

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**COMPORTAMIENTO DE TRES ÁCIDOS FÚLVICOS EN LA
NUTRICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE RAÍZ DEL
CHILE PIQUIN Y NARANJO**

TESIS DE MAESTRIA

**REALIZADO POR:
ING. RUBÉN LÓPEZ SALAZAR**

**REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES**

LINARES, NUEVO LEÓN, MÉXICO

JUNIO DE 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

**COMPORTAMIENTO DE TRES ÁCIDOS FÚLVICOS EN LA
NUTRICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE RAÍZ DEL
CHILE PIQUIN Y NARANJO**

TESIS DE MAESTRIA

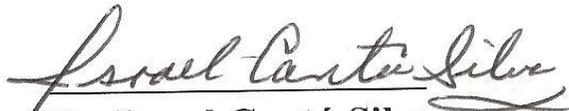
**REALIZADO POR:
ING. RUBÉN LÓPEZ SALAZAR**

**REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES**

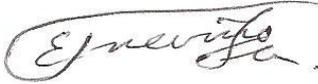
COMITÉ DE TESIS



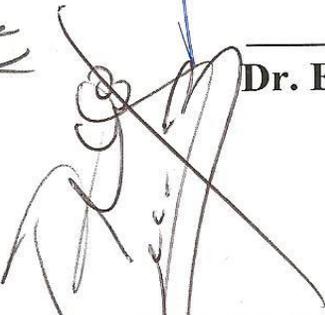
**Dr. Ricardo López Aguillón
Presidente**



**Dr. Israel Cantú Silva
Secretario**



**Dr. Eduardo Treviño Garza
Vocal**



**Dr. Guillermo González Cervantes
Asesor externo**

LINARES, NUEVO LEÓN, MÉXICO

JUNIO DE 2009

DEDICATORIA

A mis padres:

Profra. Nora Salazar Fernández.

Dr. Rubén López Salazar.

Por su gran amor, dedicación y confianza que me brindan, así como por su incondicional ayuda en todos los momentos de vida muchas gracias.

A mi hermana:

Nora Zulema López Salazar.

Por ser tan alegre y ese cariño de hermanos que siempre es necesario tener en la vida.

A todos mis tíos, primos y sobrinos.

A mis abuelos:

María Elena Cervantes Rosas (+), Fidencio López Medrano, Zulema Fernández Montalvo y Jesús Salazar Villafaña (Sagunto Lazo).

A la ingeniero Nuyen Díaz Cortes, por su amor, ayuda y confianza durante este tiempo.

A todos mis amigos.

A Jorge Esquivel Balderas (+), gracias por esa amistad que nos unió en Korea y España y los consejos para patear mejor al que se me pusiera en la competencia deportiva y de la vida; siempre vas a estar con nosotros “Barra”.

AGRADECIMIENTOS

A la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES, por brindarme la oportunidad de superarme día con día.

A CONACYT, por el apoyo para realizar los estudios de posgrado.

Asesores: Dr. Ricardo López Aguillón, Dr. Eduardo Treviño Garza, Dr. Israel Cantú Silva, Dr. Guillermo González Cervantes, por su tiempo y apoyo, como en las revisiones sin menospreciar sus consejos, tanto en lo profesional como en lo personal.

A los Ing. Carlos Horacio Sánchez Saucedo e Ing. Flavio Rodríguez Casas de Fomento Citrícola de Nuevo León, gracias por los arboles de naranjo con los que se llevo a cabo esta investigación.

Dr. Horacio Villalon Mendoza, por las plantas de chile piquín utilizadas en este trabajo de tesis.

A los trabajadores del vivero, a Félix por ayudarme a regar mis plantas y cuidar de ellas.

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el comportamiento de tres ácidos fúlvicos en la nutrición y distribución de raíz de chile piquín y naranjo a través del análisis de imagen, se establecieron 360 plantas para ambos cultivos en bolsas de plástico negro para vivero, las que contenían 4 kg de horizonte Ap de un Calcisol, a cada uno de los tratamientos en sus diferentes combinaciones con fertilizante mineral químico triple 17 a razón de 30 g por planta de naranjo y 5 g planta de chile piquín, siendo 30 y 5 g el 100 por ciento de la fertilización (solución nutritiva alta-SNA), la cual fue reducida en 25 por ciento para su aplicación media (solución nutritiva media-SNM) y reducida de igual manera para ser utilizada como aplicación baja (solución nutritiva baja-SNB) para ambos cultivares, dichas soluciones nutritivas se utilizaron como testigos y un testigo absoluto (TA), se les adicionó 2, 4 y 6 ml lt^{-1} de ácidos fúlvicos uno elaborado a base de gallinaza Miyaction (M), el experimental Christian Bro's Marketing Group (CB) y Kationic (K) extraídos de leonardita. A ambos cultivares se les midió altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT) y a través del análisis de imagen las variables de la raíz longitud de raíz (LR), ancho de raíz (AR), ancho cuello de raíz (ACR), área total de raíz (AT), bulbo de raíz (BR) de la misma manera se muestreó peciolo y hoja para conocer la cantidad de elementos que estos contienen mediante el análisis DOP (Desviación del Óptimo Porcentual). Hay efecto estadístico significativo de los tratamientos en la AP y el DT, los ácidos fúlvicos Miyaction y CB, en proporción media, mezclados con las cantidades medias de fertilizante químico, tuvieron efecto positivo en la nutrición de chile piquín y naranjo superior a Kationic; el ácido fúlvico Miyaction 2 ml lt^{-1} adicionado con la porción media de fertilizante químico y el compuesto experimental de CB en las mismas cantidades mostraron un efecto positivo en la distribución de la raíz en chile piquín y naranjo; mediante el sistema DOP, se hace evidente que hay desbalance nutrimental en la adición de todos los tratamientos.

ABSTRACT

In order to determine the behavior of three fulvic acids in nutrition and root distribution of piquin pepper and orange through image analysis, 216 plants were established for both crops in black plastic bags to nursery, which contained 4 kg Ap horizon of a Calcisols, each of the different treatments in combination with chemical fertilizer mineral triple 17 the rate of 30 to 5 g per plant orange and piquin pepper plant, being 30 and 5 g of 100 percent fertilization (nutrient solution high-SNA), which was reduced by 25 percent for half application (nutrient solution half-NMS) and similarly low for use application as low (low-nutrient solution SNB) for both cultivars these nutrient solutions were used as a witness and a witness all (TA), was added 2, 4 and 6 ml lt^{-1} fulvic acids made from a hen Miyaction (M), the experimental Christian Bro's Marketing Group (CB) and Kationic (K) from leonardite. Both cultivars were measured plant height (AP), stalk diameter (DT) and dare the image analysis variables to the root length of root (LR), root width (RA), root-neck width (ACR), total root area (TA), bulbous root (BR) and petiole and leaf were sampled to determine the number of items it contains by analysis DOP (Deviation from Optimum Percentage). There are statistically significant effect of treatment on the AP and the TD, and CB Miyaction fulvic acids, in average, mixed with the average quantities of chemical fertilizer, made positive impact on nutrition of piquin pepper and orange the Kationic was passed by the two compounds mentioned above; fulvic acid Miyaction 2 lt ml^{-1} added to the middle portion of the compost and chemical fertilizer experimental CB in the same quantities showed a positive effect on the distribution of the root in piquin pepper and orange; through the DOP system, it becomes evident that there is imbalance in the nutrient addition of all treatments.

INDICE

| Contenido | Página |
|---|--------|
| INDICE | I |
| INDICE DE CUADROS | IV |
| INDICE DE FIGURAS | V |
| INDICE DE GRAFICAS | VII |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Objetivo General | 3 |
| 1.2 Objetivos Específicos | 3 |
| 1.3 Hipótesis | 3 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 4 |
| 2.1 Las Sustancias Húmicas | 4 |
| 2.2 Efectos de las Sustancias Húmicas | 6 |
| 2.2.1 En el Suelo | 7 |
| 2.2.2 Incremento en la Capacidad de Intercambio Catiónico | 8 |
| 2.2.3 En la Planta | 8 |
| 2.3 Cultivo de Chile Piquín | 9 |
| 2.4 Cultivo de Naranja | 12 |
| 2.5 Análisis de raíz | 15 |
| 2.6 Análisis de Imagen | 16 |
| III. MATERIALES Y METODOS | 19 |
| 3.1 Ubicación del Área Experimental | 19 |

| | | |
|---------|--|----|
| 3.1.2 | Clima | 19 |
| 3.1.3 | Suelo | 20 |
| 3.1.4 | Vegetación | 20 |
| 3.2 | Diseño estadístico | 20 |
| 3.3 | Metodología | 22 |
| 3.3.1 | Manejo de los cultivos | 25 |
| 3.3.1.1 | Chile Piquín | 25 |
| 3.3.1.2 | Naranja | 25 |
| 3.3.1.3 | Lavado de raíz | 26 |
| 3.3.1.4 | Captura de imagen | 26 |
| 3.3.1.5 | Análisis de imagen | 26 |
| IV. | RESULTADOS | 28 |
| 4.1 | Chile Piquín | 28 |
| 4.1.1 | Altura de Planta (AP) | 28 |
| 4.1.2 | Diámetro de tallo (DT) | 29 |
| 4.1.3 | Área total de raíz (ATR) | 32 |
| 4.1.4 | Longitud de raíz (LR) | 34 |
| 4.1.5 | Bulbo de raíz (BR) | 36 |
| 4.1.6 | Ancho de raíz (AR) | 38 |
| 4.1.7 | Ancho cuello de raíz (ACR) | 40 |
| 4.1.8 | Desviación del Óptimo Porcentaje (DOP) | 42 |
| 4.2 | Naranja | 45 |
| 4.2.1 | Altura de planta (AP) | 45 |

| | |
|---|----|
| 4.2.2 Diámetro de tallo (DT) | 46 |
| 4.2.3 Área total de raíz (ATR) | 49 |
| 4.2.4 Longitud de raíz (LR) | 51 |
| 4.2.5 Bulbo de raíz (BR) | 55 |
| 4.2.6 Ancho de raíz (AR) | 58 |
| 4.2.7 Ancho cuello de raíz (ACR) | 60 |
| 4.2.8 Desviación Óptimo de Porcentaje (DOP) | 63 |
| V. CONCLUSIONES | 66 |
| VI. RECOMENDACIONES | 67 |
| VII. BIBLIOGRAFIA CITADA | 68 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro | Página |
|--|--------|
| Cuadro 1.- Descripción de los tratamientos para chile piquín y naranjo. | 23 |
| Cuadro 2.- Características de los ácidos empleadas como tratamientos. | 26 |
| Cuadro 3.- Concentrado de análisis de varianza de altura y diámetro de chile piquín, con tres ácidos fúlvicos. | 32 |
| Cuadro 4.- Desviación del Óptimo Porcentual (DOP) para Chile Piquín. | 43 |
| Cuadro 5.- Concentrado de análisis de varianza de altura y diámetro de naranjo, con tres ácidos fúlvicos. | 48 |
| Cuadro 6.- Desviación del Óptimo Porcentual (DOP) para Naranjo. | 64 |

INDICE DE FIGURAS

| Figura | Página |
|--|--------|
| Figura 1.- Contenido radicular de hierro (mg/kg m.s.) frente a la aplicación de ácidos húmicos. | 8 |
| Figura 2.- Localización del área de estudio. | 19 |
| Figura 3.- Ejemplo del proceso de imagen original a binaria. | 27 |
| Figura 4.- Área total de raíz primer y segundo muestreo Chile Piquín. | 32 |
| Figura 5.- Área total de raíz tercer muestreo Chile Piquín. | 33 |
| Figura 6.- Longitud de raíz primer y segundo muestreo Chile Piquín. | 35 |
| Figura 7.- Longitud de raíz tercer muestreo Chile Piquín. | 35 |
| Figura 8.- Bulbo de raíz primer y segundo muestreo Chile Piquín. | 37 |
| Figura 9.- Bulbo de raíz tercer muestreo Chile Piquín. | 37 |
| Figura 10.- Ancho de raíz primer y segundo muestreo Chile Piquín. | 39 |
| Figura 11.- Ancho de raíz tercer muestreo Chile Piquín. | 39 |
| Figura 12.- Ancho Cuello de raíz primer y segundo muestreo Chile Piquín. | 41 |
| Figura 13.- Ancho Cuello de raíz tercer muestreo Chile Piquín. | 41 |
| Figura 14.- Área total de raíz primer y segundo muestreo Naranjo. | 49 |
| Figura 15.- Área total de raíz tercer muestreo Naranjo. | 49 |
| Figura 16.- Área total de raíz cuarto muestreo Naranjo. | 50 |
| Figura 17.- Longitud de raíz primer y segundo muestreo Naranjo. | 52 |

| | |
|---|----|
| Figura 18.- Longitud de raíz tercer muestreo Naranjo. | 53 |
| Figura 19.- Longitud de raíz cuarto muestreo Naranjo. | 54 |
| Figura 20.- Bulbo de raíz primer y segundo muestreo Naranjo. | 56 |
| Figura 21.- Bulbo de raíz tercer muestreo Naranjo. | 56 |
| Figura 22.- Bulbo de raíz cuarto muestreo Naranjo. | 57 |
| Figura 23.- Ancho de raíz primer y segundo muestreo Naranjo. | 58 |
| Figura 24.- Ancho de raíz tercer muestreo Naranjo. | 58 |
| Figura 25.- Ancho de raíz cuarto muestreo Naranjo. | 59 |
| Figura 26.- Ancho Cuello de raíz primer y segundo muestreo Naranjo. | 61 |
| Figura 27.- Ancho Cuello de raíz tercer muestreo Naranjo. | 61 |
| Figura 28.- Ancho Cuello de raíz cuarto muestreo Naranjo. | 62 |

INDICE DE GRAFICAS

| Grafica | Página |
|---|--------|
| Grafica 1.- Altura de Planta de Chile Piquín de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro´s y Kationic, comparados con Testigos. | 29 |
| Grafica 2.- Diámetro de Planta de Chile Piquín de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro´s y Kationic, comparados con Testigos. | 31 |
| Grafica 3.- Área Total de Chile Piquín de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro´s y Kationic, comparados con Testigos. | 34 |
| Grafica 4.- Longitud de Chile Piquín de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro´s y Kationic, comparados con Testigos. | 36 |
| Grafica 5.- Bulbo de Raíz de Chile Piquín de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro´s y Kationic, comparados con Testigos. | 38 |
| Grafica 6.- Ancho de Raíz de Chile Piquín de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro´s y Kationic, comparados con Testigos. | 40 |
| Grafica 7.- Ancho Cuello de Raíz Chile Piquín de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro´s y Kationic, comparados con Testigos. | 42 |
| Grafica 8.- Altura de Planta de Naranja de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro´s y Kationic, comparados con Testigos. | 46 |
| Grafica 9.- Diámetro de Planta Naranja de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro´s y Kationic, comparados con Testigos. | 48 |
| Grafica 10.- Área Total de Naranja de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro´s y Kationic, comparados con Testigos. | 51 |

| | |
|---|----|
| Grafica 11.- Longitud de Naranjo de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro´s y Kationic, comparados con Testigos. | 55 |
| Grafica 12.- Bulbo de Raíz Naranjo de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro´s y Kationic, comparados con Testigos. | 57 |
| Grafica 13.- Ancho de Raíz de Naranjo de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro´s y Kationic, comparados con Testigos. | 60 |
| Grafica 14.- Ancho Cuello de Raíz de Naranjo de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro´s y Kationic, comparados con Testigos. | 63 |

I. INTRODUCCIÓN

El chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare*) es importante en la cultura Mexicana, su consumo data desde tiempos prehispánicos y actualmente se consume en todos los estratos de la sociedad Mexicana; durante la época de mayor oferta llega a desplazar a otros tipos de chiles por su agradable sabor y grado de pungencia, además, no irrita el sistema digestivo; su importancia representa una derrama económica de gran impacto en el medio rural, la oferta del producto en el mercado regional aún no esta determinada con exactitud debido a la aleatoriedad de las poblaciones de chile piquín, pero existe una demanda potencial siempre a la expectativa en cuanto aparece el producto en el mercado. En áreas forestales, es un recurso natural, considerado como un producto forestal no maderable (PFNM) y es una opción productiva para México.

El cultivo de la naranja (*Citrus sinensis*, L.), es importante en México debido a que es una excelente fruta para su consumo en fresco y procesada, además por la superficie dedicada a su cultivo y por los jornales necesarios para su producción. Nuevo León es el segundo estado productor de cítricos con una superficie de 40,000 hectáreas, libres de moscas exóticas, palomilla del nopal y virus de la tristeza de los cítricos (VTC), cuya producción promedio anual se estima en 10,000 toneladas. Los principales municipios productores son Montemorelos, General Teran, Linares, Hualahuises, Allende y Cadereyta (Desarrollo Agropecuario NL, 2003-2007).

Los suelos de los municipios mencionados donde se producen ambos cultivos son calcisoles; estos se caracterizan por poseer menos de uno por ciento de materia orgánica, mas del 25 por ciento de carbonato de calcio, la fase de intercambio es dominada por illitas lo cual induce pH alcalino. Lo anterior provoca bajos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio, insolubilidad del calcio y el magnesio y fijación por las arcillas de los micronutrientes metálicos (Fe, Cu, Zn y B). También es conocido que con la fertilización química, se obtienen buenos rendimientos, sin embargo, por su poder residual están salinizando los suelos agrícolas de la región semiárida. Esta es una práctica indispensable pero muy costosa para obtener un buen producto en chile piquín y naranjo, por lo que se hace necesario encontrar técnicas para reducir costos en el uso de fertilizantes y que sean amigables con el medio ambiente.

Un método que en los últimos 20 años a tomado gran auge en México, es la aplicación de sustancias húmicas (SH), que son compuestos orgánicos no muy bien definidos químicamente, que constituyen la parte más elaborada de la descomposición de la materia orgánica provenientes de minerales fósiles (leonardita, turbas y lignitos) extraídos de las minas de carbón. Estas son macromoléculas orgánicas, de gran peso molecular y más estable que el material original, las cuales se clasifican en ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF), lo anterior permite establecer una investigación a nivel de vivero con el objetivo de determinar el comportamiento de tres sustancias fúlvicas como Miyaction, el experimental de Christian Bro's y Kationic en la nutrición y distribución de raíz de chile piquín y naranjo y huminas residuales (HR). Estas sustancias son divididas en grupos de acuerdo a su solubilidad en soluciones ácidas y básicas concentradas (Thorn *et al.* 1989).

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el comportamiento de tres ácidos fúlvicos en la nutrición y distribución de raíz de chile piquín y naranjo a través del análisis de imagen.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la dosis optima de ácidos fúlvicos en la nutrición de chile piquín y naranjo.

Establecer la efectividad de los ácidos fúlvicos en la masa radicular de chile piquín y naranjo.

1.3 HIPÓTESIS

El uso de al menos un ácido fúlvico influye positivamente en la nutrición y distribución de raíz de chile piquín y naranjo.

II. LITERATURA

2.1 Las Sustancias Húmicas

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

De Saussure en 1804, fue el primero en utilizar la palabra “humus” (que en latín significa suelo) para describir el material orgánico de color oscuro presente en el suelo. Este autor observó que el humus era más rico en carbono y más pobre en hidrógeno y oxígeno que el material vegetal de origen. En la actualidad, el término “humus” todavía no se emplea de manera específica y concreta. Mientras que para algunos autores este término significa lo mismo que materia orgánica del suelo, incluyendo sustancias húmicas, materiales orgánicos identificables de elevado peso molecular, como polisacáridos y proteínas y sustancias simples como azúcares, aminoácidos y otras moléculas, pero excluyendo los tejidos de plantas y animales no descompuestos, los productos de descomposición parcial y la biomasa del suelo (Stevenson, 1994, MacCarthy *et al.* 1990). Otros autores utilizan el término humus para referirse sólo a las sustancias húmicas (MacCarthy *et al.* 1990).

Las sustancias húmicas las definen Aiken *et al.* (1985) como una categoría de sustancias de color amarillo a negro, de elevado peso molecular y propiedades refractarias; tal vez, habría que incluir su naturaleza coloidal y su resistencia al ataque microbiano. Este enunciado es más una descripción de las sustancias húmicas que una definición, y es una muestra de la no especificidad que prevalece en el estudio de las sustancias húmicas. Estos materiales resultan de la degradación de restos de animales y plantas, y no pueden ser clasificados dentro de la categoría de compuestos discretos como sucede con las sustancias no húmicas. Las sustancias húmicas son omnipresentes, y se encuentran en todos los suelos, sedimentos y aguas.

Del 75 al 90 por ciento de los restos orgánicos están constituidos por agua. Una fracción pequeña de materia orgánica (MO), está constituida por carbohidratos, aminoácidos, ácidos

alifáticos, proteínas, grasas, etc., y en su mayor parte están formadas por las llamadas sustancias húmicas, que son una serie de compuestos de alto peso molecular. Estas sustancias húmicas han sido divididas en grupos de acuerdo a su solubilidad en soluciones ácidas y básicas concentradas: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas. Los AH son moléculas más grandes y complejas que los AF, además, presentan contenidos más altos de nitrógeno, pero menor de grupos funcionales (Meléndez, 2003).

Los AF se distinguen de los AH por su coloración más clara, por el contenido relativamente bajo en carbono (menos del 55 por ciento) y por su buena solubilidad en agua, alcohol, álcalis y ácidos minerales. Los fulvoácidos pertenecen al grupo de los ácidos hidroxicarboxílicos y en la hidrólisis ácida forman sustancias reductoras y furfural, tienen alta capacidad de cambio (hasta 700 meq 100 g de sustancia), actúan destructivamente sobre los minerales, son propensos a formar complejos R_2O_3 que poseen gran movilidad, por lo tanto parece ser que ya no existen dudas sobre los AF como grupos independientes de materias húmicas con propiedades distintas a la de los AH. A parte de los AF propiamente dicho se han descubierto hidratos de carbono, glucósidos, sustancias de naturaleza fenólica, ácidos urónicos y ácidos orgánicos nitrogenados. Datos obtenidos de espectroscopia infrarroja, dan testimonio de la presencia de elementos de naturaleza aromática. Sobre la baja aromatización de los AF hablan los datos de la composición elemental en el cual el porcentaje de carbono es significativamente más bajo y el de hidrógeno supera el de los AH (Meléndez, 2003).

Los AH y AF son compuestos orgánicos no muy bien definidos químicamente, que constituyen la parte más elaborada de la descomposición de la MO. Se derivan de diferentes materias primas originadas principalmente de yacimientos de carbón orgánico conocidos como lignitos, turbas, también de materiales comportados; forman humatos y fulvatos con los cationes del suelo, con lo que evitan la retrogradación. Son capaces de fijar los nutrientes que son aplicados como fertilizantes, disminuye las pérdidas por lixiviación e inmovilización. Los AH son activadores de la flora microbiana del suelo con lo que aumenta la mineralización de la MO y la consecuente liberación de nutrientes a formas disponibles para las raíces de las plantas. Los AH y AF incrementan la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo y la retención de humedad, estimulan el desarrollo de la raíz, y a nivel foliar aumentan la

permeabilidad de la membrana celular facilitando la absorción de nutrimentos y son agentes naturales quelatantes de metales catiónicos, por lo que son utilizados para la nutrición mineral de los cultivos debido a la acción acomplejante que ejercen sus grupos funcionales carboxílicos (COOH) e hidroxílicos (OH) (Molina, 2003).

Chen *et al.* (1990), Varanini *et al.* (1995) y Piccolo *et al.* (1992), a lo largo de sus investigaciones han recogido la influencia de las sustancias húmicas en el crecimiento de las plantas, en la nutrición mineral, en la productividad y el metabolismo, considerando los efectos positivos sobre la germinación de semillas, la iniciación y el desarrollo radicular, el desarrollo de los brotes, el contenido de nutrientes en numerosos cultivos y la síntesis de ácidos nucleicos o la respiración. En el suelo, estos compuestos mejoran la estructura de los sustratos, incrementan la capacidad de intercambio del suelo y movilizan micronutrientes (Olmos *et al.* 1998).

2.2 Efectos de las Sustancias Húmicas

Los efectos de la aplicación al suelo de las sustancias húmicas sobre las cosechas han sido explicados por diferentes teorías (Benedetti *et al.* 1990 y 1992; Cacco *et al.* 1984). La más aceptada por la comunidad científica es la hipótesis que asigna a las sustancias húmicas unos “efectos directos” sobre la planta, teniendo un comportamiento hormonal, y unos “efectos indirectos” actuando sobre el metabolismo de los microorganismos del suelo y la dinámica de los nutrientes. Las sustancias húmicas son capaces de alterar la absorción de micronutrientes por las raíces y modificar las actividades enzimáticas implicadas en el metabolismo del nitrógeno (Visser, 1985).

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

2.2.1 En el Suelo

La materia orgánica, concretamente las sustancias húmicas pueden incidir indirectamente en la nutrición vegetal por distintos mecanismos:

Suministrando nutrientes a las raíces. Las SH pueden servir de fuente de N, P y S (Akinremi *et al.* 2000), que liberan a través de la mineralización de la materia orgánica en el suelo. Esta fuente de elementos también se debe a la posibilidad de complejar metales que tienen las SH, (Tan *et al.* 1979, Sánchez-Andreu *et al.* 2000). Sin embargo, este comportamiento va a estar determinado, en gran medida por el cultivo y las condiciones que lo rodean. Duplessis *et al.* (1983), observaron que la aplicación de leonardita incrementaba la producción y los niveles de N, P, K para maíz cultivado en un suelo franco-arenoso; mientras que no afectó a la producción, ni a los niveles cuando era aplicado en maíz cultivado en suelo arcilloso. La diferencia en la respuesta fue atribuida al alto contenido de arcilla y/o materia orgánica del suelo.

Akinremi *et al.* (2000) concluyeron que la adición de leonardita provocaba mejoras en los niveles foliares de N, P, K de los cultivos de nabos, trigo y judías. Además, en el cultivo de nabos se producía un aumento en el nivel de S. Estos resultados se deben, según los autores, a una combinación de los efectos directos de los ácidos sobre los procesos fisiológicos de la planta y un efecto indirecto incrementando la disponibilidad de nutrientes para el vegetal.

La dinámica del P en el suelo depende de la complejación del calcio por la materia húmica. En los suelos calizos, el Ca es un catión reactivo y omnipresente que disminuye la biodisponibilidad de numerosos micronutrientes (Fe^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+}), así como del P, debido a la formación de fosfatos de calcio insolubles. La complejación de Ca por las SH incrementa la solubilización del apatito (Gerapin *et al.* 1989, Rouquet, 1988) limitando la adsorción y fijación del P (Fox *et al.* 1990; Gerk, 1993). Los resultados muestran que el poder de complejación de Ca de las SH está bien relacionado con la mejora en la nutrición de P en suelos calizos (Gaur, 1964), además, el efecto positivo de la complejación del Ca sobre el P parece depender del pH del suelo. Los resultados de Brun *et al.* (1994) mostraron que al

aumentar el pH aumentaban los mili equivalentes (meq) de Ca complejado por los diferentes ácidos húmicos (Figura 1).

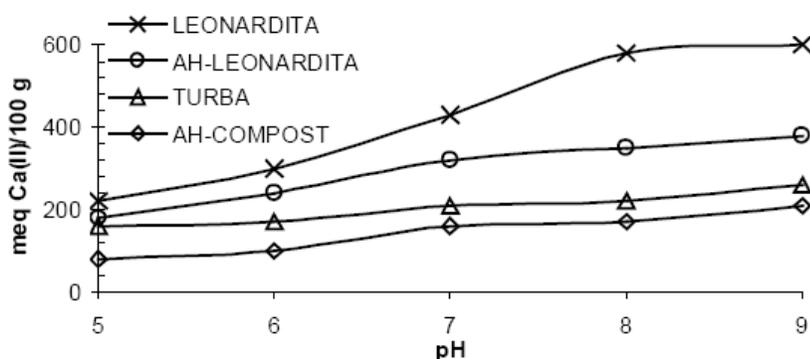


Figura 1.- Contenido radicular de hierro (mg/kg m.s.) frente a la aplicación de ácidos húmicos. (De Adani *et al*, 1998).

2.2.2 Incremento en la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

En la fertilidad del suelo, el intercambio de cationes de la fracción orgánica es de absoluta importancia, ya que va a suponer el suministro de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y algunos micronutrientes (Fe^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+}) para las plantas. La CIC del suelo puede depender en más de un 80% de la materia orgánica, por tanto existe una relación directa entre la CIC y el contenido en materia orgánica. Por lo general los AH van a adsorber preferentemente cationes polivalentes frente a monovalentes. Para iones con igual valencia, los menos hidratados tienen la mayor energía de adsorción (Stevenson, 1994).

2.2.3 En la Planta

En los últimos años las investigaciones sobre sustancias húmicas se han centrado sobre todo en sus acciones directas. Se han investigado sus efectos bioestimulantes considerando la implicación de estos productos en los diferentes procesos fisiológicos-bioquímicos que tienen lugar en la planta (Ramos, 2000; Vivas, 2001).

Si nos referimos a la influencia de las SH en el crecimiento y desarrollo de la raíz, se considera suficientemente probado que estos compuestos mejoran el crecimiento radicular, ya sea por aplicación foliar o adición al suelo (Sladky, 1959; Fernández 1968, Sánchez-Conde *et al.* 1972; Sánchez-Andreu *et al.* 1994). Tanto la elongación como la formación de los primeros pelos radiculares van a estar afectados por los materiales húmicos. Las dosis empleadas de las SH van a ser determinantes para que los efectos sean positivos o negativos. Young *et al.* (1997) encontraron que ácidos purificados procedentes de diferentes orígenes, mejoraban significativamente el crecimiento radicular en semilleros de lechuga, pasando de una longitud radicular media de 13.6 mm para el control a 20.2 mm, cuando se aplicaban ácidos de turba. Estos efectos los autores los justificaron al decir que los ácidos pueden tener enlazadas a su estructura poliaminas (putrescina, espermidina, permina) que se encuentran en las paredes celulares y tienen una reconocida función reguladora en las plantas (Galston *et al.* 1990, Nardi *et al.* 1994). La aplicación foliar de SH a *Agrostis stolonifera* L. presentó un efecto muy limitado en el enraizado, mientras la incorporación de humato granular hasta a 10 cm profundidad, mejoró sensiblemente el enraizado, seguramente debido a la proximidad a las raíces (Cooper *et al.* 1998).

2.3 Cultivo de Chile Piquín

En México, desde tiempos precolombinos, el maíz, frijol, la calabaza y el chile fueron la base de la alimentación de las diferentes culturas que poblaron Mesoamérica. A esta región se le considera como uno de los principales centros de domesticación del género *Capsicum*, en particular de la especie *annuum*, que es la más importante.

Dada la gran diversidad de tipos de chiles cultivados y silvestres que hay en México los diversos usos que se da a los frutos, ya sea como alimento directo o procesados en salsas, polvo o encurtido, la importancia económica de este cultivo es evidente por su amplia distribución y uso a nivel mundial.

El chile piquín (*Capsicum annum* L. var. *aviculare*), perteneciente a este género tiene una amplia distribución desde la parte sur de los Estados Unidos de Norteamérica; casi todo

México; Centroamérica; Antillas y la parte norte de Sudamérica, creciendo junto a ríos o campos de cultivo y localizándose poblaciones naturales desde el nivel del mar hasta los 1300 msnm (Bravo, 1934).

Su nombre proviene del Náhuatl “chiletekpini” y significa chile pulga, por lo que se le conoce también chilpequin que significa chile pequeño, en algunas regiones se le llama amomo, bravo, huarahuao, chilti pequín, pico de pajarero y chili pequín.

El chile piquín del noreste de México se presenta a manera de hierba o a menudo de arbustos pequeños, hasta de 0.5-2.00 m de altura, con un solo tallo y muchas ramas en forma ascendente extendidas; tallos verdes costillados, pubescentes con pelos incurvados de 0.4 mm de largo y casi glabros. Hojas solitarias o en pares, lanceoladas a ovadas, de 2.8 cm de ancho, esparcidamente pubescentes en ambas superficies a glabras, el ápice acuminado, la base cuneada y abruptamente acuminada en el pecíolo; pecíolos de 5-20 mm de largo. Inflorescencias axilares, de una sola flor; pedicelo erecto, curvado en el ápice y nutante en floración, rígido erecto, de 1-2 cm de largo, 0.5 mm de diámetro, dilatado en el ápice, esparcidamente pubescente; cáliz de 1mm de largo en ántesis, hasta de 2 mm de largo en el fruto, truncado y escasamente lobado con ápices diminutos justo abajo del margen, éstos continuos con las costillas; corola blanca, rotado campanulada, de 9 mm de ancho, los lóbulos ovado-triangulares, de 3 mm de largo; filamentos de 1-1.5 mm de largo, glabros, las anteras verde-azulosas, de 1 mm. de largo, 0.5 mm de ancho; estilo de 2.5 mm de largo. Fruto una baya, roja anaranjada, ovoide o globosa, de 8.10 mm de largo, 5-8 mm de ancho, lustrosa, extremadamente picante; semillas pardo amarillentas, comprimidas, de 2.5 mm de largo.

La diversidad en su morfología y características genéticas resulta de interés para su valoración biológica así como la identificación de centros de origen y crear condiciones para manipular el germoplasma para la creación de razas resistentes al ataque de plagas o enfermedades e impulsar la fructificación en ambientes poco favorables. Aunque aún no hay evidencias de que se cultive a nivel comercial en la región, se le encuentra en grandes cantidades temporalmente en los mercados locales. Investigadores señalan que es difícil y a

veces imposible establecer a partir de los datos proporcionados por la etiqueta o en el campo, si una planta en particular es sembrada o es de origen silvestre (Heiser *et al*, 1953).

Los cultivares nativos usados en las siembras comerciales de chiles picantes son de bajo rendimiento y de mala calidad debido a la mezcla de subtipos, variación morfológica diversidad de formas de fruto, lo cual demerita la aceptación comercial e industrial del producto. En las siembras comerciales de chile en el país se observan diferencias tecnológicas muy contrastantes; desde las altamente tecnificadas y sofisticadas hasta las de tecnología rudimentaria o tradicional en algunas regiones, en donde particularmente en estas últimas, la adopción de nueva tecnología es lenta debido principalmente al bajo nivel cultural y al escaso recurso económico de los productores (Heiser *et al*, 1958).

Debido a las deficiencias de nutrimentos (N y P) de los suelos del noreste de México, es necesario precisar las necesidades de fertilización de chile piquín, mediante análisis de suelos previos al establecimiento de las plantas ya que este requiere mayor atención por ser una plántula débil al inicio de su crecimiento y requiere de un sombreado del 30 por ciento para incrementar la producción de frutos; lo cierto es que es un cultivo que tiene los mismos problemas fitosanitarios y ambientales que sus parientes domesticados en menor medida al ser una planta rustica, resistente a plagas y enfermedades.

Davis *et al*. 2002, sugiere iniciar con una fertilización base de P_2O_5 , MAP, lo cual da como resultado un buen desarrollo de la planta y una producción de fruto estadísticamente superior en comparación con plantas que se encuentran en el “monte” y el procurando mantener una humedad adecuada alrededor de la planta hace que el fertilizante sea mayor asimilado. De igual forma el experimento realizado de manera *in situ* (Manejo Agroforestal) en el Ejido Américo Villareal Guerra, municipio de Gómez Farías, Tamaulipas., (2001) indica que se realizó una fertilización inicial antes de la plantación con 5ml de enraizador (8-24-00) + 5gN + 5gr P_2O_5 por planta y aplicaciones mensuales de 2.5gr de N por planta al tratamiento denominado bosque fertilizado (BF), así mismo se evaluaron los tratamientos bosque sin fertilizar (BSF) y testigo traspatio (TTp), dando como resultado una producción

estadísticamente superior del BF con respecto al testigo de traspatio (TTP) y bosque sin fertilizar (BSF).

Existe actualmente un gran interés en explotar comercialmente al chile piquín en México; el cual crece bajo los arbustos y árboles en su hábitat natural. Los cultivos perennes como los cítricos, representan una buena opción para intercalar chile piquín, el cual obtendría sombra, riego, fertilización y otras prácticas culturales sin costo adicional, ofreciendo un valor agregado a las plantaciones de cítricos.

El desarrollo y reproducción del chile piquín intercalado con cítricos es similar al de las plantas que crecen en su hábitat natural. Las prácticas agronómicas de los cítricos no intervienen con las del chile piquín y viceversa. La sombra parcial que ofrecieron los naranjos pareció apropiada para el buen desarrollo del chile piquín (INIFAP, Campo Experimental Rio Bravo 2004).

2.4 Cultivo de Naranja

El árbol es de tamaño medio con la copa esférica y frondosa. Su hábito de crecimiento es abierto cuyas ramas pueden llegar al suelo, observándose pequeñas espinas en las axilas de las hojas, que desaparecen con el tiempo. El color de sus hojas es verde oscuro muy característico. El fruto presenta un color naranja rojizo intenso. El ombligo o navel que se observa en la corteza de los frutos es pequeño. La superficie de la piel muestra una rugosidad muy fina, “granito de pólvora”. La recolección es muy precoz. La forma del fruto puede ser tanto elipsoidal como redondeada, siendo más frecuente la primera.

Las flores son grandes y pueden encontrarse aisladas o en racimos. También este grupo Navel se caracteriza por tener las anteras de color blanco crema o amarillo pálido, sin granos de polen (no polinizan a otras variedades), debido a una destrucción de las células madres que los forman. En el ovario, cilíndrico, se produce una degeneración del saco embrionario, dando lugar a frutos partenocárpicos (sin semillas). Si excepcionalmente aparece alguna semilla, es poliembriónica. Además, tienen un segundo verticilo carpelar que, al desarrollarse, origina un

nuevo fruto incluido en el principal, que puede aparecer en la corteza en la región estilar, con una forma que recuerda a un ombligo (Navel).

La naranja (*Citrus sinensis*, L.), es una excelente fruta de mesa, rica en vitamina C, potasio, calcio y fósforo, por lo que, además de su consumo en fresco, se utiliza en jugos naturales, pasteurizados, concentrados o totalmente deshidratados y/o mermeladas y de su corteza junto con las flores, se extrae esencia de azahar. (Palacios, 1978). Es el fruto más importante en México, tanto por la superficie dedicada a su cultivo como por el monto producido y el consumo de la población, Nuevo León es el segundo estado productor de cítricos en México, con una superficie de 40,000ha⁻¹ dedicadas a este cultivo, cuya producción promedio anual se estima en las 10,000 toneladas. El área citrícola son los municipios de Montemorelos, General Terán, Linares, Hualahuises, Allende y Cadereyta (Desarrollo Agropecuario NL, 2003-2007).

Requiere importantes precipitaciones alrededor de 1200 mm, que cuando no son cubiertas hay que recurrir al riego. Necesita temperaturas cálidas durante el verano para la correcta maduración de los frutos. Demandan gran cantidad de nutrimentos, macro y micronutrientes, lo que supone gran parte de los costos de producción y es una planta que frecuentemente sufre deficiencias, destacando la carencia de Mg, que está muy relacionada con el exceso de K y Ca y que se soluciona con aplicaciones foliares. Otra carencia frecuente es la de Zn, que se soluciona aplicando sulfato de zinc al 1 %. El déficit en hierro está ligado a los suelos calizos, con aplicación de quelatos que suponen una solución escasa y un costo considerable.

El objetivo principal de un programa de fertilización de los agrios es asegurar que las plantas tengan los suficientes nutrimentos en el lugar y tiempo adecuado, por lo que existen grandes diferencias entre los suelos en su capacidad para retener nutrimentos. Las necesidades nutritivas de los agrios están constituidas por el consumo de elementos minerales que una planta lleva a cabo para satisfacer su desarrollo vegetativo y fructificación, la fertilización química al suelo es la forma comúnmente utilizada para abastecer de nutrimentos a los

cultivos; pero existen características químicas, físicas y biológicas que pueden limitar la disponibilidad de dichos nutrimentos en la solución del suelo.

Sin embargo, es seguro que todos los suelos pierden nutrimentos dependiendo de la dosis aplicada, época de aplicación, cantidad e intensidad de lluvia o riego y la cosecha del cultivo, por esto es necesario la información sobre el cultivo, tipo de suelo, fertilizantes, agua que se tenga, etc. Esto utilizado adecuadamente, nos da como resultado mejor desarrollo de planta altos rendimientos y mayor eficiencia en el uso de los nutrimentos (Broker, 1994). Sin embargo, existen factores que limitan el incremento de la producción de los cítricos. Uno de estos factores es el inadecuado manejo de la nutrición de los árboles y esto se agrava debido al constante incremento en el costo de los fertilizantes.

Para un adecuado programa de manejo, se necesita determinar la cantidad de fertilizante que se aplicará a la plantación citrícola para todo el ciclo, lo cual se debe hacer con el apoyo de los datos de producción, calidad del agua, diámetro medio de copa, análisis foliares, suelo, etc. El cálculo se puede realizar sobre la base del rendimiento esperado, datos de otros lugares, experiencias propias, tipo de variedad cultivada, etc. Esto para un uso eficiente en las cantidades de fertilizantes a utilizar (Amoros, 1989). En la actualidad la fertilización es una práctica indispensable para obtener un buen producto. Por lo anterior se deben de considerar todos los factores que intervienen para lograr una eficiencia y aprovechamiento, que consiste en poner a disposición de los árboles, en forma equilibrada, los nutrientes esenciales para sus funciones de crecimiento, floración y fructificación.

La cantidad de nutrientes que requiere un árbol depende de numerosos factores; entre ellos, la variedad y su capacidad genética de producción, portainjerto, clima, suelo, edad de los árboles, etc. Por tanto son muy diversas las recomendaciones que se pueden encontrar en la bibliografía (García, 1991).

En un experimento realizado por Eman 2005, da a conocer que el uso de ácidos fúlvicos mas el 50 por ciento de fertilización química nitrogenada en suelos arenosos y pobres en MO, mejora el crecimiento vegetativo y reduce la acumulación de sustancias residuales

como NO_3^- y NO_2^- . El uso de AF, particularmente en suelos alcalinos y con bajo contenido de MO, incrementa la obtención de nutrientes, tolerancia a cambios drásticos de temperatura y beneficiando la actividad microbiana (Russo, 1990). Las SH incrementan el desarrollo radicular de manera similar que las auxinas (Tatini, 1991), cuyo resultado es el engrosamiento, alargamiento y mayor exploración del sistema radicular (Li, 1999).

Mansour y Shaaban (2005), en árboles de naranja de 20 años, variedad Navel, encontraron que la aplicación de fertilizantes orgánicos (caso específico sustancias húmicas), es una estrategia con la cual se redujo el uso de fertilizantes químicos en un 50 por ciento, promovió que elementos como Ca, P y Fe, fueran asimilables para las plantas obteniendo mejores rendimientos en producción y un crecimiento uniforme de la parte aérea y radicular. El uso de materiales orgánicos ayuda a la absorción de nutrientes como Ca, P y Fe haciéndolos asimilables de forma fácil para las plantas, de igual forma el N orgánico es gradualmente más soluble y tomado por la planta que, el N inorgánico de los fertilizantes químicos (Abo-El-Komsan, 2002). Al reducir el porcentaje de urea un 50 por ciento de la dosis recomendada mezclada con AF aplicada al suelo, se estimula el crecimiento del área foliar, se incrementó la absorción de K y P y el desarrollo del árbol y fruto también (Ahmed, 1995).

2.5 Análisis de raíz

La raíz es el órgano responsable de la absorción de agua por las plantas y su capacidad, en ese sentido, depende directamente de su grado de desarrollo; es decir, su capacidad de ramificación y de penetración constituyen las características morfológicas más importantes que permiten al vegetal tolerar los déficits de humedad (Russell, 1977).

El mayor o menor grado de desarrollo de la raíz condiciona la tasa de absorción de agua por la planta, lo cual a su vez afecta importantes procesos fisiológicos como la fotosíntesis, respiración, elongación celular y muchas otras actividades metabólicas (Slatyer, 1967 y Kramer, 1983).

Las raíces constituyen una gran proporción de productividad terrestre primaria neta (Jackson *et al.* 1997), flujos de carbón y otros nutrientes hacia los suelos vía raíces muchas veces igualan o superan flujos provenientes de desechos de superficie (Roderstein *et al.* 2005).

Varios investigadores (Donald, 1963; Bertrand, 1965 y Watson, 1968) señalaron que las variedades con un sistema radical más profundo y ramificado absorben mayor cantidad de humedad en el suelo durante periodos de sequía y pueden sobrevivir a los efectos de esta. Existen diversos métodos para estudiar el sistema radical, tales como: el monólito, rizotrones, barrena en el sitio, minirizotrones, análisis de imagen utilizando herbicidas y de radio trazadores a través de los cuales es posible evaluar y graficar los diferentes modelos de raíces.

La caracterización de la raíz considerando los métodos tradicionales (decímetro cuadrado, conteo por estereoscopio) generalmente no es suficiente para describir y cuantificar el patrón arquitectural de la raíz en respuesta al sistema de riego aplicado, por lo que se propone una metodología de aproximación basado en la obtención de imágenes de raíz a través del perfil, con la finalidad de cuantificar su área superficial y tamaño, lo anterior se puede realizar a partir del análisis de imagen, técnica que cuenta ya con un importante desarrollo para el estudio de porosidad del suelo (Hallaire, 1997; Hallaire *et al.* 1997, González, 2002; González *et al.* 2004), dendrología (Bernal, 2004) y distribución de raíz en plantas hortícolas y frutales. Esta técnica permite caracterizar la organización y distribución espacial de la raíz a partir de dos criterios morfológicos, tamaño y forma y sus variaciones en el perfil. Por todo esto para, entender la bioquímica y ecología terrestre es necesario registrar información referente a los patrones espaciales y temporales de crecimiento de raíces.

2.6 Análisis de Imagen

Desde un punto de vista físico, una imagen puede considerarse como un objeto plano cuya intensidad luminosa y color puede variar de un punto a otro. Si se trata de imágenes monocromas (blanco y negro), se pueden representar como una función continua $f(x,y)$: donde (x,y) son sus coordenadas y el valor de f es proporcional a la intensidad luminosa en ese punto (nivel de gris) (Martínez y Sanpedro, 1995).

Las cámaras digitales utilizan CCD (Charge Couple Device) para generar la imagen, pero en este caso es la propia cámara la que la digitaliza. Su principal ventaja es que permite resoluciones mucho mayores. Hoy en día son relativamente habituales para microscopía, cámaras de 12 Megapíxeles (4080 x 3072 píxeles). Un problema que se presenta al tomar imágenes de gran resolución es que la transmisión de la imagen a la computadora no es instantánea, siendo necesario unos pocos segundos para su visualización en la pantalla, lo que puede ser un problema cuando se trabaja con imágenes dinámicas; en este caso todas las imágenes capturadas son fijas lo que da una ventaja en trabajar con un gran número de imágenes (300) en el programa *Image Pro plus* sin des tiempos o el ciclado de la maquina (Pertusa, 2003).

Los dispositivos CCD capturan imágenes monocromas. Para poder capturar imágenes en color con un CCD es necesario descomponer previamente la luz en los tres colores básicos del espectro: rojo verde y azul y recoger la información de cada uno de estos colores en un píxel. Para conseguir esto se pueden utilizar tres métodos:

- CCD único. Un CCD con píxeles sensibles a diferentes colores (rojo, verde y azul).

- Tres CCDs cada uno sensible a uno de los colores.

- CCD único con triple exposición. Se coloca delante del CCD un filtro para cada uno de los colores del espectro y se toman tres imágenes de la misma zona.

Para facilitar la toma de la fotografía en este caso se utilizó el método CCD único que responde de igual forma a una digitalización en ausencia de luz para evitar sensibilidad espectral en relación entre las zonas de mayor y menor intensidad que se pueden detectar con el sensor. A mayor rango dinámico mayor sensibilidad de la cámara para detectar ligeras variaciones de intensidad luminosa (Russ, 1995).

A la hora de archivar imágenes el primer factor que se debe de tener en cuenta es el formato. Existen una serie de formatos estándares que son lebles por la mayoría de los sistemas operativos y programas de tratamiento de imágenes permitiendo compartir imágenes

entre personas que utilizan diferentes equipos; los formatos de imágenes más usuales son TIFF, PCX, BMP, PICT, JPG, GIF y PNG (Rosenfeld y Kak, 1981, Russ,1990).

Dentro de lo que se denomina proceso de imágenes, se engloban una serie de técnicas que comprenden operaciones cuyo origen es una imagen y cuyo resultado final es otra imagen. El valor del píxel en la imagen de salida puede ser función del valor que tenía en la imagen de entrada, de los valores de sus vecinos o del valor de todos los puntos de la imagen de entrada (Rosenfeld, 1979).

Según González y Wintz (1977), el objetivo de estas técnicas es procesar una imagen de tal modo que la resultante sea más adecuada que la imagen original para una aplicación específica. El término "específico" es importante porque establece que el valor de la imagen resultante esté en función del problema que se trata. Así, un método que es útil para realzar un determinado tipo de imágenes puede no serlo para otras.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del Área Experimental

El presente estudio se llevó a cabo en el vivero forestal de las instalaciones de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicado en la Carretera Nacional km. 145, Linares, Nuevo León, México que se encuentra 24° 47' 49.48'' latitud norte y 99° 32' 31.34'' de longitud oeste a una altura de 350 msnm (Figura 2).



Figura 2.- Localización del área de estudio (tomado de Google Earth)

3.1.2 Clima

El clima predominante en el área es semiseco muy cálido con lluvia en verano. Las temperaturas medias oscilan entre 14.7 °C en el mes de enero y 22.3 °C en el mes de agosto. Los meses más cálidos son junio, julio y agosto, con una temperatura media mensual que oscila entre 27 y 28 °C y el mes más frío es enero, con una temperatura media menor de 15 °C, sin embargo, es común observar en el verano (junio-agostos) temperaturas máximas extremas de 44 °C y en el invierno (enero-marzo) las heladas que llegan a los -11 °C. La precipitación anual de ésta región fluctúa de 500 a 700 mm. El máximo régimen pluvial mensual se registra en septiembre con promedio de 160 a 170 mm y el mínimo de 10 a 15 mm se presenta en marzo (SNM, 2009).

3.1.3 Suelo

Los tipos de suelo de la región son vertisol, litosol, regosol, y xerosol, y en menor grado por rendzina, luvisol, fluvisol y cambisol. de origen aluvio-coluvial, muy profundo, fuertemente agrietados en estado seco, de textura arcillo limosa conteniendo más de 30 por ciento de arcilla a lo largo del perfil y de color oscuro, que presenta valores muy altos de materia orgánica en la parte superior, disminuyendo estos valores con la profundidad. Se componen de 4 a 5 diferentes unidades, equivalentes a horizontes según su estado de evolución pedogénica. La primera unidad comprende los primeros 25 cm o la capa arable en caso de suelos dedicados a la agricultura, la segunda unidad abarca hasta de los 10 a 30 cm y presenta una estructura firme. La tercera unidad se extiende de pocos centímetros hasta más de 1 metro y se caracteriza por agregados prismáticos que se pueden extender uniformemente a lo largo de toda la unidad. La cuarta unidad mide de 25 cm hasta 1 m, su estructura es de bloques angulares y la quinta unidad consiste en arcilla del descompuesto de lutita o sedimento aluvio-coluvial del mismo y es el materia parental de los vertisoles (FAO, 2006).

3.1.4 Vegetación

El tipo de vegetación más común en la porción norte de la Planicie Costera del Golfo, en donde se localiza el área de estudio, es denominada matorral espinoso tamaulipeco. Dicha área está constituida por una gran diversidad de comunidades vegetales la cual incluye especies arbóreas, arbustivas y herbáceas; entre los géneros que se encuentran son *Acacia*, *Celtis*, *Mimosa*, *Cordia*, *Fraxinus*, *Pithecellobium*, entre otras. Estas se encuentran asociadas generalmente entre ellas o incluso pequeñas áreas con una sola especie y/o con herbáceas en su estrato inferior (SPP-INEGI, 1986.)

3.2 Diseño estadístico

El experimento aplicado a chile piquín y naranjo fue de acuerdo a un diseño experimental completamente al azar con tres diferentes niveles de aplicación de ácidos fúlvicos (2, 4 y 6 ml lt^{-1}) y para la fertilización química (alta, media, baja así como nula). Las diferentes combinaciones de niveles y cada una de estas se convierten en un total de 40 tratamientos dentro de los cuales cuatro se evaluaron como testigos. Así mismo cada

tratamiento cuenta con tres repeticiones respectivamente, sumando un total de 279 plantas para cada cultivo. El análisis estadístico consistió en el análisis de varianza (ANVA) con la posterior aplicación de la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P < 0.05$) una vez que el ANVA respectivo mostró diferencias significativas en los tratamientos, para ello se empleó el software estadístico STATISTICA Versión 14.

Cuadro 1.- Descripción de los tratamientos para chile piquín y naranjo.

| Ácido Fúlvico | Dosis | Tratamiento |
|----------------------|-----------------------|-------------|
| Miyaction (M) | 2 ml lt ⁻¹ | 0 |
| | | A |
| | | M |
| | | B |
| | 4 ml lt ⁻¹ | 0 |
| | | A |
| | | M |
| | | B |
| | 6 ml lt ⁻¹ | 0 |
| | | A |
| | | M |
| | | B |
| Christian Bro´s (CB) | 2 ml lt ⁻¹ | 0 |
| | | A |
| | | M |
| | | B |
| | 4 ml lt ⁻¹ | 0 |
| | | A |
| | | M |
| | | B |
| | 6 ml lt ⁻¹ | 0 |
| | | A |
| | | M |
| | | B |
| Kationc (K) | 2 ml lt ⁻¹ | 0 |
| | | A |
| | | M |
| | | B |
| | 4 ml lt ⁻¹ | 0 |
| | | A |
| | | M |
| | | B |
| | 6 ml lt ⁻¹ | 0 |
| | | A |
| | | M |
| | | B |

| | | |
|----------|--------------------|----------------------|
| Testigos | Testigos Absolutos | Testigo Absoluto |
| | | Solución Nutritiva A |
| | | Solución Nutritiva M |
| | | Solución Nutritiva B |

Donde: A, Alta; M, Media y B, Baja.

3.3 Metodología

Se trasplantaron en bolsas de plástico negro para vivero con medidas de 25 cm de ancho con 4 cm de pliegue y 30 cm de altura, el mes de marzo los cultivares de chile piquín (*Capsicum annuum L. var. avicualre*) y naranjo (*Citrus sinensis V. cambel*) portainjerto cleopatra, las que contenían 4 kg. de horizonte Ap de un Calcisol, que es generalmente delgado, de estructura granular y textura franca a franco-arcillosa y carente de pedregosidad (WRB-FAO/UNESCO, 1994).

El ácido fúlvico Miyaction (M) de la empresa Miyamonte Japón elaborado a base de gallinaza, es un activador de la absorción de nutrientes, activa el desarrollo radicular, promueve el transporte activo dentro de la planta, son un estabilizador de mezclas de las soluciones nutritivas y fertilizantes, evita la hidrólisis alcalina de algunos pesticidas y mejora su actividad biológica, disminuye la conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas en riegos localizados e incrementa la CIC (Ver Cuadro 2).

El componente orgánico experimental Christian Bro's (CB) Christian Bro's Marketing Group (CB) la casa comercial ubicada en Houston Texas, extraídos de leonardita estimula el desarrollo de la raíz, aumenta el intercambio y absorción de cationes, mejora y favorece la penetración de elementos vía foliar e incrementa el metabolismo general de las plantas (Ver Cuadro 2).

Kationic (K) perteneciente al Grupo Bioquímico Mexicano (GBM) extraídos también de leonardita, promueve y optimiza la asimilación de nutrientes en aplicaciones al suelo o al follaje mezclado con agua y/o fertilizantes líquidos, forma complejos nutricionales disponibles

con los elementos mayores; provoca cambios en las propiedades físicas de los suelos mejorando la capacidad de retención de humedad (Ver Cuadro 2).

Cuadro 2.- Características de los ácidos empleadas como tratamientos.

| Material | Acidez Total ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) | -COOH ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) | -OH ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) | Porcentaje |
|--------------------|---|--|--|------------|
| Miyaction | 702 | 530 | 172 | 14.0 |
| Christian Bro's | 250 | 152 | 98 | 35.5 |
| K-tionic | 182 | 74 | 108 | 25.0 |

Se realizaron tres aplicaciones de fertilizante en los meses de Marzo, Julio y Octubre estas los días 12 de los meses mencionados; en las cuales se utilizó triple 17 fertilizante mineral a razón de 30 g por planta de naranjo y 5 g planta de chile piquín, siendo 30 y 5 g el 100 por ciento de la fertilización (solución nutritiva alta-SNA), la cual fue reducida en 25 por ciento para su aplicación media (solución nutritiva media-SNM) y reducida de igual manera para ser utilizada como aplicación baja (solución nutritiva baja-SNB) para ambos cultivares, dichas soluciones nutritivas se utilizaron como testigos y un testigo absoluto (TA), al cual solo se le adicionaría agua; comparando contra estos los tratamientos en sus diferentes combinaciones y entre ellos; a los ácidos fúlvicos citados anteriormente se les adicionara $\text{Fe } 3\text{g l}^{-1}$ para compensar la falta de este elemento en el suelo del lugar del establecimiento del proyecto.

Una semana antes de cada aplicación, se muestreó peciolo y hoja para conocer la cantidad de elementos que estos contienen mediante el análisis DOP (Desviación del Óptimo Porcentual), el cual consistió en tomar 1 g de follaje por cada tratamiento, lavándolo y enjuagándolo solo una ocasión con agua bidestilada y jabón libre de fósforo, se calcinó el componente foliar durante 2 horas en mufla marca FELISA modelo FE-361, al término de este proceso la ceniza del follaje de los tratamientos se diluyó con 1 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) y aforando el concentrado en 100 ml lt^{-1} de agua bidestilada para posteriormente leer en el

espectrofotómetro de absorción atómica- EAA- vía húmeda lo elementos de potasio (K), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mg), cobre (Cu) y zinc (Zn).

El índice DOP es definido como la Desviación Porcentual de la Concentración de un elemento con respecto a la concentración óptima considerada valor de referencia, en este estudio el valor de referencia fue tomado del libro Plant Analysis And Interpretation Manual Reuter & Robinson 1986; el índice DOP se calculo aplicando la siguiente relación:

$$DOP=[(C*100)/Cref]-100$$

donde,

C: es la concentración del elemento en porcentaje de materia seca en la muestra analizada.

Cref: es el óptimo del mismo elemento (porcentaje sobre materia seca) definido en las mismas condiciones que fue tomado la muestra y para el mismo cultivo.

Calculando este DOP para cada uno de los elementos mencionados, dispondremos de un panorama nutricional de la condición nutricional de la planta y así poder emitir con rapidez, un diagnostico que permite al adecuado análisis de resultados y adecuada toma de decisiones; los valores negativos del índice DOP muestran una situación déficit y positivos un exceso del elemento correspondiente, lógicamente cuando este índice sea cero al elemento se halla en óptima concentración.

De igual manera se realizaron mediciones a la parte aérea de la planta las cuales consistieron en el diámetro de tallo con un vernier digital y altura con cinta métrica de acero a los dos cultivares de plantas.

3.3.1 Manejo de los cultivos

3.3.1.1 Chile Piquín

Como manejo del cultivo de Chile piquín se utilizó el sistema de malla-sombra al 30 por ciento, la cual simula su hábitat natural, el cual incrementa su producción y disminuye la probabilidad del manchado oscuro de los frutos, además minimiza el daño por aves, plagas, vientos y temperaturas extremas.

Se realizó una poda de formación el mes de Junio del 2008 para guiarlo a manera de arbusto, las podas de limpieza y renovación a lo largo del ciclo 2008 del estudio, estos consistieron en remover de forma manual hojas marchitas y con presencia de *Phitophthora capsici*, siendo este el principal problema del cultivo y en gran medida responsable de la disminución de los rendimientos y en caso extremo muerte de la planta.

Los riegos aplicados fueron ligeros y diarios en las mañanas de 40 mm de lámina para este cultivar, lo cual benefició a contrarrestar las altas temperaturas de 30 a 40 °C y así evitar estrés hídrico y muerte de la planta.

3.3.1.2 Naranja

El patrón del cultivar estudiado en el periodo Marzo-Diciembre de 2008 es Cleopatra el cual es tolerante a plagas y enfermedades (Virus de la tristeza de los cítricos y *Phitophthora*) e injerto Cambel.

Esta especie es demandante de agua por lo que los riegos localizados se aplicaron de manera diaria por las mañanas con láminas de 60 a 100 mm.

La poda de formación se realizó el 26 de Mayo de 2008 de la manera tradicional limpiando el centro del árbol y cortes de “chupones” cada día primero de los meses restantes.

El sitio donde se desarrollo este estudio para ambos cultivares, se mantuvo con una prevención de plagas y enfermedades manteniendo el área del experimento limpio de malezas que pudieran ser reservorio de agentes patógenos.

3.3.1.3 Lavado de raíz

Al momento del establecimiento del cultivo en el mes de Marzo del 2008 se estudió la masa radicular para ambos cultivares, este proceso se repitió para chile piquín durante los meses de Julio y Octubre, para naranjo se analizó los meses de Julio, Octubre y Diciembre, por el método de rizotrófion mediante lavado de raíz, el cual consistió en retirar la bolsa de cada cultivar, envolviendo la raíz con suelo en una tela de algodón (100 x 100cm) y esta se dejó reposar en un recipiente de 100 lt⁻¹ con agua, a 5cm arriba del cuello de la raíz durante 10 minutos. Una vez humedecido el suelo de la planta se retiró cuidadosamente para no dañar los pelos radiculares en un recipiente (20 lt⁻¹) por separado (el suelo se volvió a utilizar al término del proceso de lavado y digitalización); al contar con la raíz libre de suelo se procedió a un tercer lavado con ácido acético (vinagre comercial de manzana) para contrastar el material mineral del suelo y la fase viva (raíz) y eliminar los residuos de suelo presentes en la raíz. Un cuarto lavado se le practicó en otro contenedor (20 lt⁻¹) para eliminar los últimos residuos de vinagre y suelo.

3.3.1.4 Captura de imagen

Para la digitalización de raíz se utilizó una cámara Sony Alpha DSLRA350K 14.2 MP Digital SLR. Se colocaron dos pliegos de papel milimétrico para usarlo como guía de medición y la raíz con mayor longitud visible, esto para tomarla de referencia o cuadro base, la cual se adhirió en la pared con cinta adhesiva sobre una superficie blanca de papel lustrina; todas las fotografías se capturaron a la misma distancia para obtener un igual número de píxeles y área del papel milimétrico, bajo la forma de una matriz rectangular de 380 x 525 mm, o sea 199,500 mm², con una resolución por foto de 4592 x 3056 píxeles.

3.3.1.5 Análisis de imagen

El análisis de imagen se llevó a cabo en el programa Image Pro Plus v 4.5 (Media Cibernética Maryland, USA), el cual consistió en la obtención de la fotografía en formato JPG, es el formato comprimido más popular, compatible con gran número de programas; los datos son comprimidos para eliminar información no detectable por el ojo humano. La

eficiencia de la compresión es excelente pudiendo llegar a 1/20 o 1/30 del original, lo que hace que sea un formato muy aconsejable cuando se desea almacenar un gran número de imágenes en un espacio de disco limitado, o cuando deseamos transmitir esas imágenes. Soporta imágenes en color real de 24 bits por píxel. Es el formato más utilizado para imágenes en Internet y el mundo.

En las imágenes binarias generadas (Figura 3), esta utilizada para la interpretación de los resultados; se midieron en tres ocasiones para chile piquín y cuatro para naranjo las variables de:

- a) Área Total de Raíz (ATR).
- b) Longitud de Raíz (LR).
- c) Bulbo de Raíz (BR).
- d) Ancho de Raíz (AR).
- e) Cuello de Raíz (CR).



Figura 3.- Ejemplo del proceso de imagen original a binaria.

IV. RESULTADOS

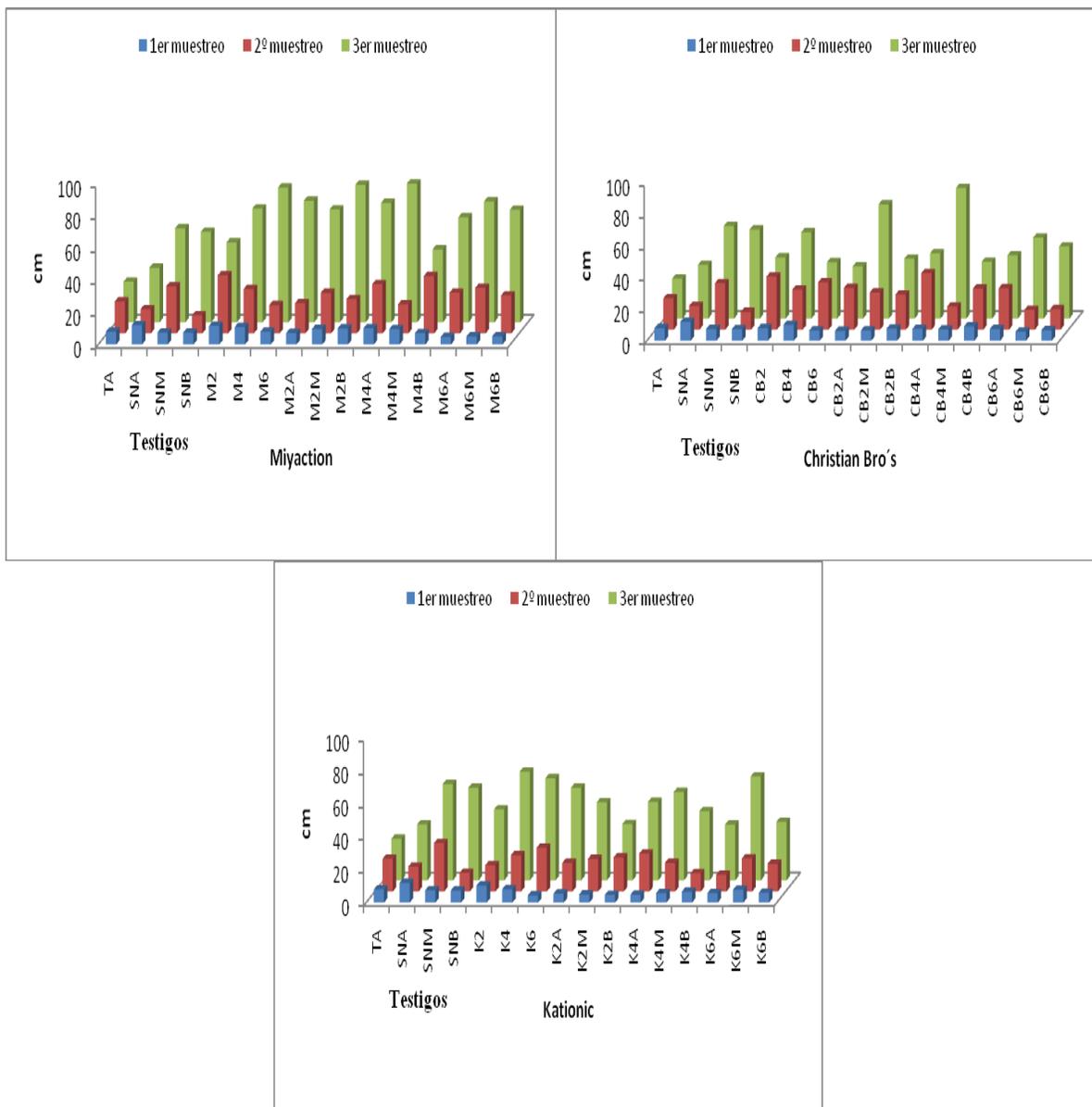
4.1 Chile Piquín

4.1.1 Altura de Planta (AP)

En relación a la AP se muestra que el testigo absoluto (TA) fue aventajado en un 50 por ciento por el tratamiento de fertilización química con una solución baja (SNB) en el primer muestreo realizado, seguido del componente orgánico Kationic 2 ml lt⁻¹ (K2) y exponiendo una menor altura el mismo ácido fúlvico Kationic a razón de 6 ml lt⁻¹ (K6) superado por el testigo absoluto (Ver Grafica 1).

En el segundo muestreo efectuado en la variable AP, los valores de los diferentes tratamientos muestran un incremento, siendo 4 ml lt⁻¹ del ácido fúlvico de Miyaction (M4) y CB con medio químico en dosis alta (CB4A) y baja (CB4B) superiores al testigo en un 80 por ciento y de manera similar el elemento orgánico Miyaction 2 ml lt⁻¹ (M2) superando en un 85 por ciento al TA; este mismo comportamiento mostrado para este componente se observó en el primer muestreo; lo que nos da pauta a una respuesta el tratamiento sobre la planta (Ver Grafica 1).

Los valores obtenidos en el tercer muestreo no muestran una continuidad con los tratamientos superiores en las dos fechas anteriores, sin embargo, en este muestreo la superior altura de planta, se presentó con el ácido fúlvico Miyaction y el experimental del ácido fúlvico CB, solo que mezclado con las cantidades medias de fertilizante químico. Así, cuando se agregaron en 2 ml lt⁻¹ más la cantidad baja de fertilización química (M2B) y 4 ml lt⁻¹ con la dosis media de fertilizante químico (CB4B), del ácido fúlvico Miyaction, superó al testigo absoluto en 236 y 232 por ciento, respectivamente; mientras que al agregar las dosis medias del ácido fúlvico de CB (CB2) y de fertilización química (SNM), el TA fue aventajando en 232 por ciento (Ver Grafica 1).



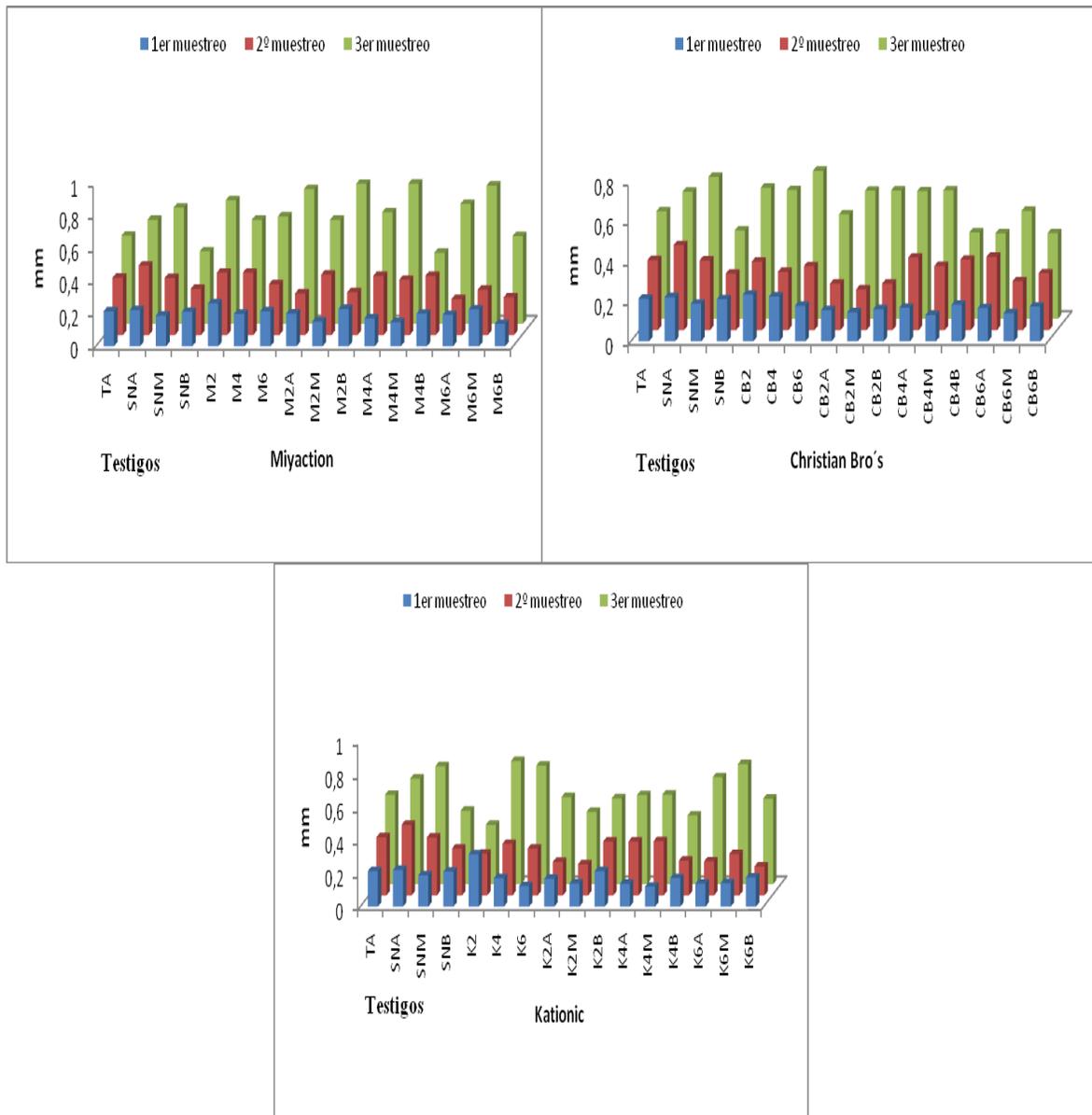
Grafica 1.- Altura de Planta de Chile Piquín de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro's y Kationic, comparados con Testigos.

4.1.2 Diámetro de Tallo (DT)

El DT con valor superior lo presentó el componente orgánico Kationic a razón de 2 ml l^{-1} (K2), superando no solo al testigo absoluto, sino también a los ácidos fúlvicos solos y mezclados con las diferentes cantidades de fertilizante químico y también estos sin mezclar con los elementos orgánicos (Ver Grafica 2).

Los tratamientos superiores del primer muestreo no mostraron un desarrollo superior en la segunda toma de datos realizada; la fertilización química en dosis alta (SNA) fue la que mostro valor óptimo, este mezclado con el componente CB 4 ml lt⁻¹ (CB4A) supera al TA (Ver Grafica 2).

De forma general, se puede establecer que el crecimiento del diámetro de tallo de la planta se desarrollo de forma ascendente durante el estudio, sin embargo, tratamientos como el ácido fúlvico CB 4 y 6 ml lt⁻¹ mezclado con el componente químico en dosis alta y baja (CB6A y CB6B) resultaron inferiores al TA; el DT superior, fue al agregar la fertilización química en sus tres cantidades y los tres ácidos fúlvicos sin mezclar; además el Miyaction a las tres dosis mezclado con las tres cantidades de fertilizante químico, aventajó a la mezcla del de CB y Kationic (KT) con fertilizante. Así con el uso de 2 y 4 ml lt⁻¹ de Miyaction con la dosis baja y media de fertilizante (M2B y M4M), respectivamente, adelantaron al TA 57.4 por cierto (Ver Grafica 2).



Grafica 2.- Diámetro de Tallo de Chile Piquín de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro's y Kationic, comparados con Testigos.

En estas dos variables hay efecto estadístico altamente significativo de los tratamientos en las tres muestras (Cuadro 3), lo que quiere decir que hay una proporción directa entre la altura de la planta y el diámetro de tallo; es decir, con los tratamiento mencionados, a mayor altura de planta mayor diámetro de tallo.

Cuadro 3.- Concentrado de análisis de varianza de altura y diámetro de chile piquín, con tres ácidos fúlvicos.

| Variable | Muestreo | Fuente | F | P |
|--------------------|----------|--------------|--------|-------|
| Altura de Planta | 1 | Tratamientos | 3.19 | 0.000 |
| | 2 | | 9.92 | 0.000 |
| | 3 | | 198.76 | 0.000 |
| Diámetro de Planta | 1 | Tratamientos | 2.81 | 0.000 |
| | 2 | | 5.13 | 0.000 |
| | 3 | | 101.74 | 0.000 |

En las variables analizadas a la raíz de chile piquín “INICIO” equivale al 1^{er} muestreo.

4.1.3 Área total de raíz (ATR)

Los tratamientos Kationic y Miyaction en dosis de 6 ml lt⁻¹ (K6 y M6M) este último con el fertilizante químico en dosis media superaron al TA en un 899.6 por ciento y al resto de los tratamientos mostrando un incremento de ATR sobre el primer muestreo de un 2399 por ciento (Figura 4. Ver Grafica 3).

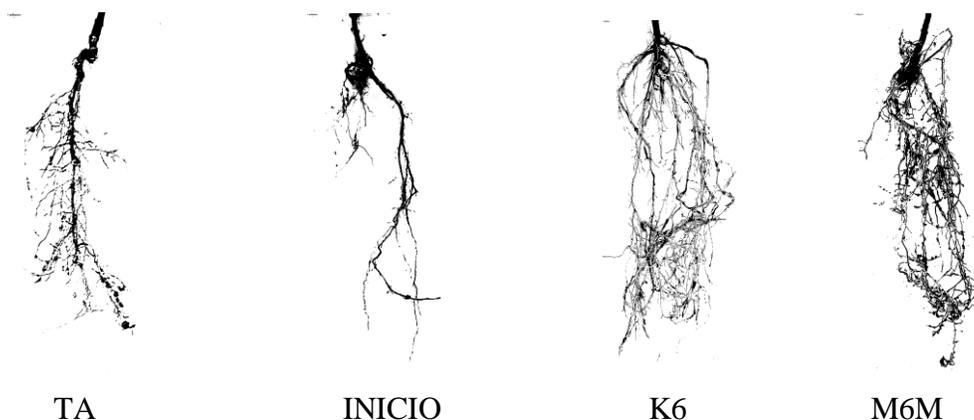


Figura 4.- Área total de raíz primer y segundo muestreo Chile Piquín.

De manera general, se puede decir que el área total de raíz superior, se presentó al agregar el ácido fúlvico de CB 6 ml lt⁻¹, solo que mezclado con el fertilizante químico a dosis media (CB6M); pero, el adicionar 4ml lt⁻¹ del Miyaction con la dosis media de fertilizante químico (M4M) y la dosis alta del CB (CB6M), también con la cantidad media de fertilizante, esta variable presentó los valores superiores. Así, a mayor ATR mayor altura de planta y diámetro de tallo. La distribución del ATR no se muestra de una manera uniforme, se

observan zonas con diferentes cantidades de raíces a lo que se le atribuye que la cantidad de pelos radicales es mínima y solo las raíces de soporte obtuvieron el beneficio de estimulación en su desarrollo que aportan los componentes orgánicos (Figura5. Ver Grafica 3).

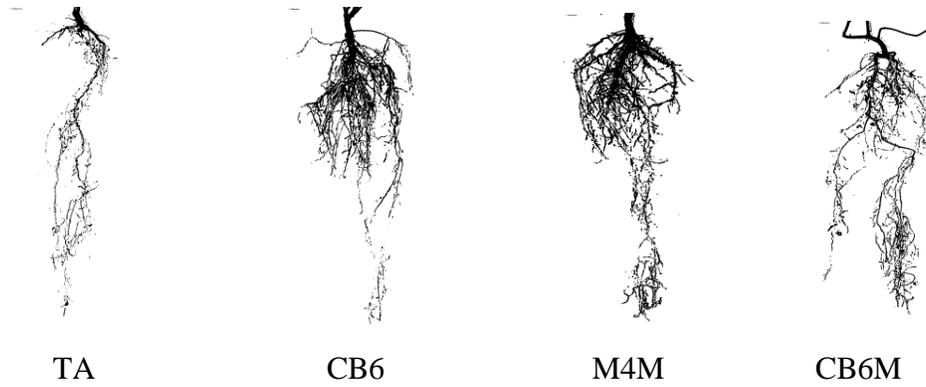
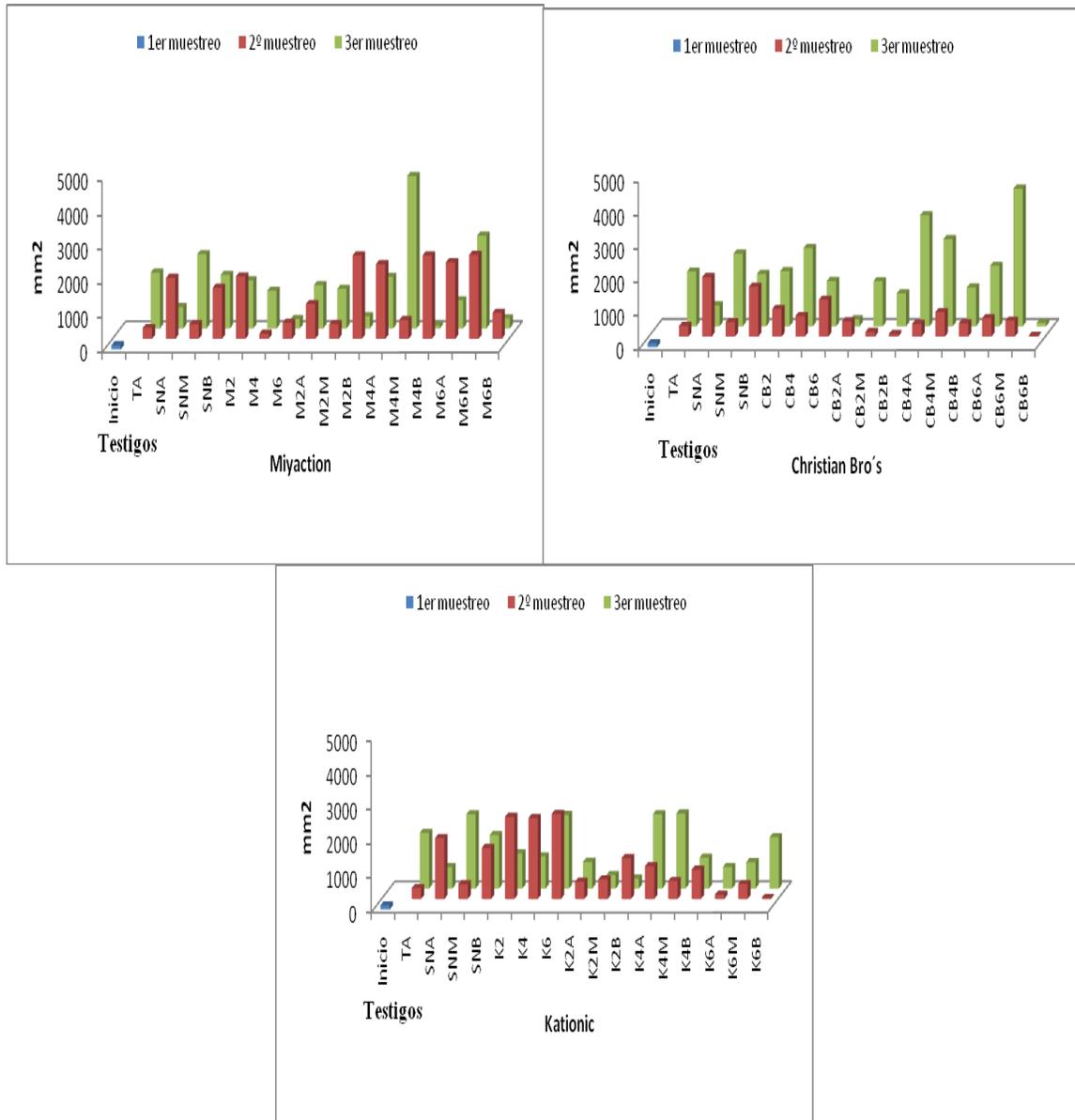


Figura 5.- Área total de raíz tercer muestreo Chile Piquín.



Grafica 3.- Área Total de Chile Piquín de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro's y Kationic, comparados con Testigos.

4.1.4 Longitud de raíz (LR)

Al complementar la planta con la fertilización química media (SNM) y el elemento orgánico CB 6 ml lt^{-1} con la solución mineral alta (CB6A), incrementaron su LR en un 150 por ciento; el ácido fúlvico Miyaction 6 ml lt^{-1} adicionado con fertilizante químico alta (M6A) y media dosis (M6M) manifestaron valores similares óptimos al TA en un 145 por ciento (Figura 6. Ver Grafica 4).

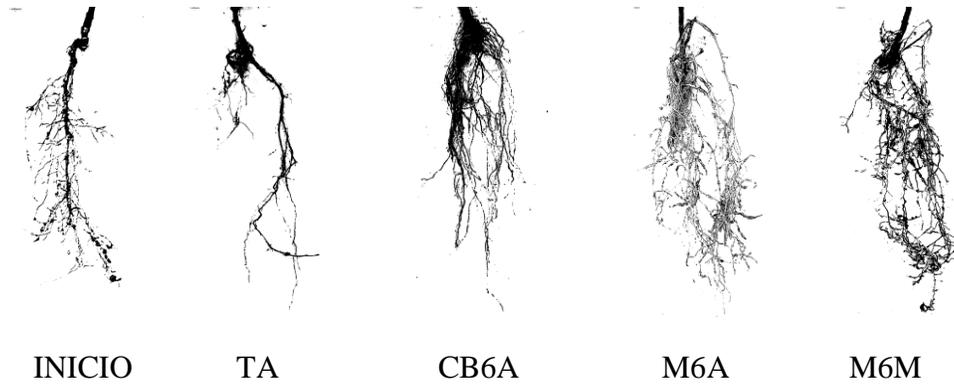


Figura 6.- Longitud de raíz primer y segundo muestreo Chile Piquín.

La mayor LR la presentaron el TA, la dosis baja de fertilización química (SNB), con 4 ml lt⁻¹ del AF de Miyaction (M4) y Kationic con la cantidad alta de fertilizante (K4A) y este primer compuesto orgánico a dosis alta con fertilización (M4A). Es decir, sin compuesto orgánico y con éstos con fertilización química a dosis alta, la LR es mayor; lo cual significa que a mayor ATR, menor LR y mayor altura de planta. Al adicionar los ácidos fúlvicos más la fertilización química la LR tiene una tendencia directa de desarrollo por el tiempo, sin embargo, la cantidad de raíces de soporte sigue siendo mayor a la de pelos absorbentes (Figura 7. Ver Grafica 4).

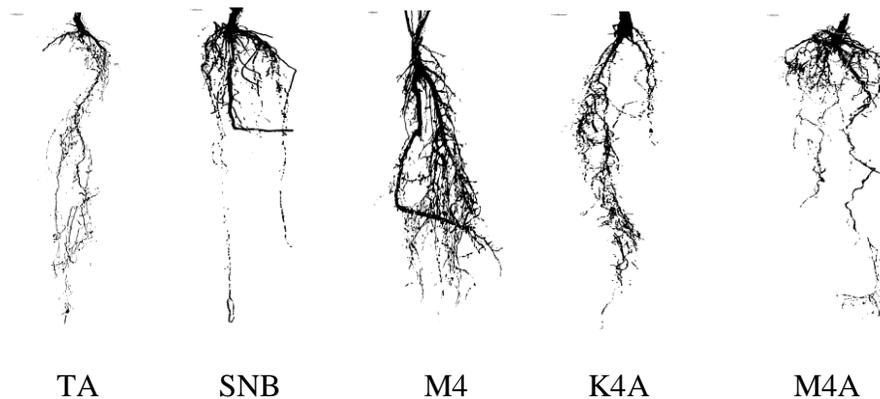
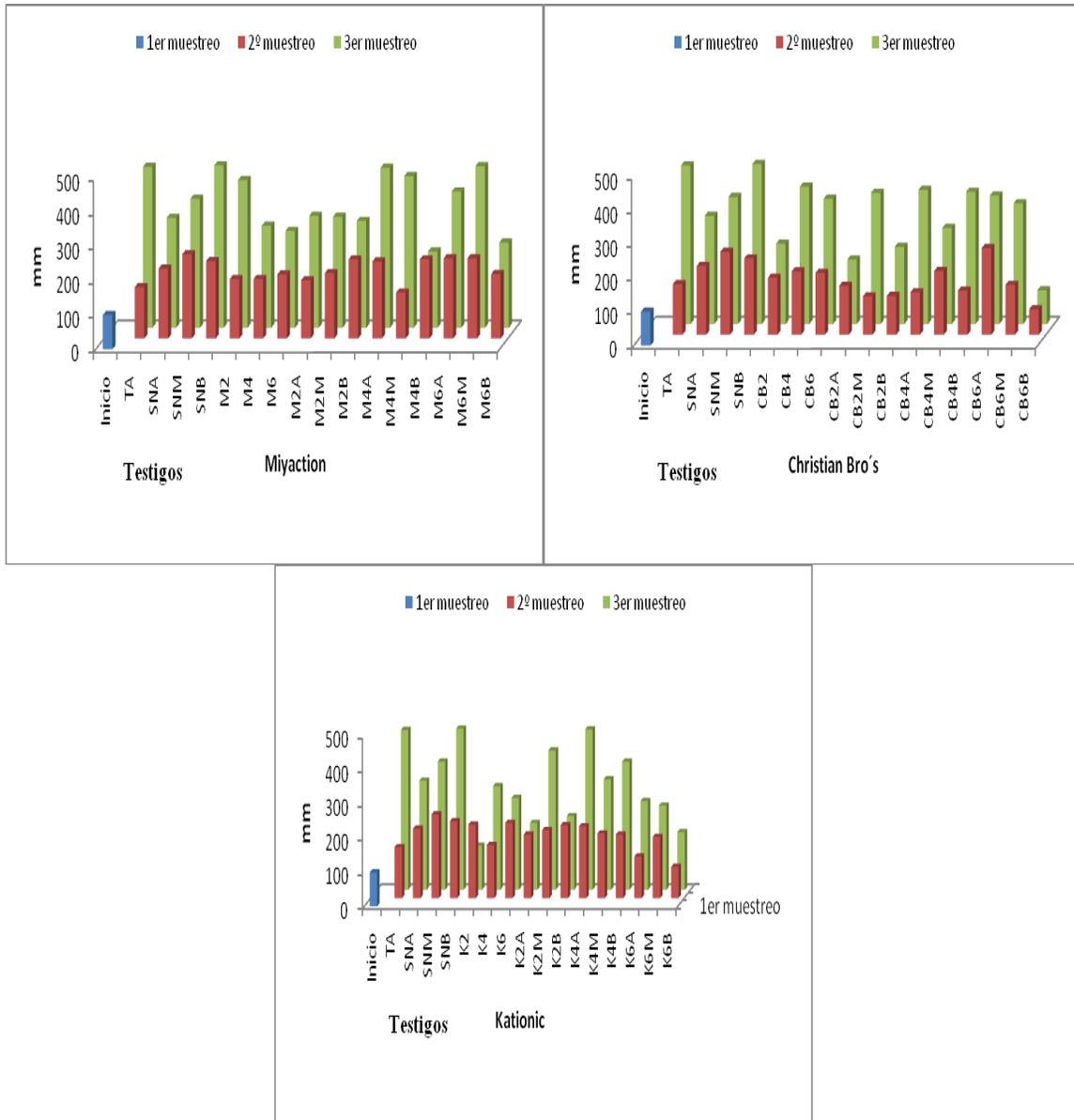


Figura 7.- Longitud de raíz tercer muestreo Chile Piquín.



Grafica 4.- Longitud de Raíz de Chile Piquín de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro's y Kationic, comparados con Testigos.

4.1.5 Bulbo de raíz (BR)

Para la cálculo del bulbo de raíz se tomaron los cinco centímetro de donde se desarrollan las raíces iniciales; el mayor BR se mostró al adicionar ácido fúlvico Kationic 2 ml l^{-1} (K2), seguido por el compuesto Miyaction a la misma dosis que el anterior con la adición alta de el fertilizante (M2A) en el segundo muestreo, los cuales aventajaron al TA (Figura 8. Ver Grafica 5).

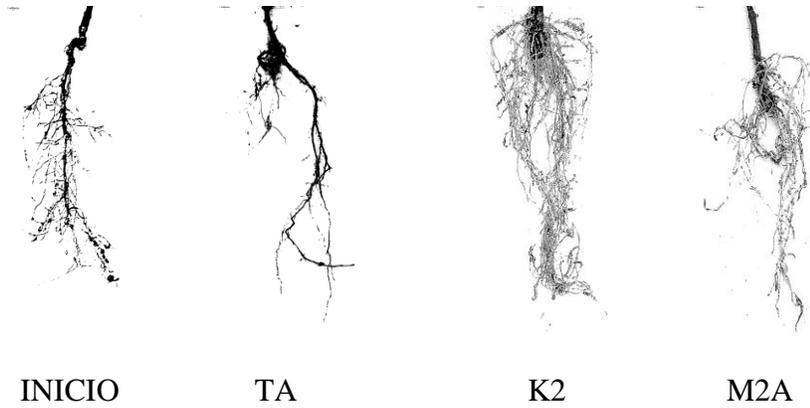


Figura 8.- Bulbo de raíz primer y segundo muestreo Chile Piquín.

Las dimensiones del BR en el tercer muestreo, fueron muy similares tanto al inicio del experimento como en el TA; sin embargo, al aplicar solo el Kationic a la dosis baja (K2), esta variable adelantó en 555 por ciento al TA, seguido de la solución química media (SNM) y CB 6 ml lt⁻¹ en la misma dosis de fertilización química (CB6M). Esto es el crecimiento del BR, durante las muestras efectuadas, no presentó continuidad de crecimiento y decayó en el segundo muestro; sin embargo, a mayor BR mayor altura de planta, de forma general, solo que con las sustancias húmicas con fertilizante químico (Figura 9. Ver Grafica 5).

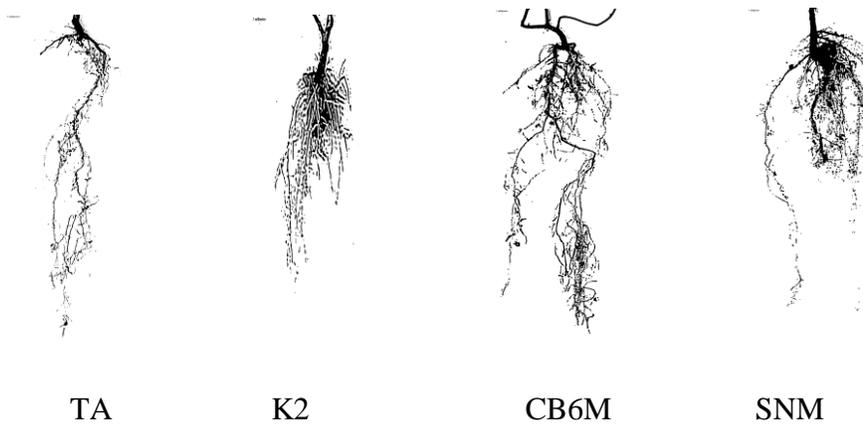
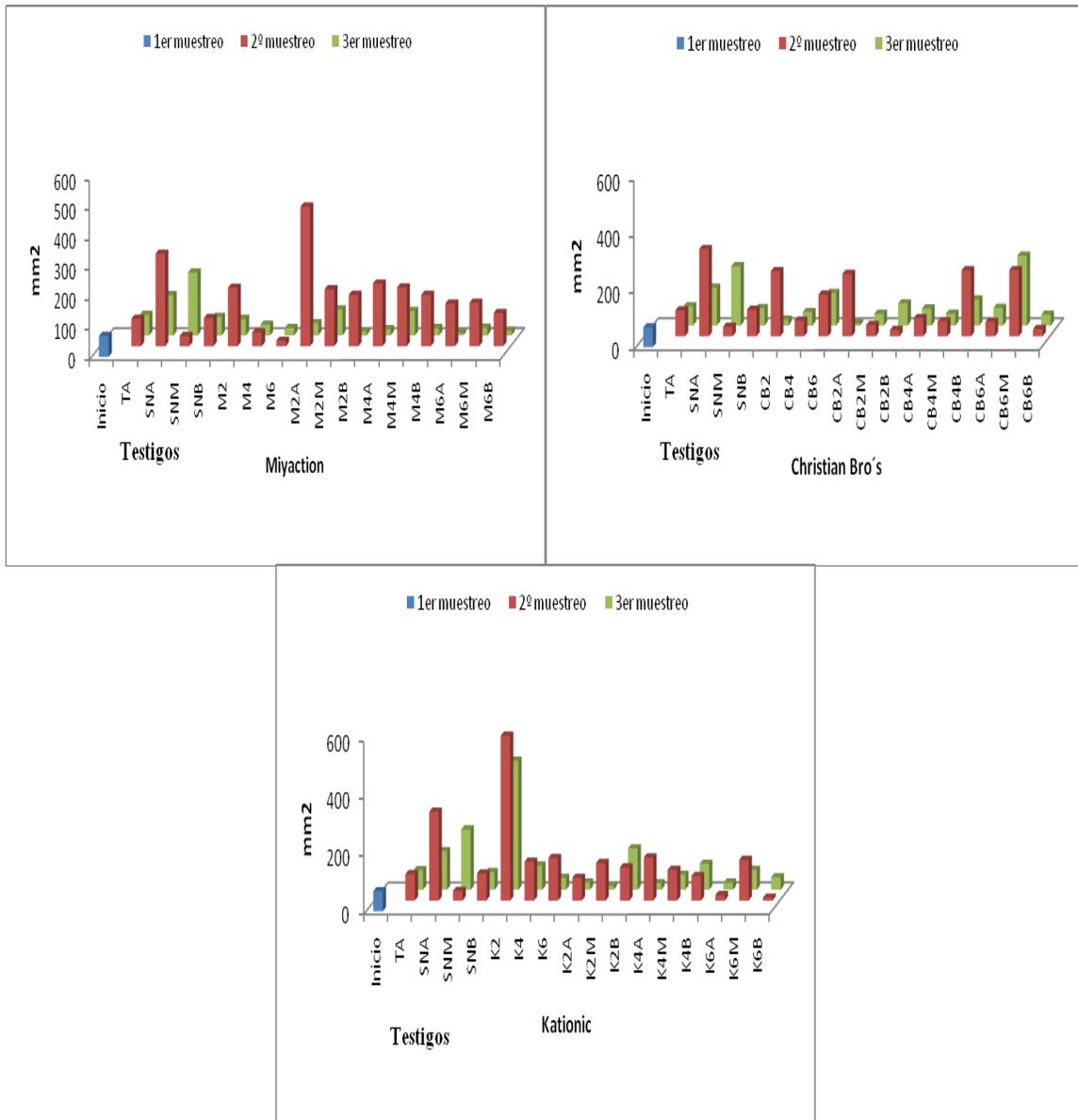


Figura 9.- Bulbo de raíz tercer muestreo Chile Piquín.



Grafica 5.- Bulbo de Raíz de Chile Piquín de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro's y Kationic, comparados con Testigos.

4.1.6 Ancho de raíz (AR)

La solución nutritiva media (SNM) mostró el valor de ancho de raíz superior, seguido por este tratamiento en solución baja y el AF Miyaction 2 ml lt⁻¹ (M2); estos mismos tratamientos aventajaron al testigo absoluto y al componente orgánico CB con fertilizante químico en media dosis 2 ml lt⁻¹ (CB2M) (Figura 10. Ver Grafica 6).

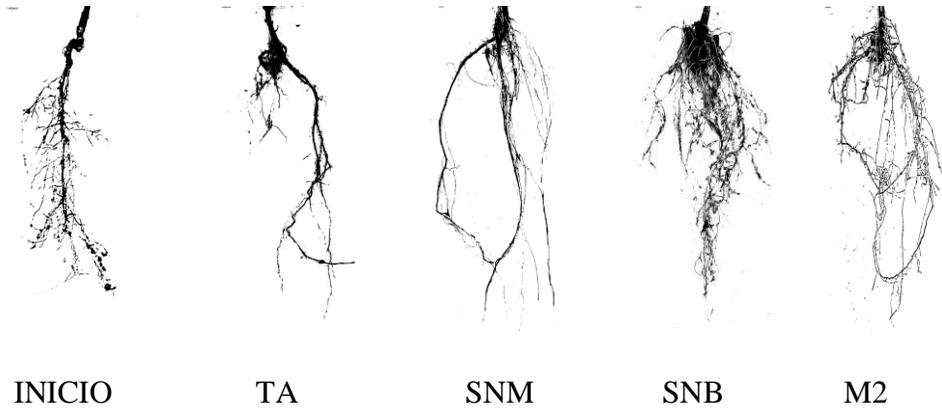


Figura 10.- Ancho de raíz primer y segundo muestreo Chile Piquín.

Con el fertilizante químico aplicado sin mezclar con los componentes orgánicos y los ácidos fúlvicos, adelantó al TA y a los compuestos orgánicos mezclados con fertilización. Al adicionar el Miyaction a razón de 6 ml lt^{-1} (M6), el TA fue aventajando en 350 por ciento. Con la adición de este mismo tratamiento, se presentó también la superior altura de planta, lo cual indica una relación directa entre ancho de raíz y altura de planta; además, conforme disminuyó la dosis de fertilización química y se incrementó la cantidad de los compuestos orgánicos, se presentó continuidad en el crecimiento del AR (Figura 11. Ver Grafica 6).

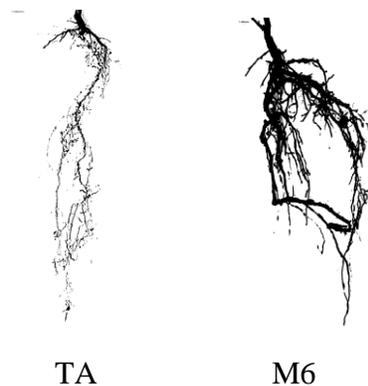
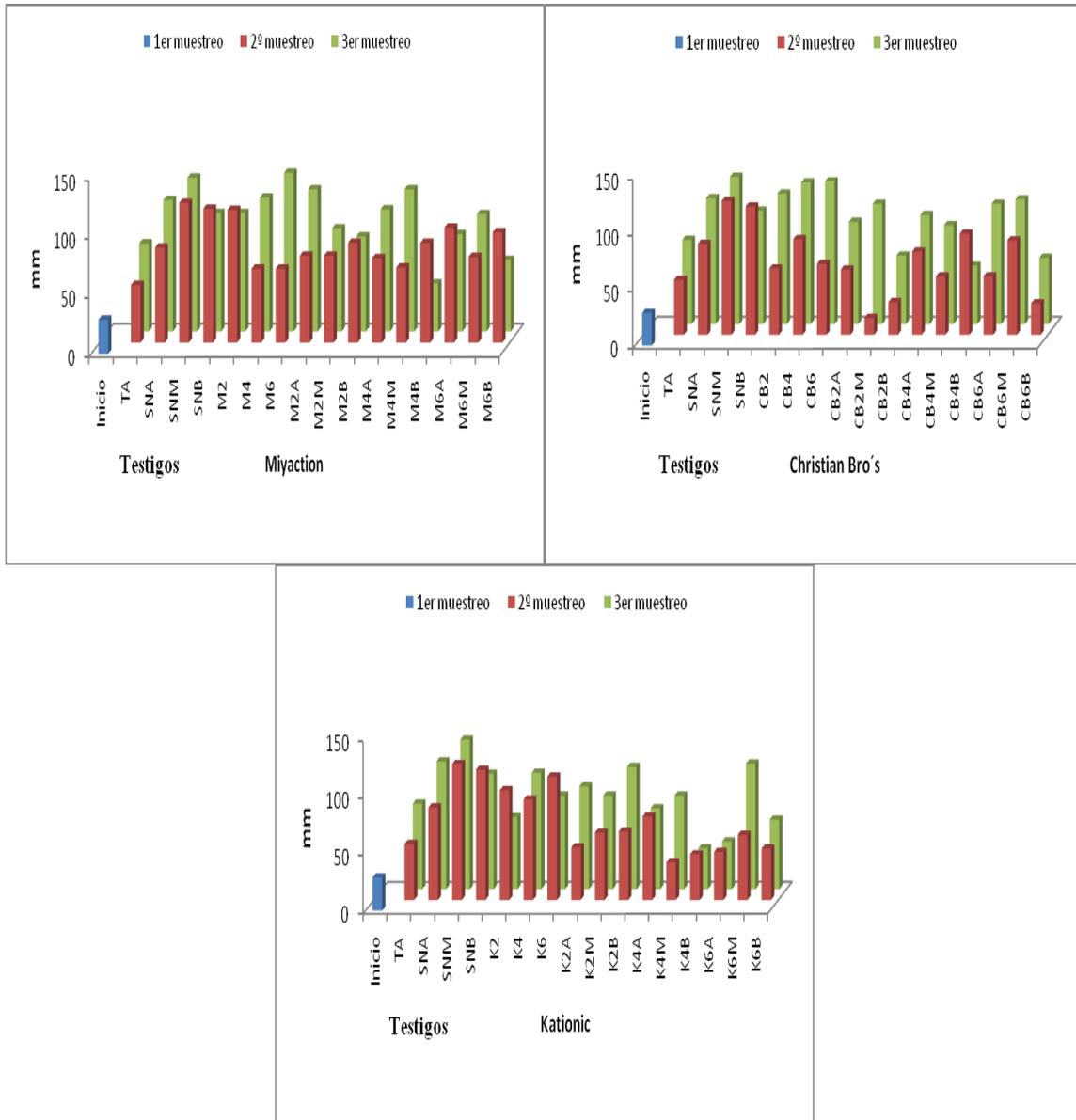


Figura 11.- Ancho de raíz tercer muestreo Chile Piquín.



Grafica 6.- Ancho de Raíz de Chile Piquín de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro's y Kationic, comparados con Testigos.

4.1.7 Ancho cuello de raíz (ACR)

Al incorporar el AF Kationic 2 ml lt^{-1} (K2) muestra el valor superior de ACR seguido por Kationic 4 ml lt^{-1} (K4) y la dosis media de fertilización mineral (SNM); Kationic 2 ml lt^{-1} en segundo muestreo de CR coincide con Kationic 2 ml lt^{-1} en bulbo de raíz, lo cual muestra la relación directa en ambas variables (Figura 12. Ver Grafica 7).

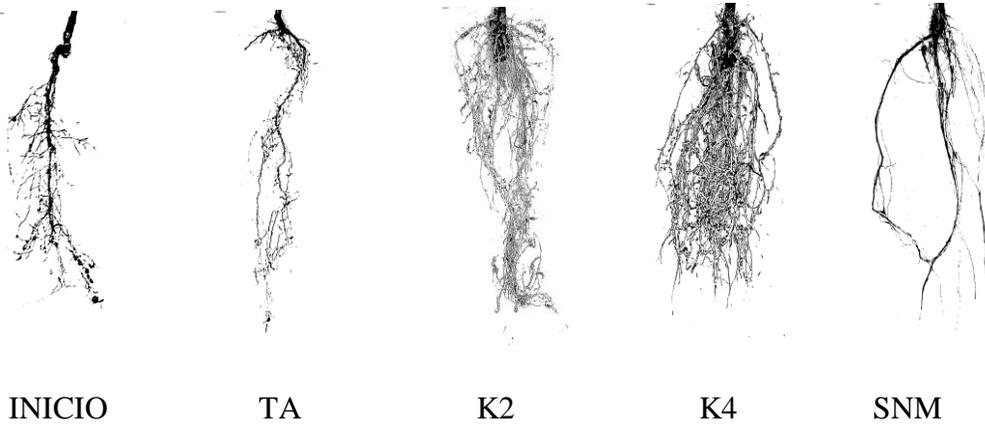


Figura 12.- Cuello de raíz primer y segundo muestreo Chile Piquín.

Al agregar el compuesto de CB solo a razón de 2 ml lt^{-1} (CB2) de agua, el ancho de cuello de raíz, superó en 161 por ciento al TA. El ácido fúlvico Miyaction a la cantidad media mezcladas con la dosis media de fertilizante químico, coincide con la mayor altura de planta, lo que quiere decir que a mayor ACR, superior altura de planta obteniéndose así un desarrollo normal de la planta, por lo que los ácidos fúlvicos estimularon el metabolismo de la planta; la distribución de la raíz siguió el mismo patrón de des uniformidad mayor cantidad de raíces de sostén y pocos bellos absorbentes (Figura 13. Ver Grafica 7).

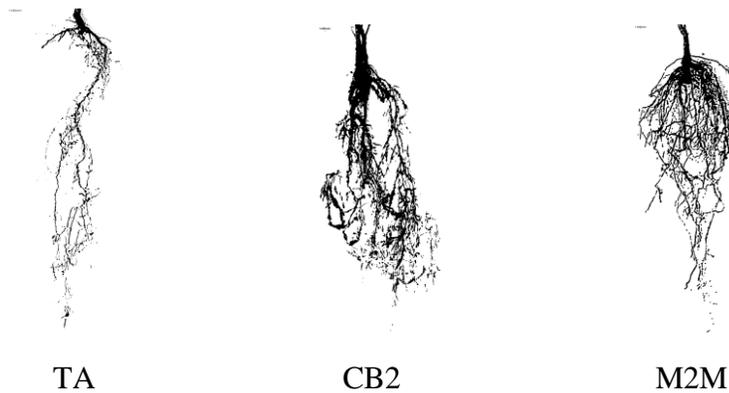
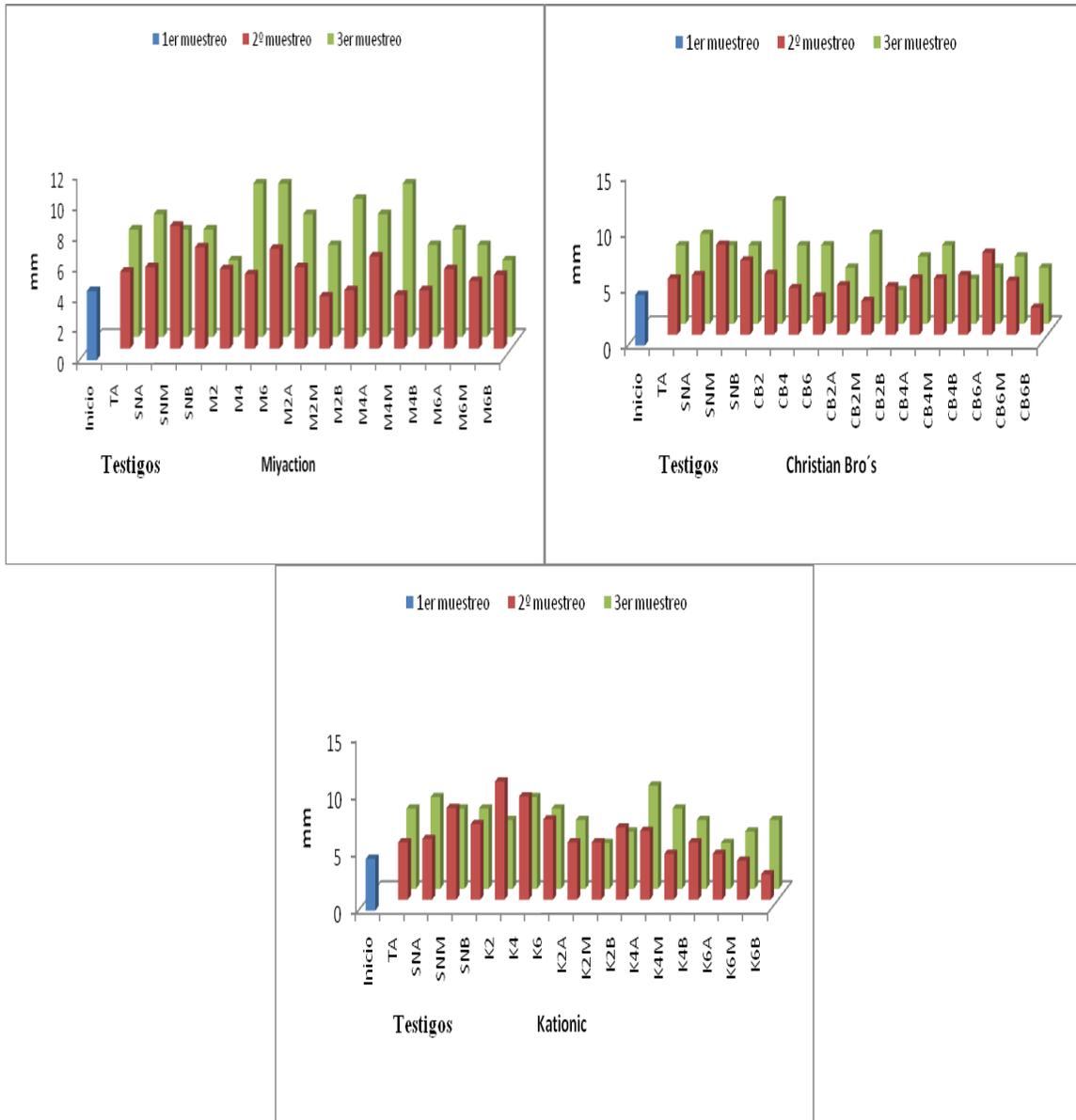


Figura 13.- Cuello de raíz tercer muestreo Chile Piquín.



Grafica 7.- Ancho Cuello de Raíz de Chile Piquín de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro's y Kationic, comparados con Testigos.

4.1.8 Desviación del Óptimo Porcentaje (DOP) para Chile Piquín.

De acuerdo con el análisis nutrimental DOP, todos los elementos nutricionales son deficientes, con excepción del calcio (Ca) y el magnesio (Mg), los que se presentaron con exceso en el tejido vegetal de follaje, pero, al agregar el Ktionic el Ca también fue deficiente. Al aplicar todos los tratamientos, en los tres momentos de muestreo, se presentó desbalance nutrimental de los elementos medidos al tejido vegetal de follaje (Cuadro 4).

Cuadro 4.- Desviación del Óptimo Porcentual para Chile Piquín.

| TA | | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95,00 | -90,00 | -44,00 | 140,00 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,45 | -33,33 | 270,37 | 1500,00 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -13,04 | 72,41 |
| SNA | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -77 | -10 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 48,14 | 500 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,3 | -97,61 | -90 | -67,39 | -31,03 |
| SNM | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -77,77 | 20 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 48 | 700 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -56,52 | -31,03 |
| SNB | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -66,66 | 20 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 122,22 | 700 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -56,52 | 3,44 |
| M2 | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -77,77 | 50 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 48,14 | 900,00 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -45,65 | -31,03 |
| M4 | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -77,77 | 110 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 48,14 | 1300 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Mg | Ca |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -31,03 | -23,91 |
| M6 | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -66,66 | 140 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 122,22 | 1500 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -13,04 | 3,44 |
| CB2 | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -77,77 | 80 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 48,14 | 1100 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -34,78 | -31,03 |
| CB4 | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -66,66 | 110 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 122,22 | 1300 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |

| M2M | | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -77,77 | 80 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 48,14 | 1100 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -34,78 | -31,03 |
| M2B | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -77,77 | 80 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 48,14 | 1100 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -34,78 | -31,03 |
| M4A | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -55,55 | 110 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 196,29 | 1300 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | 0,24 | 37,93 |
| M4M | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -55,55 | 140 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 196,29 | 1500 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -13,04 | 37,93 |
| M4B | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -55,55 | 140 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 196,29 | 1500 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -13,04 | 37,93 |
| M6A | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -55,55 | 110 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 196,29 | 1300 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -23,91 | 37,93 |
| M6M | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -55,55 | 170 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 196,29 | 1700 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -2,17 | 37,93 |
| M6B | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -55,55 | 140 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 196,29 | 1500 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -13,04 | 37,93 |
| CB2A | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -44,44 | 50 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 270,37 | 900 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |

Continua ...

| | | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| CB6A | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -44,44 | -10 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 270,37 | 500 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -67,39 | 72,41 |
| CB6M | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -55,55 | -10 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 196,29 | 500 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -67,39 | 37,93 |
| CB6B | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -55,55 | 80 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 196,29 | 1100 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -34,78 | 37,93 |
| K2A | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -44,44 | -10 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 270,37 | 500 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -67,39 | 72,41 |
| K2M | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -55,55 | 80 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 196,29 | 1100 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -34,78 | 37,93 |
| K2B | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -55,55 | 80 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 196,29 | 1100 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -34,78 | 37,93 |
| K4A | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -55,55 | -10 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 196,29 | 500 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -67,39 | 37,93 |
| K4M | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -66,66 | 50 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 122,22 | 900 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -45,65 | 3,44 |
| K4B | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -98,98 | -95 | -90 | -66,66 | 110 |
| 2º muestreo | Zn | K | Cu | Mg | Ca |
| | -93,22 | -57,44 | -33,33 | 122,22 | 1300 |
| 3er muestreo | Zn | Cu | K | Ca | Mg |
| | -98,31 | -97,62 | -90,00 | -23,91 | 3,44 |
| K6A | | | | | |

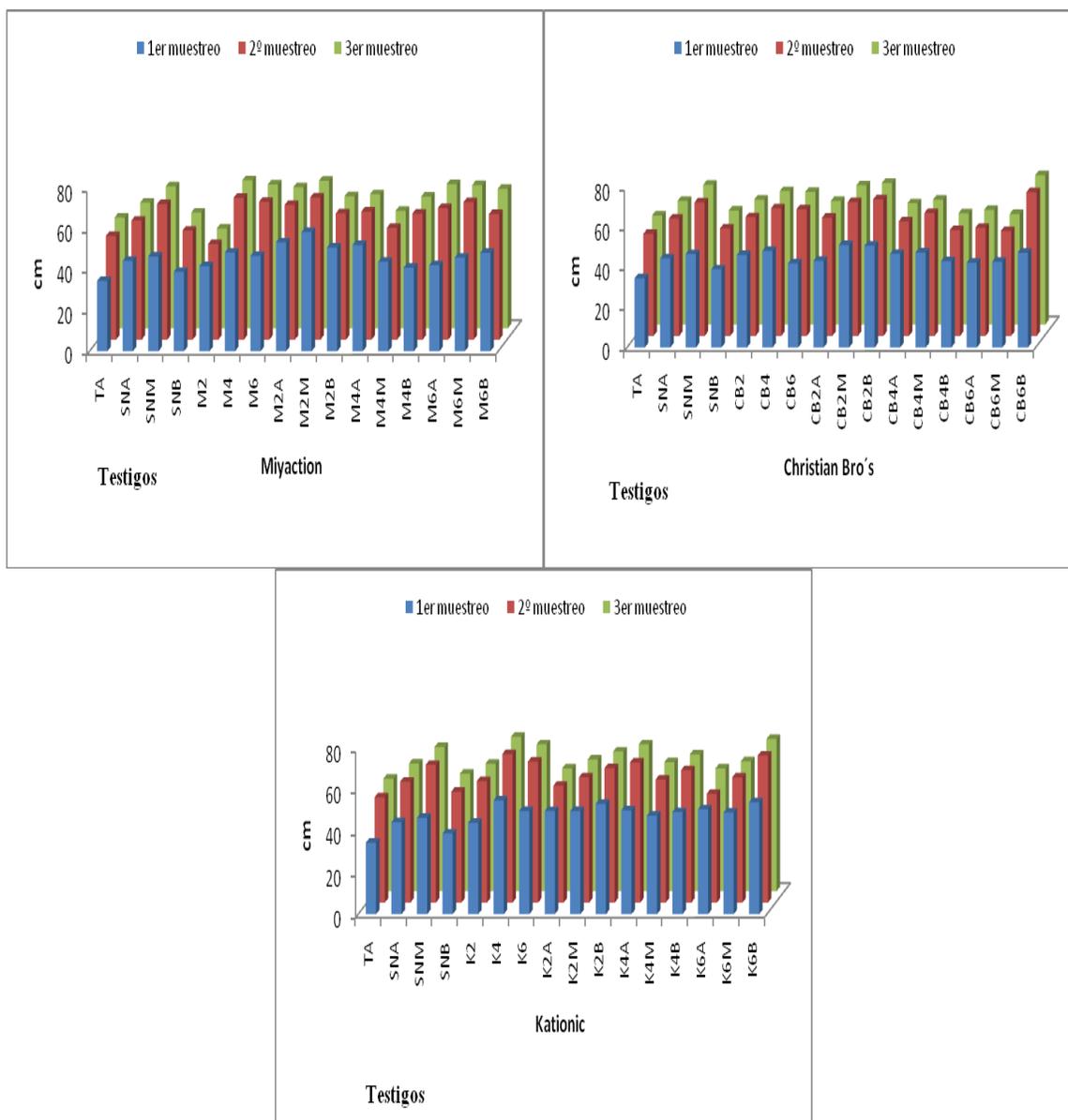
4.2 Naranja

4.2.1 Altura de planta (AP)

Los componentes orgánicos en sus diferentes dosis sin mezclar con el fertilizante químico, el compuesto mineral en sus diferentes cantidades y ambos mezclados en las dosis de los tratamientos, superaron al testigo absoluto en AP durante el primer muestreo realizado; lo cual indica que este cultivar respondió de manera positiva a la asimilación de los diferentes compuestos en los tratamientos (Ver Grafica 8).

Con el transcurso del tiempo sobre el experimento la AP tendió a un aumento gradual; por lo que al adicionar AF Miyaction en 2ml lt^{-1} (M2) mantuvo valores similares en el segundo y tercer muestreo siendo este sin embargo superado por el TA, cuando se añadieron los agregados orgánicos de CB y Kationic en porción de 4 ml lt^{-1} mas la parte mineral en dosis baja (CB4M y K4M) superaron al testigo en AP con un 45 por ciento (Ver Grafica 8).

De forma general, se puede establecer que conforme avanzó el tiempo, aumentó la altura de la planta en todos los tratamientos aplicados y el TA; con la adición de las dosis medias de los compuestos fúlvicos solos y mezclados con las cantidades medias del fertilizante químico. Así, al adicionar 4ml lt^{-1} de agua del Ktionic (K4) y 6 ml lt^{-1} del ácido fúlvico de CB mezclado este con la dosis química baja (CB6B), superaron en 37 por ciento al testigo absoluto; la menor AP se presento al agregar el ácido fúlvico Miyaction 2ml lt^{-1} (M2) superado por el TA en un 10 por ciento en el tercer muestreo (Ver Grafica 8).



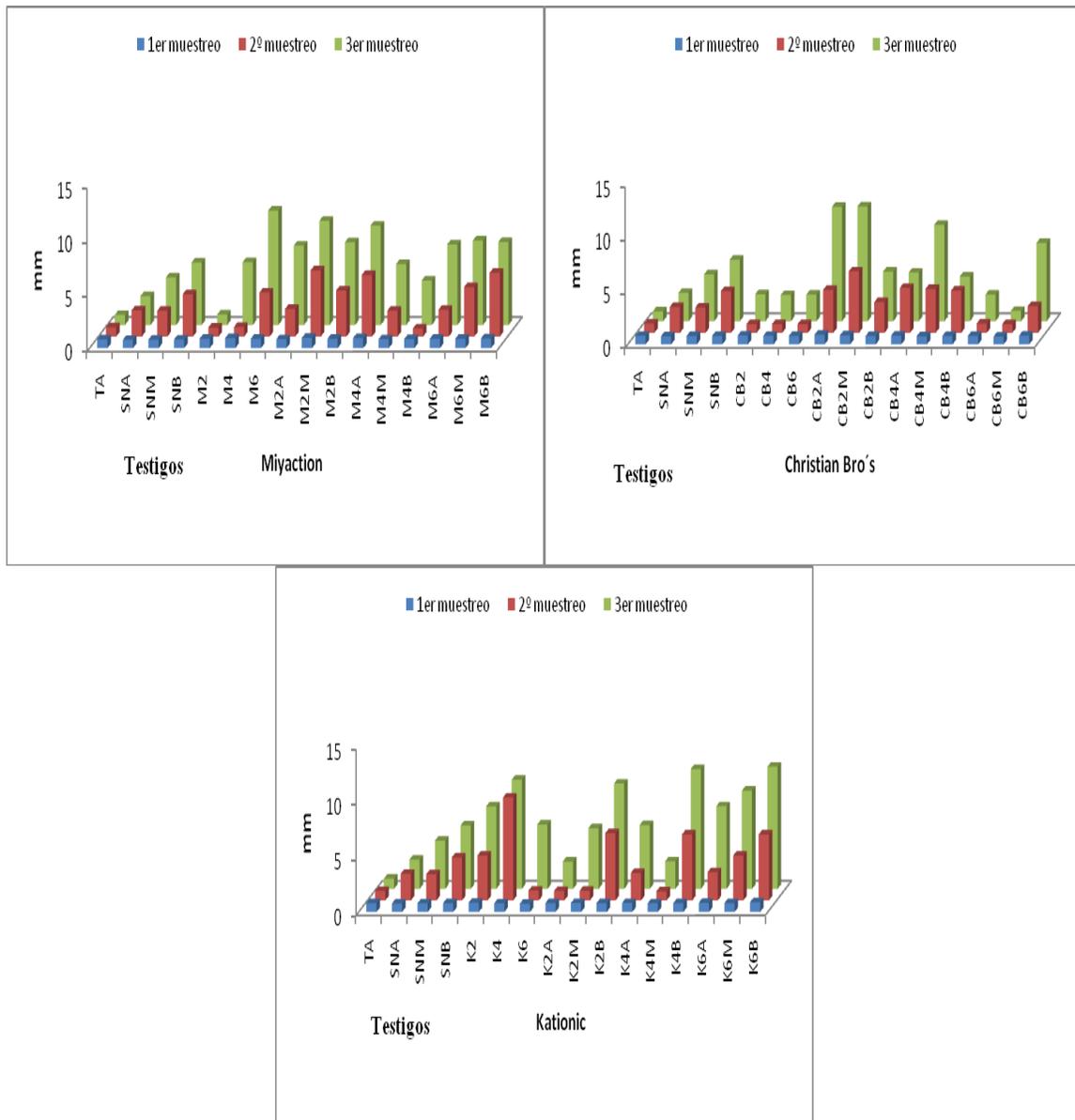
Grafica 8.- Altura de Planta de Naranja de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro's y Kationic, comparados con Testigos.

4.2.2 Diámetro de tallo (DT)

La mayoría de los valores derivados de la aplicación de los distintos tratamientos a evaluar en el primer muestreo no superan el punto nueve milímetros de DT; con el uso de Miyaction 4 ml lt⁻¹, 2 ml lt⁻¹ este adicionado con la dosis química media (M4M y M2M) y 4 ml lt⁻¹ del mismo AF con solución mineral alta (M4A) y 2 ml lt⁻¹ de CB con la proporción alta de fertilizante (CB2A) mostraron respuesta óptima en diámetro de tallo (Ver Grafica 9).

El superior DT en este cultivar lo manifestó el ácido fúlvico Kationic 4 ml lt⁻¹ (K4) destacando sobre el TA en un 859 por ciento, los tratamamientos 4 ml lt⁻¹ de Miyaction con una dosis alta de fertilizante (M4A), CB 2 ml lt⁻¹ sumado con la cantidad media de mezcla mineral (CB2M) y Kationic 6 ml lt⁻¹ mas la porción baja de fertilización (K6B), muestran una evidente extensión de DT (Ver Grafica 9).

La AP se incrementó con el paso del tiempo, lo que influyó de forma directa en mayores dimensiones de DT, con las altas cantidades de compuesto orgánico y menor dosis de fertilización químico. Al adicionar el ácido fúlvico Miyaction a razón de 6 ml lt⁻¹ (M6), 2 ml lt⁻¹ del de CB con las dosis media (CB2M) y alta de fertilizante químico (CB2A) y 4 y 6 ml lt⁻¹ del Ktionic con la cantidad baja del fertilizante químico (K4B y K6B), se aventajó al TA en ambos en un 37 por ciento, respectivamente, sin embargo, los tratamientos de 2, 4 6 ml lt⁻¹ de el ácido fúlvico de CB sin mezclar (CB2, CB4 y CB6), mostraron similares dimensiones en los tres muestreos no mayores a los tres milímetros en DT en comparación a sus similares que fueron mezclados dos de estos con dosis medias de fertilizante químico en 2 y 4 ml lt⁻¹ de agua (CB2 y CB4) y uno a razón baja de fertilización en 6 ml lt⁻¹ (CB6B), por lo que el AF de CB brinda mejores resultados con cuantías medias de fertilización mineral a porción de 2 y 4 ml lt⁻¹ (Ver Grafica 9).



Grafica 9.- Diámetro de Planta de Naranja de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro's y Kationic, comparados con Testigos.

Cuadro 5.- Concentrado de análisis de varianza de altura y diámetro de naranja, con tres ácidos fúlvicos.

| Variable | Muestreo | Fuente | F | P |
|--------------------|----------|--------------|------|-------|
| Altura de Planta | 1 | Tratamientos | 1.60 | 0.021 |
| | 2 | | 3.03 | 0.000 |
| | 3 | | 3.35 | 0.000 |
| Diámetro de Planta | 1 | Tratamientos | 1.70 | 0.010 |
| | 2 | | 1.74 | 0.008 |
| | 3 | | 3.20 | 0.00 |

En las variables analizadas a la raíz de naranjo “INICIO” equivale al 1^{er} muestreo.

4.2.3 Área total de raíz (ATR)

Al agregar 4 ml lt⁻¹ de Miyaction (M4) muestra el valor óptimo en el área total de raíz perseguido por Kationic 4 ml lt⁻¹ y Miyaction 6 ml lt⁻¹ con la fertilización mineral en baja cantidad (K4B y M6B); dando como resultado de este muestreo el primer y segundo muestreo una relación entre superior área total de raíz la altura de planta se incrementa junto con el diámetro de tallo (Figura 14. Ver Grafica 9).

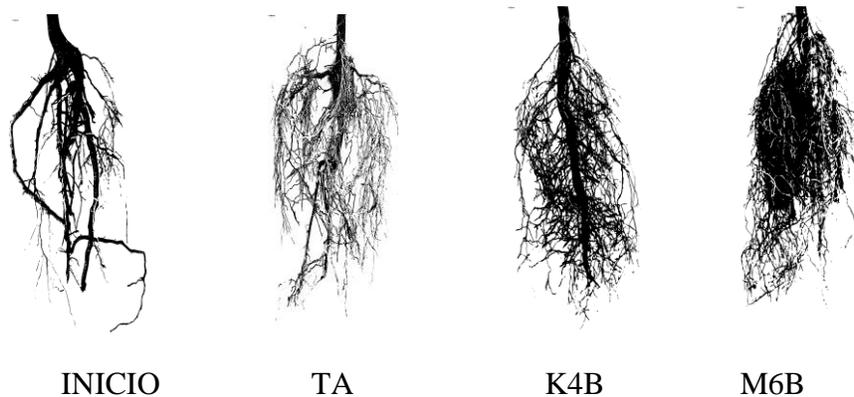


Figura 14.- Área total de raíz primer y segundo muestreo naranjo.

Los tratamientos que manifestaron un área total óptima en el segundo muestreo expusieron un decrecimiento notable en el tercer muestreo y fueron aventajados por los ácidos fúlvicos Miyaction, CB ambos en dosis de 4 ml lt⁻¹ con cantidades bajas de fertilización (M4B y CB4B) y la solución química mineral baja (SNB) (Figura 15. Ver Grafica 9).

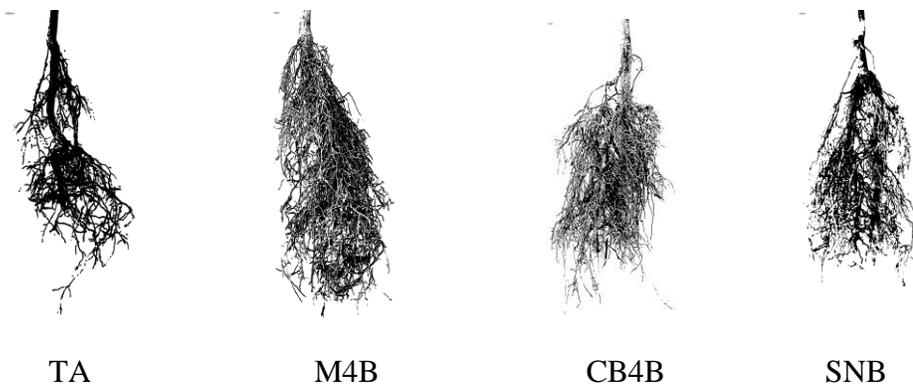


Figura 15.- Área total de raíz tercer muestreo naranjo.

El ATR superior, se presentó al agregar ácido fúlvico Miyaction con la dosis de 4 ml lt⁻¹ (M4) sin mezclar con fertilizante químico, superó al TA en un 54 porciento, mostrando ambos tratamiento un decrecimiento en el tercer muestreo pero incremento su área en el cuarto muestreo de manera similar a adicionar 4 ml lt⁻¹ de Kationic (K4) este siendo superado por el TA; los tratamientos Miyacion 2 ml lt⁻¹ con fertilización química alta (M2A), Kationic 4ml lt⁻¹ mas dosis media de fertilizante (K4M), los compuestos de CB y Kationic 6 ml lt⁻¹ en dosis baja de fertilización (CB6B y K6B), no superaron el ATR al testigo absoluto en el cuarto muestreo, pero el desarrollo de estos se mostro de manera continua e ininterrumpida, por lo que a mayor ATR mayor altura de planta y diámetro de tallo (Figura 16. Ver Grafica 9).

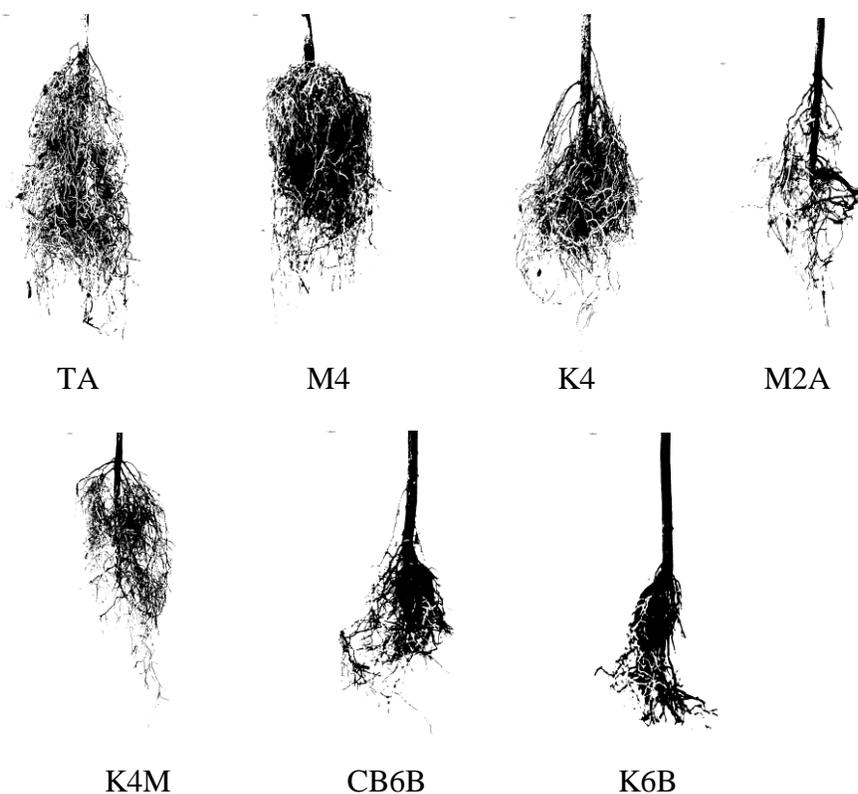
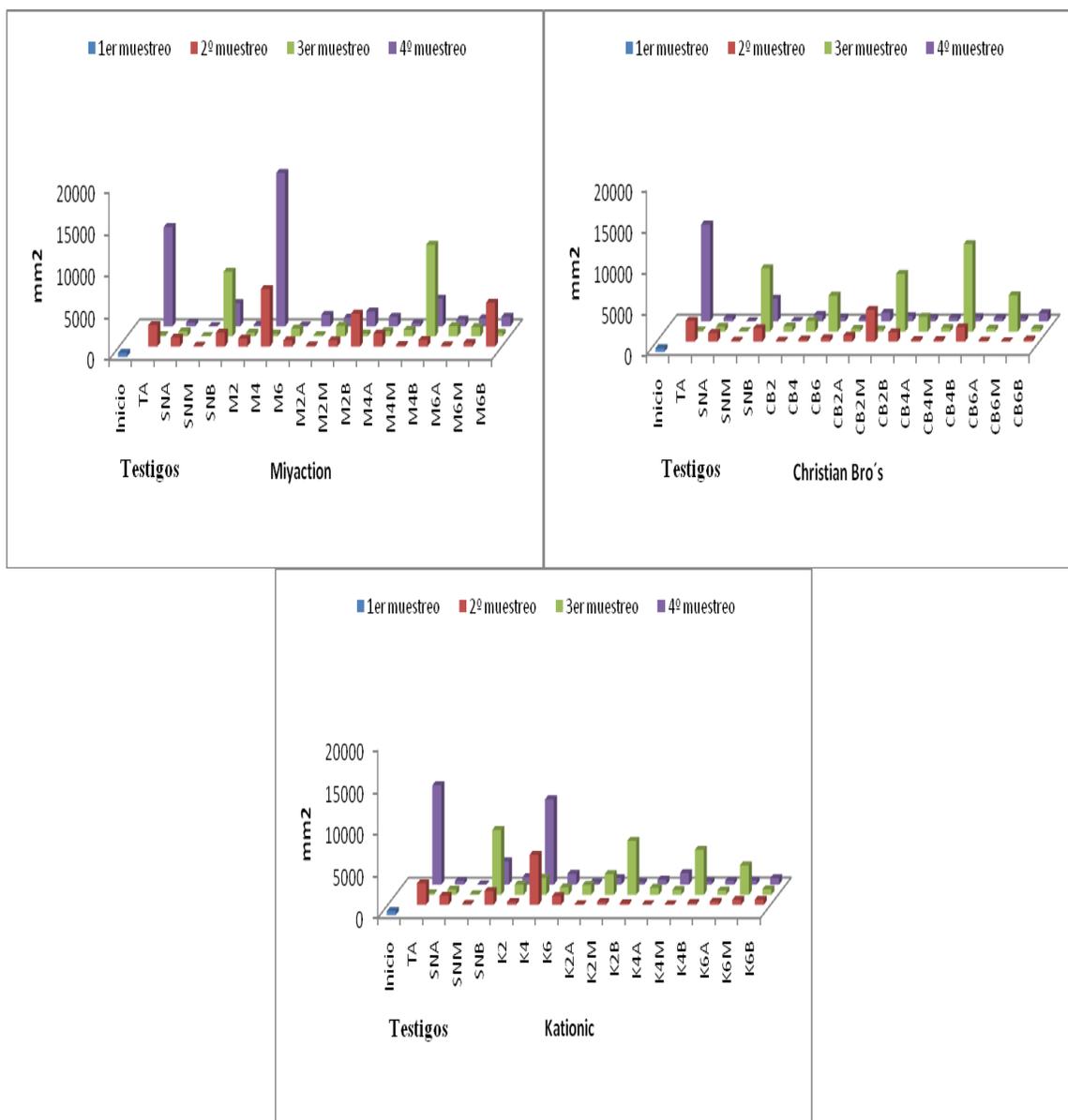


Figura 16.- Área total de raíz cuarto muestreo naranjo.



Grafica 10.- Área Total de Naranja de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro's y Kationic, comparados con Testigos.

4.2.4 Longitud de raíz (LR)

Con el uso de Kationic 2 ml lt⁻¹ (K2), se supero al testigo en un 40 por ciento, el TA aventajo con un 93 por ciento al ácido fúlvico Miyaction 2 ml lt⁻¹ con la fertilización alta (K2A); los tratamientos en el segundo muestreo no mostraron un continuo adelanto en LR ya que el inicio o primer muestreo es superior a a tratamientos como Miyaction 4 ml lt⁻¹ (M4) y

con fertilizante en baja cantidad (M4B) y CB 6 ml lt⁻¹ mas medio químico a dosis media (CB6M) (Figura 17. Ver Grafica 11).

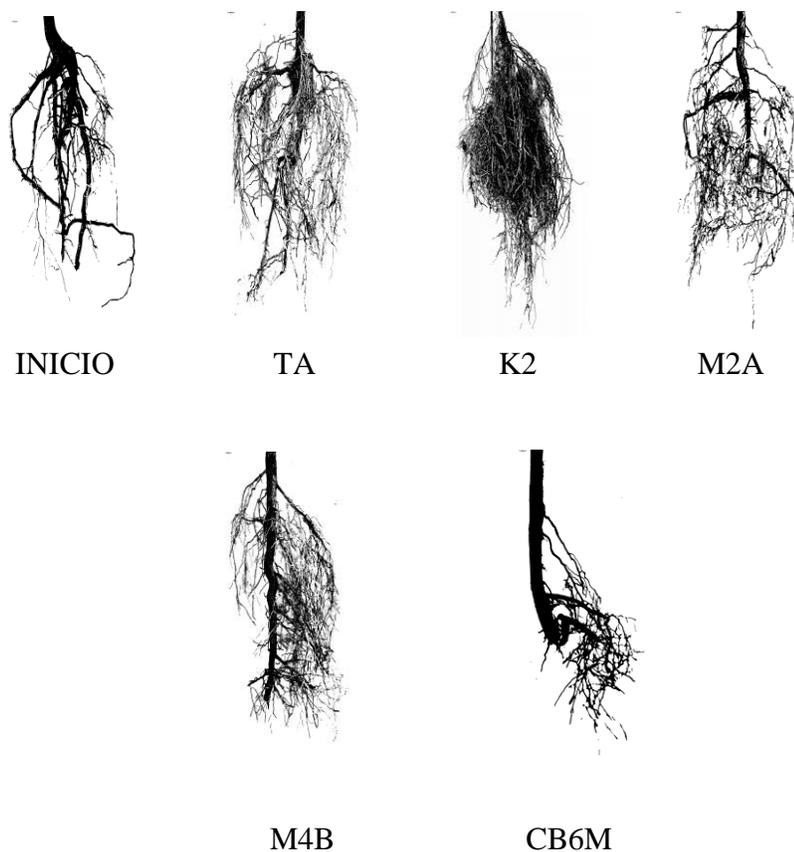


Figura 17.- Longitud de raíz primer y segundo muestreo naranjo.

La adición de de Kationic 6 ml lt⁻¹ (CB6), este mismo ácido fúlvico con la dosis media del componente mineral (CB6M) incrementaron su LR superando al testigo, Miyaction 2 ml lt⁻¹ mas fertilizante químico en solución alta (M2A), incremento su longitud en un 15 por ciento en proporción al TA y en 2100 por ciento al mismo tratamiento pero en el segundo muestreo efectuado (Figura 18. Ver Grafica 11).

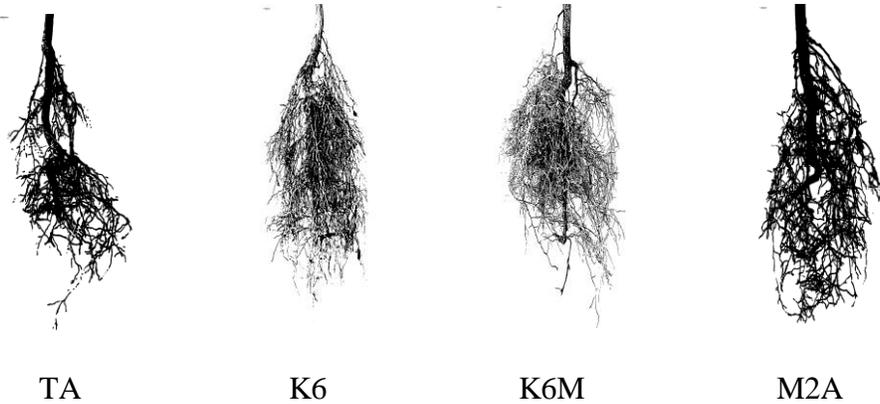


Figura 18.- Longitud de raíz tercer muestreo naranjo.

La LR se incremento con el paso del tiempo, a excepción de los tratamientos con ácidos fúlvicos Miyaction 2 ml lt⁻¹ (M2) sin componente mineral y CB 4 ml lt⁻¹ este mezclado con la dosis media de fertilización (CB4M), los cuales mostraron un decrecimiento no acentuado en el tercer muestreo y un recobro de longitud para el momento del cuarto muestreo; la mayor LR, fue con el uso de ácido fúlvico Miyaction 4 ml lt⁻¹ este compuesto orgánico mas la dosis baja de fertilización (M4B), Miyaction 6 ml lt⁻¹ mas compuesto mineral en solución alta (M6A) y Kationic 4 ml lt⁻¹ con la aplicación media de fertilizante (M4M) ambos superaron al TA en un 17.5 por ciento respectivamente, la LR es mayor; lo cual significa que a mayor ATR, menor LR y mayor altura de planta (Figura 19. Ver Grafica 11).

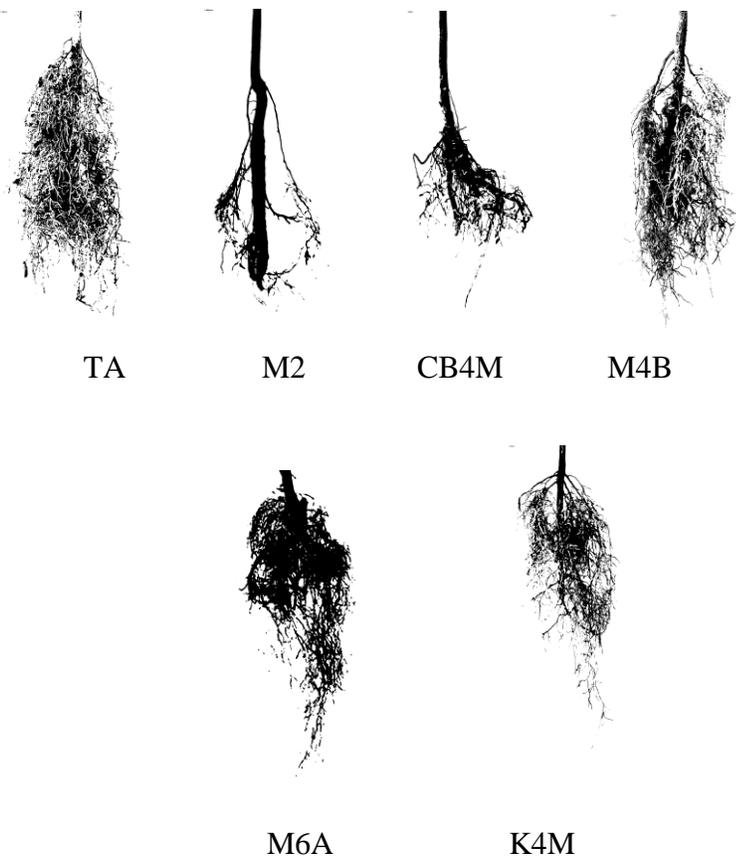
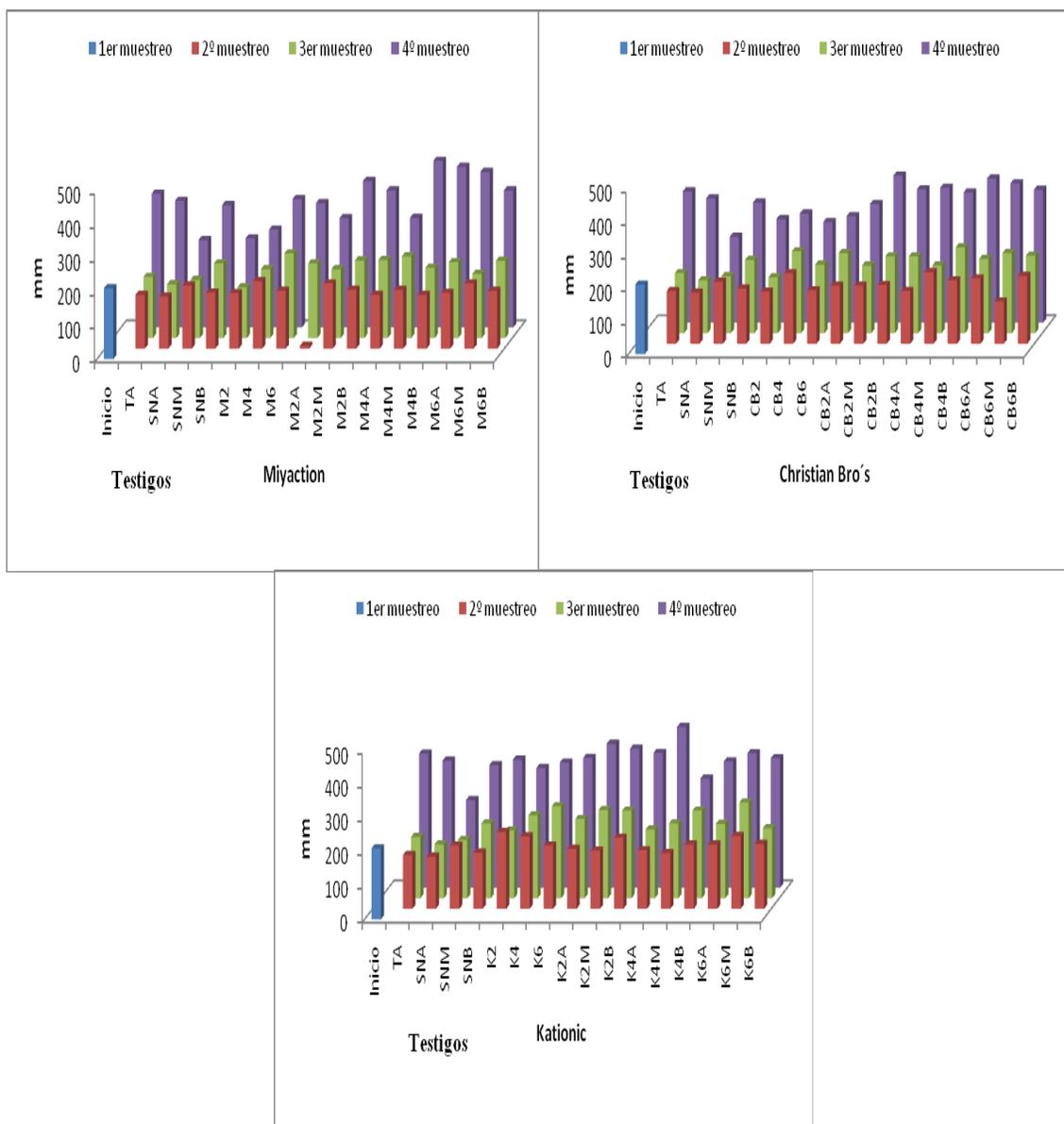


Figura 19.- Longitud de raíz cuarto muestreo naranjo.



Grafica 11.- Longitud de raíz de Naranja de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro's y Kationic, comparados con Testigos.

4.2.5 Bulbo de raíz (BR)

Los ácidos orgánicos Miyaction a razón de 2 y 6 ml lt^{-1} de agua y con una solución de fertilización química media y baja respectivamente (M2M y M6B), mostraron el superior bulbo de raíz, de manera similar óptimos al testigo los componentes de Miyaction 4 ml lt^{-1} (M4) y el experimental de CB 2 ml lt^{-1} con proporción alta de fertilizante (CB2A) (Figura 20. Ver Grafica 12).

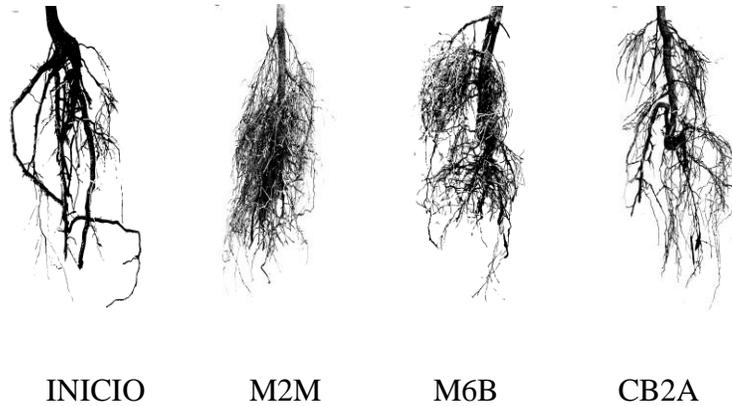


Figura 20.- Bulbo de raíz primer y segundo muestreo naranjo.

El tratamiento Miyaction 4 ml lt⁻¹ (M4), mostró un incremento de BR durante el segundo muestreo y en el tercer análisis decreció siendo este aventajado por Kationic y CB 2 ml lt⁻¹ de agua ambos con la cantidad baja del componente químico (K2B y CB2B) y Miyaction 6 ml lt⁻¹ con la porción media de fertilización (M6M) (Figura 21. Ver Grafica 12).

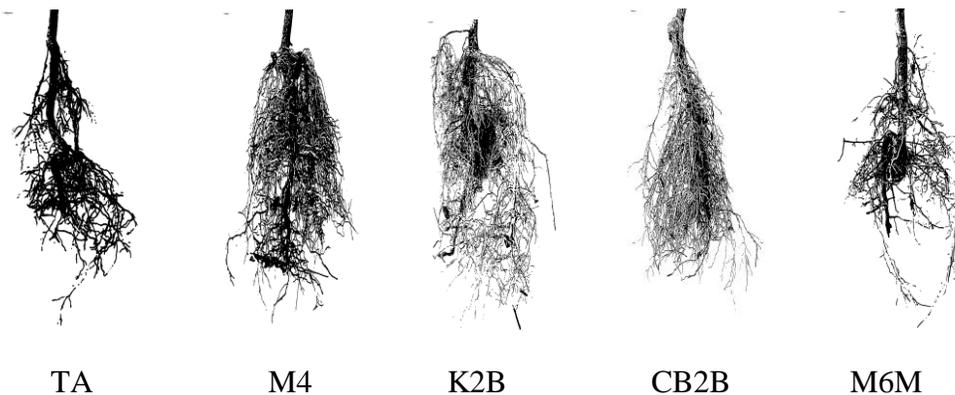


Figura 21.- Bulbo de raíz tercer muestreo naranjo.

Las extensiones del BR, no mostró una continuidad de crecimiento en los cuatro muestreos efectuados y decayó en el tercer muestreo a lo largo del experimento, sin embargo al aplicar solo Miyaction 4 ml lt⁻¹ (M4) esta variable adelanto al TA en un 70 por ciento, el ácido fúlvico Kationic 2 ml lt⁻¹ mas la solución química baja (K2B) en el tercer muestreo mostro un incremento superior al TA en un 2230 por ciento, sin embargo, este decayó en un 95 por ciento para el cuarto muestreo siendo superado por el TA en un 90 por ciento; sin embargo, a mayor BR mayor altura de planta, de forma general, solo que con las sustancias húmicas con fertilizante químico (Figura 22. Ver Grafica 12).

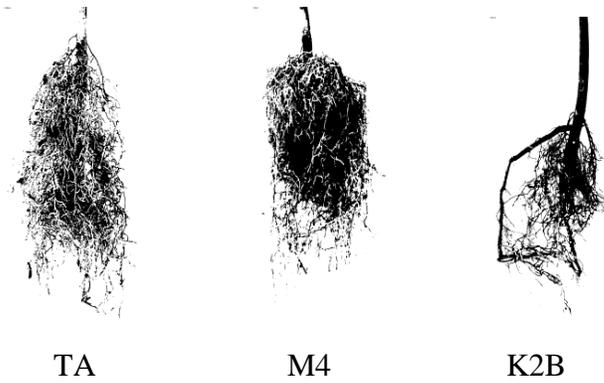
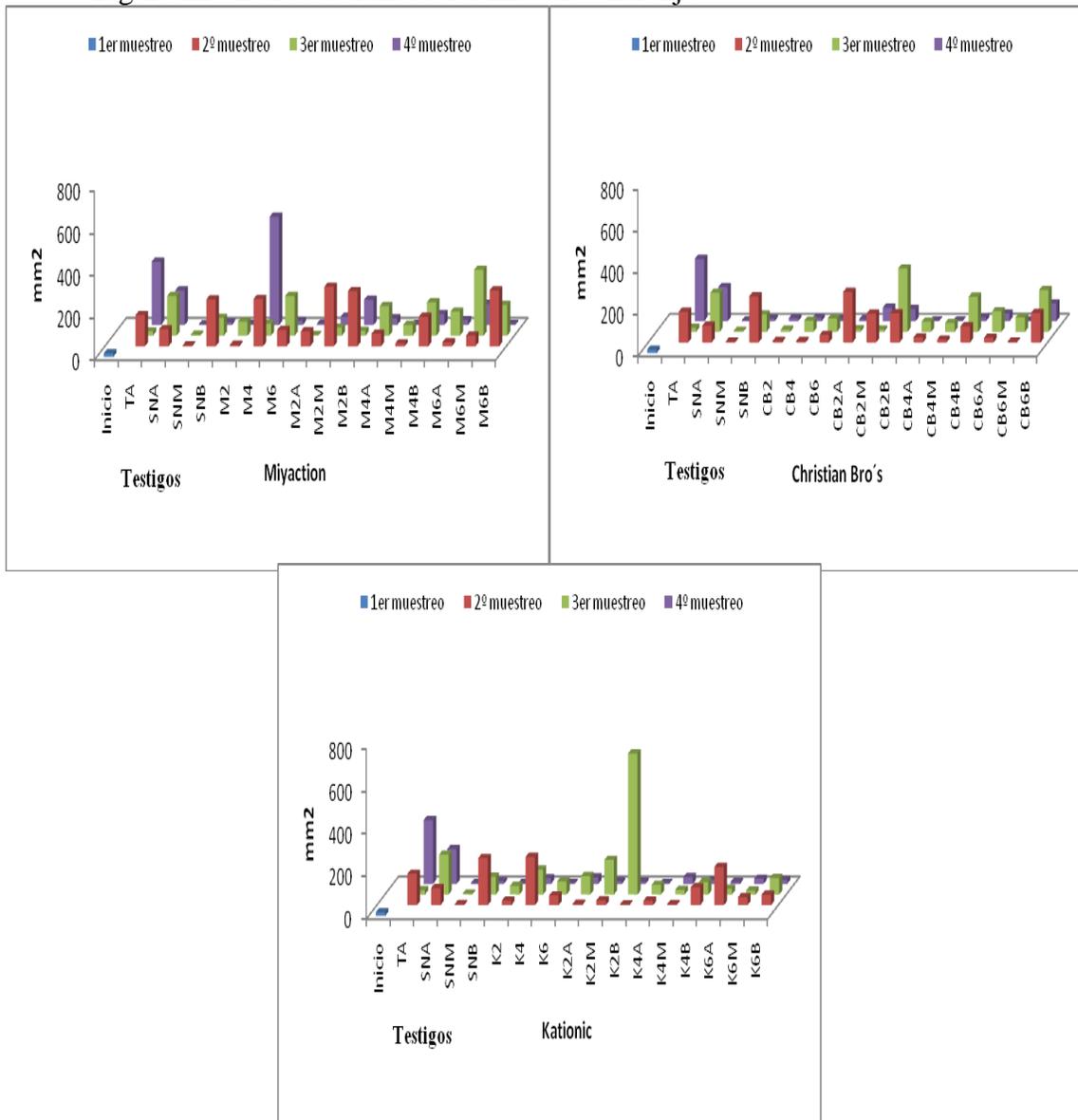


Figura 22.- Bulbo de raíz cuarto muestreo naranjo.



Grafica 12.- Bulbo de Raíz de Naranja de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro's y Kationic, comparados con Testigos.

4.2.6 Ancho de raíz (AR)

Con la incorporación de la solución química alta (SNA) y Kationic 4 ml lt^{-1} con la misma cantidad de dosis química (K4A) antes mencionada, los valores son óptimos en la variable medida AR comparados estos con la respuesta del testigo absoluto, en esta variable se observan decrecimientos en el muestreo dos en cotejo con el inicio como lo son el ácido orgánico Miyaction 6 ml lt^{-1} con porciones de compuesto mineral alta y media (M6A y M6M) (Figura 23. Ver Grafica 13).

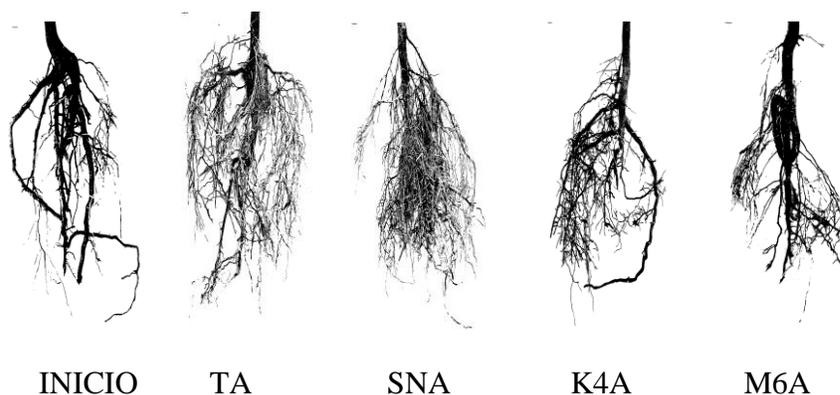


Figura 23.- Ancho de raíz primer y segundo muestreo naranjo.

En el segundo análisis del ancho de raíz los tratamientos que aventajaron al testigo absoluto el cual no mostro un incremento notable de AR en este muestreo fueron los componentes orgánicos CB 4 ml lt^{-1} y Kationic 4 ml lt^{-1} , ambos con la dosis media de solución química (CB4M y K4M) (Figura 24. Ver Grafica 13).

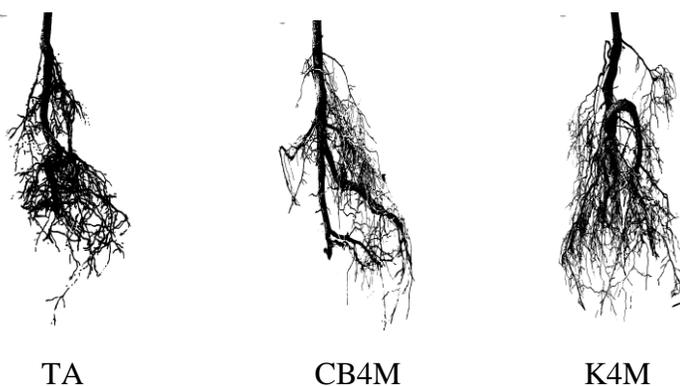


Figura 24.- Ancho de raíz tercer muestreo naranjo.

Con los tratamientos empleados en el experimento adicionados en la variable AR, con el fertilizante químico solo más los compuestos orgánicos y estos mezclados como el

compuesto CB 4 ml lt^{-1} con la solución química baja (CB4B) y las diferentes porciones de componente mineral, estos tratamientos adelantaron al TA de forma general en el tercer muestreo, este crecimiento no se mostró de manera continua en el cuarto muestreo efectuado (Figura 25. Ver Grafica 13).

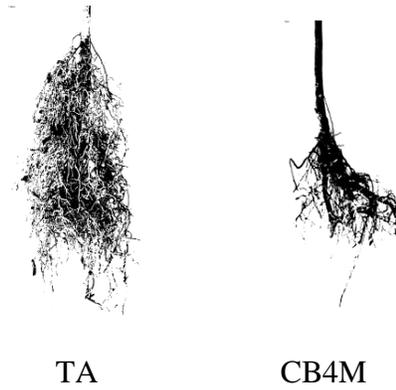
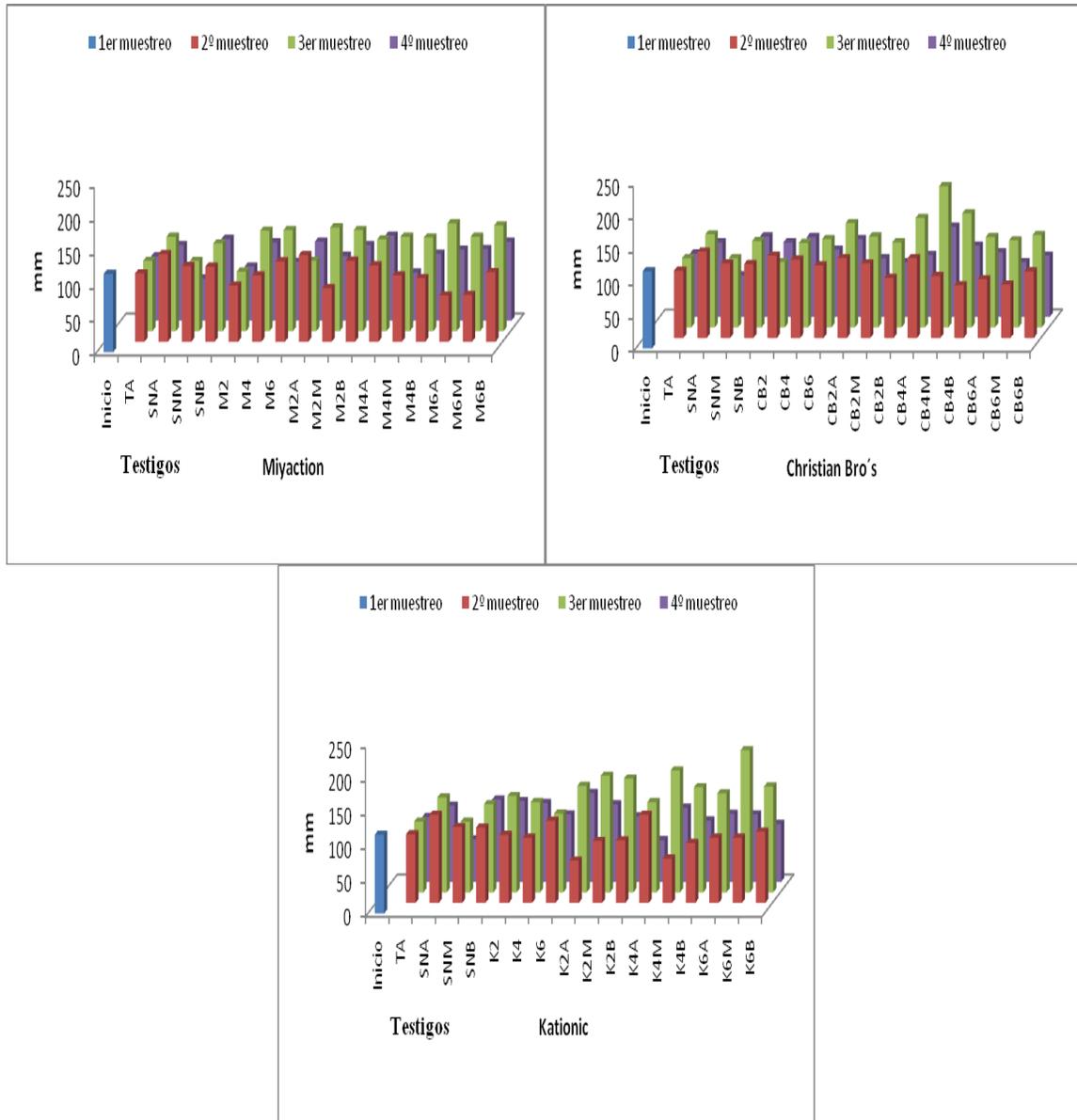


Figura 25.- Ancho de raíz cuarto muestreo naranjo.



Grafica 13.- Ancho de Raíz de Naranja de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro's y Kationic, comparados con Testigos.

4.2.7 Ancho cuello de raíz (ACR)

Con la adición de la solución nutritiva media se incremento el ancho cuello de raíz en un 71 por ciento, con el ácido fúlvico experimental CB 2 ml lt⁻¹ (CB2) el incremento fue del 64 por ciento ambos en relación con el testigo en el segundo muestreo, sin embargo, el menor valor en esta variable lo presentó el compuesto orgánico Kationic 4 ml lt⁻¹ (K4) superado por el TA en un 14 por ciento (Figura 26. Ver Grafica 14).

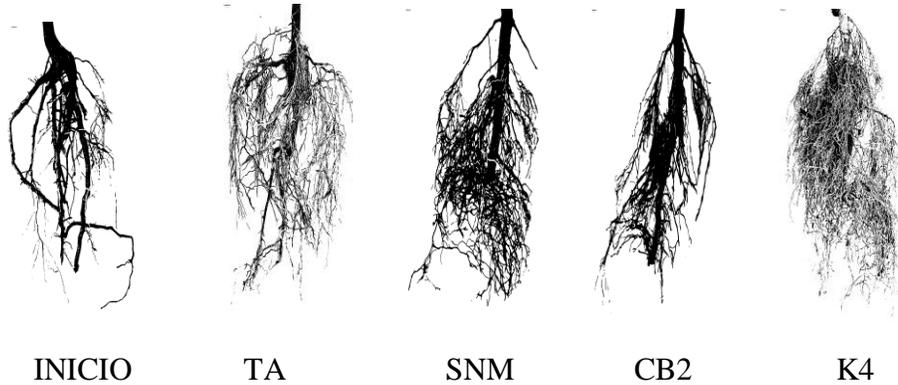


Figura 26.- Cuello de raíz primer y segundo muestreo naranja.

El ácido fúlvico superior en ancho del cuello de raíz en el tercer muestreo fue al incorporar el tratamiento Kationic 4 ml lt^{-1} adicionado con la solución nutritiva química alta (K4A) que en comparación con el TA el componente orgánico lo supero en un 128 por ciento, de manera similar aventajando al testigo en un 114 por ciento el ácido fúlvico Miyaction 4 ml lt^{-1} adicionado con la cantidad alta de fertilizante (M4A) y Kationic 6 ml lt^{-1} con la dosis baja del compuesto químico (K6B) (Figura 27. Ver Grafica 14).

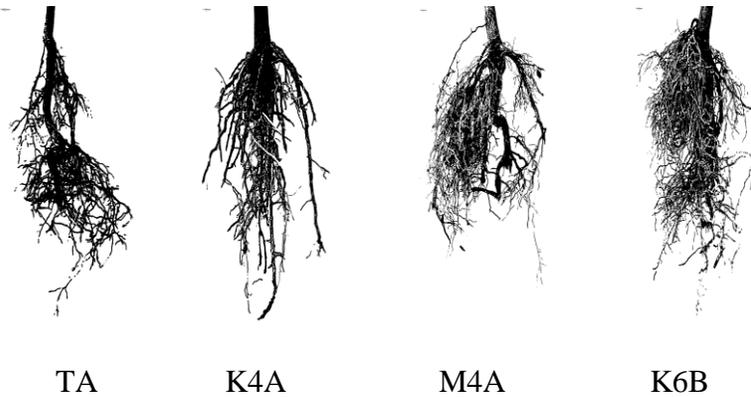


Figura 27.- Cuello de raíz tercer muestreo naranja.

De manera general, se puede describir que el ACR, con el uso de fertilizantes químicos en sus diferentes proporciones, los ácidos fúlvicos en sus diferentes dosis y estos mezclados con el fertilizante químico en las distintas dosis, mostró un crecimiento interrumpido igual que en ancho de raíz en el tercer muestreo en todos los tratamientos, a excepción del testigo absoluto que su crecimiento fue permanente y Miyaction 4 y 6 ml lt^{-1} en soluciones químicas baja y media (M4B y M6A) con valores similares (Figura 28. Ver Grafica 14).

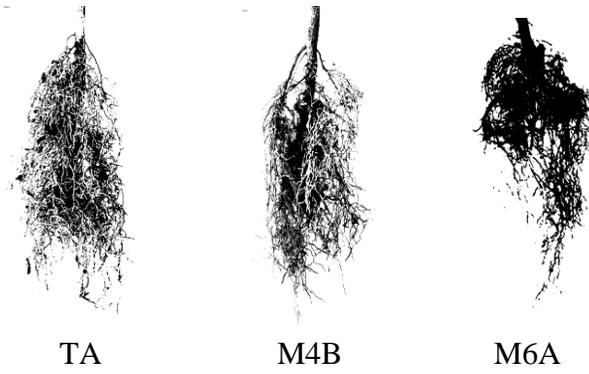
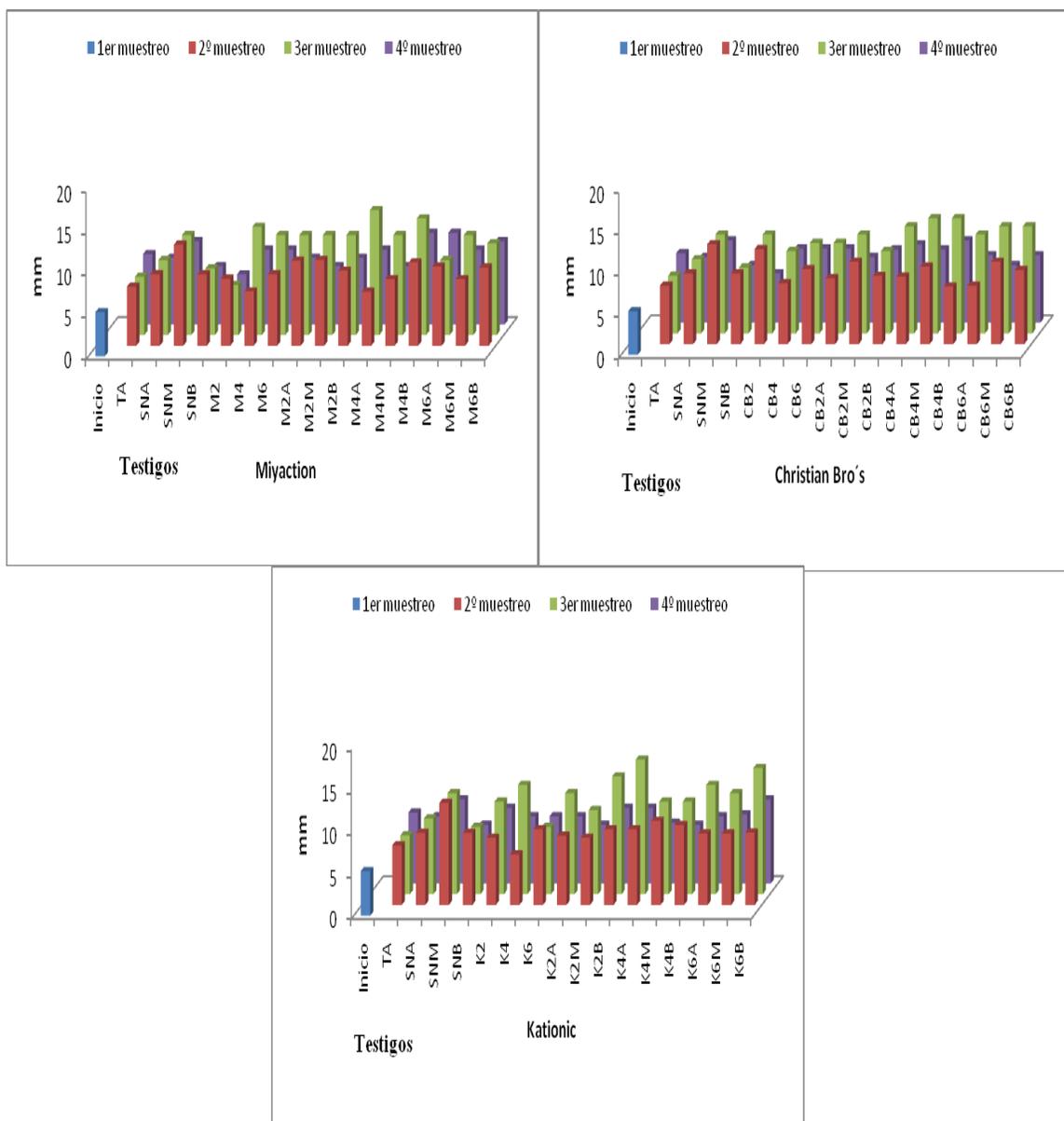


Figura 28.- Cuello de raíz cuarto muestreo naranjo.

Con el análisis de correlación realizado, solo hay relación entre el área y bulbo de raíz ($r^2=0.840$) y es altamente significativa esta relación en el tercer muestreo.



Grafica 14.- Ancho Cuello de Raíz de Naranja de los Tratamientos de Miyaction, Christian Bro's y Kationic, comparados con Testigos.

4.2.8 Desviación Óptimo de Porcentaje (DOP) para Naranja

Con los datos de los elementos nutrimentales, medidos al tejido vegetal de follaje y analizados mediante el sistema DOP, se hace evidente que hay desbalance nutrimental con la adición de todos los tratamientos. Así, el elemento nutrimental mas deficiente en el zinc (Zn), seguido por el hierro (Fe) y el potasio (K); en los tres muestreos en todos los tratamientos, con excepción de este último, donde de aplicó el ácido fúlvico de CB; mientras que el cobre (Cu) y

el magnesio (Mg), están con exceso en el cultivo en todos los muestreos con todos los tratamientos. El calcio (Ca) fue deficiente en el primer muestreo, pero excesivo en el segundo y tercer muestreo, cuando se agregaron todos los tratamientos (Cuadro 6).

Cuadro 6.- Desviación del óptimo de porcentaje (DOP) para naranja.

| TA | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
|--------------|--------|---------|--------|--------|---------|-----------|
| 1er muestreo | -98,4 | -91,11 | -68,42 | -55,55 | 77,77 | 1062,7907 |
| 2º muestreo | -84 | -11,11 | 110,52 | 344,44 | 1677,77 | 11527,9 |
| 3er muestreo | -81,6 | -47,36 | 2,22 | 411,11 | 1944,44 | 13272,09 |
| SNA | | | | | | |
| 1er muestreo | -98,4 | -95,55 | -68,42 | -11,11 | -11,11 | 1062,79 |
| 2º muestreo | -84 | -55,555 | 110,52 | 788,88 | 788,88 | 11527,9 |
| 3er muestreo | -81,6 | -48,88 | -47,36 | 922,22 | 922,22 | 13272,09 |
| SNM | | | | | | |
| 1er muestreo | -96,8 | -96,66 | -68,42 | -33,33 | -11,11 | 1295,34 |
| 2º muestreo | -68 | -66,66 | 110,52 | 566,66 | 788,88 | 13853,48 |
| 3er muestreo | -63,2 | -61,66 | -47,36 | 666,66 | 922,22 | 15946,5 |
| SNB | | | | | | |
| 1er muestreo | -96,8 | -96,66 | -86,42 | -33,33 | -11,11 | 1295,34 |
| 2º muestreo | -68 | -66,66 | 110,52 | 566,66 | 788,88 | 13853,48 |
| 3er muestreo | -83,2 | -61,66 | -47,36 | 666,66 | 922,22 | 15946,51 |
| M2 | | | | | | |
| 1er muestreo | -97,77 | -96,8 | -68,42 | -55,55 | -55,55 | 1295,34 |
| 2º muestreo | -77,77 | -68 | 110,52 | 344,44 | 344,44 | 13853,48 |
| 3er muestreo | -74,44 | -63,2 | -47,36 | 411,11 | 411,11 | 15946,51 |
| M4 | | | | | | |
| 1er muestreo | -98,4 | -96,66 | -68,42 | -55,55 | -33,33 | 1295,34 |
| 2º muestreo | -84 | -66,66 | 110,52 | 344,44 | 566,66 | 13853,48 |
| 3er muestreo | -81,6 | -61,66 | -47,36 | 411,11 | 666,66 | 15946,51 |
| M6 | | | | | | |
| 1er muestreo | 96,8 | 96,66 | -77,77 | -68,42 | -33,33 | 1295,34 |
| 2º muestreo | -68 | 66,66 | 122,22 | 110,52 | 566,66 | 13853,48 |
| 3er muestreo | -63,2 | 61,66 | 155,55 | -47,36 | 666,66 | 15946,51 |
| CB2 | | | | | | |
| 1er muestreo | -96,8 | 96,66 | -68,42 | -55,55 | -33,33 | 597,67 |
| 2º muestreo | -68 | 66,66 | 110,52 | 344,44 | 566,66 | 6876,74 |
| 3er muestreo | -63,2 | 61,66 | -47,36 | 411,11 | 666,66 | 7923,25 |
| CB4 | | | | | | |
| 1er muestreo | -96,8 | 96,66 | -68,48 | -55,55 | -33,33 | 597,67 |
| 2º muestreo | -68 | 66,66 | 110,52 | 344,44 | 566,66 | 6876,74 |
| 3er muestreo | -63,2 | 61,66 | -47,36 | 411,11 | 666,66 | 7923,25 |
| M2B | | | | | | |
| 1er muestreo | -98,4 | -95,55 | -68,42 | -11,11 | -11,11 | -11,11 |
| 2º muestreo | -84 | -55,555 | 110,52 | 788,88 | 788,88 | 788,88 |
| 3er muestreo | -83,2 | -48,88 | -47,36 | 922,22 | 922,22 | 922,22 |
| M2B | | | | | | |
| 1er muestreo | -98,4 | -95,55 | -68,42 | -11,11 | -11,11 | -11,11 |
| 2º muestreo | -84 | -55,555 | 110,52 | 788,88 | 788,88 | 788,88 |
| 3er muestreo | -81,6 | -48,88 | -47,36 | 922,22 | 922,22 | 922,22 |
| M4A | | | | | | |
| 1er muestreo | -93,6 | -94,44 | -68,42 | -33,33 | -33,33 | 11,11 |
| 2º muestreo | -36 | -44,44 | 110,52 | 566,66 | 566,66 | 1011,11 |
| 3er muestreo | -26,4 | -36,11 | -47,36 | 666,66 | 666,66 | 1177,77 |
| M4M | | | | | | |
| 1er muestreo | -98,4 | -95,55 | -68,42 | -33,33 | -33,33 | -11,11 |
| 2º muestreo | -84 | -55,555 | 110,52 | 566,66 | 566,66 | 788,88 |
| 3er muestreo | -81,6 | -48,88 | -47,36 | 666,66 | 666,66 | 922,22 |
| M4B | | | | | | |
| 1er muestreo | -98,4 | -95,55 | -68,42 | -33,33 | -33,33 | -11,11 |
| 2º muestreo | -84 | -55,555 | 110,52 | 566,66 | 566,66 | 788,88 |
| 3er muestreo | -81,6 | -48,88 | -47,36 | 666,66 | 666,66 | 922,22 |
| M6A | | | | | | |
| 1er muestreo | -97,77 | -96,8 | -68,42 | -55,55 | -55,55 | -55,55 |
| 2º muestreo | -77,77 | -68 | 110,52 | 344,44 | 344,44 | 344,44 |
| 3er muestreo | -74,44 | -63,2 | -47,36 | 411,11 | 411,11 | 411,11 |
| M6M | | | | | | |
| 1er muestreo | -98,88 | -96,8 | -77,77 | -68,42 | -68,42 | Ca |
| 2º muestreo | -88,88 | -68 | 122,22 | 110,52 | 110,52 | Ca |
| 3er muestreo | -87,22 | -63,2 | 155,55 | -47,36 | -47,36 | Ca |
| M6B | | | | | | |
| 1er muestreo | -98,88 | -96,8 | -77,77 | -68,42 | -68,42 | -55,55 |
| 2º muestreo | -88,88 | -68 | 122,22 | 110,52 | 110,52 | 344,44 |
| 3er muestreo | -87,22 | -63,2 | 155,55 | -47,36 | -47,36 | 411,11 |
| CB2A | | | | | | |
| 1er muestreo | -93,6 | -92,22 | -68,42 | -55,55 | -55,55 | 55,55 |
| 2º muestreo | -36 | -22,22 | 110,52 | 344,44 | 344,44 | 1455,55 |
| 3er muestreo | -26,4 | -10,55 | -47,36 | 411,11 | 411,11 | 1688,88 |

Continua ...

| | | | | | | |
|--------------|-------|--------|--------|--------|---------|----------|
| | -95,2 | -91,11 | -68,42 | -33,33 | 77,77 | 365,11 |
| 2º muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -52 | -11,11 | 110,52 | 566,66 | 1677,77 | 4551,16 |
| 3er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -44,8 | 2,22 | -47,36 | 666,66 | 1944,44 | 5248,83 |
| CB6M | | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -96,8 | -91,11 | -68,42 | -33,33 | 77,77 | 365,11 |
| 2º muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -68 | -11,11 | 110,52 | 566,66 | 1677,77 | 4551,16 |
| 3er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -63,2 | 2,22 | -47,36 | 666,66 | 1944,44 | 5248,83 |
| CB6B | | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -96,8 | -91,11 | -68,42 | -33,33 | 77,77 | 132,55 |
| 2º muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -68 | -11,11 | 110,52 | 566,66 | 1677,77 | 2225,58 |
| 3er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -63,2 | 2,22 | -47,36 | 666,66 | 1944,44 | 2574,41 |
| K2A | | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -95,2 | -90 | -68,42 | -55,55 | 100 | 1295,34 |
| 2º muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -52 | 0 | 110,52 | 344,44 | 1900 | 13853,48 |
| 3er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -44,8 | 15 | -47,36 | 411,11 | 2200 | 15946,51 |
| K2M | | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -95,2 | -90 | -68,42 | -55,55 | 100 | 1295,34 |
| 2º muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -52 | 0 | 110,52 | 344,44 | 1900 | 13853,48 |
| 3er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -44,8 | 15 | -47,36 | 411,11 | 2200 | 15946,51 |
| K2B | | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -98,4 | -91,11 | -68,42 | -77,77 | 77,77 | 1295,34 |
| 2º muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -84 | -11,11 | 110,52 | 122,22 | 1677,77 | 13853,48 |
| 3er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -81,6 | 2,22 | -47,36 | 155,55 | 1944,44 | 15946,51 |
| K4A | | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -96,8 | -86,66 | -68,42 | -55,55 | 166,66 | 1760,46 |
| 2º muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -68 | 33,33 | 110,52 | 344,44 | 2566,66 | 18504,65 |
| 3er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -63,2 | 53,33 | -47,36 | 411,11 | 2966,66 | 21295,34 |
| K4M | | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -98,4 | -86,66 | -68,42 | -55,55 | 166,66 | 1760,46 |
| 2º muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -84 | 33,33 | 110,52 | 344,44 | 2566,66 | 18504,65 |
| 3er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -81,6 | 53,33 | -47,36 | 411,11 | 2966,66 | 21295,34 |
| K4B | | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -98,4 | -88,88 | -68,42 | -55,55 | 122,22 | 1295,34 |
| 2º muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -84 | 11,11 | 110,52 | 344,44 | 2122,22 | 13853,48 |
| 3er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -81,6 | 27,77 | -47,36 | 411,11 | 2455,55 | 15946,51 |
| K6A | | | | | | |
| 1er muestreo | Zn | Fe | K | Ca | Cu | Mg |
| | -95,2 | -88,88 | -68,42 | -33,33 | 122,22 | 1527,9 |

V. CONCLUSIONES

En la búsqueda de disminuir los costos de producción de los cultivos de chile piquín y naranjo y la utilización de productos orgánicos para un manejo sustentable para ambos cultivos, se establecieron correlaciones entre el uso de agro químicos y compuestos orgánicos en el funcionamiento fisiológico de los cultivos en diferentes etapas, para ello se utilizó técnicas avanzadas como el análisis de imagen, índice DOP para realizar el diagnóstico, se concluye lo siguiente:

El uso de los ácidos fúlvicos Miyaction y CB, en proporción media, mezclados con las cantidades medias de fertilizante químico, realizaron efecto positivo en la nutrición de chile piquín y naranjo es decir el Kationic fue superado por los dos compuestos orgánicos mencionados. Esto significa que el productor al emplear la mezcla de los compuestos orgánico con fertilizante químico, reducirá sus costos de producción por concepto de adquisición del componente químico.

La raíz como órgano responsable de la de la capacidad de absorción de agua y nutrientes, en este sentido, depende directamente de su grado de desarrollo; es decir, de su desplazamiento de ramificación y de penetración; por lo que el ácido fúlvico Miyaction 2 ml lt-1 adicionado con la porción media de fertilizante químico y el compuesto experimental de CB en las mismas cantidades mostraron un efecto positivo en la distribución de la raíz en chile piquín y naranjo.

Los índices DOP nos ofrecen de forma sencilla la interpretación y apreciación real del análisis de nutrimentos de una muestra basados en el valor crítico, rangos de suficiencia, equilibrios y relaciones, especificando además el orden de las necesidades, el cual nos define con exactitud la intensidad y cantidad de nutrición considerados en el diagnóstico y matizar en qué medidas esta limitación es provocada por excesos o déficit de nutrimentos.

VI.RECOMENDACIONES

Se recomienda dar seguimiento al estudio cuando los cultivares de chile piquín y naranjo pasan de la fase de vivero a la plantación definitiva, para de esta forma comparar los análisis de vivero y campo, obteniendo así seguridad en las evaluaciones y resultados de las diferentes variables que se deseen investigar a los niveles de raíz, parte aérea y bioquímicos.

Es aconsejable el establecimiento de un experimento, con la utilización de los compuestos orgánicos Christian Bro's y Miyaction en cantidades medias y dosis de fertilización química al 50 por ciento, en plantas de naranjo que se encuentren en su ciclo productivo para evaluar cómo se manifiestan ambos componentes en planta, raíz, fruto, cosecha y pos cosecha, de manera similar para valorar la calidad en chile piquín y contenidos de capsiaquina que son esenciales para la pungencia y mejor sabor.

Favorece para el estudio de distribución de raíz un análisis secuencial con un periodo de tiempo de estudio más amplio, lo cual nos genera de una forma efectiva una base de datos mayor y así obtener categorías más precisas.

No obstante las posibilidades del diagnostico DOP en la interpretación del análisis vegetal, serán necesarios nuevos y más amplios estudios que permitan mejorar el conocimiento y los modelos de utilización de esta metodología, no solo con fines diagnosticos sino también como apoyo en la elaboración de programas racionales de fertilización químico orgánica y como medio de interpretar la respuesta del cultivo a los mismos.

Es también muy recomendable realizar paralelamente un análisis económico de cada uno de los cultivares investigados.

VII. BIBLIOGRAFIA

- ABO-EL-KOMSAN, E.A. AND T.A. EBRAHIEM, 2002. Integrated nutrient management for Valencia orange trees grown on Troyer citrange and sour orange 1-Behaviour of growth, flowering, fruit setting and nutritional status of trees. Proc. Minia 1st Conf. for Agric. and Environ. Sci, Minia. Egypt. March, 22: 2177-2198.
- A.E.M. MANSOUR AND E.A. SHAABAN 2005. Effect of Different Sources of Mineral N Applied with Organic and Bio Fertilizers on Fruiting of Washington Navel Orange Trees. Journal of Applied Sciences Research, 3(8): 764-769, 2007 © 2007, INSInet Publication.
- AHMED, F.F., M.A. EL-SAYED, H.M. ESHBAH AND M.R. ABD EI-MOUMEN, 1995. Physiological studies on the effect of some insect pollination and fertilization with phosphorus and magnesium treatments on Balady mandarin trees (*Citrus reticulata Blanco*) 3- The effect on yield and fruit quality. J. Agric. Sci. Mansoura Univ., 20:1715-1744.
- AIKEN, G. R., McKNIGHT, D. M., WERSHAW, R. L., MacCARTHY, P. 1985. An introduction to humic substances in soil, sediment, and water. pp. 1-9. *In* Humic substances in soil, sediment, and water: Geochemistry, isolation and characterization. G. R. Aiken et al. (ed.). Wiley-Interscience, New York.
- AKINREMI, O. O., JANZEN, H. H., LEMKE, R. L., LARNEY, F. J. 2000. Response of canola, wheat and green beans to leonardite additions. Can. J. Soil Sci. 80:437-443.
- ALBUZIO, A., FERRARI, G., NARDI, S. 1986. Effects of humic substances on nitrate uptake and assimilation in barley seedlings. Can. J. Soil Science, 66: 731-736.
- AMOROS C., M. 1989. Agrios. Dilagro. Lleida. 4a. Edición, España.
- BENEDETTI, A., FIGLIOLIA, A., IZZA, C., INDIATI, R., CANALI, S. 1990. Nuove prospettive di concimazione minerale: interazione NPK acidi umici. VIII Convegno SICA. Bari.
- BENEDETTI, A., FIGLIOLIA, A., IZZA, C., INDIATI, R., CANALI, S. 1992. Fertilization with NPK and humate-NPK: plant yield and nutrient dynamics. Suelo y Planta. 2:203-214.
- BERNIER, P. Y. AND ROBITAILLE. G. (2004). A plane intersecte method for estimating fine root productivity of trees from minirhizotron images. Plant and Soil 0; 1-9.
- BERTRAND, A. R. 1965. Water conservation trough improved practices. In: "Plant eviroment and efficient water use". Pp 207-235. amer. Soc. Agron. Soil Sci. Madison, Wisconsin.
- BRAVO H. 1934. Estudio Botánico acerca de las solanáceas mexicanas del género Capsicum. Anales del Instituto de Biología. UNAM 5:303-321.

- BROKER, M. F. 1994. ARA. Professional Dealer Manual. Fluid Fertilizers. Volume 1 and Volume 2. Agricultural Retailers Association. St. Louis, Missouri, U. S. A.
- BRUN, G., SAYAG, D. R., ANDRE, L. 1994. The potentiometric and conductimetric characterization of the complexing power of humic substances. pp. 193-198. *In* Humic substances in the global environment and implications on human health. Senesi, N., Miano, T. M. (Eds.) Elsevier, Amsterdam.
- CACCO, G., DELL'AGNOLA, G. 1984. Plant growth regulator activity of soluble humic complexes. *Canadian J. of Soil Sci.* 64:225-228.
- CALACE, N., FURLANI, G., PETRONIO, B. M., PIETROLETTI, M. 2000. Sedimentary humic and fulvic acids: Structure, molecular weight distribution and complexing capacity. *Annali di Chimica*, 90:25-34.
- CARLOS LINNÉO, 1 753. *Species Plantarum*.
- CHEN, Y., AVIAD, T. 1990. Effects of humic substances on plant growth. pp. 161-186. *In* Humic substances in Soil and Crop Sciences: Selected readings. P. MacCarthy, C. E. Clapp, R. L. Malcolm, P. R. Bloom (Eds.). Proceedings of a symposium by the IHSS, Chicago, Illinois, December 1985.
- COOPER, R. J., CHUNHUA, L., FISHER, D. S. 1998. Influence of humic substances on rooting and nutrient content of creeping bentgrass. *Crop Sci.* 38:1639-1644.
- DAVIS, J. P., HAINES, B., COLEMAN, D. AND HENDRICK, R. 2004. Fine root dynamics along an elevational gradient in the southern Appalachian Mountains, USA. *Forest Ecology and Management* 187: 19-34.
- DAVIES F, F. T. JR.; OLALDEN P., V.; AGUILERA G., L.; ALVARADO M., J.; FERRERA C., R. C.; AND BOUTTON T.W. 2002. *Scientia Horticulturae* 92(3-4):347-359.
- DESARROLLO AGOPECUARIO DE NUEVO LEÓN. PRINCIPALES RESULTADOS OCTUBRE 2003 a Agosto de 2007 pg. 10.
- DE SAUSSURE, T.1804. *Recherches Chemiques sur la Végétation*. París.
- DONALD, C. M. 1963. Competition among crop and pasture plants. *Advances Agronomy* 15:1-118.
- DUPLESSIS, G. L., MACKENZIE, A. F. 1983. Effects of leonardite applications on phosphorus availability and corn growth. *Can. J. Soil Sci.* 63:749-751.
- EMAN, A. A. ADB EL-MONEM 2005. Minimizing the quantity of mineral nitrogen fertilizers on grapevine by using humic acid, organic and biofertilizers. *Research*

F. A. O. Agrostat. Base de datos, 2006.

FERNÁNDEZ, V. H. 1968. The actino of humic acids of different sources on the development of plants and their effect on increasing concentration of the nutrient solution. Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varia. 32:805-850.

FOX, T., COMEFORD, N., McFEE, W., 1990. Soil Sci. Soc. Amer. 54:1763-1847.

GAUR, A. C. 1964. Influence of humic acid on growth and mineral nutrition in plants. Bull. Assoc. Fr. Etude Sol. 35:207-219.

GARCÍA, C. 1990. Estudio del compostaje de residuos orgánicos. Valoración agrícola. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Murcia.

GARCÍA CORREA, O., G. ALCÁNTAR, R. I. CABRERA, F. GAVI AND V. VOLKE. 2001. Materiales orgánicos como sustratos para la producción de *Epiprenum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. Terra 19(3): 249-258.

GALSTON, A. W., SAWHNEY, R. K. 1990. Polyamines in plant physiology. Plant Physiol. 94.:406-410.

GONZÁLEZ, R.C. Y WINTZ, P. (1977). *Digital Image Processing*. Adisson-Wesley.

GONZÁLEZ, C. G. POSITEC, C. ORONA, C. I. Y Ortiz F. P. 2004. First World Pepper Convention. Pag. 255-259.

GERK, J. Z. 1993. Planzenernähr. Bodenk. 156:253-257.

HARTER, R. D. AND R. NAIDU. 1995. Rol of metal-organic complexation in metal sorption by soils, in Advances in Agronomy. (Ed.) D. L. Sparks. vol. 55: 219-263.

HEIDMANN, I. 2004. Influence of fulvic acid on ion binding and colloidal stability of kaolinite particles. Doctor of natural sciences. Swiss Federal Institute of Technology Zürich. Diss. ETH No. 15531. Germany.

HEISER C.B. Y SMITH P.G. 1953. The cultivated Capsicum peppers. Economic Botany 7:214-226.

HEISER C.B. Y SMITH P.G. 1958. New species of Capsicum from South America. Brittonia 10:194-201.

JACKSON, R. B., MOONEY, H. A. AND SCHULZE, E. D. (1997). A global budget for fine root biomass, surface area and nutrient contents. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA 94: 7362-7366.

- KRAMER, P. Water relations of plants. N.Y. Academic Press. Cap. 3 y 9. 1983.
- LI, N., AND X.X. WANG AND B.L. LU, 1999. Study of the effect of apple liquid fertilizer on the growth and fruit development of Starkrimson apple variety. (in Chinese). China Fruits No., 4: 20-21 (c.f. Hort. Abst. 70, 5: 3628).
- LÓPEZ, C. R. 2002. Comportamiento de Substancias Húmicas de Diverso Origen en al Física de un Suelo Limo-Arcilloso y en la Fisiología del Tomate. Tesis Doctoral en Sistemas de Producción. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- MARTÍNEZ, M., 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- MARTÍNEZ-NISTAL, A. Y SANPEDRO, A. (1995). *Introducción al Proceso Digital de Imágenes. Técnicas de Fluorescencia en Microscopía y Citometría*. Universidad de Oviedo. Servicio de Publicaciones.
- MACCARTHY, P., CLAPP, C. E., MALCOLM, R. L., BLOOM, P. R. 1990. An introduction to soil humic substances. pp. 161-186 *In Humic substances in Soil and Crop Sciences: Selected readings*. P. MacCarthy, C. E. Clapp, R. L. Malcolm, P. R. Bloom (Eds). Proceedings of a symposium by the IHSS, Chicago, Illinois, December 1985.
- MELÉNDEZ, G. 2003. Taller de Abonos Orgánicos. Residuos orgánicos y la materia orgánica del suelo. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- MOLINA, E. 2003. Taller de Abonos Orgánicos. Quelatos como fertilizantes. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- NARDI, S., PANUCCIO, M.R., ABENAVOLI, M. R., MUSCOLO, A. 1994. Auxin-like effect of humic substances extracted from faeces of *Allolobophora caliginosa* and *A. rosea*. Soil Biol. Biochem. 26:1341-1346.
- PALACIOS, J. 1978. Citricultura moderna. Editorial Hemisferio sur. Buenos Aires, Argentina.
- PERTUSA J. F. (2003). Técnicas de análisis de imagen. Aplicaciones en Biología. Publicacions de la Universitat de Valencia.
- OLMOS, S., ESTEBAN, E., LUCENA, J. J. 1998. Micronutrient extraction in calcareous soils treated with humic substances. J. Plant Nutrition, 21 (4): 687-697.
- PICCOLO, A., NARDI, S., CONCHERI, G. 1992. Structural characteristics of humic substances as related to nitrate uptake and growth regulation in plant systems. Soil Biol. Biochem. 24, 373-380.

- RAMOS, R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulante. Efectos frente al estrés salino. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.
- RODERTEIN, M., HERTEL, D. AND LEUSCHNER, C. (2005). Above and below ground litter production in three tropical montane forest in southern Ecuador. *Journal of Tropical Ecology* 21:483-492.
- ROSENFELD, A. (1979). Some experiments on variable thresholding. *Pattern Recognition*, 11: 191.
- ROSENFELD, A. Y KAK, A.C. (1981). *Digital Picture Processing*. Vol.1 y 2. Academic Press, London.
- ROUQUET, N. 1998. C. R. Acad. Sci. 307 (II) 1419-1424.
- RUSS, J. C. (1990). *Computer-Assisted Microscopy, The Measurement and Analysis of Images*. Plenum Press, New York.
- RUSS, J.C. (1995). *The Image Processing Handbook*. CRC Press.
- RUSELL, R. Plant root systems. Londres. Mc Graw Hill. Cap. 5 y 9. 1977.
- RUSSO, R.O. AND G.P. BERLYN, 1990. The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. *J. Sustainable Agric.*, 1(2): 19-42.
- R. WATSON 1968 A new gravimetric method for estimating rootsurface areas. *Soil Sci.* 102:289291.
- SÁNCHEZ-ANDREU, J. J.; JUÁREZ, M.; SÁNCHEZ, A. 2000. Incidencia de Sustancias Húmicas y aminoácidos en la calidad del fruto del limón cv Fino. VIII Simposium Nacional, IV Ibérico sobre Nutrición Mineral de las plantas.
- SÁNCHEZ-ANDREU, J., JORDÁ, J., JUÁREZ, M. 1994. Humic substances. Incidence on crop fertility. *Acta Horticulturae*. 357:303-313.
- SÁNCHEZ-CONDE, M. P., ORTEGA, C. B., PÉREZ BRULL, M. I. 1972. Effect of humic acid on sugar beet in hydroponic culture. *Anales de edafología y Agrobiología*. 31:319-331.
- SCHNITZER, M. 2000. Life Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. D. L. Sparks (Ed.). *Advances in Agronomy*, Academic Press. 98: 3-58.
- SLATYER, R. Plant water relationships. N.Y. Academic Press. Cap. 5. 1967. SLADKY, Z. 1959. The effect of extracted humus substances on growth to tomato plants. *Biol. Plant*. 1:199-204.

- SPP-INEGI, 1986. Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León, México. p.p 170.
- STEVENSON, F. J. 1994. Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. J. Wiley and Sons, New York, NY.
- SWORD, M. A., GRAVATT, D. A., FAULKNER, P. L, AND CHAMBERS, J. L. (1996). Seasonal branch and fine root growth of juvenile loblolly pine five growing season after fertilization. *Tree Physiology* 16: 899-904.
- TAN, K. H., NOPAMORN BODI, V. 1979. Effect of different levels of humic acids on nutrient content and growth of corn (*Zea may L.*). *Plant and Soil*. 51:283-287.
- TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE CHILE PIQUÍN EN EL NORESTE DE MÉXICO, inifap, folleto técnico No. 29 2004. Centro de Investigación del Noreste Campo Experimental Rio Bravo, Sur de Tamaulipas.
- TATINI, M., P. BERTONI, A. LANDI AND M.L. TRAVERSI, 1991. Effect of humic acids on growth and biomass partitioning of container-grown olive plants. *Acta Hort*, 294: 75-80.
- THORN, K., FOLAN, D., MacCARTHY, P. 1989. Characterization of the IHSS standard and reference fulvic and humic acids by solution state carbon-13 and hydrogen-1 nuclear magnetic resonance spectrometry. *Water Resources Investigations Rep.* 89-4196. US Geological Survey, Denver, Co.
- TINGEY, D. T., PHILLIPS, D. L. AND JOHNSON. M. G. (2000). Elevated C=2 and conifer roots: effects on growth, life span and turnover. *New Phytologist* 147: 87 103.
- VARANINI, Z., PINTON, R. 1995. Humic substances and plant nutrition. *Prog. Bot.* 56:97-117.
- VISSER, S. A. 1985. Physiological action of humic substances on microbial cells. *Soil Biol. Biochem.* 17:457-462.
- VIVAS, M. J. 2001. Mejora del desarrollo y la producción vegetal por bioestimuladores. Sustancias húmicas comerciales y alcoholes. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.
- WEST, J. B., ESPELATA, J. F. AND DONOVAN, L. A. (2003). Root longevity and phenology differences between to co-occurring savanna bunchgrasses with different leaf habits. *Functional Ecology* 17: 20-28.
- YOUNG, C. C., CHEN, L. F. 1997. Polyamines in humic acid and their effect on radical growth of lettuce seedlings. *Plant and Soil*. 198:143-149.