asociadas, mediante uniones de carácter débil (puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals.) a otra fracción orgánica constituida por productos de composición química definida y de alto peso molecular, polisacáridos y proteínas, sustancias simples como azúcares y aminoácidos y otras pequeñas moléculas. Sin embargo, en algunos casos, esas uniones son de tipo covalente. Todo este grupo tan heterogéneo de materiales se engloba bajo el término de sustancias no húmicas. En conclusión, el humus está formado por sustancias húmicas y no húmicas, aunque los términos humus y sustancias húmicas son empleados como sinónimos por algunos autores (Stevenson, 1994).

2.1.1 Formación de sustancias húmicas

La formación de sustancias húmicas involucra a todos los compuestos que se generan en la desintegración de la materia orgánica fresca, los subproductos humificados en diferentes grados interactúan y generan una infinidad de macromoléculas de complejidad, composición y estructura (Stevenson, 1994).

Se mencionan cuatro rutas mediante las cuales se forman las sustancias húmicas durante la degradación de materia orgánica:

- ❖ En la primera ruta, los azúcares reductores y aminoácidos formados se polimerizan y llegan a generar compuestos de color pardo.
- ❖ En la segunda ruta los polifenoles sintetizados microbiológicamente a partir de C no ligninico, enzimáticamente son oxidados a quinonas y convertidos a sustancias húmicas.

- ❖ En la tercera ruta los aldehídos fenólicos y ácidos orgánicos liberados microbiológicamente a partir de la lignina, sufren una conversión enzimática a quinonas que se polimerizan y forman compuestos semejantes a las sustancias húmicas.
- ❖ En la cuarta ruta algunos componentes derivados de la lignina microbiológicamente (O-Hidroxifenoles, COOH provenientes de la oxidación de cadenas alifáticas), llegan a formar sustancias húmicas.

2.1.2 Clasificación de sustancias húmicas

Generalmente se establece que las sustancias húmicas son el resultado del procesos de descomposición o transformación de una mezcla heterogénea de materiales orgánicos (animales y vegetales) llevadas a cabo por microorganismos (Stevenson 1994; Compagnoni y Putzolu 2001).

Estas sustancias se encuentran en la fase transformación bioenzimática, originado a partir de polímeros biológicos complejos estructuralmente, son de elevado peso molecular, con propiedades coloidales y con capacidad de adsorción y emisión del líquido de forma iónica antes adsorbida (Compagnoni y Putzolu 2001; Rodríguez 1992), además es un importante reservorio de nutrientes dado que consiste de coloides con carga superficial y establece enlaces permanentes con las partículas minerales, formando agregados altamente estables (Crowley, 2001; Varanini y Pinton, 2001).

Se clasifican de acuerdo a su solubilidad en soluciones alcalinas y ácidas las sustancias húmicas se clasifican en ácidos húmicos y ácidos fúlvicos. Son macromoléculas aromáticas complejas y estables, con estructura polimérica en forma de círculos, cadenas y racimos (Schnitzer, 1978; Schnitzer y Ghosh, 1982; Stevenson 1982; Schnitzer y Schulten, 1995), ciclos aromáticos condensados, con aminoácidos, amino-azúcares, péptidos y compuestos alifáticos.

2.1.3 Ácidos húmicos

Los ácidos húmicos son la fracción de sustancias húmicas solubles en medios alcalinos e insolubles en ácidos minerales y son de color café oscuro a negro (Tlatempa 2001) químicamente son anillos aromáticos, compuestos cíclicos de nitrógeno, cadenas peptídicas, carboxílicos y fenoles de alto peso molecular y alta capacidad de intercambio cationico, son macromoléculas de 800 y 500,000 UMA (unidad de masa atómica), y están compuestos de 62% de carbono y 30% de oxígeno, la mayor porción de oxígeno, parece estar presente como un componente estructural del núcleo y/o ciclos aromáticos. Contiene una fracción de proteínas unidos a un núcleo condensado, se identifica por grupos de alcohol carboxilo, carbonilo y quinonas. Los grupos funcionales oxigenados, están involucrados en reacciones con metales y minerales que proveen elementos nutrimentales para las raíces de los vegetales. Los ácidos húmicos 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 y oxihidróxidos.

Los ácidos húmicos de distintos suelos y materia orgánica en descomposición presentan estructuras muy semejantes (Tlatempa 2001). La forma de las moléculas juega un papel importante en la formación de la estructura del suelo el hecho de que estas moléculas posean una estructura flexible y ramificada con multitud de cavidades internas misma que determina su capacidad de absorción frente al agua (Labrador 2001).

2.1.4. Ácidos fúlvicos

Es la fracción de sustancias solubles en medios alcalinos y no se precipita en medios ácidos (morales, 2003). Son polímeros con un anillo aromático, grupos fenólicos y alto contenido de grupos carboxílicos con peso molecular bajo (de 170 a 2000 Da), con un 45 % de carbono y 48 % de oxígeno tiene una alta capacidad de intercambio cationico (Stevenson 1994; Coyne 2000). Una de sus características es su coloración más clara, mayor contenido de oxígeno y bajo contenido de carbono. El oxígeno puede ser considerado como grupos funcionales –COOH, -OH fenólicos, -COO y C=O, unidos a cadenas alifáticas y ciclos aromáticos

Según Labrador (2001) estos presentan una unidad nuclear (estructuras aromáticas de carbono) poco pronunciada con un predominio de cadenas laterales. Este predominio está representado por una relación de estructuras aromáticas/cadenas laterales.

2.2 Composición química de los componentes de los humus

Sustancias húmicas (ácidos húmicos y fúlvicos) comprenden el 65-70% de la materia orgánica en los suelos. Estos compuestos son producto de la descomposición de los tejidos de la planta, y se derivan principalmente de la pared celular lignificada. Los principales grupos funcionales de los ácidos húmicos son los carboxilos, hidroxilos, grupos fenólicos, hidroxilos alcohólicos, cetonas y quinonas (Russo y Berlyn, 1990; Durson 2007).

Labrador (2001) indica que los grupos hidroxifenólicos o carboxílicos (-OH –COOH), le dan propiedades ácidas a los ácidos húmicos y la posibilidad de formar complejos, es decir que pueden acomplejar y/o quelatar cationes, debido a su alto contenido de grupos funcionales libres. Se estima que la cantidad de carboxilos va de 500 a 900 meq/100g para los AH y los oxhidrilos fenólicos, cuya cantidad no es más de 1400

meq/100g para los AF, porque más del 80 % de la estructura molecular de dichos ácidos, está formada por los grupos funcionales mencionados, por ejemplo, los elementos metálicos son más rápidamente adsorbidos que los alcalino-térreos. El hidrogeno de estos grupos funcionales es susceptible a realizar reacciones de sustitución. Los ácidos húmicos también tienen grupos metoxilicos cuyo contenido es mayor en los AH recién formados y en menor grado en ácidos húmicos ya formados.

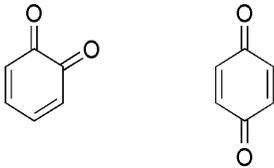
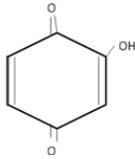
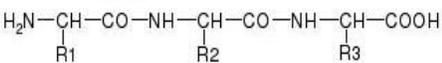
El nitrógeno es parte de las moléculas de los ácidos húmicos variando su contenido del 3 al 5 %, también encontramos una gran diversidad de aminoácidos (Labrador 2001).

2.2.1 Grupos funcionales de las sustancias húmicas.

Se sabe que la composición química de la materia húmica incluye a muchos anillos aromáticos que interactúan entre sí y con cadenas alifáticas, dando lugar a macromoléculas con diferentes masas. Teniendo en cuenta que la génesis de las sustancias húmicas implica una combinación de varios caminos de reacción y una gran variedad de sistemas químicos vinculantes, es muy difícil definir un concepto claro de su composición (Hayes, 1997).

La absorción de los ácidos húmicos está determinada por los grupos funcionales que contenga, el número de grupos funcionales varía dependiendo de la fuente de ácidos húmicos y fúlvicos, aunque se ha estimado que contienen grupos funcionales como los Hidroxilos, carboxilos y carbonilos (Ramírez y Sustaita 1991). La existencia de estos grupos funcionales con grandes cantidades de oxígeno como carbonilos, fenoles, enoles, y alcoholes le confieren a las sustancias húmicas una buena capacidad de quelatación a micronutrientes (Morales 2003).

Cuadro 1. Grupos funcionales de los ácidos húmicos

Nombre	Formula	Nombre	Formula
Amino	-NH ₂	Anhidro	R-CO-O-CO-R'
Amina	R-CH ₂ -NH ₂	Amina	R-CHNH
Amida	R-CO ₂ -NH ₂	Amino	=NH
Alcohol	R-CH ₂ -OH	Éter	R-CH ₂ -O-CH ₂ -R'
Aldehído	R-CHO	Ester	R-COOR
Carboxilo	R- COOH		
carboxilato	R-COO-	Quinona	
Enol	R-CH=CH- OH		
Cetona	R-CO-R'	Hidroxiquinona	
Ceto-acido	R-CO- COOH		
Carbonilo insaturado	-CH=CH- CHO	Péptido	

Fuente: Varanini *et al* 1993.

2.2.2 Contenido nutrimental de las sustancias húmicas

La composición elemental de las sustancias húmicas no es muy clara, por ello no se puede considerar como un elemento para poder clasificarlas dentro de un grupo u otro.

Algunos autores como Ramírez y Sustaita (1991) mencionan que se han demostrado que en experimentos que las sustancias húmicas contienen C, H, N, S Y O con rangos de concentración elemental, para los ácidos húmicos de C= 53.8 a 58.7 %, O = 32.8 a 38.3 %, H = 3.2 a 6.2%, N = 0.8 a 4.3% y S = 0.1 a 1.5%. Mientras que para los ácidos fúlvicos, son: C= 40.7 a 50.6 %, O = 39.7 a 49.8 %, H = 3.8 a 7.0 %, N = 0.9 3.3 % y S = 0.1 a 3.6%., otros autores como Steelink (1983), obtuvo la siguiente composición elemental de los ácidos húmicos y fúlvicos.

Cuadro 2. Composición elemental de los ácidos húmicos y fúlvicos

Elemento	Ácidos Húmicos (%)	Ácidos Fúlvicos (%)
Carbono	53.8 – 58.7	46.7 – 56.6
Oxígeno	32.8 – 38.3	39.7 – 49.8
Hidrogeno	3.2 – 6.3	3.8 – 7.0
Nitrógeno	.8 – 4.3	0.9 – 3.3
Azufre	0.1 – 1.5	0.1- 3.6

Los datos que se muestran en la tabla se han generado por investigaciones y la interpretación de la formación proveniente de esas investigaciones. Los ácidos húmicos y fúlvicos son diferentes ya que cuando se acidifica, la solución alcalina donde se encuentran disueltos hasta el pH de 2.0 se precipitan los ácidos húmicos, además de que a través de una solución alcohólica se pueden separar los ácidos himatomelánicos (fracción de ácidos húmicos solubles en alcohol), por eso se considera que hay anomalías en la manera de interpretar la composición de estas moléculas (Núñez 2000).

2.3 Mecanismo de interacción de las sustancias húmicas y los nutrimentos.

Las sustancias húmicas estimulan la absorción de iones en muchas plantas a una concentración de 10 a 100ppm (Zachariakis 2001). Dursun (2007) afirman que tienen efectos benéficos en la absorción de nutrientes por las plantas y particularmente en el transporte y disponibilidad de microelementos en la planta.

La complejación y/o quelatación es el papel más importante de las sustancias húmicas, ya que quelata los cationes y los coloca disponibles para la raíz de la planta además de que previene su precipitación. Se ha mencionado que los grupos carboxilos, hidroxilos fenólicos y alcohólicos de los ácidos húmicos y fúlvicos son los responsables de todo lo anterior ya que más del 80% de la estructura de las sustancias húmicas están formadas por los grupos funcionales antes mencionados. Los elementos metálicos son más rápidamente adsorbidos que los alcalinos térreos, ya que se compleja hierro y zinc más rápido que el sodio (Stevenson, 1982; Orlov, 1995), por lo que al adicionar ácidos fúlvicos el hierro es más abundante en tejido vegetal de follaje de tomate ya que hay mayor absorción del mismo (Ramos 2000). En el cultivo de melón se ha observado una mayor cantidad de calcio y resulta muy favorable para corregir la clorosis férrica en el cultivo de altramuz (Santiago 2007; Santiago 2008).

El mecanismo de crecimiento inducido por ácidos húmicos a un no es totalmente estudiado y se propone varias explicaciones como: el aumento de la permeabilidad de las membranas, la absorción de oxígeno, respiración y la fotosíntesis, absorción de fósforo por la raíz y elongación celular, transporte de iones y actuando como citoquininas (Dursun 2007).

2.4 Uso de sustancias húmicas en el desarrollo de cultivos.

El estudio de los efectos benéficos de las sustancias húmicas en el desarrollo de vegetales en diferentes etapas, se ha centrado principalmente en la germinación de semillas y producción de plántula ya que se ha encontrado que mejora la germinación y aumenta el porcentaje de germinación en jitomate (Ramos 2000). Se ha observado una mayor imbibición y germinación de semillas de trigo, maíz y cebada, crecimiento de raíz, además promueve un aumento en la respiración. La aplicación de sustancias húmicas en soluciones nutritivas ha mostrado efectos benéficos sobre cultivos de: tomate, pimiento, trigo, maíz, mijo, frijol y geranio.

La aplicación foliar y a la solución nutritiva de sustancias húmicas genera una mayor producción de yemas. Los complejos organometálicos de metales de Fe, Zn, Mn con una turba, lignito y turba o estiércol aumenta significativamente la absorción de micronutrientes y los rendimientos de varios cultivos (Chen and Solovitch 1988).

La presencia de sustancias húmicas promueve el crecimiento de plantas de vid, además aumenta en el número de brotes laterales, mayor altura, mayor contenido de materia seca de hojas tallos y raíces y aumento de la clorofila total, se ha encontrado que aumenta concentración foliar de clorofilas totales, *a* y *b* conforme crece la dosis de aplicación de sustancias húmicas (Ramos 2000). Además de que promueve un mayor contenido de carbohidratos, y concentración de clorofila en hojas, brotes. Aumenta los niveles de fosforo y potasio en raíces así como también los niveles de calcio, manganeso y zinc en hojas (Zachariakis 2001).

La aplicación de ácidos húmicos durante la floración puede llegar a tener efectos negativos, pero aplicado durante la fructificación los ácidos húmicos estimulan la acumulación de pigmentación y ayuda a que las hojas tengan una mayor eficiencia fotosintética lo que ayuda a tener frutos de mayor calidad ya que en la etapa de fructificación hay mayor demanda de carbohidratos y nutrientes (Hancock 1999; Neri 2002). Además de que tiene efecto sobre los parámetros de calidad de frutos que se

traduce en un aumento de la acidez, la conductividad eléctrica, los sólidos solubles y la vitamina C (Ramos 2000).

La aplicación foliar de sustancias húmicas en dosis crecientes no influye en los rendimientos productivos de un cultivo sin suelo de tomate cv. Daniela fertirrigado. Sin embargo en los parámetros de calidad nutricional de los frutos se ven estimulados (vitamina C, azúcares y proteínas totales). El contenido de proteínas totales en frutos aumenta considerablemente a dosis bajas (Ramos 2000).

Existen muchos reportes que revelan que los ácidos húmicos y fúlvicos estimulan el crecimiento vegetal en términos de longitud y peso fresco y seco, pero esto está en función de las fuentes de las sustancias húmicas y de las condiciones en las que se desarrolle el cultivo.

2.4.1 Las sustancias húmicas en la germinación.

Según Chen y Aviad (1990), el efecto de las sustancias húmicas en la germinación ha sido estudiado por diversos investigadores, lo más común es la imbibición y germinación de semillas en trigo en el cual se vieron efectos positivos en la aplicación de humatos de sodio, en el cual tuvo efecto en la absorción, respiración e incremento en la germinación con una aplicación de 100mg.L^{-1} Eyheraguibel (2007) menciona que los ácidos húmicos mejoran la germinación en maíz.

2.4.2 Las sustancias húmicas en el crecimiento de raíz

Eyheraguibel (2007) menciona que hay un aumento en el crecimiento de raíz en las semillas tratadas con ácidos húmicos y la longitud aumenta de manera progresiva y significativa además de que mostraron una mayor proliferación de raíces laterales

2.4.2 Las sustancias húmicas en el desarrollo del tallo

Según los resultados reportados en la literatura de investigación de los efectos positivos de las sustancias húmicas se observó por primera vez en factores fisiotécnicos que refleja un crecimiento de plantas tales como aumento de los brotes y longitud de la raíz o el peso fresco y seco para cada órgano de maíz. Sin embargo, la mayoría de los estudios se centran en el crecimiento de plantas jóvenes, y hay poca información disponible sobre el efecto de sustancias húmicas en conjunto en plantas maduras (las etapas avanzadas desarrollo, es decir, la floración). En plantas de olivo estimula el crecimiento de brotes (Escobar 1996).

La aplicación de sustancias húmicas tiene efecto positivo en el peso seco de la biomasa total, además de mayor número de formación de flores en plantas tratadas. Eyheraguibel (2007), en la producción de sorgo se logra mayor índice de cosecha (peso seco de panoja y altura de planta) con la aplicación foliar de estos (Ramírez 1994).

En varios trabajos revisados por Chen y aviad (1990) contaron que en los experimentos realizados concluyen que las sustancias húmicas (ácidos húmicos y fúlvicos), estimulan el crecimiento de los brotes de diversas plantas aplicadas en cualquier forma; asperjadas al follaje o aplicadas en la raíz sin tener en cuenta el modo de aplicación.

2.4.3 Efecto de las sustancias húmicas en el desarrollo de la planta

Las sustancias aplicadas por vía foliar tiene mejores resultados debido a que la absorción es inmediata. Al aplicar estos se logra incrementar el desarrollo de meristemas apicales debido a que influyen en algunos procesos bioquímicos en la pared celular. Además puede actuar como transportadoras de nutrientes al interactuar con los fosfolípidos de las membranas (Chen *et al* 1990).

Chen *et al* (1990) mencionan que la substancia húmicas en soluciones minerales ayuda al crecimiento de varias especies vegetales lo que hace creer que dicha substancia actúa como hormona de crecimiento vegetal, sin embargo otros autores como Olsen (1930) y Burk *et al* (1932), aseguran que el efecto positivo de las substancias húmicas sobre las plantas se puede atribuir a la solubilización de iones como Fe, por lo que cuando se utilizan substancias húmicas para mejorar el crecimiento de las plantas es necesario suministrar suficiente cantidad de minerales.

La absorción de las moléculas orgánicas en las plantas tiene efectos bioquímicos en la pared celular, membrana o en citoplasma. En el caso de los ácidos húmicos y fúlvicos, se favorece el crecimiento de las plantas si son aplicados vía foliar o en soluciones de nutritivas (Chen *et al* 1990).

2.4.4 Substancias húmicas en el desarrollo de frutos

La aplicación prolongada de ácidos húmicos tiene un efecto positivo en la calidad de la fruta, reduce el número de frutos deformes y aumenta el contenido de azúcar. Estos efectos positivos sobre la calidad de la fruta probablemente se deben a un efecto positivo indirecto de las aplicaciones foliares de ácido húmico de toda la planta. Las aplicaciones foliares también tienen efecto en la concentración de pigmentos en las hojas.

Durante la maduración del fruto y en la cosecha, los ácidos húmicos estimulan la acumulación de pigmentos, lo que resulta en hojas más verdes con mayor eficiencia fotosintética, lo que da como resultado mejor calidad del fruto e incrementó la resistencia a la pudrición de fruta. Ciertos estudios realizados en Chile se ha encontrado que tanto la aplicación al suelo o vía foliar el tratamiento tiene éxito y podría ser utilizado para obtener un mayor rendimiento de fruta y pueden mejorar

significativamente la calidad del fruto en pimiento cultivado orgánicamente (Karakurt 2009).

2.5 Absorción de nutrientes

Eyheraguibel (2007) indican que con la aplicación de sustancias húmicas se observa un aumento en la nutrición mineral es decir en general aumenta la absorción de macro y microelementos que podría estar relacionado con la estimulación del crecimiento de plantas. La aplicación de los extractos húmicos mejora la absorción de potasio, calcio, fósforo, nitrógeno, manganeso y hierro, además se ha observado mayor concentración de nutrientes en los tejidos radicales, probablemente debido a su contacto directo con la solución de nutrientes, también se ha observado un ligero aumento en la absorción de cobre, magnesio y azufre. En olivo promueve mayor acumulación de K, B, Mg, Ca y Fe en las hojas, la aplicación foliar de extractos húmicos influye en la concentración de K, Ca, Mg, Fe, B, en hojas en condiciones de campo, (Escobar 1996). En trigo se ha observado que el mayor peso seco y la absorción de nutrientes se obtuvieron a partir del 1 g kg⁻¹ tratamiento de humus aplicado al suelo y en aplicación foliar se tiene un efecto en Mg y Fe y absorción de Mn (Vahap 2009).

Las sustancias húmicas pueden tener un efecto directo de la absorción de los compuestos húmicos por la planta, que afectan a ciertas actividades enzimáticas, permeabilidad de la membrana, o una indirecta (cambios en la estructura del suelo, aumento de la capacidad de intercambio catiónico, la estimulación de la actividad microbológica, la capacidad de solubilizar ciertos iones complejos del suelo (Chen & Aviad, 1990; Alianiello *et al.*, 1991; Pinton *et al.*, 1992; Biondi *et al.*, 1994).

La influencia del humus del suelo sobre la absorción de iones, y más en general sobre el crecimiento de las plantas, ha sido examinado por Vaughan y Malcolm (1985); Chen y Aviad (1990); Varanini y Pinton (2001) y Clapp *et al.* (2001). Los

efectos de los ácidos húmicos en la captación de iones parecen ser más o menos selectivo y variable, en relación con su concentración y el pH del medio; sin embargo, en algunos cultivos como el rábano se ha observado una correlación negativa entre la biomasa aérea y la concentración de materia seca, y una mayor absorción se asocia generalmente con dosis más pequeñas de ácidos húmicos y aplicación foliar, pero en dosis más altas aumenta la absorción de metales pesados lo cual es muy útil para fines de fitorremediación (Bandiera 2009).

2.6 Efectos fisiológicos de las sustancias húmicas

Se han presentado pruebas de que el efecto de sustancias húmicas en el crecimiento de la planta depende de la fuente, la concentración y peso molecular de la fracción húmica. Un tamaño molecular 3500 Da alcanza fácilmente el plasmalema de las células de las plantas superiores y un tamaño molecular (HMS. Da 3500) no se absorbe y puede interactuar sólo con de la pared celular, además de que puede ejercer a nivel de la membrana plasmática e influir positivamente en la absorción de algunos nutrientes, y en particular los nitratos. El efecto en el metabolismo es menos evidente aunque parece influir en la respiración y la fotosíntesis. En plantas en crecimiento se ha visto un aumento en el contenido de clorofila, que, a su vez, podría afectar a la fotosíntesis (Serenella 2002, Sladky, 1959), Sin embargo, el aumento de la clorofila no necesariamente aumenta el rendimiento.

Las sustancias húmicas aplicadas a la solución de plantas en crecimiento, estimula la actividad enzimática relacionada con la vía de la reducción de sulfato fotosintética (Ferretti *et al.*, 1991). Este efecto positivo de las sustancias húmicas, también se ha observado en el metabolismo fotosintético principal en hojas de maíz, cuando disminuyó del contenido de almidón, aumento el contenido de azúcares solubles (Merlo *et al.*, 1991). Este cambio parece estar mediado por las variaciones de la actividad enzimática, implicada en el metabolismo de los hidratos de carbono.

Se ha mencionado que las sustancias húmicas parecen mostrar una actividad similar a las hormonas, esto no es claro si esta actividad está vinculada estrictamente a la estructura química de las sustancias húmicas o si depende de las hormonas de origen microbiano atrapado en ellas. En cualquier caso, muestran efectos estimulantes sobre el crecimiento celular de los vegetales. Aunque se llegue a absorber solo una parte de estas, esto es suficiente para modificar la forma activa del metabolismo vegetal (Vaughan y Malcolm, 1985; Muscolo y Nardi, 1999). Sus efectos parecen ser principalmente ejercidos sobre las funciones de la membrana celular, la promoción de la absorción de nutrientes (Visser, 1986; Varanini y Pinton, 1995), o el crecimiento de las plantas y el desarrollo, actuando como sustancias de tipo hormonal.

En algunos estudios realizados en trigo duro se ha visto que los ácidos húmicos no tienen efecto en la fotosíntesis o la conductancia estomática, mientras que la actividad de la Rubisco y contenido de proteína foliar muestran respuestas intermedias (Delfine 2004).

2.7 Sustancias húmicas en cultivos hidropónicos.

En general, los efectos directos de las sustancias húmicas son más evidentes en un medio hidropónico que en el suelo, ya que la planta no encuentra ningún obstáculo a la absorción de dichas sustancias, por lo que las dosis pueden ser sustancialmente menores que las que se añaden a los suelos.

En condiciones hidropónicas se ha observado que las sustancias húmicas inducen a una precocidad en la floración y modifican el desarrollo de la raíz, es decir, hay mayor cantidad de raíces, lo que sugiere una posible interacción de las sustancias húmicas con los procesos de desarrollo (Eyheraguibel 2008).

Dursun (2007) indica que la aplicación de ácidos húmicos en tomate y berenjena tiene efectos benéficos, pero la dosis es diferente entre un cultivo y otro.

Rauthan y Schnitzer (1981) Mencionan que al adicionar ácidos fúlvicos en el cultivo de pepino en crecimiento, los ácidos fúlvicos a concentraciones de 100 mg L^{-1} de agua, incrementaron la longitud de raíz en 31 %, el peso del tallo en 81 %, el peso de la planta en 130 %, el número de hojas y flores por planta fue de 40 y 145 %, respectivamente, con respecto a plantas donde se adicionaron mucho más altas concentraciones de las mencionadas sustancias. En adición al incremento en longitud y peso fresco y seco, las sustancias húmicas pueden ejercer un efecto favorable en el desarrollo de raíces adventicias, en soluciones nutritivas (Vaughan y Malcolm, 1985). En raíces de tomate producidas en solución nutritiva, los ácidos húmicos fueron más efectivos que los ácidos fúlvicos en el aumento del crecimiento (Schnitzer 1991), sin embargo, podría parecer que estas dos fracciones húmicas influyen diferentes aspectos del crecimiento y que los ácidos húmicos acondicionan la pared celular para aumentar la elongación celular ocasionada por la presión de turgencia, mientras que los ácidos fúlvicos producen efectos opuestos.

2.8 Fertilización foliar

Esta práctica resulta factible según algunos autores ya que se ha encontrado efectos positivos en rendimiento y calidad de algunos cultivos como frijol, haba, y cacahuate (Aysa 1995, Sánchez 1998; Bautista 2005).

La fertilización foliar se define como la aplicación en la parte aérea de las planta de soluciones químicas que contienen elementos esenciales o benéficos para el crecimiento de las plantas.

Los primeros antecedentes que se tiene de aplicación foliar fue en árboles frutales con una aspersión foliar de una mezcla de estiércol, cenizas de madera, cal y orina. (Forsyth en 1789).

La práctica de la aplicación foliar de ciertos elementos es muy común ya que de esta forma se pueden corregir deficiencias de micro elementos como son el hierro, zinc cobre manganeso boro y molibdeno

La fertilización foliar no es una práctica muy común en el cultivo de chile manzano, a pesar de que con esto se pueden corregir algunas deficiencias nutrimentales aunque cabe mencionar que esta no substituye a la fertilización tradicional, si no que solo es una práctica de respaldo, es decir solo para suplementar la fertilización ya sea por suelo o vía solución nutritiva.

2.8.1 Mecanismos de absorción

La absorción se lleva a cabo en varias etapas

Las sustancias que se aplican en la superficie de las hojas penetra a la cutícula y a la pared celular por difusión libre, y posteriormente la sustancia se introduce vía apoplasto y es absorbida en la membrana plasmática y finalmente las sustancias llegan al citoplasma (Swietlik y Faust, 1984; Haynes y Goh 1977). Se indican que existen tres rutas posibles que los nutrientes siguen después de la penetración: la primera es la traslocación de iones a los espacios libres del tejido vascular y el almacenamiento en el floema; posteriormente es transportada fuera de la hoja, hacia los sitios de demanda. La segunda involucra el transporte activo a través del simplasto vía plasmodesmos. La tercera implica la posibilidad de quedar almacenados en la célula para su posterior uso (Wolfgang 1967; Swietlik y Faust 1984)

2.8.1.1 Penetración por la cutícula

Las sustancias pasan al interior de las hojas a través de la cutícula, la pared celular y la membrana celular. La cutícula es la parte que pone más resistencia a la penetración, esta es una capa lipoidal que cubre todas las partes aéreas de las plantas su grosor varía de 0.5 a 15 μm formada por dos capas, la externa formada de cutina y ceras y la interna compuesta de cutina, celulosa, pectinas y algunas ceras (Bukovac y petrcek, 1993). La cutícula es una barrera entre las células del mesofilo y el ambiente.

La entrada de una sustancia a través de la cutícula se debe a un proceso de difusión, donde la temperatura y el gradiente de concentración juegan un papel determinante. La capacidad de penetración de los cationes depende de su radio de hidratación. La penetración de compuestos orgánicos tiene una relación inversa al peso molecular. A pesar de existir barreras, la entrada de iones ocurre gracias a la presencia de canales denominados ectodesmos, que van desde la membrana celular hasta la cutícula (Ferrandon y Chamel, 1988; Swietlik y Faust 1984).

2.8.1.2 Penetración por estomas

Las células oclusivas de los estomas no están cutinizadas, son células que presentan una absorción activa, similar a la absorción radical. Alrededor de los estomas también se encuentran espacios intercelulares donde de forma natural o a través de humectantes es posible el paso de nutrimentos (Acosta 1991; chaMel 1988, Wolfgang 1986).

2.8.1.3 Penetración por ectodesmos

A los ectodesmos o rutas polares se les adjudica la participación en la absorción foliar, los ectodesmos son prolongaciones del citoplasma que se dirigen hacia la epidermis y atraviesan parte de de la pared celular, se les denomina rutas polares

porque van entre los bloques de cera embebida en la cutina y permiten el paso de las sustancias con mucha mayor facilidad que el resto de la cutícula. Los ectodesmos se localizan en las células basales de los tricomas o en células epidérmicas alrededor de los tricomas, también se acumulan encima o debajo o en ambos lados de las nervaduras (Marschner 1995, Wolfgang 1967).

2.8.2 Factores que afectan la fertilización foliar

La cutícula es una membrana de lípidos, cubre todos los órganos primarios la mayor cantidad de lípidos son los lípidos cuticulares, cutina y ceras, los cuales están presentes en estado sólido. Los iones inorgánicos están rodeados por capas de hidratación, que no puede ser despojado en condiciones fisiológicas. Estas capas de hidratación previenen la entrada de iones de las fases de lípidos y como consecuencia de las membranas de lípidos, incluso aquellos en estado líquido, son esencialmente impermeables a los iones hidratados (Stein, 1967). Los iones se mueven a través de membranas citoplasmática a través de los poros y canales acuosos formados por proteínas de transporte integrado en la doble capa de fosfolípidos (Taiz y Zeiger, 1998). No se ha demostrado que existan tales proteínas de transporte en las cutículas, teóricamente la cutícula debe ser impermeable a los iones hidratados, sin embargo, existen abundantes pruebas que muestran que los iones inorgánicos y orgánicos pueden penetrar en las cutículas (Strugger, 1939; Butterfass, 1956; Franke, 1967; Schönherr y Bukovac, 1970). Por lo tanto, la cuestión relativa a los lugares y la naturaleza de las trayectorias de iones en las cutículas sigue abierta, en presencia de estomas abiertos puede ser infiltrado por las soluciones acuosas (Schönherr y Bukovac, 1972; Knoche, 1994) y esto elimina la cutícula como barrera.

Ya en 1976 se habla de la existencia de un gran número de poros acuosos de las dimensiones moleculares en estomas y cutículas en hojas de cítricos (Schönherr, 1976). Se argumentó que surgen de la hinchazón de las cutículas, es decir, por

absorción de agua en grandes cantidades a los grupos polares en cutina. Iones hidratados puede difundir en un entorno acuoso (Schönherr, 2000; 2001; Schönherr y Lubert, 2001). Más recientemente Eichert *et al.* (1998) y Eichert y Burkhardt (2001) proponen un canal continuo entre las películas acuosas en las cutículas y el mesófilo de las hojas.

2.9 Algunos aspectos del cultivo de Chile Manzano.

Cultivo

La producción de Chile Manzano involucra una serie de procesos los cuales van desde la siembra hasta la cosecha.

Tratamiento de semilla algunos autores mencionan que la semilla más apropiada es la que se obtiene directamente de los frutos, esto se debe a que la testa de estas aun se encuentra con alto contenido de humedad y facilita su rompimiento durante el proceso de germinación y se tiene mayor índice de germinación la cual puede darse de cinco a seis días. Cuando se tiene semillas conservadas por cierto tiempo se recomienda remojar la semilla de 12 a 24 horas para reblandecer la testa, con esta práctica la germinación es aproximadamente a los 12 días, también se pueden realizar tratamiento con H_2SO_4 en una concentración de 200 a 300 ppm para facilitar y acelerar la germinación.

Producción de Plántula

La producción de plántula puede realizarse en charolas de 200 cavidades, en las que permanecen hasta que tengan 4 hojas verdaderas, posteriormente se trasplantan a vasos de unicel del número 8 hasta que formen de 8 a 12 hojas verdaderas. El sustrato que tiene mejores resultados es una Mezcla de turba y agrolita (Growing Mix, Peat moss) en una proporción 3:1.

Riegos

Durante la fase de plántula se debe mantener con 80% de humedad en el sustrato tanto en charolas como en vasos y en el sustrato definitivo. La cantidad de agua depende de las condiciones del ambiente temperatura, radiación solar y humedad ambiental, pero en general se considera que las plantas recién trasplantadas consumen 350 ml de agua por día y cuando están en plena producción consumen de 2 a 2.3 litros de agua por día.

Sombreado

En la fase de almacigo es necesario proporcionar 70% de sombra, esto se puede hacer colocando una malla al 70% de sombra o plástico negro de calibre 200 colocado a un metro de altura sobre el nivel de las plantas. En plantas en producción la sombra debe ser al 50%.

Trasplante

Cuando las planta han formado de 8 a 12 hojas verdaderas es el momento del trasplante, en este momento aparece la primera bifurcación en el tallo. Las macetas apropiadas para el trasplante de este cultivo son las bolsas de polietileno calibre 600 de 50x50 de altura y de anchura respectivamente, los cuales se llenan con tezontle fino (menor a 3mm de diámetro). Antes del trasplante debe saturarse el sustrato con agua limpia, acidificada (pH de 5.5).

Sistema de tutoreo

Se recomienda guiar a la planta en forma de V utilizando madera o alambre galvanizado, esta forma de conducir a la planta facilita el manejo y la cosecha.

Resumen de revisión de literatura.

Los ácidos húmicos y fúlvicos son de gran importancia ya que pueden mejorar la producción de cultivos además de darle un valor agregado al producto, ya que mejora la calidad de los frutos y aumenta el rendimiento, además de ayudar a la absorción de nutrimentos debido a su efecto como acarreador y/o quelatante, lo que ayuda a absorber los nutrimentos alcalinotérreos y alcalinos.

III.- OBJETIVOS E HIPOTESIS

3.1 Objetivos

Evaluar los efectos de la aplicación foliar de las sustancias húmicas (ácidos húmicos y fúlvicos) sobre el cultivo de chile manzano en hidroponía

Comparar el efecto de las sustancias húmicas aplicadas al follaje sobre la absorción de nutrimentos y calidad en fruto

3.2 Hipótesis

La aplicación foliar de sustancias húmicas, incrementa la absorción de nutrimentos y mejora la calidad y numero de frutos en chile manzano.

A cierta proporción (1.5 ml L⁻¹ de agua) lasas sustancias húmicas tienen efectos benéficos en el rendimiento del cultivo de chile Manzano.

IV.- MATERIALES Y METODOS

4.1 Localización del experimento

El trabajo experimental se realizó en los invernaderos de las instalaciones de la Universidad Autónoma Chapingo en el “Ranchito” en Texcoco, Estado de México.

4.2 Material vegetal

El material vegetal usado fue semilla de chile manzano de una variedad local del Estado de Puebla. Este material fue colectado y sembrado en la Sierra Norte de Puebla. Antes del transplante se trasladaron a Texcoco Estado de México.

Producción de plántula.

Antes de llevar a cabo la siembra la semilla se remojó por 4 horas con agua para reblandecer la testa, lo cual permitió que la germinación fuera más rápida.

La producción de plántula se realizó en charolas de unicel de 200 cavidades como sustrato se empleo peat moss. En el momento que las plantas tuvieron 4 hojas verdaderas (aproximadamente 45 días después de la siembra), estas se cambiaron a vasos de unicel de No. 8. Durante la fase de plántula, se mantuvo con suficiente humedad el sustrato, la cantidad de agua que se necesito estuvo en función de las condiciones de temperatura, radiación y humedad ambiental.

4. 3 Establecimiento y conducción del experimento

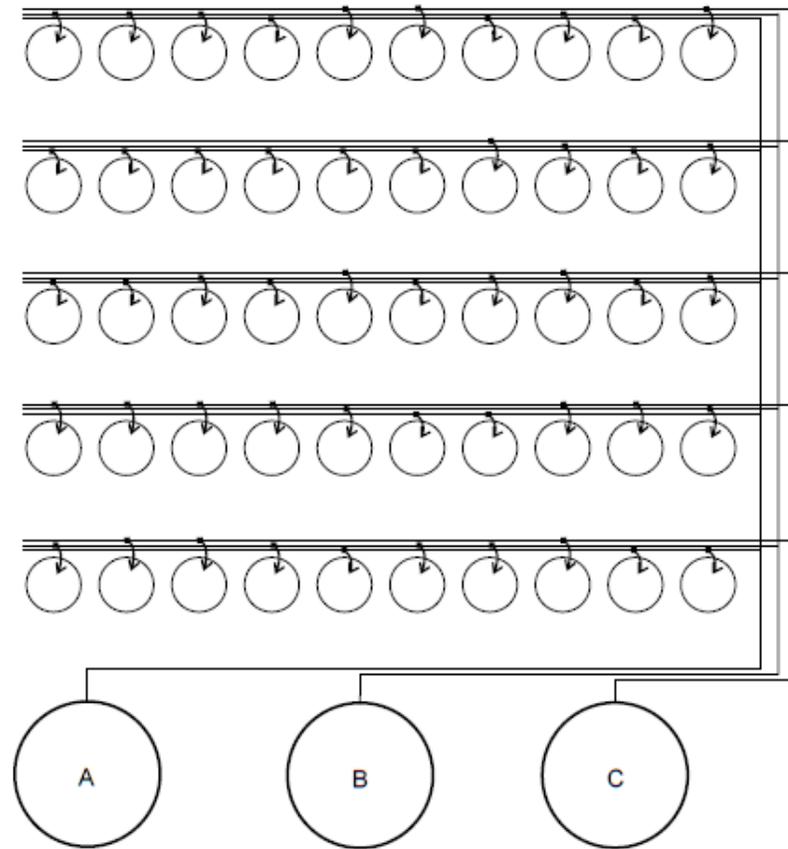
Transplante

El transplante se llevo a cabo cuando las plantas tenían ocho hojas (60 días después de la siembra), los contenedores fueron bolsas de polietileno negro calibre 600 de 45 x 50 cm, colocadas a una distancia de 1.1 m entre hileras y 0.5 m entre macetas con orificios en la base para permitir un buen drenaje en caso de excesos de riego, ya que el sistema hidropónico fue en sistema abierto. Como sustrato se utilizó el tezontle rojo con granulometría de 0.1 a 10mm.

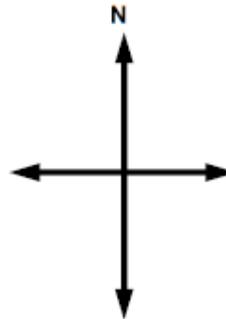
Solución nutritiva

La solución nutritiva que se utilizo fue Steiner a la presión osmótica de 0.54, 0.72 y 0.90 atm. La solución se empezó a aplicar a los 10 días después del trasplante hasta la cosecha. La cantidad de agua que se aplicó fue un volumen de 2520 ml diarios que se distribuyeron en 6 riegos.

La aplicación de la solución nutritiva se realizo por un sistema de suministro de agua de riego, formado por una red de contenedores de 200 L. La red de distribución de la solución nutritiva fue mediante válvulas y distribuyéndola a cada planta como se muestra en el esquema siguiente.



Tanque A = Solución nutritiva al 0.72 atm
Tanque B = Solución nutritiva al 0.90 atm
Tanque C = Solución nutritiva al 0.54 atm



Fuente: Esquema del sistema de riego diseñada por el M. C. Rosalino Gasga peña

Sistema de tutureo

El cultivo fue conducido en un sistema que consistió en colocar un par de maderas a cada extremo de las hileras de las plantas de chile, formando una "V" y se colocaron hilos de rafia y alambre galvanizado a diferentes niveles de 25 a 30 cm de separación entre ellos.

4.4 Diseño experimental.

El experimento se estableció en el ciclo primavera-verano de 2010. La siembra se realizó el 12 de mayo, se utilizó un diseño experimental factorial completo 3x3 con distribución de los contenedores completamente al azar, con tres repeticiones, la unidad experimental consistió en una planta, sembrada en una bolsa utilizando como sustrato tezontle rojo, las bolsa fueron de polietileno negro calibre 600 de 45 x 50 cm, colocadas a una distancia de 1.1 m entre hileras y 0.5 m entre macetas, se aplicaron tres niveles de solución nutritiva y tres niveles de fertilización foliar con ácidos húmicos y fúlvicos (cuadro 4).

4.5 Origen de los ácidos

Los ácidos húmicos que se van a utilizar en este estudio es a base de un producto ya comercial (Nutripro Forte®) se eligió por la composición siguiente:

Cuadro 3. Composición química de los ácidos húmicos y fúlvicos

Composición	Cantidad	Composición	Cantidad
Aminoácidos libres	829 mg/L	Calcio	450ppm
Materia orgánica	3.5%	Magnesio	220ppm
Ácidos húmicos	24%	Azufre	3ppm
Ácidos fúlvicos	19%	Hierro	80ppm
Carbono orgánico	43%	Manganeso	3.1ppm
Nitrógeno total	1.8%	Cobre	35ppm
Fosforo (P ₂ O ₅)	1.01%	Zinc	50ppm
Potasio (K ₂ O)	1.2%		

Fuente: nutripro Forte ®

4.6 Descripción de los tratamientos

Los ácidos húmicos y fúlvicos se aplicaron a una dosis de 0.5, 1.0 y 1.5 ml L⁻¹ de agua. Para la preparación de solución nutritiva se usó solución Steiner a presión osmótica de 0.54, 0.72 y 0.90 atmósferas. Los ácidos se aplicaron vía foliar cada 8 días.

Los ácidos húmicos y fúlvicos se empezaron a aplicar a los 8 días después del trasplante, también se inició la medición de altura de planta y diámetro de tallo,

Cuadro 4. Tratamientos para el experimento, solución nutritiva y aplicación foliar

Tratamiento	Presión osmótica de la solución nutritiva Steiner (atmosferas)	Concentración de las sustancias húmicas (ml L ⁻¹)
T1	0.54	0.50
T2	0.54	1.00
T3	0.54	1.5
T4	0.72	0.50
T5	0.72	1.00
T6	0.72	1.5
T7	0.9	0.50
T8	0.9	1.00
T9	0.9	1.5

Es este estudio se aplicaron tres presiones osmóticas de solución nutritiva, la cual se formulo tomando en como referencia la solución nutritiva Universal de Steiner (1984) mostrada en el cuadro siguiente

Cuadro 5. Fuentes de fertilización de macronutrientes para la preparación de la solución nutritiva Steiner con presión osmótica de 0.72 atm (Steiner, 1984)

Fuente	Peso molecular	Peso equivalente	mol _c m ⁻³	gL ⁻¹
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	236.15	118.08	9	1.06
KNO ₃	101.10	101.10	3	0.30
K ₂ SO ₄	174.30	87.15	3	0.26
MgSO ₄ ·7H ₂ O	246.50	123.25	4	0.49
KH ₂ PO ₄	136.09	136.09	1	0.14

Los micro elementos de administraron partir de una mezcla (Cuadro 6), y el B se suministro como H₃BO₃ (Baca, 1983),

Cuadro 6. Mezcla de micronutrientes

Elemento	Req. Nutrim. (mg L-1)	Requerimientos en ppm
Mn	1.0	1.6
ZN	0.2	0.023
Cu	0.2	0.02
B	0.5	0.865
Fe	3.3	3

Fuente: Steiner 1984.

4.7 Variables estudiadas

A continuación se detallan las variables estudiadas

Concentración nutrimental en tejido vegetal

Para la concentración nutrimental en tejido vegetal se tomaron muestras al azar de frutos de chile en estado de madurez comercial a los 140 días después del trasplante.

Diámetro polar y ecuatorial.

El diámetro polar y ecuatorial del fruto se midió en mm con un vernier electrónico se utilizaron cinco plantas de cada repetición, esto se realizó en cada cosecha (cada 8 días).

Volumen

El volumen de los frutos se midió en ml utilizando una probeta de 1000 ml. sumergiendo el fruto en agua.

Firmeza del fruto

La firmeza del fruto expresada en Newtons, se determinó empleando un texturómetro Chatillon, mod FDV- 30(Greenwich, CT 06836, USA), con puntal cónico. Se registro la fuerza necesaria para penetrar el fruto; esta variable se midió en los lados opuestos ecuatoriales del fruto.

Grosor de pericarpio

El grosor de pericarpio se midió en cinco frutos de cada tratamiento en la parte ecuatorial del fruto de chile manzano utilizando un vernier electrónico con precisión en mm.

Concentración de sólidos solubles totales (°Brix).

La concentración de sólidos solubles totales se determinó empleando un refractómetro digital ATAGO, PR-100 de 0-32% (Honcho, Itabashi-Ku, Tokyo 173, Japón). Colocando una gota de jugo del fruto sobre la celda del aparato, la medición se realizó en tres frutos de cada planta del primer corte hasta el cuarto corte de frutos.

Peso medio de fruto

Para el peso medio de fruto se tomaron 5 frutos de cada unidad experimental, se pesaron uno por uno en una balanza de precisión de un gramo.

Concentración nutrimental en tejido vegetal

Para la determinación de nutrimentos se tomaron tres repeticiones de cada tratamiento.

La determinación de nitrógeno se realizó por el método microkjeldhal. (Bremner y Breitenbeck (1983) y el P, K, Ca, Mg y Fe por el método de digestión húmeda para su posterior análisis mediante Espectrofotometría de emisión Atómica de Plasma por Inducción Acoplada (AES-ICP) (Alcantar y Sandoval, 1999).

Contenido de Capsaicina

Para la determinación de nutrimentos se tomaron tres repeticiones de cada tratamiento (nuestra compuesta de 5 frutos)

En la determinación de capsaicina se utilizó un método que incluye la extracción, purificación y cuantificación. En la operación de la extracción, se empleó un sistema que comúnmente se utiliza para efectuar una determinación de extracto etéreo. El material de vidrio consiste en una trampa de Soxlet, un matraz balón de 250 ml. y un refrigerante de rosario el cual lleva colocada una extensión de tubería de vidrio en su extremo superior para seguridad durante el proceso.

Se tomaron 10 g de muestra picada y se depositaron en un cartucho de papel y se cerró. La sustancia extractora empleada fue alcohol isopropílico, haciendo uso de 110 ml. Se utilizó como fuente de calor una parrilla eléctrica. El tiempo empleado fue de aproximadamente 2.5 hrs.

La determinación se hizo en un espectrofotómetro (Thermo Spectronic UV-Visible Spectrophotometer, Spectronic GENESYS 10 UV-Vis) con una longitud de onda de 190 – 1100 nm, modelo spectral R-5 nm y longitud de onda, dentro del espectro ultravioleta. Correspondiente a 281 nm, utilizando como testigo alcohol isopropílico puro, para ajustar el aparato.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó por medio del programa computacional statistical analyses system versión 9.0. Los resultados se sometieron a análisis factorial y de varianza. La comparación de medias de la interacción presión osmótica por concentraciones de ácido húmico se hicieron mediante la prueba de Scheffe con una significancia de ($\alpha=0.05$).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1 Dinámica de crecimiento

Para el estudio de dinámica de crecimiento se tomaron 15 mediciones, las cuales se hicieron cada 8 días. De acuerdo con la figura 1 no se observan diferencias significativas entre tratamientos, el crecimiento es casi lineal, sin embargo el tratamiento que destaca en crecimiento es el tratamiento 4 ya que pues es el que presentó mayor altura, y el tratamiento que presenta menor altura es el T1.

Como se puede observar en la Figura 1 el nivel de solución nutritiva y la aplicación foliar de ácidos húmicos no tuvieron efectos sobre el crecimiento.

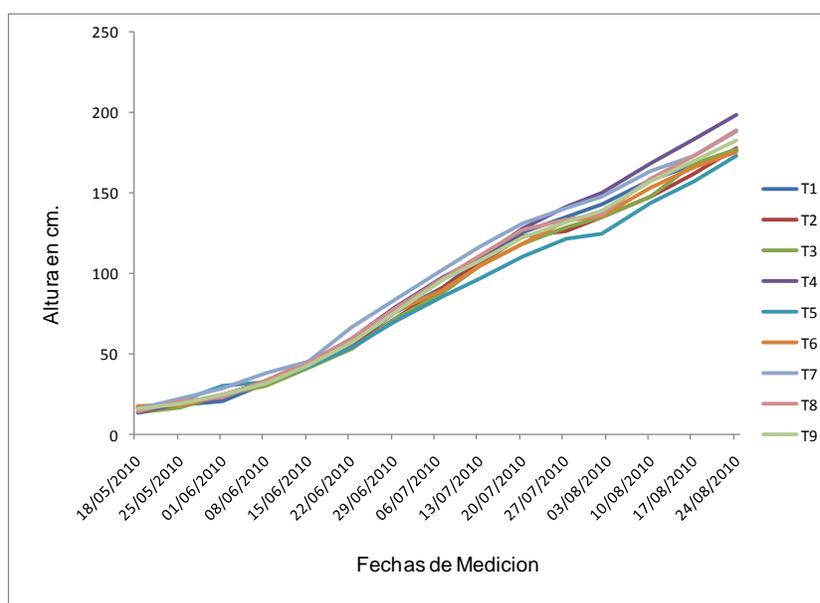


Figura 1. Dinámica de crecimiento de plantas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P)

Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos por Rodríguez *et al* (2009) en plantas de trigo, al igual que con los resultados obtenidos por Mackowiak *et al.* (2001), pero difieren de los resultados de Tejada y González, 2004) en arroz, trigo (Delfine *et al.*, 2005) y uva (Ferrara y Brunetti, 2008), quienes reportan que

promueve el crecimiento mediante la aplicación foliar de las sustancias húmicas, al igual que los resultados de Nardi *et al.* (1999) reportaron que las fracciones húmicas con alta cantidad de grupos fenólicos y carboxílicos mostraron un efecto significativo en el crecimiento de *Pinus sylvestris* y *Picea abies*. Zachariakis (2001) encontró que con plantas de vid tratadas con 50 y 500 ppm de ácidos húmicos las diferencias encontradas en el crecimiento y el contenido de nutrientes en plantas tratadas no hubo diferencias significativas.

Se hicieron 19 mediciones del diámetro de tallo cada 8 días. Los tratamientos no tuvieron efectos significativos, todos muestran la misma tendencia de crecimiento y en promedio el diámetro de tallo vario de 15 a 17 mm

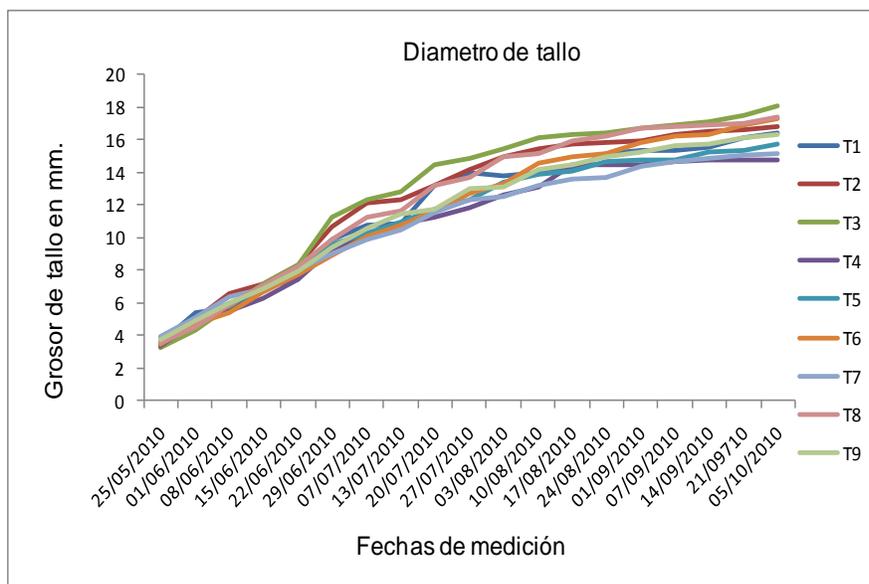


Figura 2. Dinámica de engrosamiento de tallo en plantas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P).

5.2 Indicadores agronómicos

En los indicadores agronómicos (Cuadro 7) se pueden observar ciertas diferencias, debidas a la presión osmótica de la solución nutritiva y a la concentración de la aplicación foliar

También se encuentra en dicho cuadro el análisis de varianza de las variables diámetro ecuatorial, diámetro polar, volumen y grosor de pericarpio y en el cuadro 8 la comparación de medias

Cuadro 7. Análisis de varianza de cuatro variables respuesta en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010

Factor de Variación	Grados de Libertad	DE (mm)	DP (mm)	VOL (ml)	GP (mm)
Potencial osmótico (PO)	2	48.49 ns	156.42 *	1962.79 **	0.582 ns
Ácidos húmicos (AH)	2	42.59 ns	178.11 *	242.62 ns	1.498 *
PO * AH	4	28.53 ns	30 *	421.51 **	0.222 ns
Error	18	17.24	35.36	81.011	0.388
Total	26				

DE: Diámetro ecuatorial; DP: Diámetro polar; VOL: Volumen de fruto; GP: Grosor de pericarpio. ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$); * Significativo ($p \leq 0.05$); ns: no significativo.

Cuadro 8. Cuadro de comparación de medias de tres presiones osmóticas de la solución Steiner y respuesta de cuatro variables en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010.

Presión Osmótica	DE (mm)	DP (mm)	VOL (ml)	GP (mm)
0.54 atm	53.617 a	57.726 a	118.52 a	5.71 a
0.72 atm	49.982 a	50.178 ab	89.90 b	5.33 a
0.90 atm	54.301 a	57.020 ab	110.55 a	5.228 a

DE: Diámetro ecuatorial; DP: Diámetro polar; VOL: Volumen de fruto; GP: Grosor de pericarpio. Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha 0.05$).

Cuadro 9. Cuadro de comparación de medias de la aplicación foliar de sustancias húmicas en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), y respuesta de cuatro variables Chapingo, México. 2010.

Concentración de ácidos Húmicos	DE (mm)	DP (mm)	VOL (ml)	GP (ml)
0.5	50.924 a	49.94 b	100.65 a	5.39 ab
1.0	53.6 a	56.54 ab	107.5 a	5.03 b
1.5	53.90 a	58.43 a	110.83 a	5.85 a

DE: Diámetro ecuatorial; DP: Diámetro polar; VOL: Volumen de fruto; GP: Grosor de pericarpio. Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha 0.05$).

Cuadro 10. Cuadro de comparación de medias de nueve tratamientos en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), y respuesta de cuatro variables en Chapingo, México. 2010.

Tratamientos	DE (mm)	DP (mm)	VOL (ml)	GP (mm)
0.54-0.5	51.24 a	54.83 a	112.22 ab	5.95 a
0.54-1.0	54.20 a	56.49 a	123.34 a	5.23 a
0.54-1.5	55.41 a	61.85 a	120.00 ab	5.96 a
0.72-0.5	50.26 a	41.51 a	87.22 bc	4.96 a
0.72-1.0	49.27 a	54.87 a	76.67 c	5.11 a
0.72-1.5	50.42 a	54.15 a	105.83 abc	5.94 a
0.90-0.5	51.28 a	53.52 a	102.50 abc	5.27 a
0.90-1.0	55.73 a	58.26 a	122.50 abc	4.77 a
0.90-1.5	55.89 a	59.28 a	106.67 abc	5.64 a

DE: Diámetro ecuatorial; DP: Diámetro polar; VOL: Volumen de fruto; GP: Grosor de pericarpio. Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha 0.05$).

En el análisis de varianza y comparación de medias de la aplicación foliar y solución nutritiva no hubo diferencias significativas en cuanto a el diámetro ecuatorial (DE) (cuadro 7, 8, 9, 10), con respecto al diámetro polar el análisis de varianza y

comparación de medias muestran diferencias (Cuadro 7 y Figura 3), pero al interactuar la solución nutritiva con la aplicación foliar, no se muestran diferencias en ambas variables (Cuadro 10).

En la variable volumen, el análisis de varianza (Cuadro 7) muestra una diferencia altamente significativa para la solución nutritiva, no significativa para la aplicación foliar, por otro lado la comparación de medias muestra que la solución nutritiva que tuvo efecto benéficos son las soluciones nutritivas con presión osmótica de 0.54 y 0.90 de atm (Cuadro 10 y Figura 4), en la aplicación foliar de ácidos húmicos no hubo diferencias. El factor presión osmótica no tuvo efectos significativos al igual que la aplicación foliar, pero al comparar todos los tratamientos el mejor tratamiento es la solución nutritiva con presión osmótica de 0.54 atm con la aplicación foliar de 1 ml. L⁻¹ (Cuadro 10 y figura 5).

En la variable grosor de pericarpio, los ácidos húmicos presentaron efectos benéficos (Cuadro 9 y Figura 4), pero la interactuar el factor solución nutritiva junto con la aplicación foliar no hubo diferencias estadísticamente significativas.

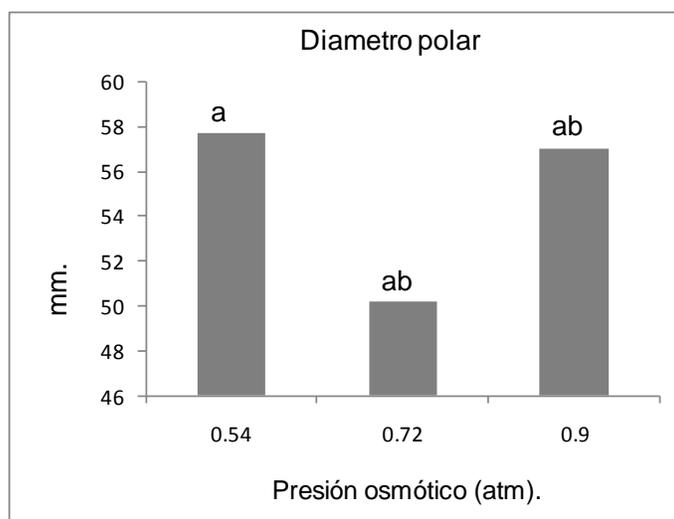


Figura 3. Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritivas en chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

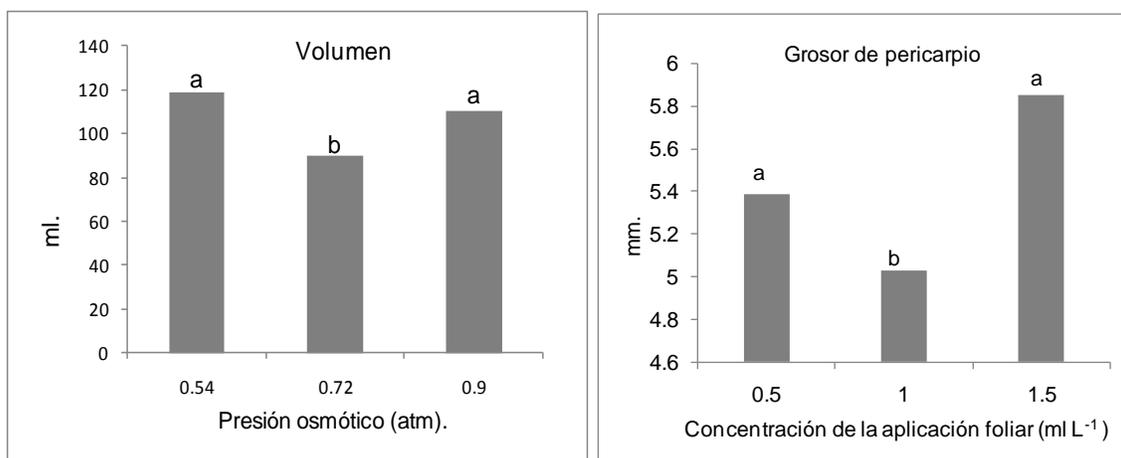


Figura 4. Respuesta de la variable volumen a la aplicación de tres PO de solución nutritiva y la variable grosor de pericarpio a tres concentraciones de aplicación foliar en Chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

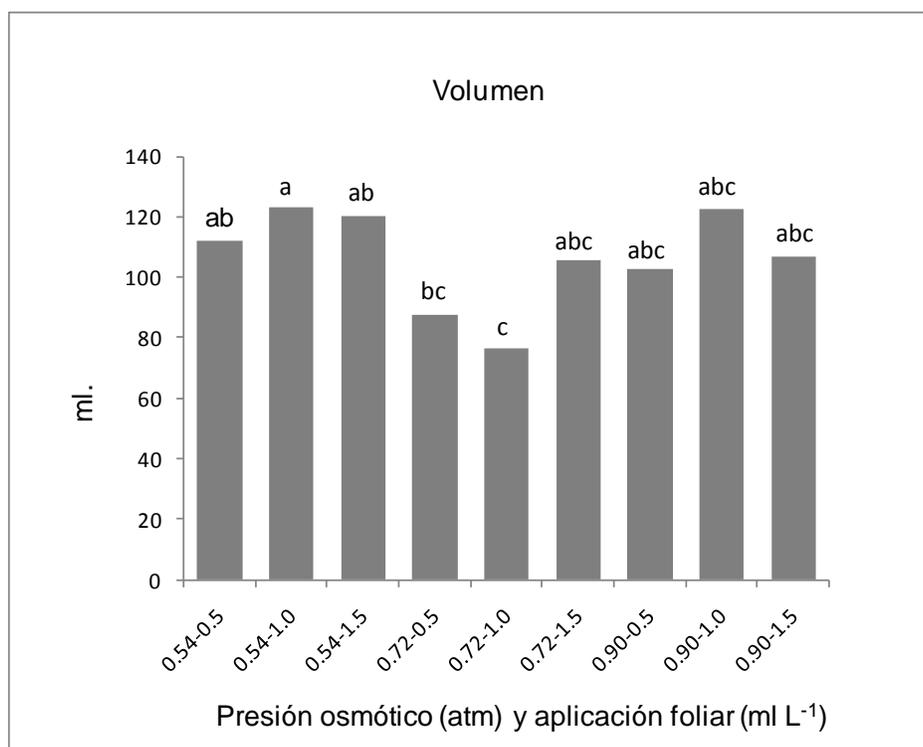


Figura 5. Respuesta de la variable Volumen en Chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el análisis de varianza se puede observar que los factores PO y AF tuvieron efectos latamente significativos para las variables NFRC, NFRP, NOT, y RTO, para la variable PFR solo hubo efecto de la aplicación foliar y en PSFR tuvo efecto la presión osmótica (Cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis de varianza de seis variables respuesta en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010

Factor de							
Variación	GL	NFRC	NFRP	NTOT	PFR (g)	RTO (g)	PSFR (g)
Presión osmótico							
(PO)	2	21587.5 **	372.6 **	3550.84 **	118.2 ns	3001430.8 **	3.48 *
Aplicación foliar (AF)							
	2	1274.8 **	852.7 **	4212.84 **	198.6 *	5106521.5 **	2.48 ns
PO*A F	4	134.8 **	2745.4 **	3399.68 **	84.1 *	389182.5 **	1.26 ns
Error	18	32.9	40.6	124.51	37.2	43059.8	0.86
Total	26						

GL: grados de libertad; NFRC: numero de frutos comerciales; NFRP: numero de frutos pequeños; NTOT: Número total de frutos; PFR: peso fresco; RTO: rendimiento; PSFR: peso seco de fruto. ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$); * Significativo ($p \leq 0.05$); ns: no significativo

Al separar ambos factores en la comparación de medias la presión osmótica, que tuvo mejores efectos es la de 0.90 (Cuadro12 y Figura 6), ya que es uno de los que presento los valores más altos en las variables NFRC, NFRP, NTOT y PSFR, en cuanto a la aplicación foliar de ácidos húmicos y fúlvicos la concentración que tuvo mejores efectos es la más alta la de 1.5 ml. L⁻¹(Cuadro 13 y Figura 6)

Cuadro 12. Cuadro de comparación de medias de tres presiones osmóticas de la solución Steiner y respuesta de seis variables en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010.

Presión						
osmótico	NFRC	NFRP	NTOT	PFR (g)	RTO (g)	PSFR (g)
0.54	35.11 b	46.33 a	81.44 b	71.117 a	2010.36 b	6.48 a
0.72	23.5 c	33.778 b	57.27 c	64.79 a	1330.02 c	5.24 ab
0.90	54.16 a	42.5 a	196.66 a	64.88 a	2478.48 a	5.79 ab

NFRC: numero de frutos comerciales; NFRP: numero de frutos pequeños; PFR: peso fresco; RTO: rendimiento; PSFR: peso seco de fruto. Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha 0.05$).

Cuadro 13 Cuadro de comparación de medias de la aplicación foliar de tres concentraciones de sustancias húmicas en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), y respuesta de seis variables Chapingo, México. 2010.

Aplicación Foliar	NFRC	NFRP	PFR (g)	NTOT	RTO (g)	PSFR (g)
0.5	28.94 b	33.67 b	62.59 b	62.61 b	1569.47 b	5.95 a
1.0	32.67 b	37 b	66.28ab	69.66 b	1443.05 b	5.27 a
1.5	51.17 a	51.94 a	71.92 a	103.11 a	2806.34 a	6.3 a

NFRC: numero de frutos comerciales; NFRP: número de frutos pequeños; PFR: peso fresco; RTO: rendimiento; PSFR: peso seco de fruto. Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha 0.05$).

Al comparar ambos factores (presión osmótica y aplicación foliar) en la variable numero de frutos comerciales se pueden observar muchas diferencias pero pocas son las que son estadísticamente significativas (Cuadro 14), los mejores resultados se pueden observar con la presión osmótica de 0.54 y 0.90 atm, la solución con presión osmótica de 0.72 atm parece que tuvo efectos negativos (Figura 7), en esta variable los mejores tratamientos son la soluciones con presión osmótica de 0.54 y 0.90 con altas concentraciones de aplicaciones foliares, esto puede deberse a un efecto positivo que se tuvo en la aplicación de ácidos húmicos, esto concuerda con

los resultados obtenidos por Neri (2002), en fresa ya que encontró que la aplicación prolongada de ácido húmico tuvo un efecto positivo en la calidad de la fruta, y que reduce el número de frutos deformes y podridos en fresa.

En las variables peso fresco de fruto (PFR) y peso seco de fruto (PSFR) no hubo diferencias estadísticamente significativas

Cuadro 14. Cuadro de comparación de medias de nueve tratamientos en chile manzano (*Capiscum pubescens* R y P), y respuesta de seis variables en Chapingo, México. 2010.

Tratamientos	NFRC	NFRP	NTOT	PFR (g)	RTO (g)	PSFR (g)
0.54-0.5	23.33 de	25.50 ed	48.83 cd	69.29 a	1247.80 ed	6.15 a
0.54-1.0	31.50 cde	26.00 ed	57.50 cd	71.64 a	1472.20 cde	6.20 a
0.54-1.5	50.50 abc	87.50 a	138.00 a	72.42 a	3311.10 a	7.10 a
0.72-0.5	23.00 ed	34.50 cde	57.50 cd	56.02 a	1167.80 e	6.13 a
0.72-1.0	12.00 f	17.50 e	29.50 d	68.67 a	824.00 e	3.98 a
0.72-1.5	35.50 bcd	49.33 bc	84.83 bc	69.68 a	1998.30 bcd	5.61 a
0.90-0.5	40.50 bcd	41.00 cd	81.50 bc	62.47 a	2292.80 b	5.56 a
0.90-1.0	54.50 ab	67.50 ab	122.00 ab	58.52 a	2033.00 bc	5.62 a
0.90-1.5	67.50 a	19.00 ed	86.50 bc	73.67 a	3109.70 a	6.19 a

NFRC: número de frutos comerciales; NFRP: número de frutos pequeños; NTOT: número total de frutos; PFR: peso fresco; RTO: rendimiento; PSFR: peso seco de fruto. Valores con la misma letra entre columnas son estadísticamente iguales. Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha 0.05$).

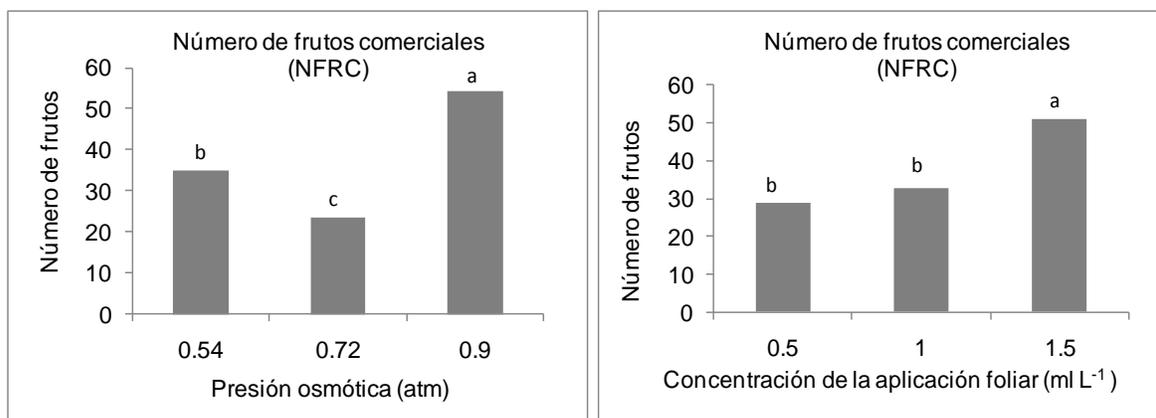


Figura 6 Respuesta de la variable número de frutos comerciales (NFRC) a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y a tres concentraciones de aplicación foliar en Chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

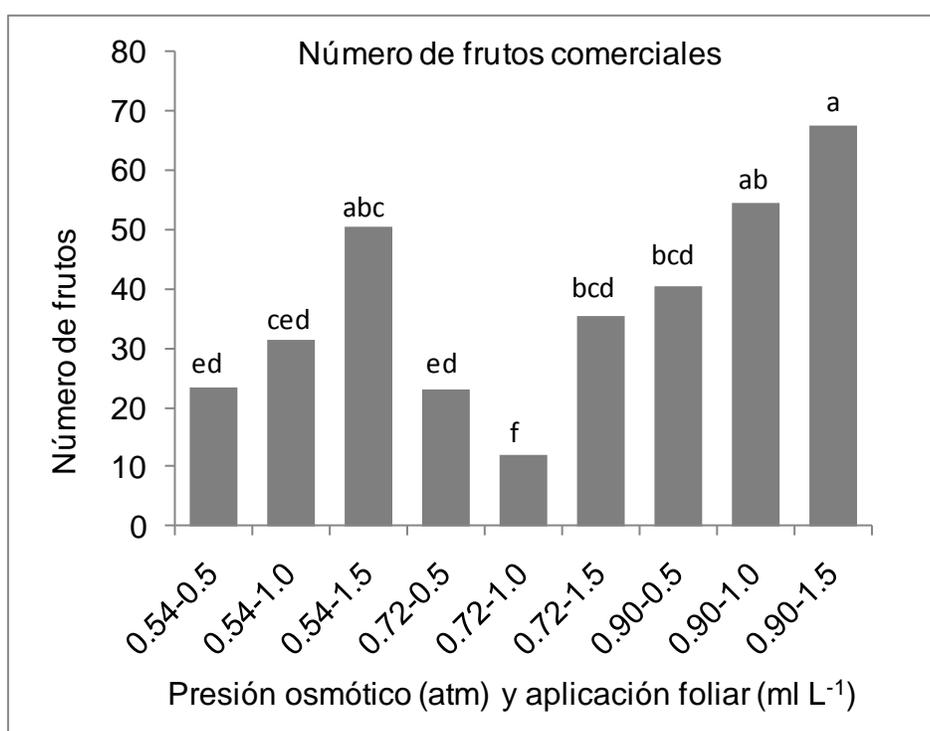


Figura 7. Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y concentración de aplicación foliar en Chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el número de frutos pequeños no hubo diferencias significativas entre la presión osmótica de 0.54 y 0.90, (Cuadro 12 y figura 8) por otra parte la aplicación de 1.5 ml L⁻¹ de ácidos húmicos tuvo un efecto benéfico en la mayor producción de frutos pequeños (cuadro 13 y Figura 8), cabe mencionar que estos frutos no llegaron a madurez comercial debido a que se tuvo que realizar antes el muestreo destructivo para llevar a cabo este estudio, por ello, estos frutos se consideran como rendimiento potencial (Cuadro Cuadro 14 y figura 9).

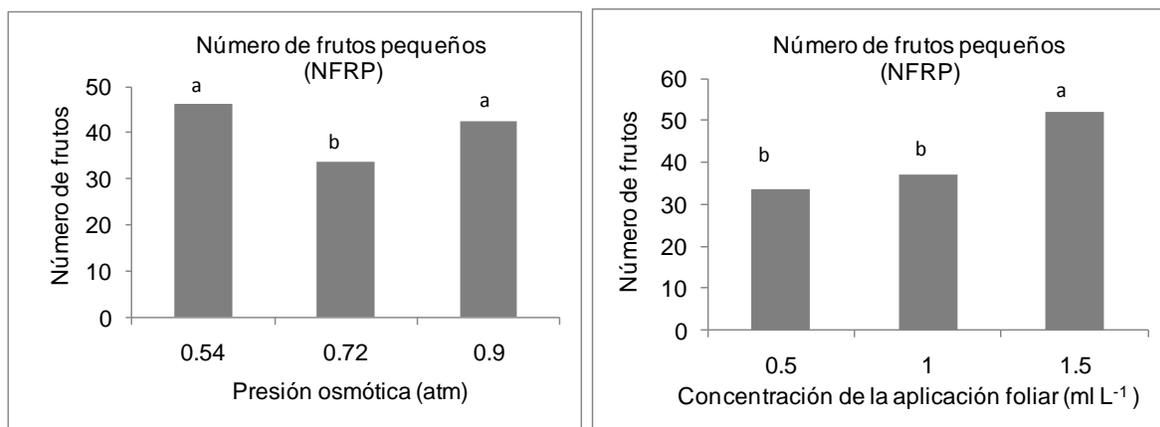


Figura 8. Respuesta de la variable número de frutos pequeños (NFRP) a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y a tres concentraciones de aplicación foliar en Chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

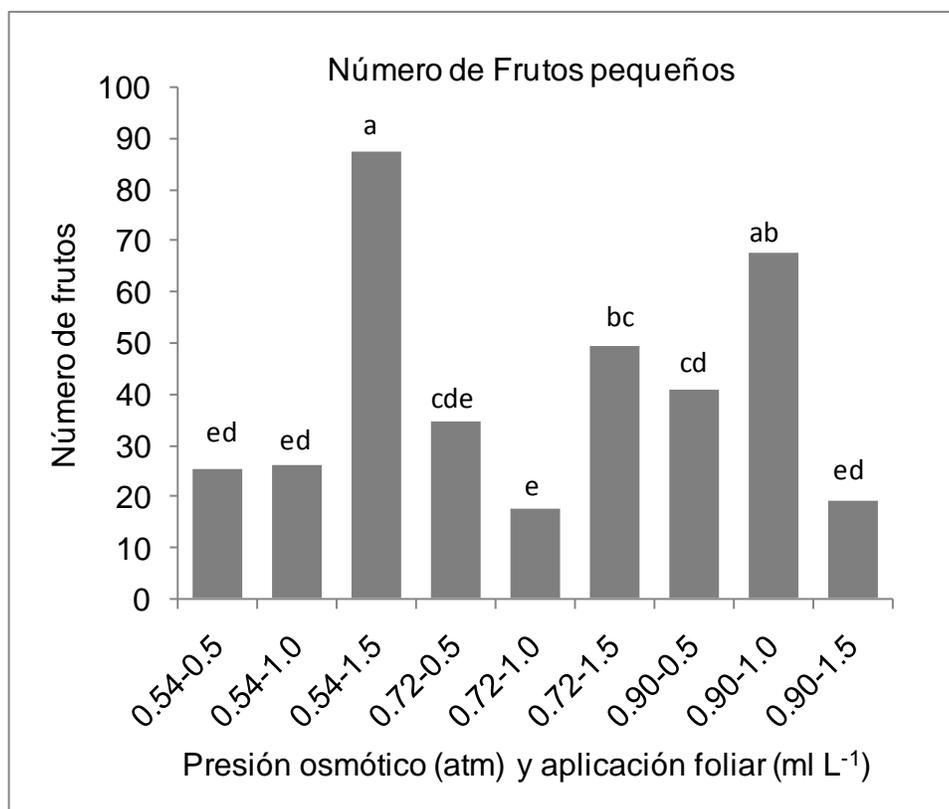


Figura 9. Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y concentración de aplicación foliar en chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

En la variable número total de frutos (NTOT) se sumó el número de frutos comerciales (NFRC) y frutos pequeños (NFRP), la presión osmótica de 0.90 fue la mejor (cuadro 12 y figura 10), al igual que la aplicación de ácidos húmicos de 1.5 ml. L⁻¹ (Cuadro 13 y Figura 10), pero al interactuar ambos factores, presión osmótica y aplicación foliar el mejor tratamiento para el número total de frutos fue con la solución nutritiva de 0.54 atm con la aplicación de ácidos húmicos más alta 1.5 ml L⁻¹ (Cuadro 14 y Figura 11), estos resultados coinciden con los encontrados por Schnitzer (1981) al aplicar ácidos fúlvicos en pepino aumentó el número de pepinos, a concentraciones de 100 mg L⁻¹ de agua por otro lado López (2010) reporta que en jitomate la aplicación de ácidos húmicos, aumentó el número de flores por planta en un 40 a 145 %.

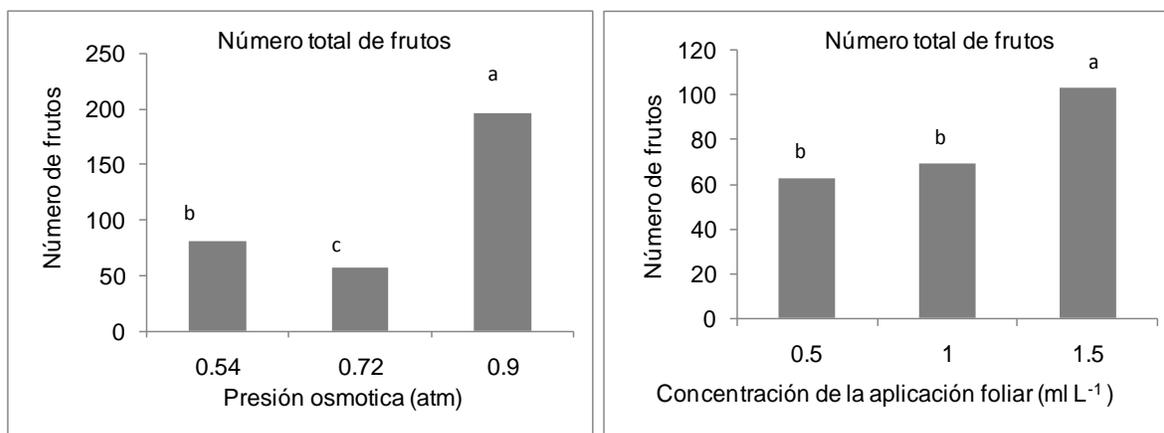


Figura 10. Respuesta de la variable número total de frutos (NTOT) a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y a tres concentraciones de aplicación foliar en chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

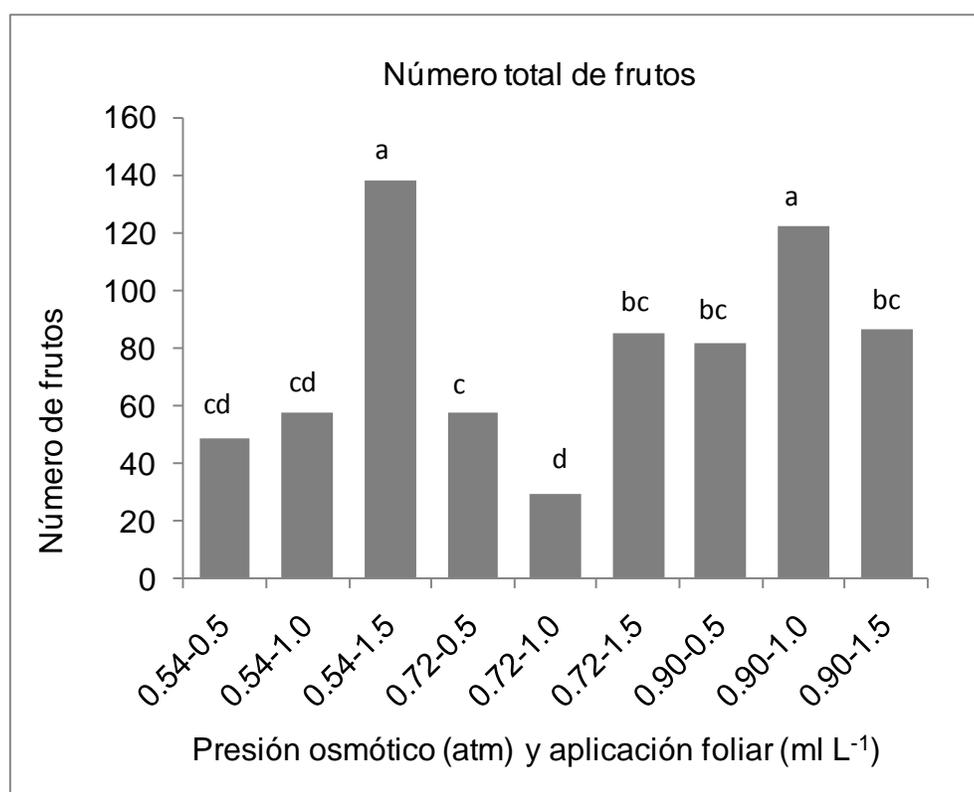


Figura 11 Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y concentración de aplicación foliar en chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

En la comparación de medias de la variable rendimiento (RTO) la presión osmótica más alta junto con la concentración más alta de ácidos húmicos son las que presentan los valores más altos (Cuadro 12 y 13 y Figura 12), interactuar ambos factores la solución con presión osmótica de 0.54 y 0.90 junto con la aplicación foliar de 1.5ml.L⁻¹ de ácidos húmicos de no tuvieron deferencias estadísticamente significativas (Cuadro 14 y Figura 13), pero el mejor tratamiento es la solución con presión osmótica de 0.54 con la aplicación foliar de 1.5 ml.L⁻¹ de ácidos húmicos (Cuadro 14y Figura 13).

El rendimiento por planta de la solución con presión osmótica de 0.90 con 1.5 ml L⁻¹. Fue superior al rendimiento obtenido por Gasga (2006) aplicando únicamente solución al 0.90 quien obtuvo 3.24 kg por planta, en este estudio se obtuvo 5.853kg (peso promedio estimado de la suma de frutos pequeño y frutos comerciales) por planta aplicando 1.5ml de ácidos húmicos y conducido bajo el mismo sistema.

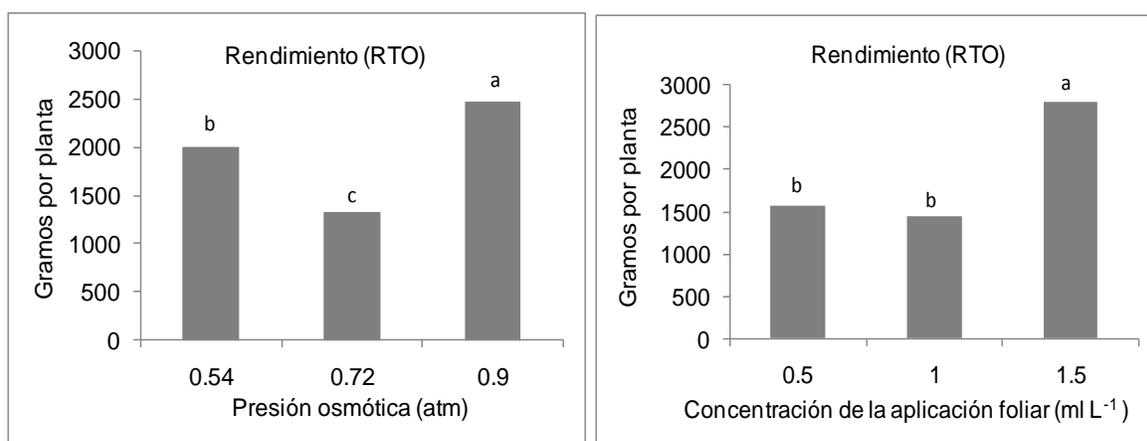


Figura 12. Respuesta de la variable rendimiento (RTO) a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y a tres concentraciones de aplicación foliar en chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

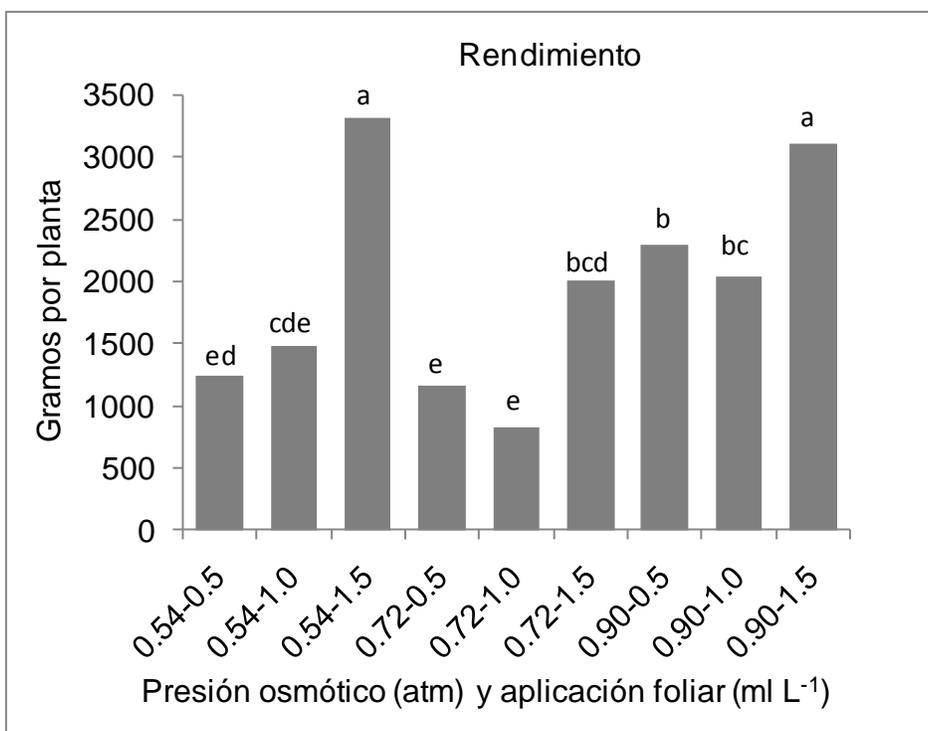


Figura 13. Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y concentración de aplicación foliar en chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

5.3 Indicadores de calidad

En el análisis de varianza y comparación de medias las variables, firmeza y grados brix no tuvieron efectos estadísticamente significativos (Cuadros 15, 16 y 17), en el contenido de capsaicina la aplicación foliar tuvo efecto significativos y altamente significativos la solución nutritiva (Cuadro 15), por otro lado la comparación de medias la solución con presión osmótica baja (0.54 atm) mostro los valores más altos (Cuadro 16) y en la aplicación foliar las dosis más altas son las que mostraron los valores más altos(Cuadro 17).

Cuadro 15. Análisis de varianza de tres variables respuesta en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010

Factor de Variación	Grados de libertad	FIR (kg.cm2)	Sólidos solubles totales (°BRIX)	CAPS (mg/ml)
Solución nutritiva (SN)	2	0.978 ns	1.019 ns	0.0000335 **
Aplicación foliar (AF)	2	1.298 ns	0.199 ns	0.00000871 *
SN*AF	4	1.236 ns	0.721 ns	0.00001075 **
Error	18	0.619	0.415	0.00000176
Total	26			

FIR: firmeza; °BRIX: Sólidos solubles totales; CAPS; capsaicina. ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$); * Significativo ($p \leq 0.05$); ns: no significativo

En la prueba de comparación de medias la solución que tuvo mejores efectos fue la solución al 0.54 ya que la que mostro mayor contenido de capsaicina. En las variables firmeza y grados brix no mostraron efectos.

Cuadro 16. Comparación de medias de tres presiones osmóticas de solución Steiner y respuesta de tres variables en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010.

Presión osmótica	FIR (kg.cm2)	Sólidos solubles totales (°BRIX)	CAPS (mg/ml)
0.54	6.52 a	6.04 a	0.01516 a
0.72	6.04 a	5.47 a	0.01211 b
0.90	5.88 a	6.06 a	0.011594 b

FIR: firmeza; °BRIX: Sólidos solubles totales; CAPS; capsaicina. Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha 0.05$).

En contenido de capsaicina la aplicación foliar que mostro efectos sobres esta variable fue la aplicación de 1.0 y 1.5 ml.L⁻¹ ya que influyeron en mayor producción de capsaicina.

Al comparar los nueve tratamientos (Cuadro 18 y Figura 15) la presión osmótica de 0.54 con diferentes concentraciones de aplicación foliar es la que muestra más alto contenido de capsaicina, sin embargo el que destaca en contenido es con la aplicación de .5ml. L-1 de ácidos húmicos

Cuadro 17. Cuadro de comparación de medias de la aplicación foliar de sustancias húmicas en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), y respuesta de tres variables Chapingo, México. 2010.

Aplicación foliar (ml.L⁻¹)	FIR (kg.cm²)	Sólidos solubles totales (°BRIX)	CAPS (mg/ml)
0.5	5.74 a	5.95 a	0.01185 b
1.0	6.24 a	5.69 a	0.01372 a
1.5	6.48 a	5.95 a	0.01331 ab

FIR: firmeza; °BRIX: Sólidos solubles totales; CAPS; capsaicina. Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas (α 0.05).

Cuadro 18. Cuadro de comparación de medias de nueve tratamientos en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), y respuesta de tres variables en Chapingo, México. 2010.

Tratamientos	FIR (kg.cm²)	Sólidos solubles totales (°BRIX)	CAPS (mg/ml)
0.54-0.5	5.35 a	6.46 a	0.016 a
0.54-1.0	6.87 a	5.42 a	0.01554 a
0.54-1.5	7.34 a	6.26 a	0.01395 a
0.72-0.5	6.34 a	5.11 a	0.01117 ab
0.72-1.0	5.79 a	5.43 a	0.01294 ab
0.72-1.5	6.01 a	5.88 a	0.01222 ab
0.90-0.5	5.52 a	6.28 a	0.00837 b
0.90-1.0	6.06 a	6.21 a	0.01267 ab
0.90-1.5	6.09 a	5.71 a	0.01375 a

GL: Grados de libertad; FIR: firmeza; °BRIX: Sólidos solubles totales; CAPS; capsaicina. Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas (α 0.05).

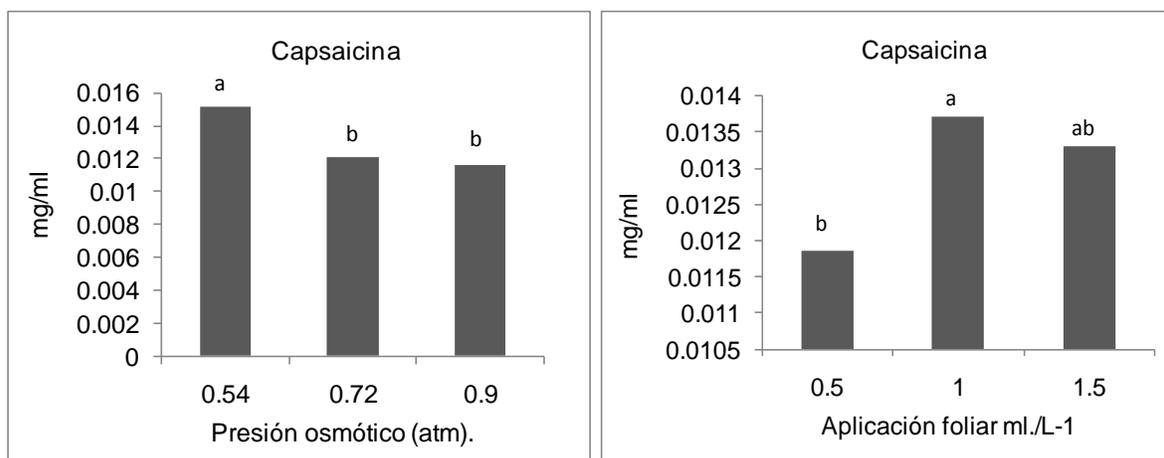


Figura 14. Respuesta del contenido de capsaicina a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y a tres concentraciones de aplicación foliar en chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

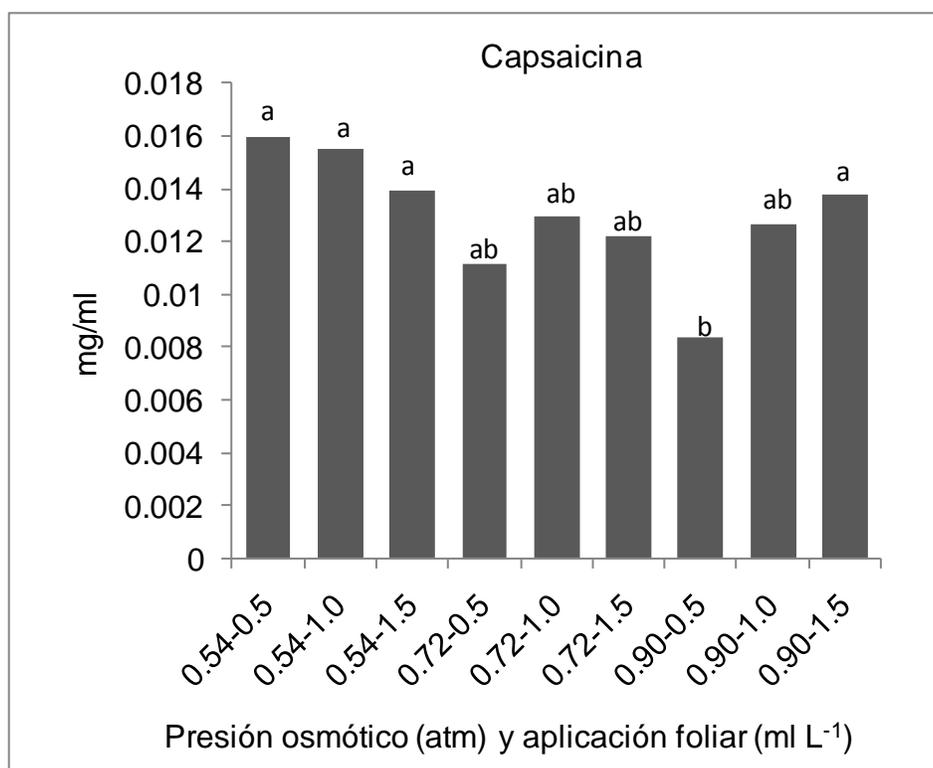


Figura 15. Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y concentración de aplicación foliar en chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

5.4 contenido de macro y micro nutrientes

En el análisis de varianza la solución nutritiva y la aplicación foliar no mostraron efectos estadísticamente significativos para el contenido de N (Cuadro19). En la comparación de medias se puede observar que la presión osmótica de la solución nutritiva tuvo efecto estadísticamente significativo (Cuadro 20), pero la aplicación foliar no presento efectos al igual que cuando interactúan ambos factores, no se encuentran diferencias (Cuadro 21 y 22).

Cuadro 19. Análisis de varianza de cinco variables respuesta en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010.

Factor de variación	GL	N	P	K	Ca	Mg	Fe
Solución nutritiva (SN)	2	0.208 ns	0.0070**	0.362*	0.0008 ns	0.0004 ns	286.72 **
Aplicación foliar (AF)	2	0.089 ns	0.0012 ns	2.771 **	0.0013 *	0.0001 ns	489.42 **
S N*A F	4	0.215 *	0.0019*	1.780 **	0.0032 *	0.0002 ns	984.65 **
Error	18	0.044	0.0003	0.036	0.0003	0.0002	14.11
Total	26						

GL: grados de libertad; N: nitrógeno; P: fosforo; K: potasio; Mg: magnesio, Fe: hierro; ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$); * Significativo ($p \leq 0.05$); ns: no significativo

Cuadro 20. Cuadro de comparación de medias de tres niveles de solución Steiner y respuesta de cinco variables en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010.

Presión Osmótica	N	P	K	Ca	Mg	Fe
0.54	2.64 ab	0.36 a	2.99 b	0.11 a	0.13 a	60.12 a
0.72	2.49 b	0.31 b	3.16 ab	0.09 a	0.12 a	59.00 a
0.90	2.79 a	0.37 a	3.39 a	0.09 a	0.11 a	49.83 b

N: nitrógeno; P: fosforo; K: potasio; Mg: magnesio, Fe: hierro. Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha 0.05$).

Cuadro 21. Cuadro de comparación de medias de las aplicación foliar y respuesta de cinco variables en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010.

Aplicación foliar	N	P	K	Ca	Mg	Fe
0.5	2.53 a	0.33 a	2.67 c	0.10 a	0.12 a	52.12 b
1	2.68 a	0.35 a	3.10 b	0.08 a	0.12 a	64.83 a
1.5	2.71 a	0.35 a	3.77 a	0.11 a	0.13 a	52.00 b

N: nitrógeno; P: fosforo; K: potasio; Mg: magnesio, Fe: hierro. Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha 0.05$).

Cuadro 22. Cuadro de comparación de medias de nueve tratamientos en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), y respuesta de tres variables en Chapingo, México. 2010.

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg	Fe
0.54-0.5	2.47 a	0.34 ab	1.98 e	0.07 b	0.120 a	51.36 b
0.54-1.0	2.46 a	0.35 ab	2.40 ed	0.11 ab	0.130 a	55.00 b
0.54-1.5	2.99 a	0.40 a	4.60 a	0.15 a	0.146 a	74.00 a
0.72-0.5	2.57 a	0.31 b	2.78 cd	0.12 ab	0.130 a	59.00 b
0.72-1.0	2.51 a	0.32 b	3.38 cb	0.08 b	0.120a	84.50 a
0.72-1.5	2.39 a	0.32 b	3.34 cb	0.09a b	0.120 a	33.50 c
0.90-0.5	2.55 a	0.36 ab	3.27 bc	0.12 ab	0.116 a	46.00 bc
0.90-1.0	3.08 a	0.40 a	3.52 b	0.07 b	0.116 a	55.00 b
0.90-1.5	2.76 a	0.35 ab	3.39 cb	0.09 ab	0.123 a	48.50 b

N: nitrógeno; P: fosforo; K: potasio; Mg: magnesio, Fe: hierro. Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha 0.05$).

En el análisis de varianza el contenido de fosforo en frutos de chile manzano, la presión osmótica tubo efectos significativos, pero la aplicación foliar no presento efectos estadísticamente significativos (Cuadro 19), por otro lado en la comparación de medias las presión osmótica de 0.90 atm es la que presenta mejores efectos (Cuadro 20 y Figura 16), en la interacción de los factores hay pocas diferencias, dentro de las que podemos observar que no hubo diferencias entre la presión

osmótica más baja (0.54 atm) y la más alta (0.90 atm), el contenido de fósforo fue más baja con la presión osmótica de 0.72 atm, el mayor contenido de fósforo se obtuvo con la solución al 0.54 atm y la aplicación foliar de 1.5 mL⁻¹l de ácidos húmicos y la solución al 0.0.90 atm junto con la aplicación foliar de 1mL⁻¹ (Cuadro 22 y 17).

Las cantidades de fósforo encontradas en esta estudio son bajas comparadas con los resultados obtenidos por Pérez y Castro (2008) que encontraron niveles adecuados entre 0.74 y 0.85%, sin embargo para hortalizas se mencionan valores adecuados entre 0.2 y 0.4%, Jones *et al.*, (1991), estos valores coinciden con los valores obtenidos en este estudio.

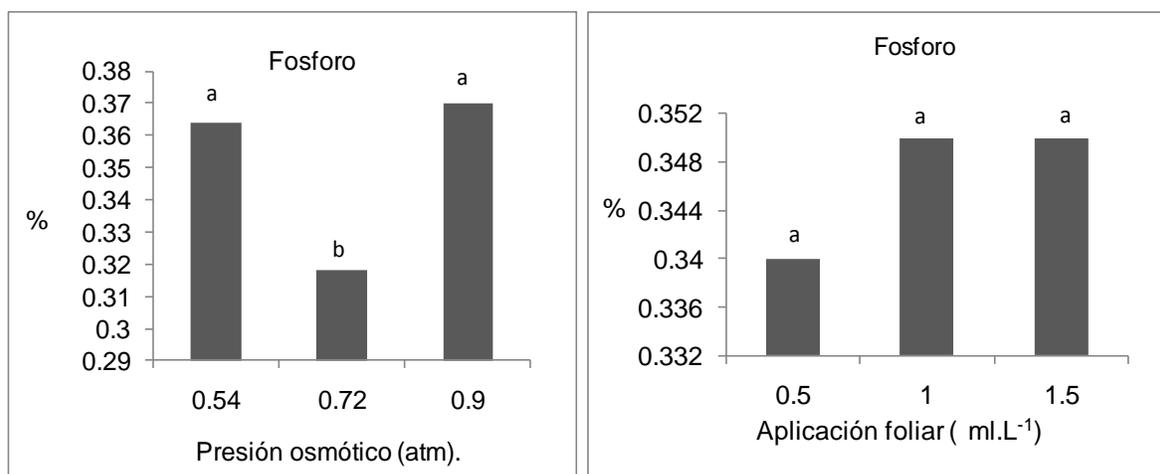


Figura 16. Contenido de Fosforo a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y a tres concentraciones de aplicación foliar en chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

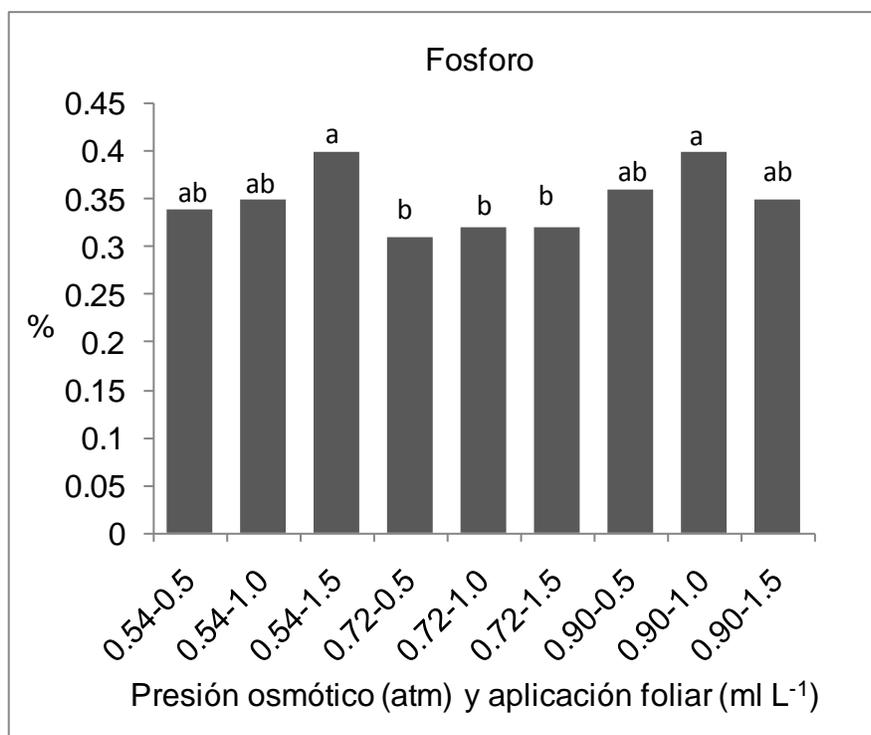


Figura 17. Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y concentración de aplicación foliar en chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el contenido de potasio el análisis de varianza muestra que la presión osmótica tuvo efectos significativos, y altamente significativos para la aplicación foliar de ácidos húmicos (Cuadro 19), sin embargo en la comparación de medias se muestra que con la presión osmótica más alta hay mayor contenido de potasio (Cuadro 20 y Figura 18) al mismo tiempo que el mayor contenido de potasio se presenta con la concentración más alta de aplicación foliar (Cuadro 21 y figura 18).

Al comparar los nueve tratamientos no se encuentran diferencias entre la presión osmótica de 0.72 y 0.90 atm, sin embargo en la presión osmótica de 0.54 con las diferentes aplicaciones foliares se observan diferencias siendo en mejor tratamiento es la solución con presión de 0.54 y con la concentración mas alta de aplicación (1.5ml.L⁻¹) (Cuadro 22 y Figura19). El contenido de potasio con este tratamiento es de 4.603% mismo que rebasa los valores establecidos como normales en hojas

reportados por Pérez y Castro (2008) entre 2.72 y 3.79% para el cultivo de chile manzano. Todos los demás tratamiento entran dentro de los rangos normales.

El resultado obtenido en este estudio con cuerda con los resultados obtenidos por López (2010). El cual obtuvo el mayor contenido de potasio al adicionar 1.16 mg L⁻¹ de agua de ácidos fúlvicos, mezclados con el 50 y 75 por ciento de la solución nutritiva (SN), la cantidad de potasio superó en 800% en ambos tratamientos a la SN sola al 100%

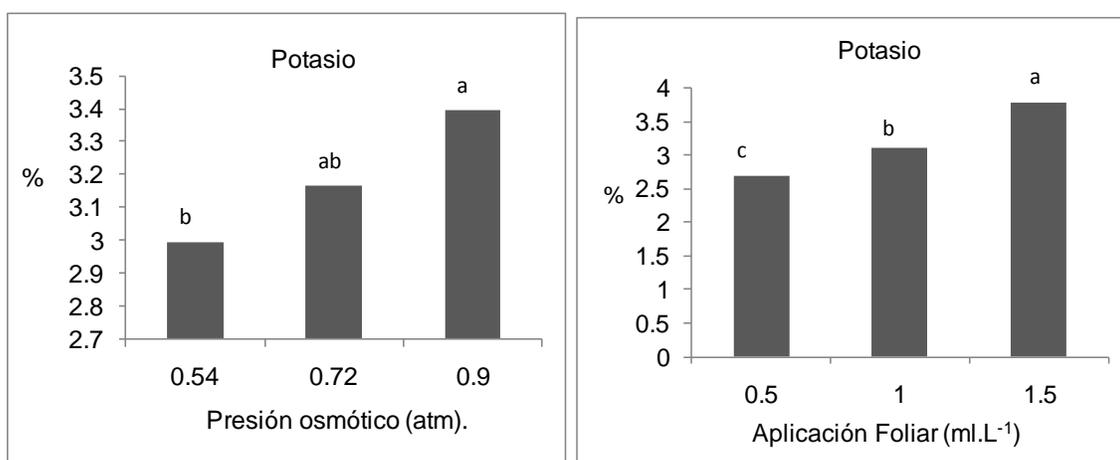


Figura 18. Contenido de Potasio a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y a tres concentraciones de aplicación foliar en chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

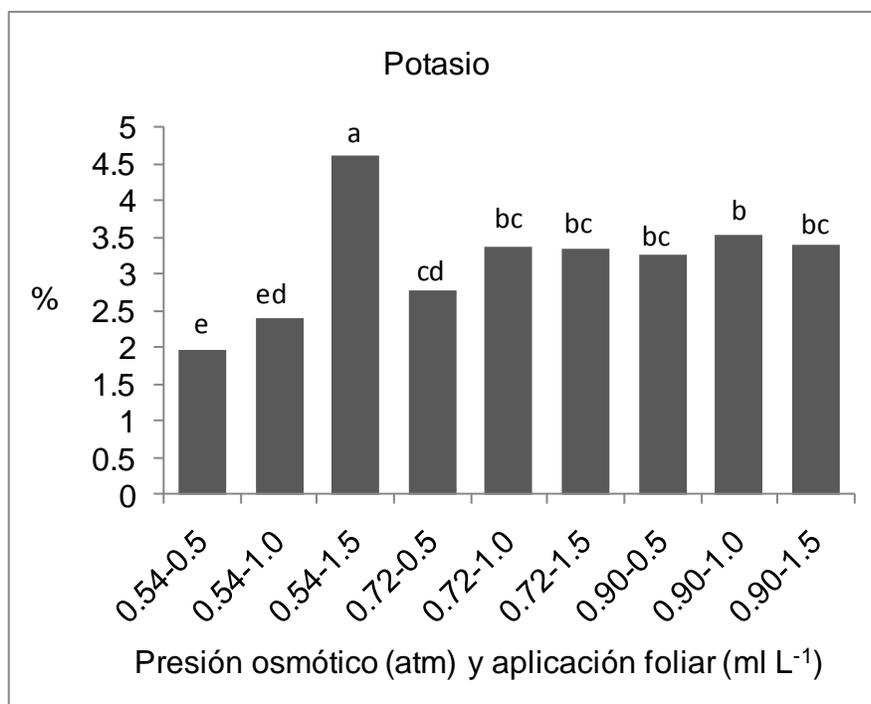


Figura 19. Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y concentración de aplicación foliar en chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el contenido de calcio el análisis de varianza muestra que la solución nutritiva no tuvo efectos significativos, por otro lados la aplicación foliar solo muestra efectos significativos (Cuadro 19), sin embargo al realizar la comparación de medias tanto la solución nutritiva como la aplicación foliar no muestran diferencias (Cuadro 20 y 21), pero al momento de interactuar la presión osmótica de la solución nutritiva junto con la concentración de la aplicación foliar si se observan diferencias, como el tratamiento con la solución al 0.54 atm con la aplicación foliar de 1.5ml L^{-1} de ácidos húmicos, este efecto se puede atribuir a la aplicación de ácidos húmicos ya que en específico la solución al 0.54 atm con aplicaciones foliares crecientes se presenta un contenido de calcio creciente (Cuadro 22 y Figura 20). En la solución al 0.72 y 0.90 se presenta efectos decrecientes a medida que la aplicación foliar creció, tal vez sea un efecto inhibitorio en la absorción. En este estudio se puede observar un aumento en la absorción de calcio con 1.5ml L^{-1} de ácidos húmicos estos resultados no concuerda con los estudios de (Vaughan y MacDonald, 1976).en remolacha ya que

reportan que el contenido de calcio no se vio afectado por la aplicación de ácidos húmicos

Los rangos de contenido de calcio obtenidos en este estudio van de 0.073 a 0.153%, lo cual no concuerda con los establecido por Pérez y Castro (2008) ya que en su estudio se establece que el contenido adecuado de calcio en hojas para chile va de 4.78 a 5.15%, lo que se puede tomar como un indicador

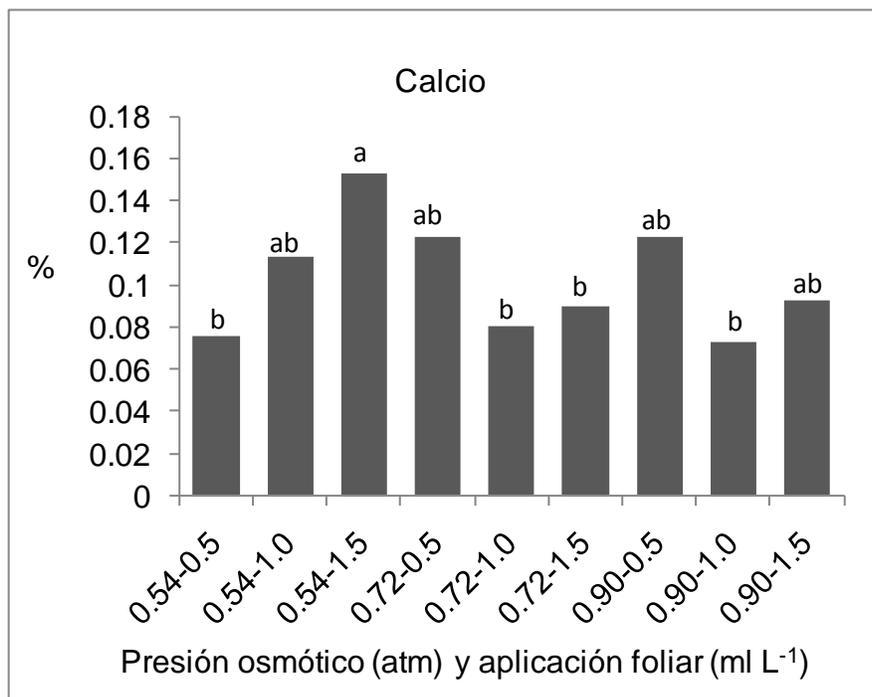


Figura 20. Respuesta de la variable diámetro polar a la aplicación de tres PO de solución nutritivas y concentración de aplicación foliar en chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P), Chapingo, México. 2010. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el contenido de hierro el análisis de varianza indica que tanto la solución nutritiva como la aplicación foliar tienen efectos altamente significativos, lo mismo cuando interactúan ambos factores (Cuadro 19), sin embargo en la comparación de medias la solución nutritiva con presión osmótica de 0.54 y 0.72 atm no presentaron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 20 y Figura 21) y en la aplicación

foliar las concentraciones de 0.5 y 1.5 ml.L⁻¹ no presentaron diferencias mostrando los valores más bajos con 52 % de hierro (Cuadro 21 y Figura21).

Al comparar los 9 tratamientos existen diferencias entre la presión osmótica y la aplicación foliar, presentado los valores más altos el tratamiento con la solución nutritiva al 0.72 atm con aplicación foliar de 1mlL⁻¹ de ácidos húmicos y la solución al 0.54 atm con la aplicación foliar de 1.5mlL⁻¹ de ácidos húmicos. El tratamiento que presento el menor contenido de hierro es la misma solución con la aplicación de ácidos húmicos de 1.5 mlL⁻¹ (Cuadro 22 y Figura 22).

La concentración de Fe en frutos fue de 33 a 74% estos valores son menores a los valores que se establecen como suficientes por Pérez y Castro (2008), valores que van de 94 a 101 %, estos resultados no concuerdan que los obtenidos por Stevenson, (1982); Orlov, (1995) ya que al aplicar ácidos húmicos según estos autores el hierro se acompleja y se absorbe más rápido, también en otros estudio se menciona que al adicionar ácidos fúlvicos el hierro es más abundante en tejido vegetal de follaje de tomate (Cuevas, 2001) y el calcio en melón (Serna, 2001). López (2010) menciona que al aplicar ácidos fúlvicos a razón de 3.20 mg L⁻¹ y 75% de solución nutritiva, el contenido de hierro superó en 77 por ciento a la solución nutritiva sola al 100 %. Los ácidos húmicos ayudan al mantenimiento de Fe y a que sea más eficaz en la planta (Clapp *et al.*, 2001) también tienen un papel benéfico en la absorción de Fe por las plantas (Chen y Aviad, 1990; Pinto *et al*, 1999b) esto se atribuye a las complejos que se tiene en los ácidos húmicos y fúlvicos, que aumentan la disponibilidad de micronutrientes (Stevenson, 1991).

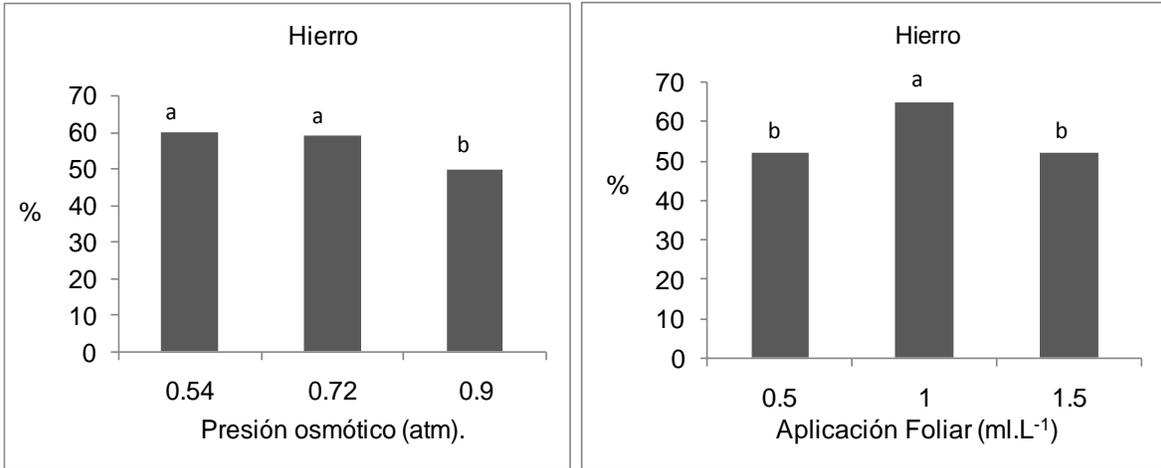


Figura 21. Contenido de hierro en el fruto de chile manzano tres diferentes presiones osmóticas y tres concentraciones de aplicación foliar de ácidos húmicos. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales

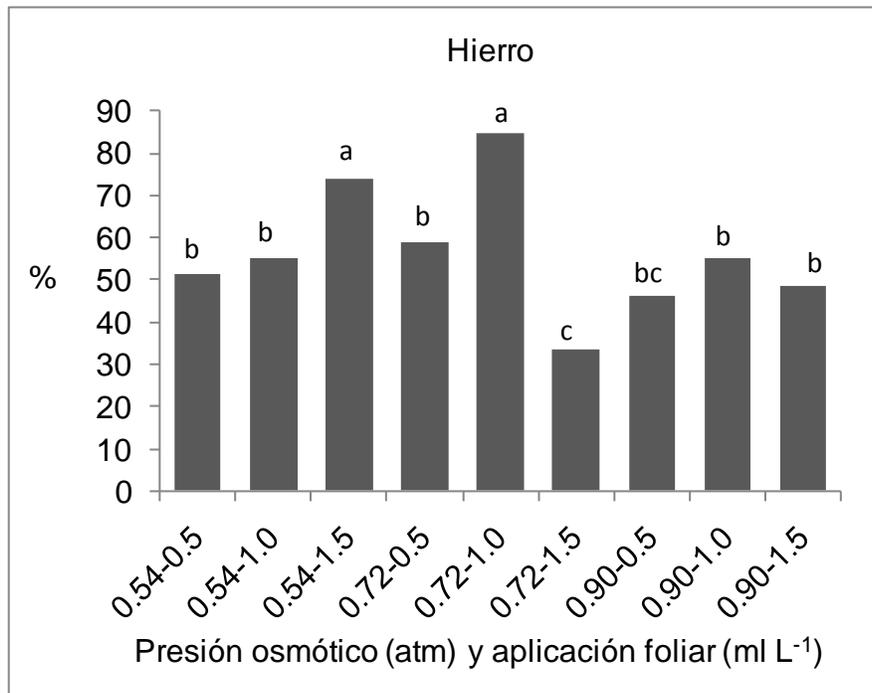


Figura 22. Contenido de hierro en el fruto de chile manzano. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales

VI.- CONCLUSIONES

La aplicación foliar de sustancias húmicas mejora la absorción de algunos nutrimentos como el P, K, Mg Y Fe, pero no tienen efectos en la calidad del fruto.

Las sustancias húmicas presentaron efectos benéficos con la aplicación foliar más alta y la solución nutritiva con baja presión osmótica.

El rendimiento aumento con la aplicación de solución nutritiva con presión osmótica 0.54 atm junto con la aplicación foliar de 1.5 ml L⁻¹ de agua de ácidos húmicos y fúlvicos.

VII.- BIBLIOGRAFÍA

Acosta Z. C 1991 Mecanismos de absorción foliar de nutrimentos. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo México.

Alcantar G. G y V. M Sandoval. 1999. Manual de análisis químico de tejido Vegetal: Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial No 10 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C. Chapingo México.

Aiken, G. R., D. M. McKnight., R. L. wershaw, P. MacCarthy 1985. Humic substances *In: Sc Intercience New York.*

Alianello, F., A. Benedetti., S. Canali., G. Rossi 1991. Effects of NPK-humic acids on soil biological acticity. III Int Nordic Symp on Humic substances Finnish humus News 3(3), 357

Álvarez V J E., T I Alia, M V López, Acosta D. C M Acosta, R M Andrade, L M T Colinas, E I Delgado, T O Villegas. 2006. Caracterización de frutos de caimito (*Chrisophyllum cainito L.*). En el estado de Morelos. Revista Chapingo. Serie de horticultura vol. 12 numero 002 pp. 217-221.

Ayuso M., T. Hernandez., C: Garcia., J. A. Pascual 1996 stimulation of barley growth and nutrient absortion by humic substances orinating from organic materials. Bioressource Technology 57 (3) 251-257

Baca C., G. A. 1983. Efecto de la solución nutritiva, la frecuencia de los riegos, el substrato y la densidad de siembra en cultivos hidropónicos al aire libre de pepino melón y jitomate. Tesis de doctorado. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados Chapingo, México.

Bautista C. M. T. 2005. Substancias húmicas y su efecto en la absorción nutrimental en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en hidroponia. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo.

Biondi F. A., A. Figliolia, R. indiaty y C. izza 1994. Effects of fertilization with humic acids on soil and plant metabolism: a multiliplinary approach. Note III, Phosphorus dynamics and behaviur of some plant enzymatic activities. En senesi, N. and miano, M. T. (Eds.). humic substances in the global environment and implication on human health 1994. Elsevier Science B. V. pp 239-243

Bukovac J., M and P. D. Petracek 1993. Characterizing pesticide and surfactant penetration with isolated plant cuticles. Pesticide Science 37: 179-194.

Burk, D., H. Lineweaver. and C K. Horner 1932. Iron in relation to the stimulation of growth by humic acid, Soil Science 33, 413-435.

Butterfass, T. 1956. Fluoroskopische Untersuchungen an Keulenhaaren von *Vicia faba* L. und *Phaseolus vulgaris* L. Protoplasma 47:415-428.

Chamel, A. 1988. Foliar uptake of chemicals studied with whole plants and isolated. p 27-50. In: P. M. Newmann (ed.). Plant growth and leaf-applied chemicals. CRC Boca Raton, Florida.

Chen Y. and Y. Solovitch. 1988. Effects of humic substances on plant growth Symposium on horticultural substrates and their analysis Acta horticulturae 221

Chen, Y., & T. Aviad, (1990). Effects of humic substances on plant growth. In Humic Substances in Soil and Crop Science; Selected Readings (pp. 161_/186). Madison: American Society of Agronomy and Soil Science Society of America.

Clapp, C. E., Y.Chen, M. H. B. Hayes , and H. H. Cheng 2001. Plant growth promoting activity of humic substances. pp 43-255 *In: Swift R. S. and K. M. Sparks (eds.). understanding and managing organic matter inn soils, sediment, and waters. Madison, WI: international humic Science Society.*

Compagnoni, L. y G. Putzolu. 2001 Cría moderna de las lombrices y utilización rentable de los humos. Barcelona, España

Costa G, P. Labrousse, C Bodin, S Lhernould, M Carlué, P. Krausz. 2008. Effects of Humic Substances on the Rooting and Development of Woody Plant Cuttings *Acta Hort.* 779, 255-262

Coyne M. 2000. Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. Ed. Paraninfo Madrid España 416 p.

Crowley, D. 2001. Function of siderophores in the plant rhizosphere. In: Pinton R., Z. Varanini, and P. Nannipieri (eds). *The Rhizosphere. Biochemistry and Organic Substances at the Soil– Plant Interface.* Marcel Dekker Inc. New York, USA. pp: 223– 261.

Cruz P. A. B., H. V. A. González, E. M. A Gutiérrez, B. A. A. Gardea, G. M. Pérez. 2007. Capsaicinoides, vitamina c y heterosis durante el desarrollo del fruto de chile manzano. *Agrociencia* 41: 627-635.

De Santiago A and A Delgado. 2007. Effects of humic substances on iron nutrition of lupin. *Biol Fertil Soils* 43:829–836

De Santiago A.; M. J. Quintero, E. Carmona, A. Delgado. 2008. Humic substances increase the effectiveness of iron sulfates and Vivianite preventing iron chlorosis in white lupin. *Biol Fertil Soils* 44:875–883

Drozd J., Weber 1996. The role of humic substances in the ecosystem and in environmental protection. Proc. 8th Meeting of the IHSS. Wroclaw.

Dursun A.; I. Guven and M. Turan. 2007. CAP 52 Macro and micro nutrient contents of tomato (*Lycopersicon esculentum*) and eggplant (*Solanum melongena* var. *Esculentum*) seedlings and their effects on seedling growth in relation to humic acid application pag Improved Crop Quality by Nutrient Management Vol 86

Eichert, T. and J Burkhardt. 2001. Quantification of stomatal uptake of ionic solutes using a new model system. J. Exp. Bot. 52:771-781.

Eichert, T., Goldbach, H.-E. and Burkhardt, J. 1998. Evidence for uptake of large anions through stomatal pores. Bot. Acta 111:461-466.

Eyheraguibel B., J. Silvestre and P. Morard. 2008. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize Bioresource Technology 99 (10): 4206-4212

Ferretti, M., R. Ghisi, S. Nardi, C. Passera 1991. Effect of humic substances on photosynthetic sulphate assimilation in maize seedlings. Canadian Journal of Soil Science 71, 239–242.

Franke, W. 1967. Mechanism of foliar penetration of solutions. Ann. Rev. plant Physiol. 18:281-301

Gallardo, J. F. 1980. El humus Investigación y Ciencia. 46, 8-16

Hancock, J.F. 1999. Strawberries. University Press, Cambridge: pp 237.

Hayes, M.H.B., 1997. Emerging concepts of the compositions and structure of humic substances. In: Hayes, M.H.B., Wilson, W.S. (Eds.), Humic Substances in Soils,

Peats and Waters—Health and Environmental Aspects, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, pp. 3–30.

Haynes, R. J. and K. M. Goh. 1977. Review on physiological pathways of foliar absorption. *Scientific Horticultural* 7:291-302.

Karakurt Y., H. Unlu, H. Unlu., H. Padem 2009. The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science*, Vol. 59, Issue 3

Knoche, M. 1994. Organosilicone surfactant performance in agricultural spray application: a review. *Weed Res.* 34:221-239

Labrador M. J. 2001. *La materia orgánica en los agroecosistemas*. Madrid España. 293 p.

Maccarthy, P. , R. L. Malcolm, R. L., Clapp, C. E. y P. R. Bloom, 1990. An introduction to soil humic substances. pp 1-12 In: Maccarthy P., C. E Clapp, R. L Malcolm, y P. R. Bloom (Eds.) *humic substances in soil and crop sciences: selected readings*. Proceedings of a symposium by th IHSS Chicago, Illinois, December 1985.

Mackowiak, C. L., P.R. Grossl y B.G. Bugbee. 2001. Beneficial effect of humic acid on micronutrient availability to wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 1744-1750.

Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. Academic Press, London.

Méndez T. V., M. D. González, F. A. Gutiérrez. 2005. Contenido de carotenoides y color extractable de nuevos cultivares en Chile pimiento. *Revista Chapingo. Serie horticultura* Vol. 11 núm. 002

Merlo, L., R. Ghisi, N. Rasci., C. Passera 1991. Effects of humic substances on carbohydrate metabolism of maize leaves. *Canadian Journal of Plant Science* 71, 419–425.

Morales M. J. 2003. Efecto de la aplicación de sustancias húmicas en el cultivo de liliium (liliiumhibrido asiático). Tesis de licenciatura. Departamento de fitotecnia. UACH Chapingo México 107p.

Muscolo, A., F. Bovalo, F. Gionfriddo and S. Nardi. (1999) Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. *Soil Biology and Biochemistry* 31, pp. 1303-1311

Neri D., E. M. Lodolini, G. Savini, P. Sabbatini, G. Bonanomi and F. Zucconi. 2002. Foliar Application of Humic Acids on Strawberry (cv Onda). *Acta Hort.* 594.

Núñez S. J. 2000. Fundamentos de Edafología. Ed EUNED. Costarica

Olsen, C. (1930) On the influence of humus substances on the growth of green plants in water culture, *Comptes-rendus du Laboratoire Carlsberg* 18, 1-16

Orlov. D. S 1995. Humic Substances in soil and general theory of humification. Russian translations series III A. A. Balkema/Rotherdam/Brookfield

Pérez G. M. y R Castro B. 2008. El chile Manzano. Universidad Autónoma Chapingo.

Pinton, R., Z. Varanini, G. Vizzotto, A. Maggioni 1992. Soil humic substances affect transport properties of tonoplast vesicles isolated from oat roots. *Plant and Soil* 142, 203–210.

Ramírez S. L. F. y Sustaita R. F. 1991. Efecto de dos ácidos húmicos comerciales (humitron y Carbo-vit) y un extracto de estiércol en el rendimiento de sorgo

(*Sorghum bicolor* L. Moench) en condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura Departamento de suelos UACH Chapingo, México.

Ramos R. R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulante: efectos frente al estrés salino. Tesis de Doctorado. Universidad de Alicante Facultad de Ciencias. Departamento de Agroquímica y Bioquímica.

Rauthan, B. S. and M. Schnitzer. (1981). Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant Soil*, 63, 491-5.

Russo, R.O., and G.P., Berlyn 1990. The use of organic biostimulants to help low-input sustainable agriculture. *J. Sustain. Agric.* 1(2):19–42.

Schnitzer, M. 1978. Humic substances: chemistry and reactions. En soil organic matter. Edit Schnitzer, M. y Khan S. U. Elsevier Amsterdam pp 1-64

Schnitzer, M., P. Sequi, D. Vaughan, S. A. Visser (Eds.), *Sostanze Umiche. Effetti sul Terreno e sulle Piante*, Ramo Editoriale degli Agricoltori, Roma, pp. 96–143.

Schönherr, J. 1976. Water permeability of isolated cuticular membranes: The effect of pH and cations on diffusion, hydrodynamic permeability and size of polar pores. *128:113-126.*

Schönherr, J. 2000. Calcium chloride penetrates plant cuticles via aqueous pores. *Planta* 212:112-118.

Schönherr, J. 2001. Cuticular penetration of calcium salts: effects of humidity, anions and adjuvants. *Plant Nutr. Soil Sci.* 164:225-231.

Schönherr, J. and M. J. Bukovac. 1970. Preferential polar pathways in the cuticle and their relationship to ectodesmata. *Plant Physiol.* 92:189-201.

Schönherr, J. and M. J., Bukovac, 1972. Penetration of stomata by liquids. Dependence on surface tension, wettability and stomatal morphology. *Plant Physiol.* 49:813-819.

Schönherr, J. and M. Luber, 2001. Cuticular penetration of potassium salts: effects of humidity, anions and temperature. *Plant and Soil* 236:117-122.

Schönherr, J.; J. M. Bukovac. 1972. Penetration of stomata by liquids; dependence of surface tension, wettability and stomatal morphology. *Plant Physiology* 49: 813-819.

Serenella, N., Pizzeghello, D., Muscolob, A. and Vianello, A. (2002) Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology & Biochemistry* 34, pp. 1527-1536.

Sladky, Z., 1959. The effect of extracted humus substances on growth of tomato

Steelink C. 1983. Elemental Characteristics of humic substances. En Aiken G. R., D.

M. Mcknight., Weshaw R. L. and MacCarthy P. (eds.). pp 457-476. Humic substances in soil, sediments and water, John Wiley, New York USA

Stein, W.D. 1967. The movement of molecules across cell membranes. Academic Press, New York, USA.

Stevenson, F. 1994. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. New York 496 p

Swietlik, D. and M. Faust. 1984. Foliar nutrition of fruit crops. *Horticultural Review* 7: 287-355.

Taiz, L., E. Zeiger 1991. Plant Physiology. The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc, Redwood City, CA.

Turkmen, O., A. Dursun, M. Turan, and C. Erdinc. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 54: 168–174.

Tlatempa M. L. 2001 Efecto de nitrógeno ($N-NO_3^-$: urea) y ácidos húmicos sobre tomate de cascara (*physalis ixocarpa* Brot.) en hidroponía. Tesis de licenciatura Departamento de Suelos. UACH. Chapingo, México. 74 p.

Varanini Z. y R, Pinton 1995. Humic substances and plant nutrition. *Progress in Botany*, 56, 97-116.

Varanini Z; R. Pinton 2001 Direct Versus indirect effects of soil humic substances on plant growth and nutrition pp. 141- 158. *In*. The rizosphere Marcel Dekker, Basel, R. Pinton, Z. Varanini, P. Nannipieri, (eds.).

Vaughan, D. M; R. E. Malcolm y B. G. Ord, 1985. Influence of humic substances on biochemical processes in plants p 77-108 *In* . Vaughan, D, R. E. Malcolm (eds.) soil organic matter and biological activity. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publ., Dordrecht.

Varanini, Z., and R. Pinton. 2001. Direct versus indirect effects of soil humic substances on plant growth and nutrition. *In*: Pinton R., Z. Varanini, and P. Nannipieri (eds). *The Rhizosphere. Biochemistry and Organic Substances at the Soil-Plant Interface*. Marcel Dekker Inc. New York, USA. pp: 141-158.

Vahap K. A., C. Hakan, C. Murat, Turan and B. Bülent 2009. Effects of Soil and Foliar Applications of Humic Substances on Dry Weight and Mineral Nutrients

Uptake of Wheat under Calcareous Soil Conditions. Aust. J. Basic & Appl. Sci., 3(2): 1266-1273

Visser, S.A., 1986. Effetto delle sostanze umiche sulla crescita delle piante. In Sostanze Umiche (R. G. Burns, G. Dell'Agnola, S. Miele, S. Nardi, G. Savioni, M. Schnitzer, P. Sequi, D. Vaughan and S. A. Visser Eds), pp. 96-143. REDA Publisher, Roma.

Zachariakis M., E. Tzorakakis, I. Kritsotakis, C. I. Siminis and V. Manios. 2001. Humic substances stimulate plant growth and nutrient accumulation in grapevine rootstocks Proc. Int. Symp. on Composting of Organic Matter. Eds. Balis *et al.* Acta Hort. 549.

Rodriguez T, M D., Venegas G. J., Angoa P M. V et al. 2009. extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de ácidos húmicos de diferentes composts y su efecto sobre el cultivo del trigo. Bioagro, vol.21, no.3, p.183-189. issn 1316-3361

Nardi, S., D. Pizzeghello, F. Reniero y A. Muscolo. 1999. Biological activity of humic substances extracted from soils under different vegetation cover. Communications in Soil Science and Plant Analysis 30(5): 621-634.