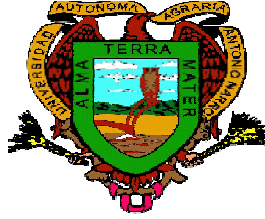


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISION DE AGRONOMIA



Uso de un Fulvato de Hierro en Algunas Variables de Calidad de Girasol Ornamental,
Bajo Condiciones de “Cielo Abierto”

Por:

VICTOR ADRIAN RODRIGUEZ CARDENAS

TESIS

Presentada como Requisito Parcial Para Obtener el Titulo de:

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre del 2006

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Uso de un Fulvato de Hierro en Algunas Variables de Calidad de Girasol Ornamental,
Bajo Condiciones de “Cielo Abierto”

Por

Víctor Adrián Rodríguez Cárdenas

TESIS

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

INGENIERO AGRONOMO EN HORTICULTURA

Aprobado por

Dr. Reynaldo Alonso Velasco
Presidente del jurado

Dr. Rubén López Cervantes
Asesor

M.C. Rosario Zúñiga Estrada
Asesor

Mc. Arnoldo Oyervides García
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre 2006.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Índice de Cuadros	II
Índice de Figuras	III
Dedicatoria	V
Agradecimientos	VI
Resumen	VII
Introducción	1
Objetivos	4
Hipótesis	4
Revisión de Literatura	5
Materiales y Métodos.....	18
Resultados.....	21
Discusión.....	44
Conclusión	45
Literatura Citada	46

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Tratamientos adicionados a girasol ornamental cv. “Sunbrith” 2006.

Cuadro 2.- Análisis de varianza (ANVA) de altura de girasol ornamental cv. “sunbrith”, al adicionar ácidos fúlvicos mas urea.

Cuadro 3.- Análisis de varianza (ANVA) de diámetro de tallo de girasol ornamental cv. “sunbrith”, al adicionar ácidos fúlvicos mas urea.

Cuadro 4.- Análisis de varianza (ANVA) de diámetro de capitulo de girasol ornamental cv. “sunbrith”, al adicionar ácidos fúlvicos mas urea.

Cuadro 5.- Análisis de varianza (ANVA) de altura de girasol ornamental cv. “sunbrith”, al adicionar AF+Fe+U.

Cuadro 6.- Análisis de varianza (ANVA) de diámetro de tallo de girasol ornamental cv. “sunbrith”, al adicionar AF+Fe+U.

Cuadro 7.- Análisis de varianza (ANVA) de diámetro de capitulo de girasol ornamental cv. “sunbrith”, al adicionar AF+Fe+U.

Cuadro 8.- Análisis de varianza (ANVA) de altura de girasol ornamental cv. “sunbrith”, al adicionar AF+Fe.

Cuadro 9.- Análisis de varianza (ANVA) de diámetro de tallo de girasol ornamental cv. “sunbrith”, al adicionar AF+Fe.

Cuadro 10.- Análisis de varianza (ANVA) de diámetro de capitulo de girasol ornamental cv. “sunbrith”, al adicionar AF+Fe.

Cuadro 11.- Análisis de varianza (ANVA) de alturas totales de girasol ornamental cv. “sunbrith”.

Cuadro 12.- Análisis de varianza (ANVA) de diámetros de tallo totales de girasol ornamental cv. “sunbrith”.

Cuadro 13.- Análisis de varianza (ANVA) de diámetros de capítulos totales de girasol ornamental cv. “sunbrith”.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Altura de girasol ornamental al adicionar AF+Urea

Figura 2.- Comparación de medias de la altura de girasol ornamental, al adicionar AF+Urea

Figura 3.- Diámetro de tallo de girasol ornamental al adicionar AF+Urea

Figura 4.- Comparación de medias de diámetro de tallo de girasol ornamental, al adicionar AF+Urea.

Figura 5.- Diámetro de capitulo de girasol ornamental al adicionar AF+ urea.

Figura 6.- Comparación de medias de diámetro de capitulo de girasol ornamental, al adicionar AF+Urea.

Figura 7.- Altura de girasol ornamental al adicionar AF+Fe+U.

Figura 8.- Comparación de medias de altura de girasol ornamental, al adicionar AF+Fe+U.

Figura 9.- Diámetro de tallo de girasol ornamental al adicionar AF+Fe+U.

Figura 10.- Comparación de medias de diámetro de tallo de girasol ornamental, al adicionar AF+Fe+U.

Figura 11.- Diámetro de capitulo de girasol ornamental al adicionar AF+Fe+U.

Figura 12.- Comparación de medias de diámetro de capitulo de girasol ornamental, al adicionar AF+Fe+U.

Figura 13.- Altura de girasol ornamental al adicionar AF+Fe.

Figura 14.- Comparación de medias de altura de girasol ornamental, al adicionar AF+Fe.

Figura 15.- Diámetro de tallo de girasol ornamental al adicionar AF+Fe.

Figura 16.- Comparación de medias de diámetro de tallo de girasol ornamental, al adicionar AF+Fe.

Figura 17.- Diámetro de capitulo de girasol ornamental al adicionar AF+Fe.

Figura 18.- Comparación de medias de diámetro de capitulo de girasol ornamental, al adicionar AF+Fe.

Figura 19.- Germinación de girasol ornamental.

Figura 20.- Alturas totales de girasol ornamental.

Figura 21.- Comparación de medias de altura totales de girasol ornamental.

Figura 22.- Diámetro de tallos totales de girasol ornamental.

Figura 23.- Comparación de medias de diámetro de tallos totales de girasol ornamental.

Figura 24.- Diámetros de capítulos totales de girasol ornamental.

Figura 25.- Comparación de medias de diámetro de capitulo totales de girasol ornamental.

Figura 26.- Contenido de NT de girasol ornamental cv. “sunbrigth” al adicionar un fulvato de fierro.

Figura 27.- Contenido de Fe de girasol ornamental cv. “sunbrigth” al adicionar un fulvato de fierro.

Figura 28.- Contenido de Ca de girasol ornamental cv. “sunbrigth” al adicionar un fulvato de fierro.

Figura 29.- Contenido de Na de girasol ornamental cv. “sunbrigth” al adicionar un fulvato de fierro.

DEDICATORIA

A mis padres:

Sr. Fidencio Rodríguez Albarran.
Sra. Virginia Cárdenas Razo.

Por su amor, dedicación, apoyo y confianza que me brindan, así como por su incondicional ayuda en todos estos momentos de vida muchas gracias. Son lo más importante en mi vida.

A mis hermanos:

Mónica Rodríguez Cárdenas.
Juan Carlos Rodríguez Cárdenas.
Ana V. Rodríguez Cárdenas.
Oscar F. Rodríguez Cárdenas.

Por brindarme su apoyo, cariño y compartirme sus experiencias, pero más que todo en la realización de mi carrera ya que son uno de los pilares fuertes de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**, por brindarme la oportunidad de superarme día con día y haberme dado la oportunidad hacer mi carrera.

ASESORES:

Dr. Rubén López Cervantes por su tiempo y el apoyo, como en las revisiones, por sus consejos, tanto en lo profesional, como en lo personal. Muchas gracias.

Dr. Reynaldo Alonso Velasco y M.C Rosario Zúñiga Estrada por su apoyo y por su tiempo en revisiones

A mis amigos: Gerardo Santillán, Ernesto, Gerardo, Mario, Amilkar, Arturo, Iván, Jacobo, Cleiver, Lucia, Eustaquio, Raquel, Lupita, Diana, Leonardo.

Les brindo las gracias por los momentos que compartimos y sobre todo por la amistad que hemos logrado.

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto de un fulvato de fierro en algunas variables de calidad de girasol ornamental, se aplicaron vía foliar 2, 4 y 6 (A2, A4 y A6) ml de ácidos fúlvicos por litro de agua, 5g de urea por litro de agua (U) y 5g de Fe_2SO_4 (Fe) por litro de agua, como testigo relativo 1 g de Sequestrene 138 (S) por litro de agua y sólo agua como testigo absoluto (TA). En lotes de 2.30 m², bajo condiciones de “cielo abierto” se sembraron 69 semillas del híbrido de girasol ornamental cv. “sunbrighth”. La fórmula de fertilización química fue 100 – 80 – 40. Las variables medidas: germinación (G), altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), diámetro de capítulo (DC), nitrógeno total (NT), fierro (Fe), calcio (Ca) y sodio (Na). Se encontró que en el TA-U, la germinación fue del 100 %. La AP mayor fue al agregar A6+U superando al TA-U en 68.47 %, A4+Fe+U en 26.97 % al TA-Fe-U, S-Fe-U en 33.42 % al TA-Fe-U y S-Fe en 61.49 % al TA-Fe, respectivamente. El DT de mayor valor fue al agregar A6+Fe+U porque aventajó al TA-Fe-U en 125.09 % y 101.57 % al S-Fe-U. El DC superior fue al agregar A6+U superando al TA-U en 20.29 % y 18.09 % al S-U. Se concluye que el fulvato de fierro tiene efecto favorable en las variables de calidad del girasol ornamental cv. “sunbright” al incrementarse altura, diámetro de tallo y diámetro de capítulo, sin embargo, debe mezclarse con urea desbiuretizada.

INTRODUCCION

Los principales sistemas de producción en el sureste de Coahuila, en el ámbito productivo, son los dedicados al cultivo de papa y manzano, sin embargo, los costos de producción de éstos son elevados y los beneficios no son los esperados por los productores, por lo que es necesario que incursionen en otras alternativas de producción con cultivos mas rentables, como es la producción de ornamentales bajo condiciones de cielo abierto.

En México en las últimas décadas la floricultura ha tenido un desarrollo importante principalmente en lo que se refiere a la “flor de corte”, aumentando la superficie cultivada los últimos 10 años en un 77 por ciento (FAO, 2001). La floricultura, es una actividad económica que se puede considerar relativamente nueva, ocupa solamente el 0.07 por ciento respecto al total cultivado del ámbito nacional (Alcalde, 1993). Es la actividad en la cual se reporta la rentabilidad económica más alta.

Dentro de las 70 especies de plantas comerciales manejadas como “flores de corte” se encuentra el girasol ornamental, cultivado en los estados de Puebla, México, Morelos y Michoacán; y se produce como una flor exótica en condiciones de invernadero y a campo abierto. La principal característica de calidad que se busca en el girasol como “flor de corte” es un capítulo con diámetro de 5 a 15cm, es decir, respecto al que se conoce como oleaginosa, al de consumo directo de la semilla o el forrajero. En donde se buscan plantas con capítulos grandes y alta producción de semillas por capítulo (Alba *et al.*, 1990).), tallo de un metro y diámetro de este que oscila entre 0.7 y 1.2 cm.

Los suelos principales de las regiones semiáridas en México, son Calcisoles, los que se caracterizan por poseer pH de 7.8 a 8.7, menos de uno por ciento de materia orgánica, la fracción arcilla es dominada por illitas y montmorillonitas y más del 25 por ciento de carbonatos de calcio (WRB-FAO/UNESCO, 1994), esto provoca fijación de cationes metálicos, como el fierro (Fe). Este micronutriente, es uno de los de mayor importancia en la nutrición vegetal, ya que interviene en la constitución química de la molécula de clorofila y forma parte de enzimas y sustancias metabólicas que intervienen en la fotosíntesis, pero, la falta de éste provoca el problema conocido como clorosis férrica. En muchas especies la clorosis es intervenal y en las hojas recientemente formadas se puede observar un patrón de fino reticulado, las venas más verdes contrastan notablemente contra un fondo verde ligero o amarillento (Mengel y Kirkby, 2001).

Los métodos de producción de hortalizas y ornamentales son muy variados y en los últimos 15 años, ha tomado gran auge la producción de estas bajo condiciones de invernadero y con fertirriego para obtener mayor rendimiento y calidad, además, principalmente en Europa se emplean sustancias húmicas (SH) originadas de minerales fósiles.

Las SH son los ácidos húmicos (AH), los ácidos fúlvicos (AF) y las huminas residuales (HR) y son definidas como una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química muy compleja, distinta y más estable que su forma original y provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, gracias a la actividad enzimática de los microorganismos (Schnitzer, 2000) y por metamorfismo de residuos orgánicos, sepultados por arcillas después de millones de años en deltas de ríos, es decir generación de minerales fósiles (Escobar, 2002, comunicación personal).}

Los AH y los AF pueden complejar y/o quelatar cationes, debido a su alto contenido de grupos funcionales libres oxigenados. En los primeros dominan los grupos funcionales carboxilos (-COOH) y para los segundos, los grupos oxhidrilos fenólicos (OH), porque más del 80 % de la estructura molecular de dichos ácidos, está formada por los grupos funcionales mencionados (Schnitzer, 2000), sin embargo, contrario a lo anterior encontró López (2002), al analizar compuestos húmicos extraídos de compostas.

En la actualidad, existen diferentes productos para corregir las carencias de hierro los que pueden aplicarse vía foliar o riego por goteo; a estos productos se les conoce como quelatos de hierro, esto es, una molécula orgánica sintética (DTPA, EDTA, EDDHA, etc.) que rodea y enlaza por varios puntos a un ion metálico, de manera que lo protege de cualquier acción desde el exterior, al evitar su hidrólisis y precipitación (Cadahia *et al.*, 1997). Sin embargo, aunque estos son muy efectivos, se requieren dosis muy altas y su costo de adquisición es elevado, por lo que se requiere la búsqueda de métodos económica y ecológicamente factibles, es decir, alternativas amigables con el medio ambiente.

OBJETIVO

Determinar el efecto de un fulvato de hierro en algunas variables de calidad del girasol ornamental.

HIPÓTESIS

El fulvato de hierro tiene efecto positivo, en al menos una variable de calidad del girasol ornamental.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen Geográfico

El origen del girasol se remonta a 3,000 años a.c. en el Norte de México y Oeste de Estados Unidos, ya que fue cultivado por las tribus indígenas de Nuevo México y Arizona. El girasol era uno de los principales productos agrícolas empleados en la alimentación por muchas comunidades americanas antes del descubrimiento del nuevo continente. La semilla fue introducida en España por los colonizadores y después se extendió al resto de Europa, fue cultivado durante más de dos siglos en España y en el resto de Europa por su valor ornamental, debido al porte y sobre todo a la belleza de sus inflorescencias.

Clasificación Botánica

Alba y Llanos (1990), describen la sistemática del girasol de la manera siguiente:

ORDEN: Synandreae.

FAMILIA: Asteraceae.

SUB FAMILIA: Tubiflorae.

TRIBU: Heliantheae.

GENERO: Helianthus.

ESPECIE: H. annus.

NOMBRE CIENTÍFICO: Helianthus annuus L.

El género *Helianthus* comprende 49 especies que crecen naturalmente en los Estados Unidos, por lo cual se considera a este país como su centro de domesticación, hay 13 especies anuales, todas diploides ($2n=2x=34$) y 36 perennes, que pueden ser diploides, tetraploides ($2n=4x=68$) o hexaploides ($2n=6x=102$) o presentar citotipos, como es el caso de *H. ciliaris* y *H. strumosus* que tienen formas tetraploides y hexaploides. Las especies anuales se reproducen sexualmente por semilla, mientras que las perennes lo hacen asexualmente y/o en forma vegetativa, al emplear rizomas, tubérculos, etc. Todas las especies silvestres del género *Helianthus* son pluricéfalas.

El nombre del girasol *Helianthus annuus* L. proviene por su característica botánica singular por el hecho de girar la inflorescencia hacia la trayectoria del sol, etimológicamente deriva del griego helio=sol y annus=anual (Ortegón *et al.*, 1993).

Características Morfológicas

Según Ortegón (1993), describe al girasol de la siguiente forma: se trata de una planta anual, con un desarrollo vigoroso en todos sus órganos. Dentro de esta especie existen numerosos tipos o subespecies cultivadas como plantas ornamentales, oleaginosas y forrajeras. El sistema radicular está formada por una raíz pivotante y un sistema de raíces secundarias de las que nacen las terciarias que exploran el suelo en sentido horizontal y vertical. Normalmente la longitud de la raíz principal sobrepasa la altura del tallo.

La raíz profundiza poco y cuando tropieza con obstáculos naturales o suelas de labor desvía su trayectoria vertical y deja de explorar las capas profundas del suelo, llegan a perjudicar el desarrollo del cultivo y por tanto el rendimiento de la cosecha.

El tallo es de consistencia semileñosa y maciza en su interior, cilíndrico, con un diámetro variable entre dos y seis centímetros y una altura hasta el capítulo entre 40 y 200 cm. La superficie exterior del tallo es rugosa, asurcada y vellosa, excepto en su base. En la madurez el tallo, se inclina en la parte terminal debido al peso del capítulo.

Las hojas son alternas, grandes, trinervadas, largamente pecioladas, acuminadas, dentadas y de áspera vellosidad tanto en el haz como en el envés. El número de hojas varía entre 12 y 40, según las condiciones de cultivo y la variedad. El color también es variable y va de verde oscuro a verde amarillento.

En la inflorescencia: el receptáculo floral o capítulo puede tener forma plana, cóncava o convexa. El capítulo es solitario y rotatorio y está rodeado por brácteas involucrales. El número de flores varía entre 700-3000 en variedades para aceite, hasta 6000 o más en variedades de consumo directo. Las flores del exterior del capítulo (pétalos amarillos) son estériles, están dispuestas radialmente y su función es atraer a los insectos polinizadores. Las flores del interior están formadas por un ovario inferior, dos sépalos, una corola en forma de tubo compuesta por cinco pétalos y cinco anteras unidas a la base del tubo de la corola.

Flores liguladas se encuentran en el verticilo o anillo exterior del capítulo, está formado normalmente por una o dos filas de flores liguladas estériles, el color de estas lígulas suele ser amarillo dorado, amarillo claro o amarillo anaranjado, las lígulas son lanceoladas, con una función de exhibición y atracción visual para los insectos polinizadores.

También hay flores tubulares: situadas en el interior del capítulo, son las flores propiamente dichas, ya que contienen los órganos reproductores, son sésiles, hermafroditas y de cada flor se obtendrá una semilla; forman círculos espirales desde el

centro hasta el anillo de flores liguladas que lo rodea. En la mayoría de los cultivares para flor cortada, que suelen ser híbridos, las flores tubulares son estériles, no forman polen, ni producen semilla.

La polinización es alógama y la abeja melífera es el principal insecto polinizador, cuya presencia repercute directamente en la fecundación y fructificación. Para favorecer la polinización se deben instalar dos o tres colmenas por hectárea.

El fruto es un aquenio de tamaño comprendido entre 3 y 20 mm de largo y entre 2 y 13 mm de ancho. El pericarpio es fibroso y duro, quedando pegado a la semilla. La membrana seminal crece con el endospermo y forma una película fina que recubre al embrión y asegura la adherencia entre el pericarpio y la semilla.

Exigencias Edáfo-Climáticas

El girasol es una planta que necesita al menos 5 °C, durante 24 horas, para poder germinar, cuanto más alta es la temperatura, más rápidamente germinará. Si la temperatura es menor de 4 °C no llegará a hacerlo (Alba, 1990). Una vez que ha germinado, se adapta a un amplio margen óptimo de temperaturas, que van desde 25-30 a 13-17 °C. En este último caso la floración sufre retraso. El margen óptimo de temperaturas oscila entre 21 y 24° C. En periodos de corta duración, puede resistir temperaturas de hasta 6 u 8° C. Bajas temperaturas pueden dañar el ápice de la planta y ello puede provocar la ramificación de los tallos (Alba, 1990).

La influencia negativa de las altas temperaturas durante la fase de floración, varía según el régimen de temperaturas que ha soportado la planta en la fase anterior de crecimiento y desarrollo foliar. Si éstas han sido altas en la fase anterior, la planta

aguantará mejor las altas temperaturas en la fase de floración. Si no es así, la planta podría sufrir situaciones de estrés (Alba, 1990).

La luz influye en su crecimiento y desarrollo y su influencia varía en las diferentes etapas del desarrollo del cultivo (Del Valle, 1987). Al principio, en la formación de las hojas, el fotoperíodo, acelera o retrasa el desarrollo del girasol, si la duración del día es corta, los tallos crecen muy alargados y la superficie foliar disminuye. Muchos cultivares pueden adelantar o retrasar más de 15 días la fecha de floración como respuesta al fotoperíodo (Alba, 1990).

La densidad de plantas influye en la formación y productividad del aparato fotosintético. En densidades altas se demora la formación de las hojas de los niveles superiores y de este modo disminuye su participación en la actividad fotosintética general, sobre todo en las últimas fases de vegetación. La densidad de plantas influye en forma considerable en la radiación fotosintetizante activa (Alba, 1990).

Durante la época de crecimiento activo y sobre todo en el proceso de formación y llenado de semillas, el girasol consume importantes cantidades de agua, el consumo de esta será máximo durante el periodo de formación de capítulo, ya que el girasol toma casi la mitad de la cantidad total del agua necesaria. La secreción de néctar está influida por la humedad atmosférica durante la floración (Alba, 1990).

El girasol explora muy bien el terreno, aprovechando los elementos nutrimentales disponibles, extrayendo cantidades relativamente importantes de nitrógeno, fósforo y potasio y agotando en muchos casos suelos bien provistos (Gómez, 1988). No es una planta muy exigente en cuanto a calidad del suelo se refiere. Crece bien en la mayoría de texturas, aunque prefiere terrenos arcillo - arenosos. Además no requiere una fertilidad

tan alta como otros cultivos para obtener un rendimiento aceptable. Sí necesita, sin embargo un buen drenaje (Alba, 1990).

El girasol no es muy tolerante a salinidad, ya que presenta un rango de tolerancia entre 2 y 4 mmhos/cm (en términos de conductividad eléctrica de extracto de saturación del suelo a 25 °C). El girasol no es una planta muy sensible a variaciones del pH en el suelo, tolera suelos con pH que van desde 5,8 hasta más de 8. En los suelos neutros o alcalinos no suelen aparecer problemas de tipo nutricional. Un exceso de alcalinidad puede ocasionar problemas de deficiencia de hierro, pero no es frecuente (Alba, 1990).

El Hierro (Fe)

El hierro es, después del oxígeno, sílice y aluminio, el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre. La mayoría del hierro está en forma de silicatos de ferro-magnesio, la degradación de estos minerales en el suelo es normalmente acompañado por una combinación de hidrólisis y oxidación debido a la reacción con el agua y el aire. La mayoría del hierro liberado por degradación se precipita como óxido e hidróxido y sólo una pequeña parte está incorporada en minerales silicatados secundarios o complejados por la materia orgánica del suelo (Schwertmann y Taylor, 1977).

La deficiencia de hierro (Fe) en las plantas, causa clorosis en los tejidos de la hoja, debido a la inadecuada síntesis de la clorofila (Chen y Barak, 1982) y causa una disminución en el tamaño de los cloroplastos con la consecuente reducción de la fotosíntesis (Treshow, 1970), de hecho en una planta saludable el 60 por ciento del hierro de la hoja se concentra en los cloroplastos (Whatley *et al.*, 1951).

Actualmente no se conoce bien la causa por la cual la deficiencia de hierro inhibe la formación de clorofila, pero parece ser que dos o tres enzimas que catalizan ciertas reacciones de la síntesis de clorofila requieren de Fe^{++} (Salisbury y Ross, 1994). La clorosis férrica de los cultivos y árboles frutales en suelos calcáreos es un viejo problema y fue ya descrito precisamente en los inicios del siglo pasado -1907- por Molz (Honrad, 1994).

Las plantas deficientes en hierro se caracterizan por desarrollar una clorosis intervenal pronunciada, similar a la causada por la deficiencia de magnesio y se presenta primero en las hojas más jóvenes. Seguida por clorosis de la venas, por lo que la hoja entera adquiere color amarillo. En casos severos, las hojas jóvenes incluso se ponen blancas, con lesiones necróticas (Salisbury y Ross, 1994).

La presencia en las raíces de las plantas dicotiledóneas de un paso obligatorio en la reducción del Fe^{+++} a Fe^{++} previa absorción fue primero demostrada por Brown y co-investigadores (Chaney *et al.*, 1972), mencionan que un incremento en la capacidad para reducir el Fe ha sido considerada como una parte integral de la denominada estrategia I (Award *et al.*, 1994), la cual envuelve un número de mecanismos resultantes en un perfeccionamiento en la adquisición del Fe y es encontrada en dicotiledóneas deficientes de Fe y en monocotiledóneas no Poaceae. Esta estrategia envuelve, además de incremento en la capacidad para reducir Fe, cambios morfológicos como el desarrollo de vellos de raíces y transferencia de células y el incremento en la velocidad de excreción de diversas clases de químicos tales como protones, compuestos fenólicos y riboflavina (Marschner y Romheld, 1994).

Castellanos *et al.*, (2000), Menciona que el fierro es el cuarto elemento en la composición de la corteza terrestre y representa el 5% de ésta. La reserva total en el suelo es del orden de 0.7 a 55%, sin embargo, el Fe intercambiable va de sólo 1 a 1000 ppm y el soluble de < 0.1 a 25 ppm. El fierro en el suelo se origina de los minerales primarios como biomita, olivio, goethita, limonita, magnetita y hematina y en minerales secundarios tales como: sulfuros, sulfatos y carbonatos de fierro.

Los suelos calcáreos son comunes en la región Norte de México, cubren aproximadamente un tercio de la superficie terrestre y se presentan predominantemente en regiones que reciben menos de 500 mm de precipitación anual. Se caracterizan por presentar un pH alto (de 7 a 9) y un contenido significativo de carbonatos libres (Brown and Jolley, 1989). Las deficiencias de hierro son las mas difíciles de corregir pues es el ion que se inactiva más en el suelo (Yufero y Carrasco, 1973).

La forma de corregir la carencia de hierro es con aplicaciones al suelo o vía foliar de quelatos de Fe (EDTA, DTPA, HEDTA o EDDHA), sales de Fe (Zuang, 1983) y ácido fosforito, sulfúrico, nítrico o bien hidróxido de potasio en el agua de riego para suelos ácidos (Zuang, 1982).

Castellanos *et al.*, (2000), argumentan que el hierro es un elemento necesario en la síntesis de clorofila y forma parte esencial del citocromo, el cual actúa como portador de electrones en la fotosíntesis y en la respiración; sirve como un catalizador en la división celular y en los procesos de crecimiento; forma parte esencial de la ferredoxina, de la nitrato reductasa y de la nitrogenasa, esta última durante la fijación biológica de nitrógeno y es además un activador de muchas otras enzimas. Su movilidad en la planta es muy baja y su contenido total varía de 20 a 3000 ppm aunque el intervalo adecuado

varía de 50 a 300 ppm. En condiciones de alta demanda, su valor crítico en la planta es de 160 ppm y en condiciones de demanda baja es de 30 ppm. El hierro es tomado por la raíz en forma activa como Fe^{++} y Fe^{+++} o como quelato y como tal se transporta vía xilema y su respuesta a la aplicación del mismo.

El hierro en la planta es importante para la formación de clorofila y proteína, en la fotosíntesis, la respiración y fijación de nitrógeno, entre otros. Los metales como el Fe, Cu y Mn, se pueden encontrar en combinación con enzimas protéicas y pueden servir como trasmisores de electrones en una cadena de procesos metabólicos gracias a la cual se oxidan los substratos orgánicos (Andrade, 1988). Además menciona que el contenido de hierro soluble en el suelo, representa una pequeña parte del total y que las formas solubles inorgánicas en solución son: Fe^{+3} , Fe^{+2} y en menor escala $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Por su parte (Jones *et al.*, (1991) comentan que el hierro existe en el suelo como catión férrico (Fe^{+3}) y ferroso (Fe^{+2}), esta última es la forma activa que toman las plantas y su disponibilidad es afectada por el grado de aireación del suelo. Además, mencionan que las plantas con suficiente hierro acidifican la rizósfera cuando se descargan sustancias compuestas de hierro y mejoran su disponibilidad y extracción.

Las raíces lo toman como Fe^{+2} o en la forma de quelato. La absorción de hierro inorgánico esta ligada a la capacidad de las raíces para reducir el pH y reducir el Fe^{+3} en Fe^{+2} en la rizósfera. Dentro de los procesos fisiológicos, participa en la cadena de transporte de electrones en la fotosíntesis, así como en el metabolismo de las proteínas (Andrade, 1988). Como un transportador de electrones, está involucrado en las reacciones de óxido reducción y es también un componente de las hemo-proteínas como los citocromos, que son constituyentes de los sistemas de óxido-reducción en los cloroplastos, en las mitocondrias y también es un componente de la cadena de óxido-

reducción en la nitrato-reductasa. Otras hemo-enzimas son la catalasa y las peroxidases (Andrade, 1988).

En condiciones de deficiencia de hierro, la actividad de ambas enzimas disminuye. La catalasa juega un papel en la fotorrespiración y en el ciclo de calvin. Las peroxidases son necesarias en la biosíntesis de lignina y suberina (Marshner, 1995). Jones *et al.*, (1991) reportaron que el hierro es un componente de la proteína ferredoxina y se requiere para la reducción de sulfatos y nitratos, en la asimilación de nitrógeno, en la producción de energía (NADP) y funciona como catalizador de un sistema enzimático asociado con la formación de clorofila y Olsen *et al.*, (1981) mencionan que en general, la cantidad de hierro requerida por un cultivo por temporada de crecimiento es de 5 – 10 kg ha⁻¹.

En muchas especies la clorosis es intervenal y en las hojas recientemente formadas se puede observar un patrón de fino reticulado, las venas mas verdes contrastan notablemente contra un fondo verde ligero o amarillo (Mengel, 2001). Cuando la deficiencia es ligera, se presenta un color pálido en las hojas terminales, luego se presenta una clorosis intervenal y cuando la clorosis es grave, las nervaduras principales y la hoja puede carecer totalmente de la clorofila. La clorosis de hierro afecta generalmente muy poco a las plantas de cultivo extensivo. Los cultivos bastante sensibles son soya, coliflor, col, remolacha azucarera, espinaca, tomate, sorgo, arroz y en menor grado trigo y maíz (Loue, 1988). La deficiencia de hierro con frecuencia es relacionada a suelos con altos pH, carbonatos de calcio libres, altos contenidos de fósforo y pobre aireación (Bennett, 1993 y Ayed, 1970). La interacción entre el hierro y el fósforo es la más importante, ya que se disminuye la movilidad del hierro.

Mengel (2001), establece que la relación de P/Fe es frecuentemente alta en las hojas cloróticas en comparación con el tejido verde, por lo tanto la concentración de hierro total considerada sola es de muy poco uso en los estudios de clorosis, ya que los niveles de hierro puede ser incluso mas altos en los tejidos cloróticos. Marschner (1995), también comenta que en muchas ocasiones el contenido de hierro en las hojas cloróticas es similar o incluso superior al de las hojas verdes, lo que se puede presentar por la inactivación de este elemento en la planta, por un alto suministro de fósforo o de distintas formas de nitrógeno en suelos calizos o por limitaciones que se producen en el crecimiento vegetal.

Actualmente existen diferentes productos para corregir las carencias de hierro que pueden aplicarse vía foliar o riego por goteo, estos productos se les conoce como quelatos de hierro (DTPA, EDTA, EDDHA, etc.), su acción consiste en que una molécula orgánica rodea y se enlaza por varios puntos a un ion metálico, de manera que lo protege de cualquier acción desde el interior, evitando su hidrólisis y precipitación (Cadahia, 1998).

Las Sustancias Húmicas

Las sustancias húmicas son sustancias de color amarillo a negro, de elevado peso molecular y propiedades refractarias (Aiken *et al.* 1985). La composición de las sustancias húmicas resulta de la degradación de restos de animales y plantas que se consideran también humus (Cepeda, 1991), y se encuentran presentes en todos los suelos, sedimentos y aguas.

El origen de las sustancias húmicas es un factor determinante en los atributos moleculares como acidez y tamaño (Senesi *et al.*, 1989). Las sustancias húmicas de origen acuático son mas pequeñas que las del suelo y las sustancias húmicas de leonardita presentan una estructura mas condensada.

En base a su solubilidad, en álcalis o ácidos, todas las sustancias húmicas se dividen en tres fracciones mayores que son : (i) ácidos húmicos, esta fracción es de color oscuro que puede ser extraída del suelo por una solución alcalina diluida como el NaOH 0.5 N, pero se precipita por acidificación con HCl a pH 2; (ii) el ácido fúlvico, es la fracción que queda en la solución acuosa acidificada, es soluble en ácidos o bases y (iii) huminas, las cuales no pueden extraerse por dilución de ácidos o bases (Stevenson 1994). La insolubilidad de la tercera fracción se debe a la firmeza de la combinación con suelos orgánicos y constituyentes del agua.

Los Ácidos Fúlvicos

Los primeros conocimientos sobre los ácidos crónicos y apocrénico o ácidos fúlvicos, se deben a las investigaciones realizadas en la primera mitad del siglo XIX por el científico sueco Berzelius. El ácido crónico tiene un color amarillo claro y cuando se oxida en el aire forma una coloración pardo oscura transformándose, de esta manera, es una sustancia poco soluble – parecido al ácido húmico – clasificado como ácido apocrenico. Los estudios realizados por los suecos Berzelius y Mulder y por el ruso Duerman, comprobaron que estos ácidos contienen menos carbono (44-49 %) y mas oxígeno que los ácidos húmicos. Estos ácidos destruyen rápidamente la fase mineral del suelo y en particular, los minerales de silicato. También se ha comprobado que las sales

crénicas y apocrénicas de calcio, magnesio, aluminio, hierro, etc., son fácilmente soluble y velozmente lavadas del suelo por lixiviación.

Los ácidos fúlvicos tienen una alta capacidad de intercambio catiónico. Éstos por su composición química, son similares a los ácidos húmicos y contienen grupos carboxilos, metoxilos e hidroxilos fenólicos, que determinan las reacciones de intercambio iónico. Al igual que los ácidos húmicos, los fúlvicos contienen nitrógeno y al ser hidrolizados con el ácido clorhídrico 6.0 N (6.0 normal), casi de un 20 a un 30 % del nitrógeno total pasa a la solución en forma de aminoácidos. Además contienen aminoazúcares y posiblemente, sustancias reductoras en mayor cantidad que los ácidos húmicos (Cepeda, 1991).

El hierro se hace asimilable por las plantas en condiciones adversas, si el suministro de este elemento se hace en presencia de sustancias húmicas (De Dock, 1955b), debido a que la absorción del hierro por las plantas depende considerablemente de la presencia de agentes complejadores y reductores (Mench et al, 1988). El atributo principal que es asignado a las sustancias húmicas y principalmente a la fracción fúlvica, es que pueden formar complejos con los que metales catiónicos tales como el hierro y movilizarlos de las partículas sólidas en el suelo a la superficie de la raíz (Schnitzer y Khan, 1972).

Las sustancias húmicas son ricas en radicales libres estables que probablemente juegan un papel importante en reacciones de polimerización, reacción química en la que compuestos de bajo peso molecular (monómeros) se combinan repetidamente entre sí para formar compuestos de alto peso molecular orgánico, incluyendo pesticidas y contaminantes tóxicos y en los efectos fisiológicos que éstas sustancias se sabe que ejercen.

MATERIALES Y METODOS

Características Generales del Área Experimental

El experimento fue realizado a las afueras del poblado de Arteaga, Coahuila ubicado entre las coordenadas $100^{\circ} 00'$ y $100^{\circ} 55'$ longitud oeste y $25^{\circ} 00'$ y $25^{\circ} 29'$ latitud norte, a una altura de 1610 msnm. Se presenta el clima semiseco-semicálido con lluvias escasas todo el año, precipitación invernal mayor al 18 por ciento con respecto al total anual, verano cálido, la temperatura media anual varía entre 12° y 18° C, siendo los meses más cálidos junio, julio y agosto, con temperaturas máximas de 37° C. Durante enero y diciembre se registran las temperaturas mas bajas siendo éstas de -10° C, con heladas regulares en los períodos de diciembre a febrero. Las heladas se presentan en noviembre, no son muy severas; son mas intensas y frecuentes en enero, terminan en marzo.

La precipitación media anual es de 400 a 500 mm. Los meses más lluviosos son: mayo, junio, julio, noviembre, diciembre y enero. El mes con lluvias más abundantes es julio y el más seco, marzo. Las lluvias en invierno son moderadas, en el ambiente se registra un 64 por ciento de humedad relativa anual variable en distribución; el verano es la estación de mayor humedad relativa e invierno y primavera de mayor sequía.

Los vientos predominantes son del suroeste durante casi todo el año a excepción del invierno donde predominan del noreste y se presentan con mayor intensidad los meses de febrero y marzo.

Metodología

En “camas” de siembra de 10 m. de largo por 1m. de ancho, se agregaron 60 kg de composta comercial elaborada a base de estiércol bovino (Organodel – Empresa Agrodelta), la dosis de fertilización empleada fue la 100 – 80 – 40, se aplicó la mitad del N, todo el P y la mitad del K a la siembra; el resto del N y K se adicionó al inicio de la formación del capítulo. Se sembró el girasol híbrido cv. “Sunbright” a una densidad de 30 semillas por m². Posteriormente la “cama” se dividió en cuatro áreas de 2.30 m² y se aplicaron los tratamientos vía foliar. Estos se presentan en el Cuadro 1.

Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones.

Cuadro 1. Tratamientos adicionados vía foliar a girasol ornamental cv. “Sunbrigth”. 2006.

Tratamientos	Mezclas
T1 2A+ U	Ácidos fúlvicos 2 ml. litro ⁻¹ de agua + urea 5 gr. litro ⁻¹ de agua
T2 4A+ U	Ácidos fúlvicos 4 ml. litro ⁻¹ de agua + urea 5 gr. litro ⁻¹ de agua
T3 6A+ U	Ácidos fúlvicos 6 ml. litro ⁻¹ de agua + urea 5 gr. litro ⁻¹ de agua
T4 S-U	Sequestrene 1gr. litro ⁻¹ de agua
T5 TA-U	Agua
T6 2A+ U + Fe	Ácidos fúlvicos 2 ml. litro ⁻¹ de agua + urea 5 gr. Litro ⁻¹ de agua + Fe 5 gr. Litro ⁻¹ de agua
T7 4A+ U + Fe	Ácidos fúlvicos 4 ml. litro ⁻¹ de agua + urea 5 gr. litro ⁻¹ de agua + Fe 5 gr. litro ⁻¹ de agua
T8 6A+ U + Fe	Ácidos fúlvicos 6 ml/L ⁻¹ de agua + urea 5 gr. litro ⁻¹ de agua + Fe 5 gr. litro ⁻¹ de agua
T9 SU-Fe	Sequestrene 1gr. litro ⁻¹ de agua
T10 TA-U-FE	Agua
T11 2A+ Fe	Ácidos fúlvicos 2 ml. litro ⁻¹ de agua + Fe 5 gr. litro ⁻¹ de agua
T12 4A+ Fe	Ácidos fúlvicos 4 ml. litro ⁻¹ de agua + Fe 5 gr. litro ⁻¹ de agua
T13 6A+ Fe	Ácidos fúlvicos 6 ml. litro ⁻¹ de agua + Fe 5 gr. litro ⁻¹ de agua
T14 S-Fe	Sequestrene 1gr. litro ⁻¹ de agua
T15 TA-Fe	Agua

Las variables medidas fueron las solicitadas por los floristas: altura de planta, diámetro de capítulo y de tallo.

El análisis estadístico consistió en el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de medias de Tukey (P<0.05), para lo cual se empleó el paquete estadístico para computadora MINITAB, versión 14 para WINDOWS.

RESULTADOS Y DISCUSION

El tratamiento donde se aplico solo agua (TA-U) presenta el mayor porcentaje de germinación (100%), esto contrasta con el tratamiento donde se agrego la mezcla 6ml de ácidos fúlvicos por litro de agua mas urea (A6+U) (Figura 1).

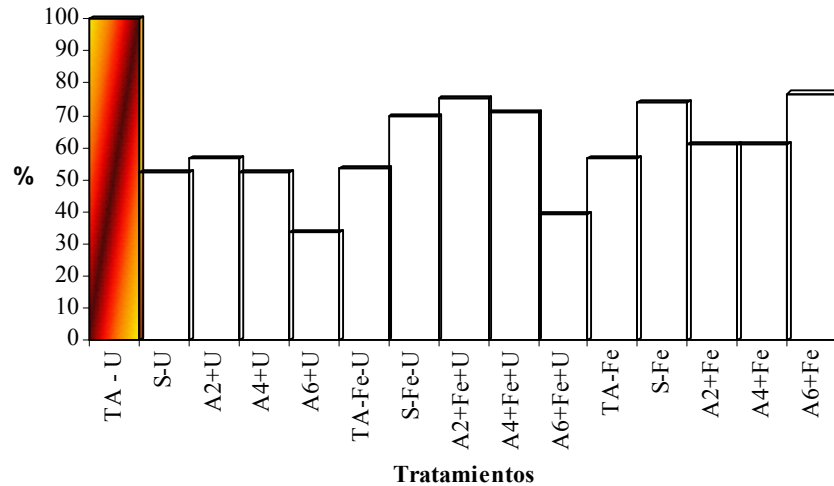


Figura 1.- Germinación de girasol ornamental cv. “sunbrigh” al adicionar un fulvato de fierro.

A) adición de la mezcla de ácidos fúlvicos mas urea

En el cuadro 2 se observa un efecto altamente significativo entre tratamientos para la variable altura de planta, donde el valor máximo de este se presenta al adicionar 6 ml de ácidos fúlvicos mas urea (172.4 cm), superior en 64.47 % al testigo absoluto (TA-U) y 14.93 % al testigo relativo sequestrene (S-U).

Cuadro 2.- Análisis de varianza (ANVA) de altura de girasol ornamental cv. “sunbrigth”, al adicionar ácidos fúlvicos mas urea.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamiento	4	8783.7	2195.9	20.30	0.000**
Error	10	1082.0	108.2		
Total	14	9865.7			

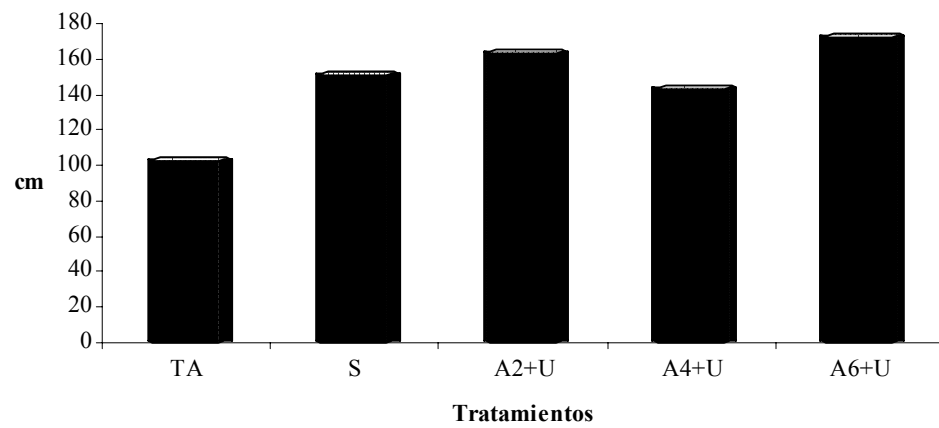


Figura 2.- Altura de girasol ornamental cv. “sunbrigth” al adicionar AF+Urea

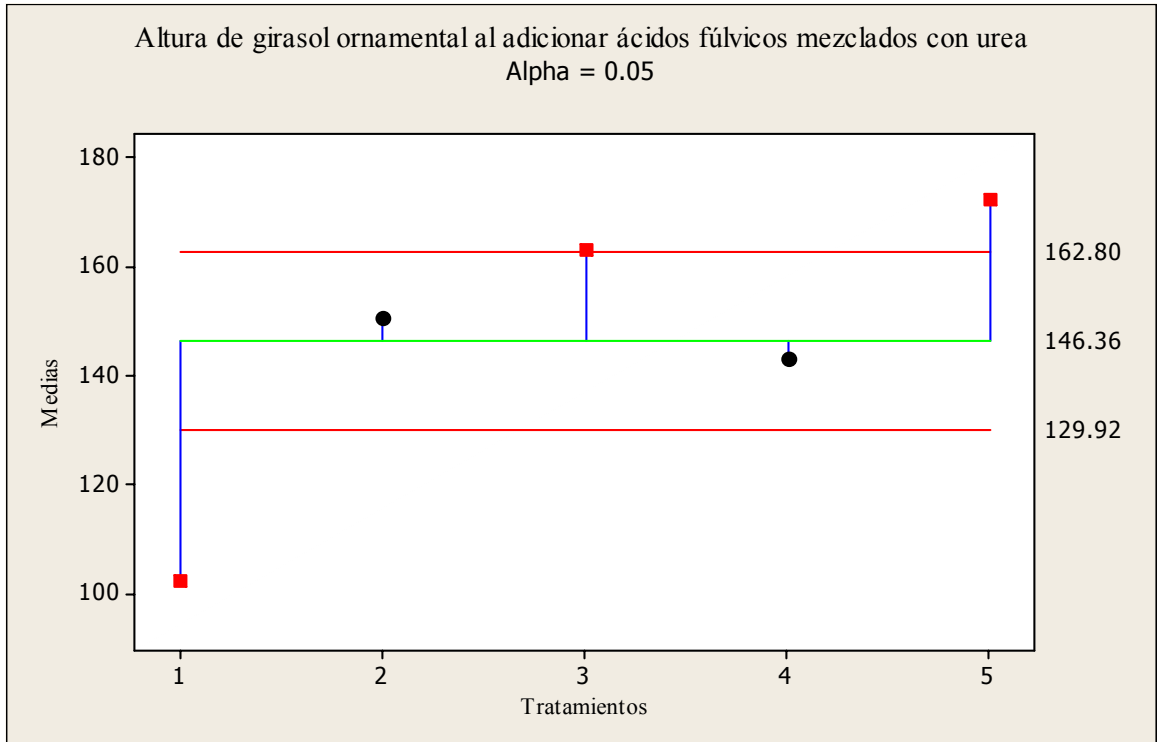


Figura 3.- Comparación de medias de la altura de girasol ornamental cv.sunbrighth al adicionar AF+U

El valor máximo de diámetro de tallo fue de 1.86 cm y se presentó al adicionar 4 ml de ácidos fúlvicos mas urea, porque superó en 22.36 % al testigo absoluto (Cuadro 3 y figuras 4 y 5). No se presentó efecto significativo.

Cuadro 3.- Análisis de varianza (ANVA) de diámetro de tallo de girasol ornamental cv. “sunbrighth”, al adicionar ácidos fúlvicos mas urea.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamiento	4	0.24709	0.06177	0.63	0.650 NS
error	10	0.97627	0.09763		
total	14	1.22336			

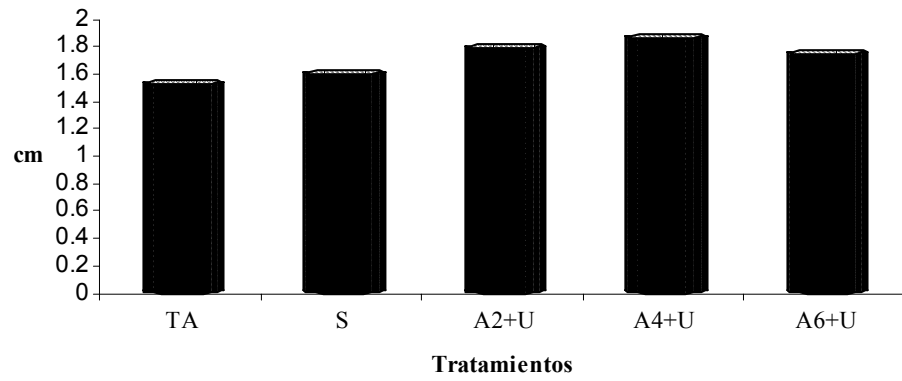


Figura 4.- Diámetro de tallo de girasol ornamental cv. “Sunbrigh” al adicionar AF+Urea

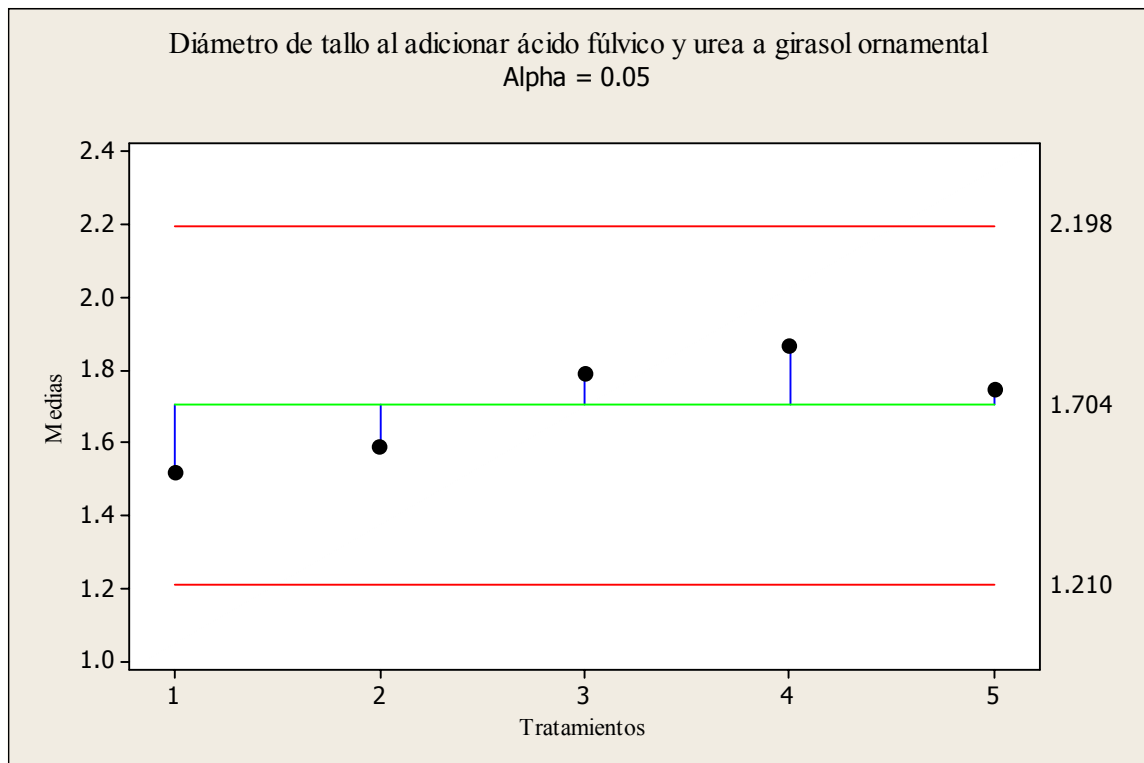


Figura 5.- Comparación de medias de diámetro de tallo de girasol ornamental cv. “sunbrigh” al adicionar AF+Urea.

En el cuadro 4 se observó un efecto significativo para la variable diámetro de capítulo. El valor máximo fue de 9.07 cm. Y se presentó al adicionar 6 ml de ácidos fúlvicos más urea y se superó al testigo absoluto en 20.29 % y al testigo relativo (sequestrene) en 18.09 % (Figuras 6 y 7).

Cuadro 4.- Análisis de varianza (ANVA) de diámetro de capítulo de girasol ornamental cv. "sunbrigh", al adicionar ácidos fúlvicos más urea.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamiento	4	4.6564	1.1641	3.79	0.040*
Error	10	3.0736	0.3074		
Total	14	7.7300			

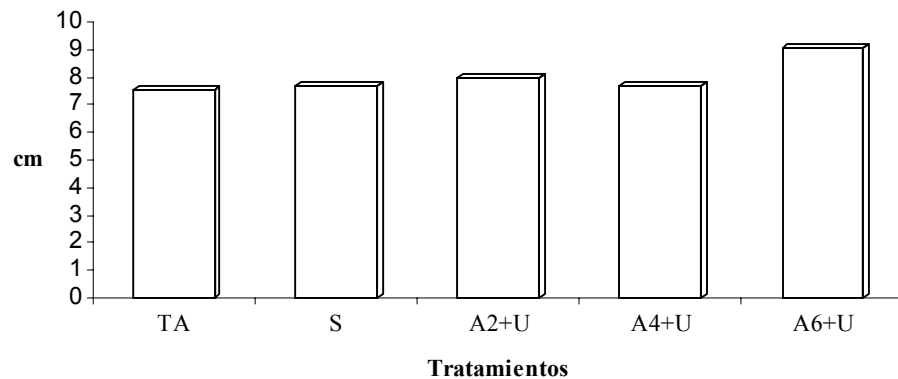


Figura 6.- Diámetro de capítulo de girasol ornamental cv. "sunbrigh" al adicionar AF+ urea.

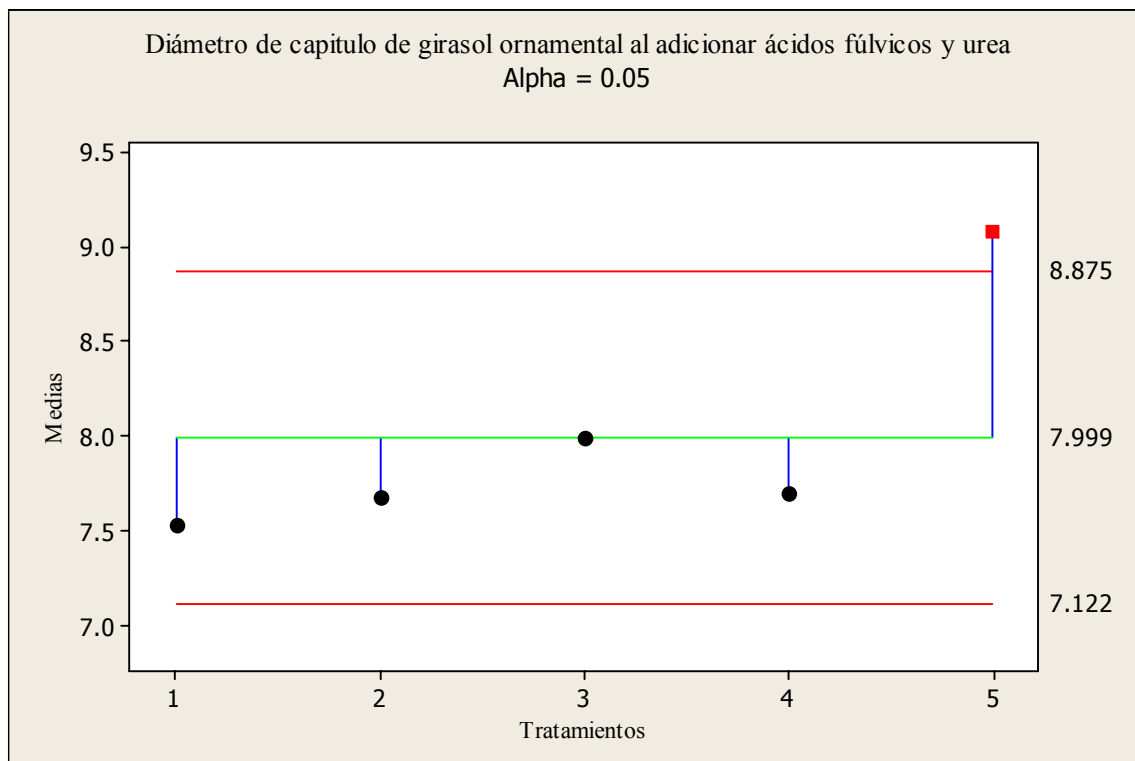


Figura 7.- Comparación de medias de diámetro de capítulo de girasol ornamental cv. “sunbrighth” al adicionar AF+Urea.

B) adición de la mezcla de ácidos fúlvicos mas fierro mas urea

Existe un efecto altamente significativo para la variable altura de planta (Cuadro 5) el valor mayor fue de 188.93 cm y se presentó al adicionar sequestrene (S-Fe-U), supero en 33.42 % al TA-U y A4+Fe+U que fue de 179.8 cm supero al TA-Fe-U en 26.97 % (Figuras 8 y 9).

Cuadro 5.- Análisis de varianza (ANVA) de altura de girasol ornamental cv. “sunbrighth”, al adicionar AF+Fe+U.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamiento	4	4991.3	1247.8	32.38	0.000**
Error	10	385.3	38.5		
total	14	5376.6			

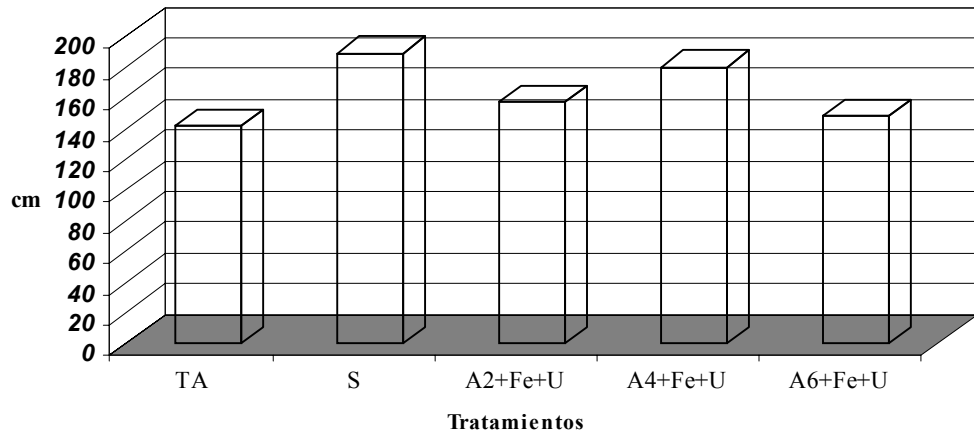


Figura 8.- Altura de girasol ornamental cv. “Sunbrigh” al adicionar AF+Fe+U.

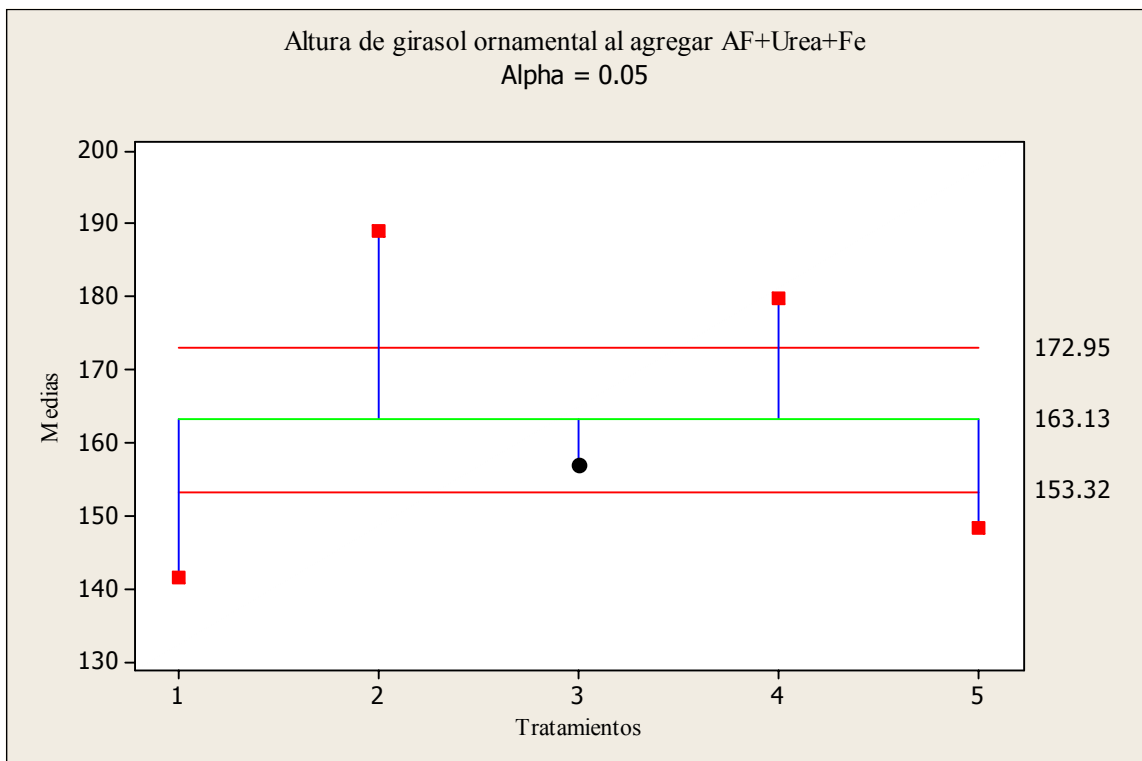


Figura 9.- Comparación de medias de altura de girasol ornamental cv. “sunbrigh” al adicionar AF+Fe+U.

El valor máximo de diámetro de tallo fue de 3.83 cm y se presentó en el tratamiento al incorporar (6 ml de AF+Fe+U), éste sobre pasó en 125.29 % al TA-Fe-U y en 101.57 % al TR (sequestrene S-Fe-U) (Cuadro 6 y Figuras 10 y 11) no se presento efecto significativo.

Cuadro 6.- Análisis de varianza (ANVA) de diámetro de tallo de girasol ornamental cv. “sunbrigh”, al adicionar AF+Fe+U.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamiento	4	10.155	10.155	1.17	0.381NS
Error	10	21.714	21.741		
Total	14	31.896			

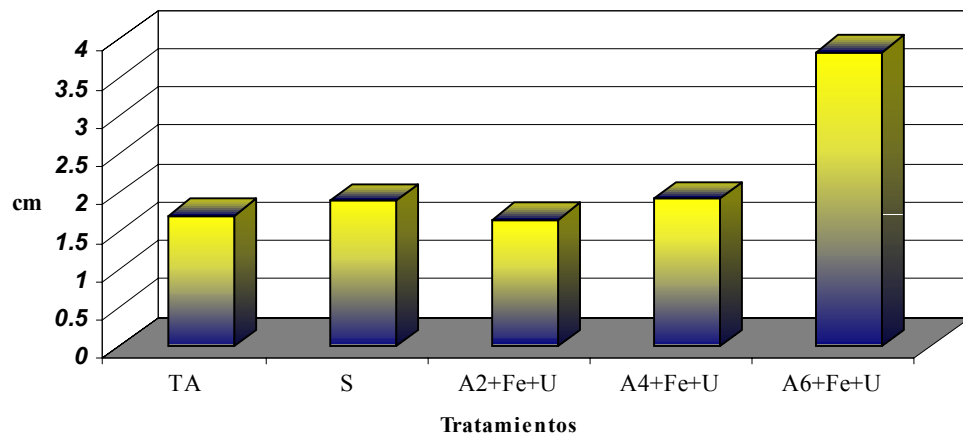


Figura 10.- Diámetro de tallo de girasol ornamental cv. “Sunbrigh” al adicionar AF+Fe+U.

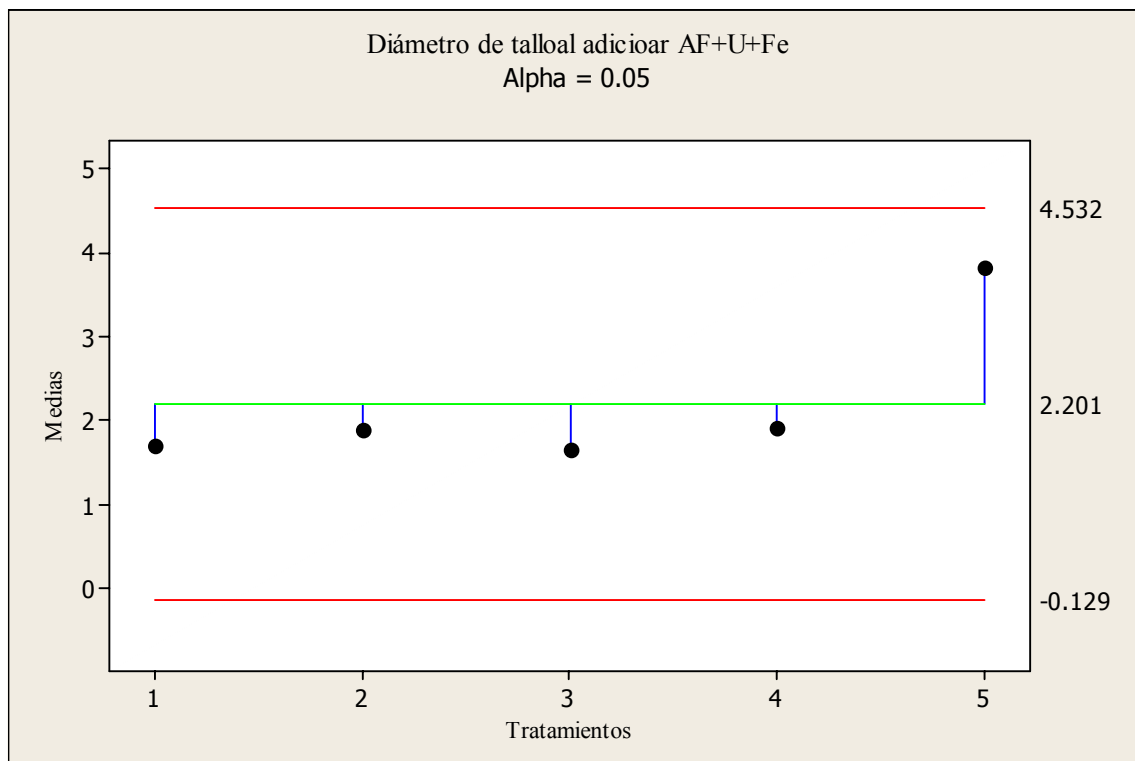


Figura 11.- Comparación de medias de diámetro de tallo de girasol ornamental cv. “sunbrigh” al adicionar AF+Fe+U.

Existe efecto significativo para que la variable diámetro de capítulo (cuadro 7) pues el máximo valor de este fue de 8.48 cm al adicionar 6 ml de AF+Fe+U superó al TA-Fe-U en 26.19 % y en 9.13 % al TR (sequestrene S-Fe-U) (Figuras 12 y 13).

Cuadro 7.- Análisis de varianza (ANVA) de diámetro de capítulo de girasol ornamental cv. “sunbrigh”, al adicionar AF+Fe+U.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamiento	4	7.6227	1.9057	4.12	0.032*
Error	10	4.6277	0.4628		
total	14	12.2504			

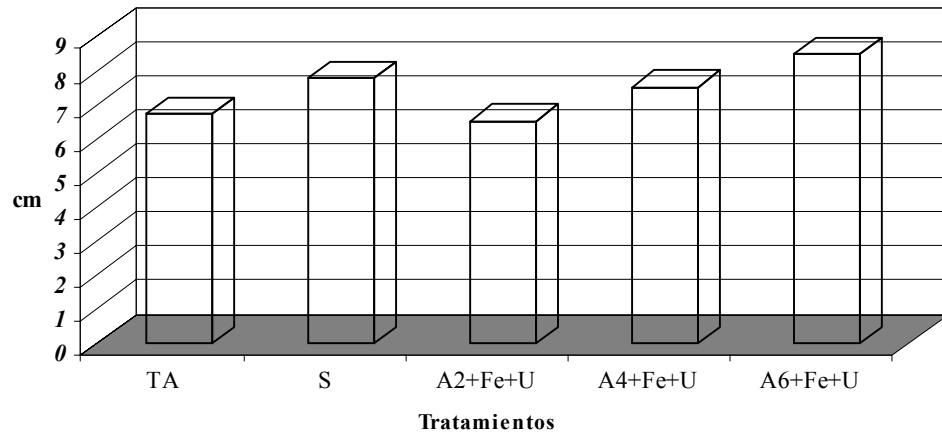


Figura 12.- Diámetro de capítulo de girasol ornamental cv. “sunbrighth” al adicionar AF+Fe+U.

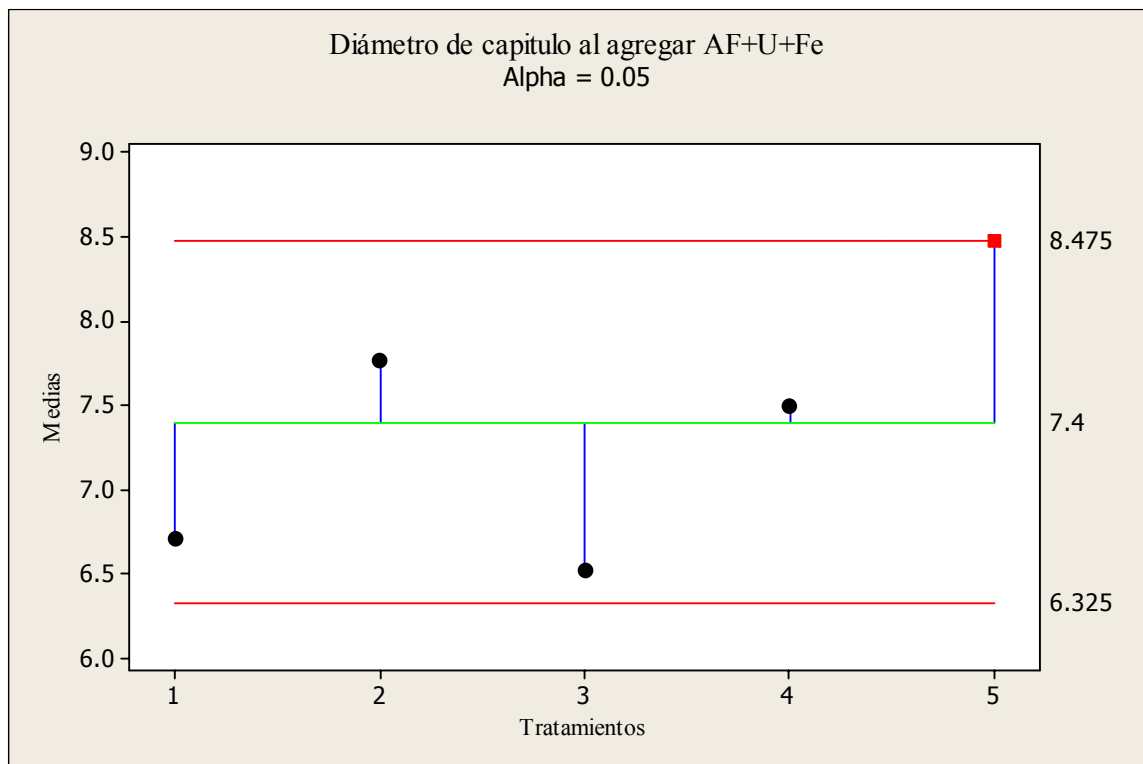


Figura 13.- Comparación de medias de diámetro de capítulo de girasol ornamental cv. “sunbrighth” al adicionar AF+Fe+U.

C) adición de la mezcla de ácidos fúlvicos mas fierro

En el cuadro 8 se observa un efecto altamente significativo para la variable altura de planta; el máximo valor fue de 183.46cm y se presento al adicionar sequestren (S-Fe), ya que sobrepaso en 61.49% al TA-Fe (Figuras 14 y 15).

Cuadro 8.- Análisis de varianza (ANVA) de altura de girasol ornamental cv. “sunbrigth”, al adicionar AF+Fe.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	4	7774.3	1943.6	21.05	0.000**
Error	10	923.3	92.3		
Total	14	923.3			

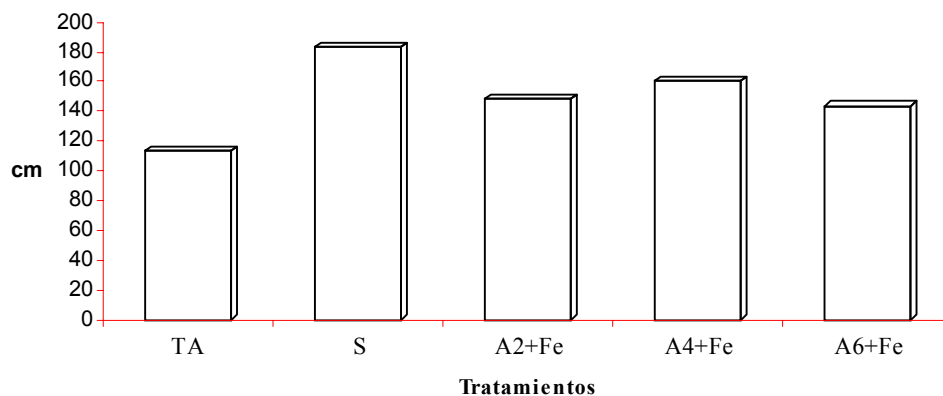


Figura 14.- Altura de girasol ornamental cv. “sunbrigth” al adicionar AF+Fe.

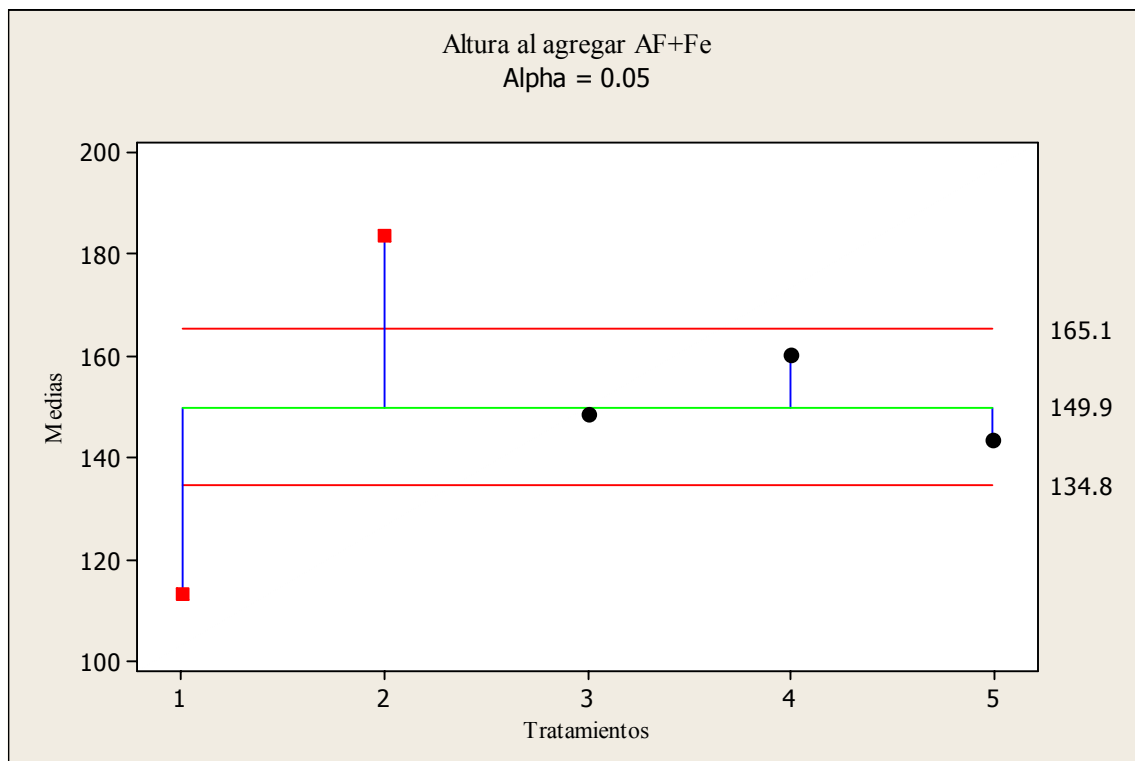


Figura 15.- Comparación de medias de altura de girasol ornamental cv. “sunbrighth” al adicionar AF+Fe.

El valor máximo de diámetro de tallo fue de 2.7 cm y se presentó al adicionar 4 ml de AF+Fe, este fue superior en 87.50 % al TA-Fe y en 40.62 % al TR (sequestren S-Fe) (Cuadro 9 y Figuras 16 y 17), no se presentó efecto significativo.

Cuadro 9.- Análisis de varianza (ANVA) de diámetro de tallo de girasol ornamental cv. “sunbrighth”, al adicionar AF+Fe.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamiento	4	2.7858	0.6964	1.24	0.356 NS
Error	10	5.6277	0.5628		
total	14	8.4135			

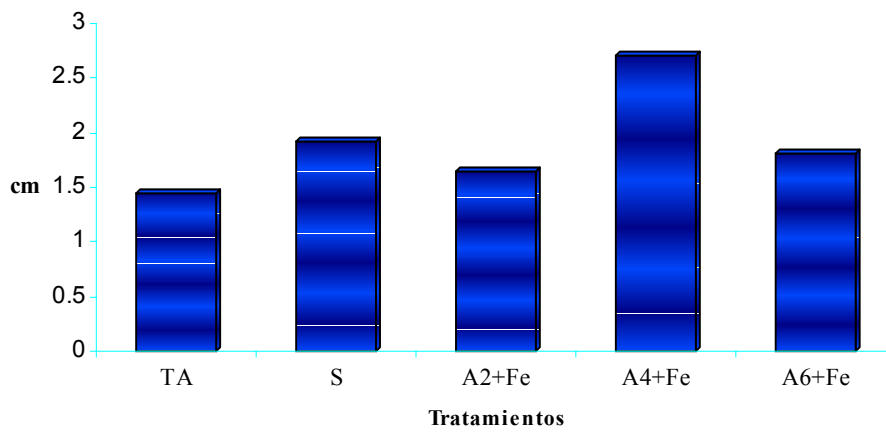


Figura 16.- Diámetro de tallo de girasol ornamental cv. “sunbrigh” al adicionar AF+Fe.

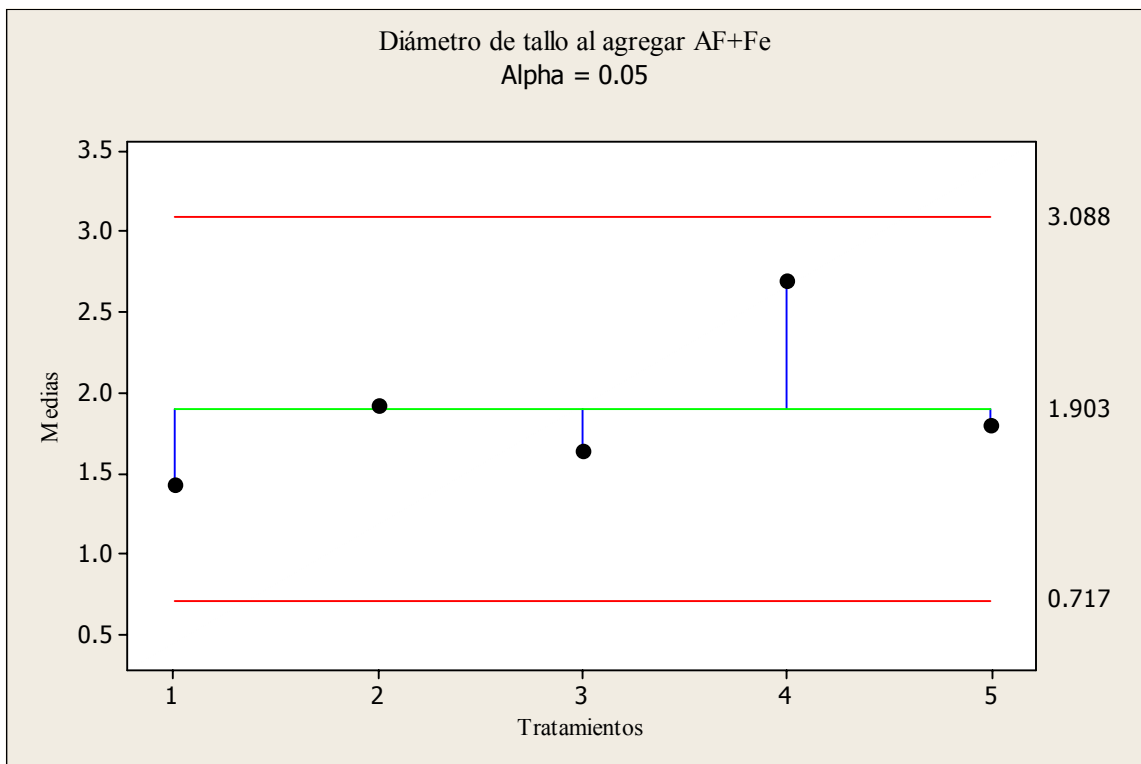


Figura 17.- Comparación de medias de diámetro de tallo de girasol ornamental cv. “sunbrigh” al adicionar AF+Fe.

El diámetro superior fue de 7.63 cm al adicionar sequestrene (S-Fe) y superó al TA-Fe en 21.49 % (Cuadro 10 y Figuras 18 y 19) y no se presentó efecto significativo.

Cuadro 10.- Análisis de varianza (ANVA) de diámetro de capítulo de girasol ornamental cv. "sunbrighth", al adicionar AF+Fe.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamiento	4	3.3863	0.8466	2.98	0.073 NS
Error	10	2.8408	0.2841		
Total	14	6.2271			

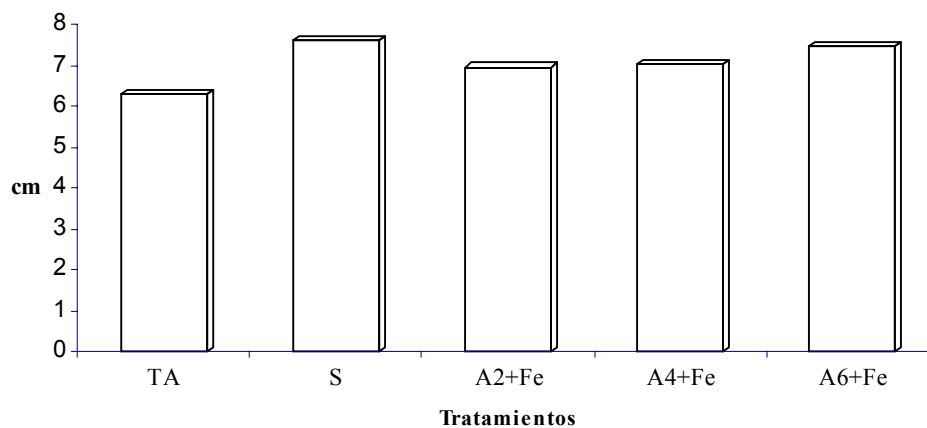


Figura 18.- Diámetro de capítulo de girasol ornamental cv. "sunbrighth" al adicionar AF+Fe.

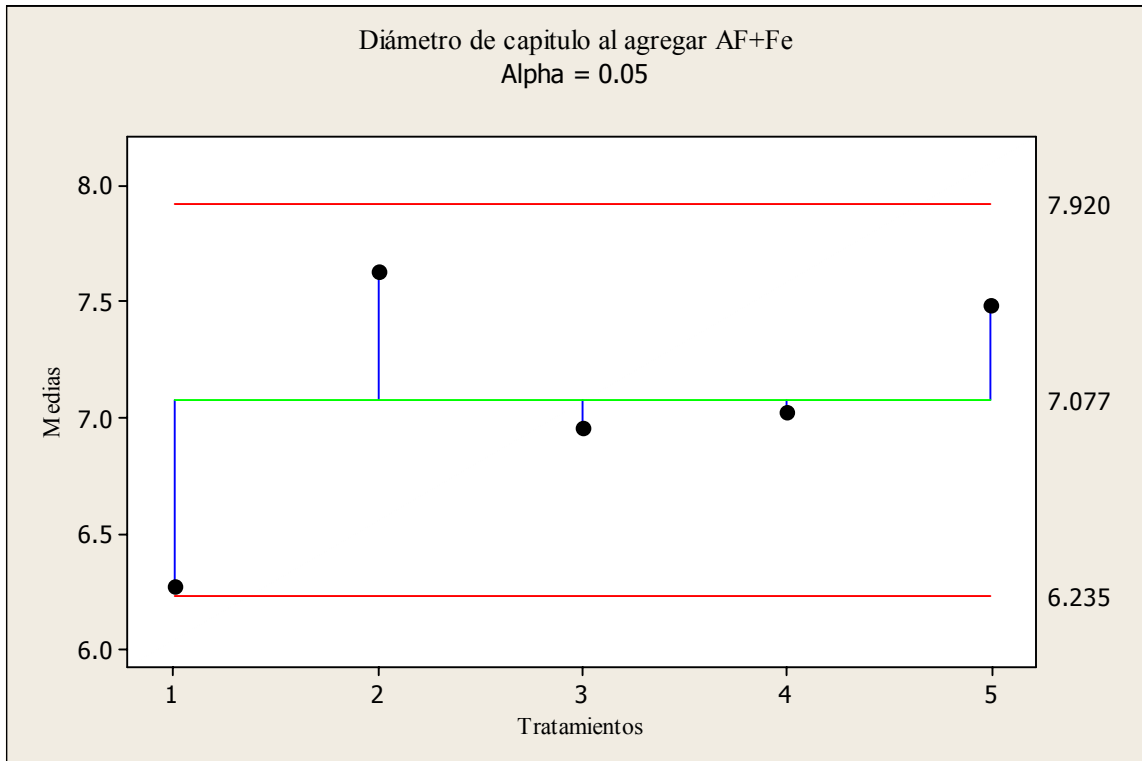


Figura 19.- Comparación de medias de diámetro de capítulo de girasol ornamental cv. “sunbrigh” al adicionar AF+Fe.

D) graficas totales

Las alturas superiores de las plantas, 188.93 cm se presento al adicionar sequestrene (S-Fe-U), ya que fue mayor que el TA-Fe-U en 33.42 % y 183.46 cm al adicionar sequestrene (S-Fe), superando este en 61.49 % al TA-Fe, 179.8 cm al adicionar A4+Fe+U, ya que sobrepaso en 26.97 % al TA-Fe-U, 172.4 cm al adicionar 6A+U, ya que sobre paso al TA-U en 68.47 % (Cuadro 11 y Figuras 20 y 21) y hay efecto altamente significativo.

Cuadro 11.- Análisis de varianza (ANVA) de alturas totales de girasol ornamental cv. “sunbrigh”.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	14	24460.8	24460.8	17.90	0.000**
Error	30	2928.6	2928.6		
Total	44	27389.5			

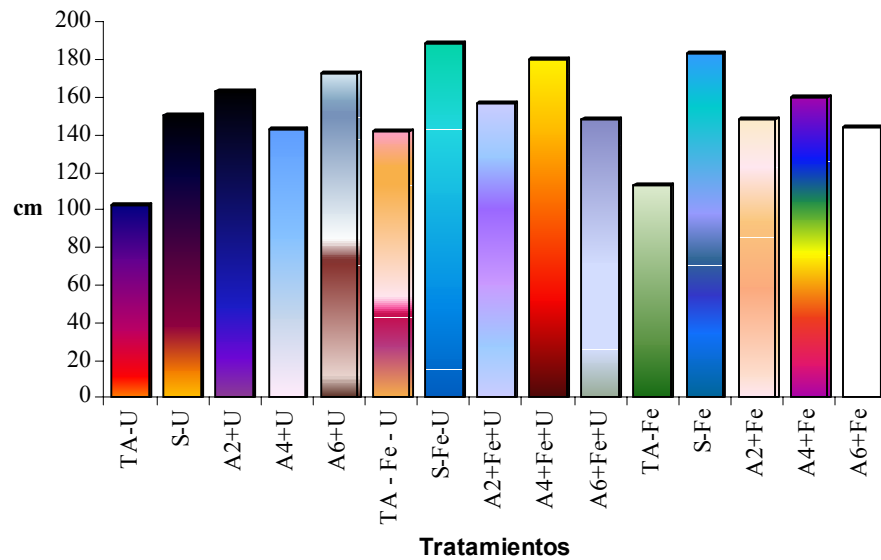


Figura 20.- Alturas totales de girasol ornamental cv. “sunbrigh” al agregar un fulvato de hierro.

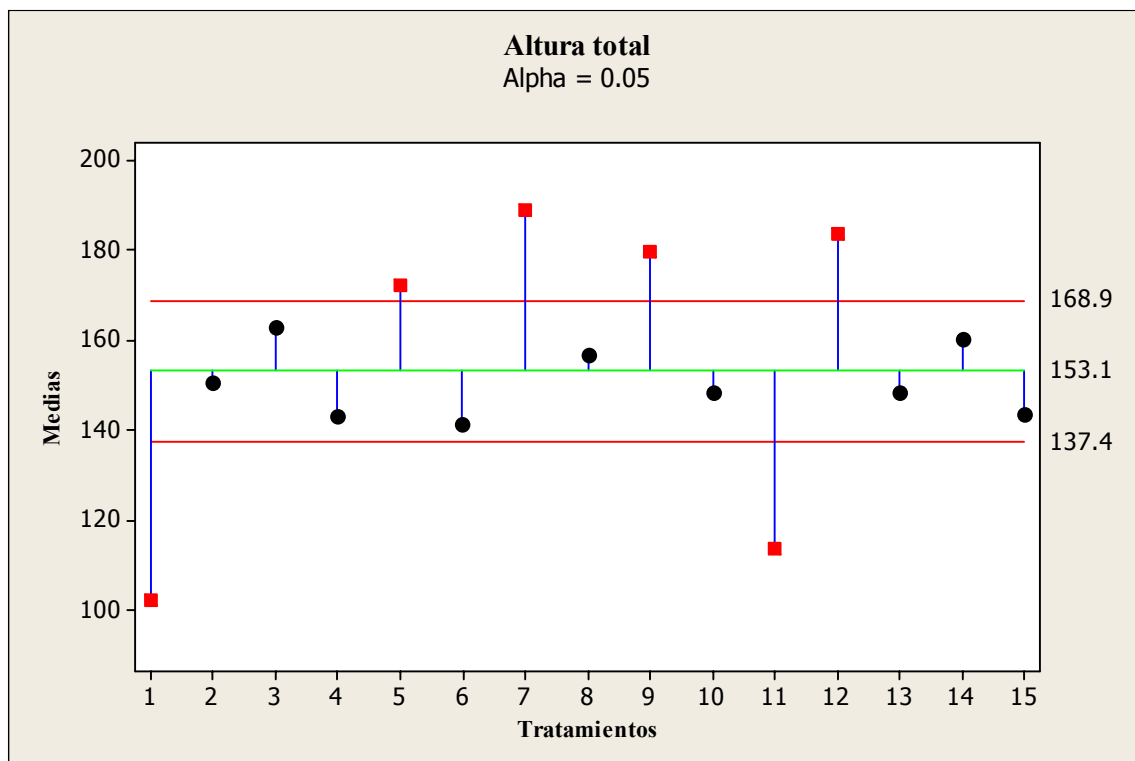


Figura 21.- Comparación de medias de altura total de girasol ornamental cv “sunbrigth”.

Los valores máximos de diámetro de tallos totales fue de 3.83 cm al adicionar 6A+Fe+U, este supero en 125.09 % al TA-Fe-U y en 101.57 % al sequestrene (S-Fe-U) (cuadro 12 y figuras 22 y 23) y se presento efecto altamente significativo.

Cuadro 12.- Análisis de varianza (ANVA) de diámetros de tallo totales de girasol ornamental cv. “sunbrigth”.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamiento	14	15.068	1.076	1.14	0.367 **
Error	30	28.345	0.945		
Total	44	43.412			

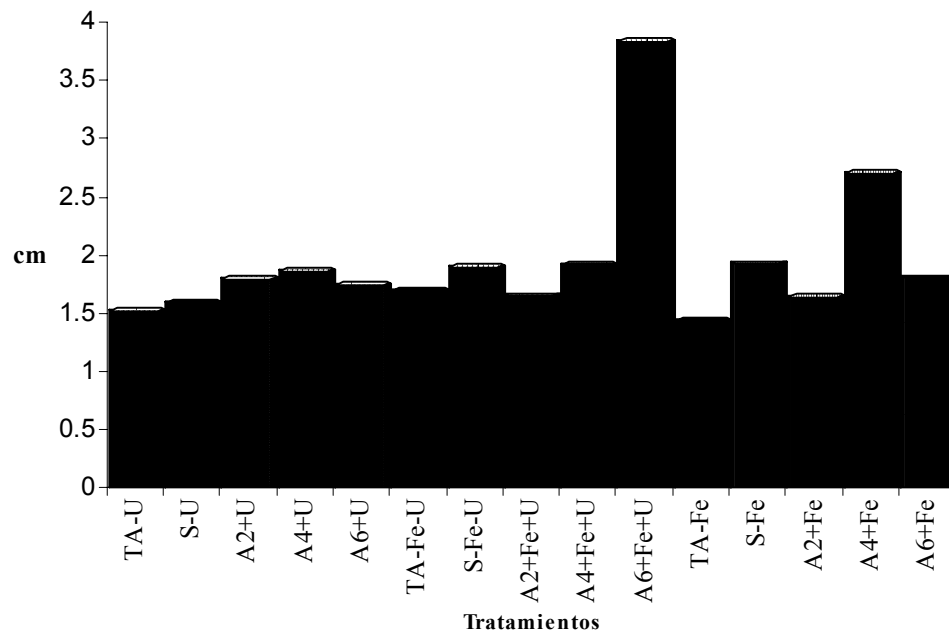


Figura 22.- Diámetro de tallos totales de girasol ornamental cv. “sunbrigh” al adicionar un fulvato de hierro.

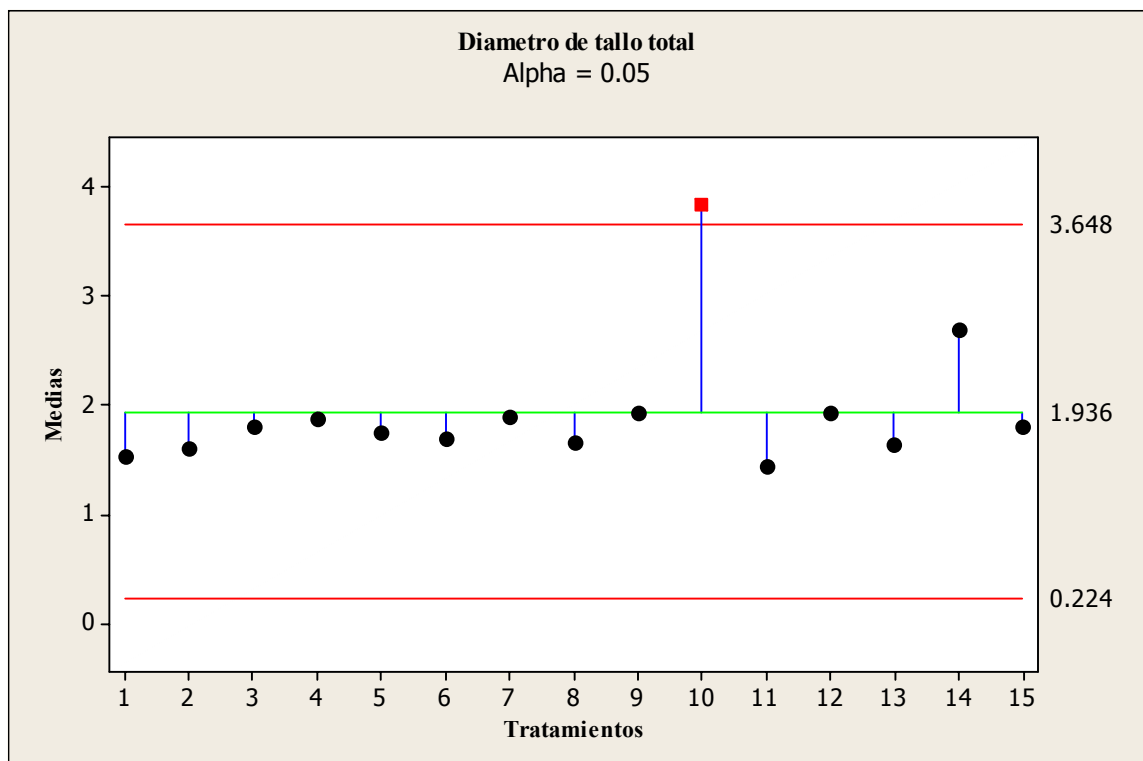


Figura 23.- Comparación de medias de diámetro de tallos totales de girasol ornamental cv. “sunbrigh”.

El diámetro de capítulos totales fue de 9.07 cm al adicionar 6A+U, ya que supero al TA-U en 20.29% y en 18.09% al TR (sequestrene S-U) (Cuadro 13 y Figuras 24 y 25) y presento efecto altamente significativo.

Cuadro 13.- Análisis de varianza (ANVA) de diámetros de capítulos totales de girasol ornamental cv. "sunbrigh".

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	14	19.9175	1.4227	4.87	0.000**
Error	30	8.7552	0.2918		
Total	44	28.6727			

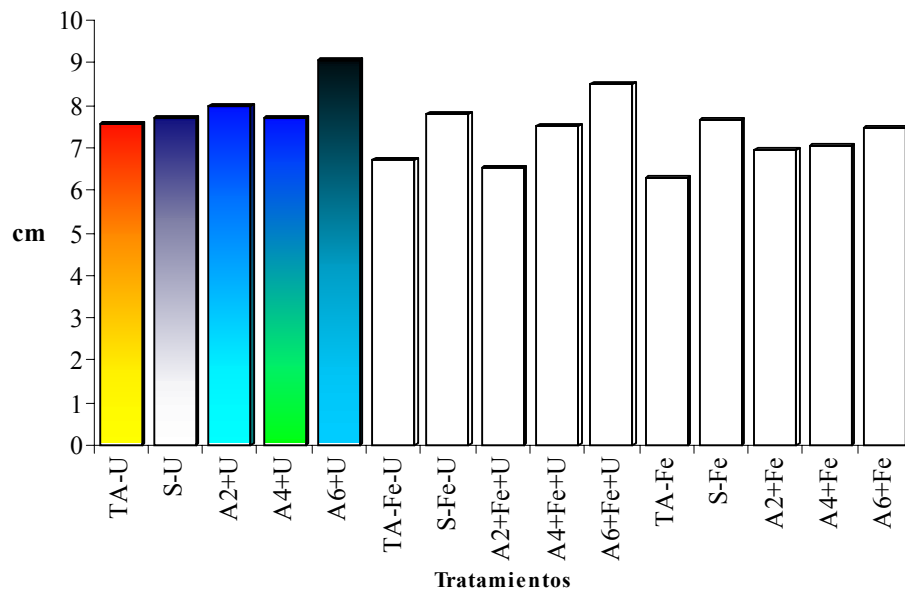


Figura 24.- Diámetros de capítulos totales de girasol ornamental cv. "sunbrigh" al adicionar un fulvato de hierro.

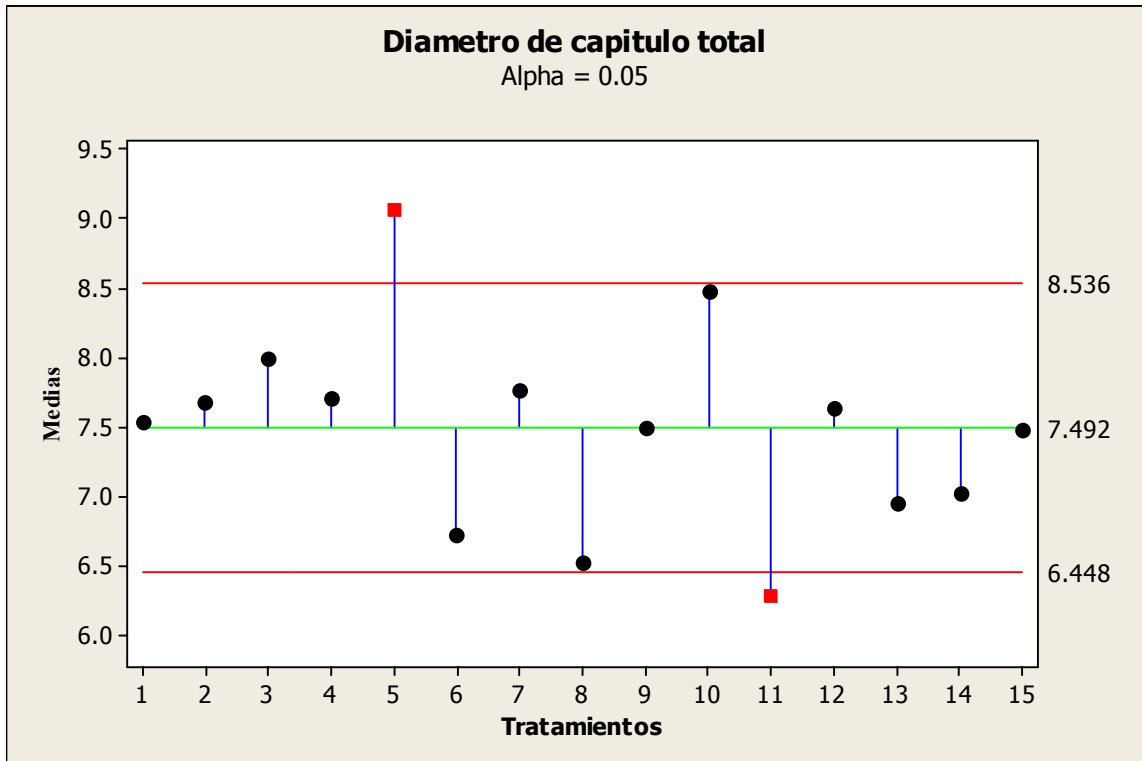


Figura 25.- Comparación de medias de diámetro de capítulo totales de girasol ornamental cv. "sunbrighth".

F) graficas de elementos

De forma general se puede establecer que el contenido de nitrógeno total (NT), en el tejido vegetal de follaje, en a etapa inicial (primeros 30 días), son bajos, mientras que a mitad del ciclo se elevaron y al final volvieron a disminuir y donde se aplicaron los ácidos fúlvicos mezclados con fierro y urea, los contenidos de NT fueron superiores al quelato sintético de fierro (sequestrene 138) y al testigo absoluto (TA).

De manera particular, ala adición de la mezcla de urea, sulfato de fierro y 6ml de los ácidos fúlvicos por litro de agua (A6+Fe+U), a mitad del ciclo, se presento el mayor valor de NT (seis porciento) y a final del ciclo solo el cuatro porciento; lo anterior quiere decir que la cantidad de NT de mitad del ciclo al final de este, descendió 67 porciento,

esto es, el girasol ornamental lo consumió desde los 30 días de sembrado hasta los 80 días (Figura 26).

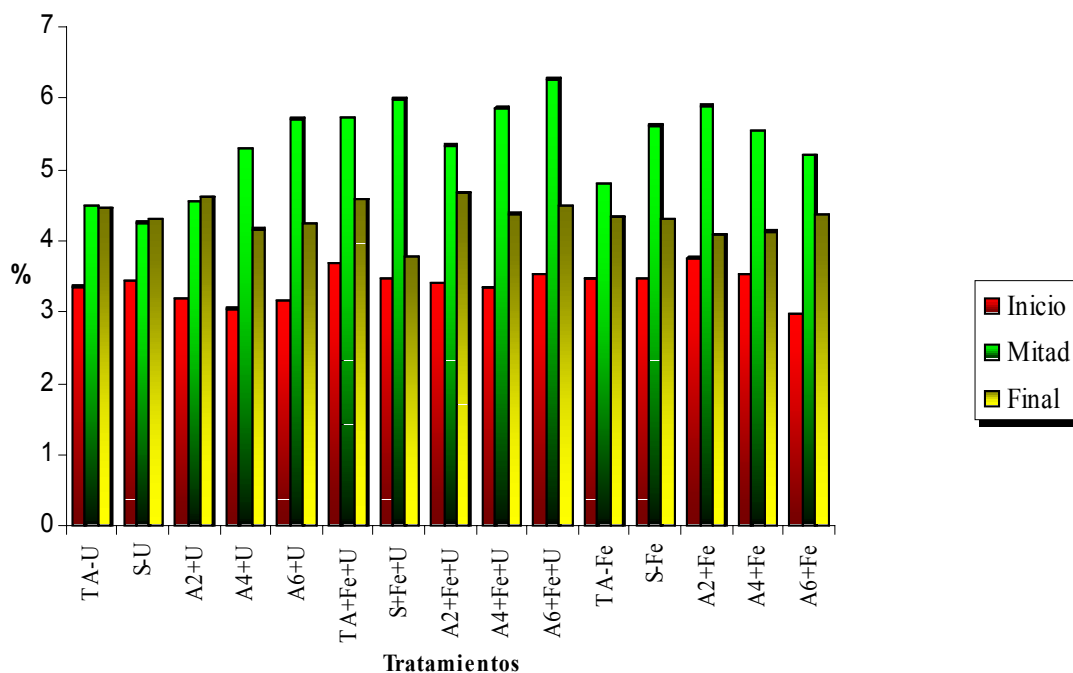


Figura 26.- Contenido de NT de girasol ornamental cv. “sunbrigh” al adicionar un fulvato de hierro.

Los contenidos de hierro en el tejido vegetal de follaje, fueron superiores al inicio del ciclo del cultivo y disminuyeron a mitad y mas al final del mismo, sin embargo, al agregar la mezcla de 2ml de ácidos fúlvicos con la urea (A2+U), la cantidad superior de hierro, se presento al final del ciclo (Figura 27).

En la misma figura se establece que al aplicar los ácidos fúlvicos con urea, los ácidos fúlvicos con hierro y los ácidos fúlvicos con urea y hierro, las cantidades de hierro en el tejido vegetal de follaje fue alrededor de las 90ppm, y al final del ciclo 40ppm, lo cual significa que el vegetal después de los 30 días y hasta los 80 días, consumió el 44 por ciento.

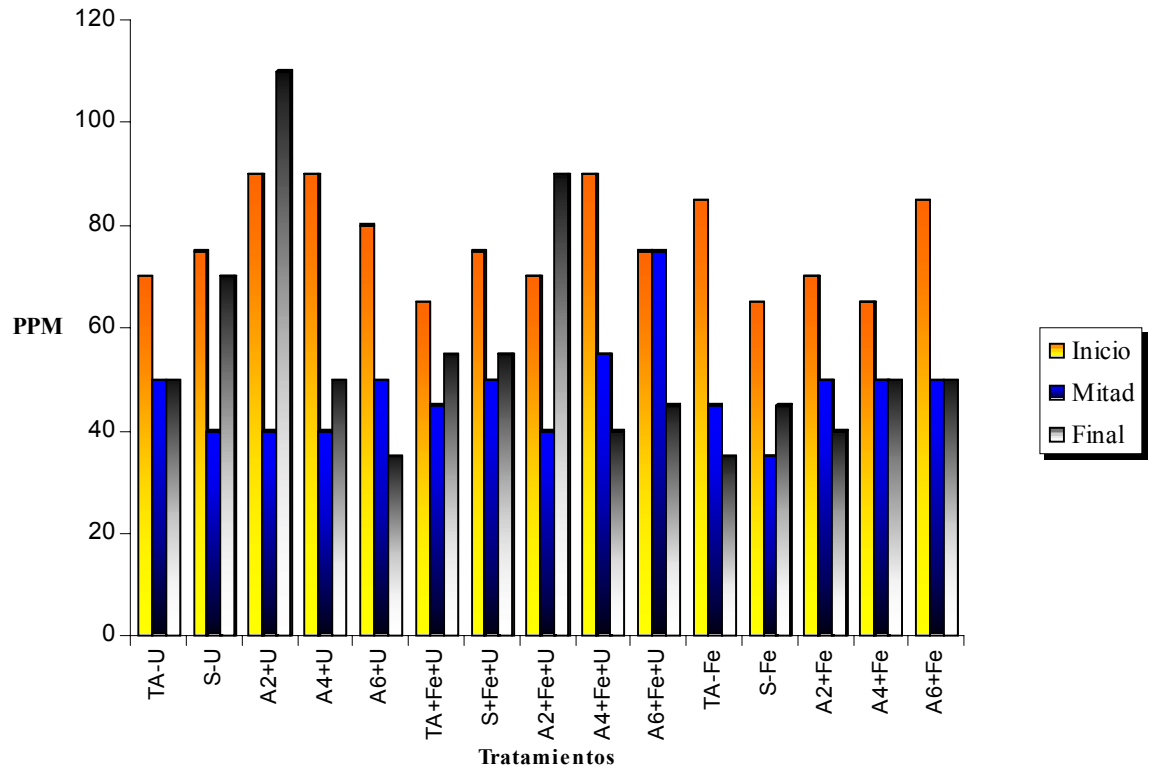


Figura 27.- Contenido de Fe de girasol ornamental cv. “sunbrighth” al adicionar un fulvato de hierro.

Los contenidos de calcio en el tejido vegetal de follaje, al inicio del ciclo fueron los valores más altos de este elemento, pero con la mezcla de las tres cantidades de ácidos fúlvicos con fierro y urea, a mitad del ciclo, los contenidos de este elemento nutrimental fueron superiores. Además, donde no se adicionaron las sustancias húmicas, el contenido de calcio se incremento con respecto a los tratamientos donde si se adicionaron (Figura 28). Caso similar al anterior se presenta con los contenidos de sodio en el tejido vegetal de follaje (Figura 29).

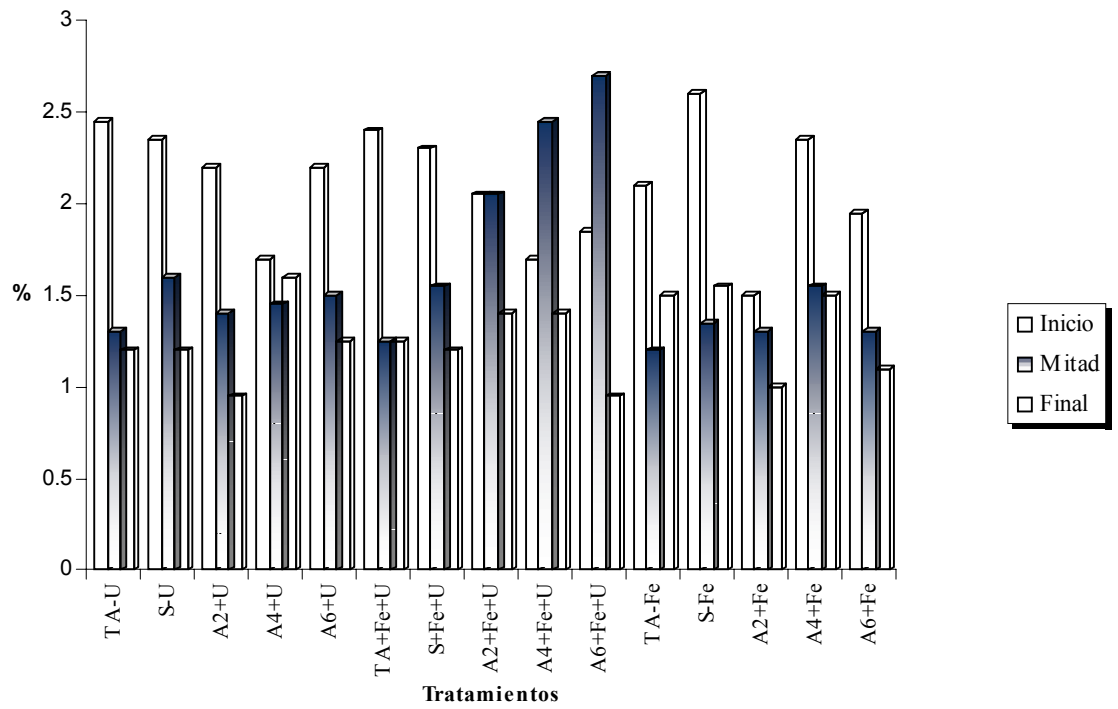


Figura 28.- Contenido de Ca de girasol ornamental cv. “sunbrigh” al adicionar un fulvato de hierro

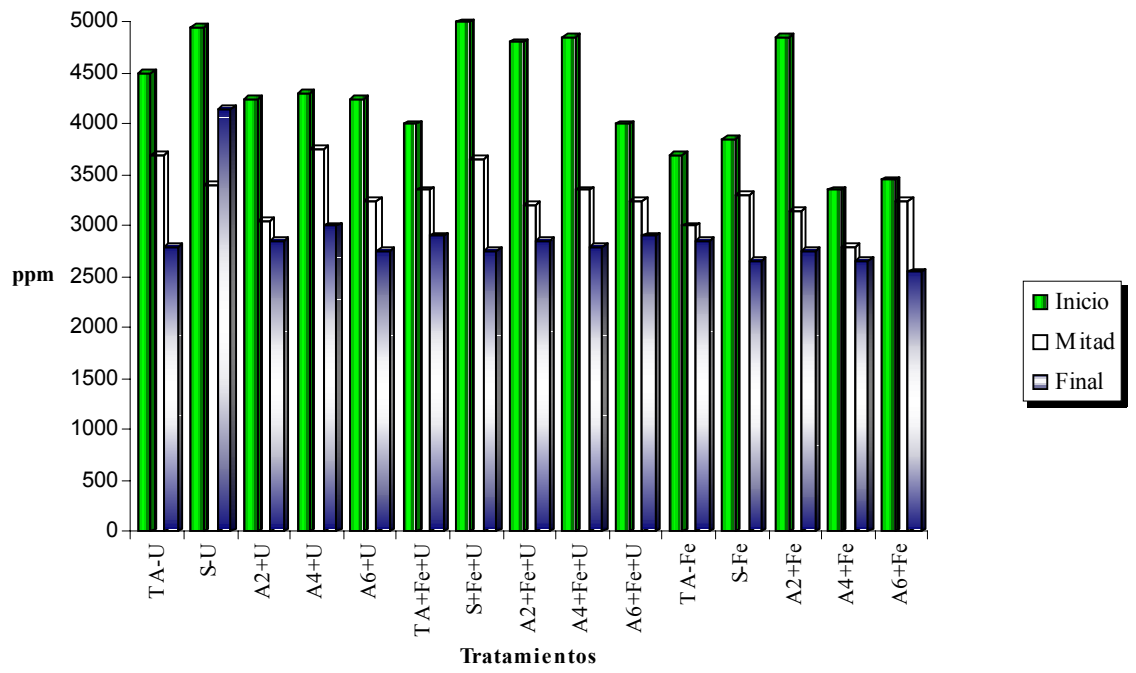


Figura 29.- Contenido de Na de girasol ornamental cv. “sunbrigh” al adicionar un fulvato de hierro

DISCUSIÓN

Gracias a la gran cantidad de grupos funcionales libre carboxilos de los ácidos fúlvicos ($-\text{COOH}$), éstos poseen la particularidad de complejar y/o quelatar cationes, esto es: los ácidos fúlvicos extraídos de la composta elaborada a base de gallinaza, quelataron al fierro y este penetró por las células guardia de los estomas de la hoja, lo cual junto con el nitrógeno proporcionado por la urea, produjeron que las variables de calidad del girasol ornamental fueran superiores al adicionar la mezcla de ácidos fúlvicos, sulfato de fierro y urea. Esto concuerda con Marschner (1994), al comentar el hierro se hace asimilable por las plantas en condiciones adversas, si el suministro de este elemento se hace en presencia de sustancias húmicas debido a que la absorción del hierro por las plantas depende considerablemente de la presencia de agentes complejadores y reductores

Así, de forma general se puede establecer que la clorosis fue controlada eficazmente, excepto en el testigo absoluto el cual presentó signos visuales de clorosis muy severa. También mejoró el contenido de nitrógeno en el tejido vegetal del follaje y puede concluirse que el incremento en la concentración de fierro podría deberse a la oxidación de Fe^{3+} a Fe^{2+} por la presencia de ácidos fúlvicos. En los elementos como Ca y Na las concentraciones estuvieron muy variables en unas etapas fueron superiores y en otras etapas estuvieron por debajo de los valores testigos relativos.

CONCLUSIÓN

El fulvato de hierro tiene efecto favorable en las variables de calidad del girasol ornamental cv. “sunbright” al incrementarse su altura, diámetro de tallo y diámetro de capitulo, sin embargo, debe mezclarse con urea desbiuretizada. Además, aumenta la cantidad de hierro y nitrógeno en el tejido vegetal de follaje y no así en los contenidos de calcio y sodio.

LITERATURA CITADA

- Andrade, L. 1988. Los microelementos en la agricultura. Trad. Alonso Domínguez. Ed. Mundi-prensa. Madrid.
- Ayed, I. A. 1970. A Study of the Mobilization of Iron in Tomato Roots By Chelate Treatments. *Plant Soil*. 32: p (18-26).
- Cadahia L, C., E. Eymer A. Y J.J. Lucena M. 1997. Materiales fertilizantes utilizados en fertirriego. In: fertirrigación, Cultivos hortícolas y ornamentales. Ed. Cadahia L, C. Ediciones mundi-prensa. España-Mexico. Pp. 99-111.
- Bennet, W. F. 1993. Nutrient Deficiencies y toxicities in crop plants. ed. the American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota. p (138-139).
- Jones, J. B., B. Wolf, and H. A. Mills. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro- Macro Publishing. U. S. A.
- Loue, A. 1988. Los Microelementos en la agricultura. 1^a. Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2th edition. Academic Press Inc. London.
- Mengel, K. And E. A. Kirkby. 2001. *Principles of Plant Nutrition*. 5th ed. Kluwer Dordrecht, Netherlands. pp. 425-437.
- Olsen, R.A., R.B, Clark and J.H. Bennett. 1981. The enhancement of soil fertility by plant root. *Am. Sci.* 69:378-384.
- Aiken, G. R., McKnight, D. M., Wershaw, R.L., MacCarthy, P. 1985. An introduction to humic substances in soil, sediment, and water. Ed. Wiley-interscience, New York. Pp.1-9.
- Cepeda D.J.M. 1991. *Química de Suelos*. Segunda Edición. Editorial trillas, S. A. de C.V. Mexico, D.F.
- Senesi, N., Miano, T. M., Provenzano, M. R., Brunetti, G. 1989. Spectroscopic and compositional comparative characterization of I.H.S.S. referente and Standard fulvic and humic acids of various origin. *Sci. Total Environ.* 81/82: 143-156.
- Stevenson, F. J. 1994. *Humus chemistry: Genesis, composition, reactions*. J. Wiley and Sons, New York, NY.

- Castellanos, J. Z., Uvalle, B., J. X., Aguilar s., A. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. Segunda edición. México. D.F.
- Andre, L. 1988. Los Microelementos en la Agricultura, Trad. Alonso Domínguez. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España.
- Brown, J.C. and V.D Jolley. 1989. Plant metabolic responses to iron-deficiency stress. *BioSci.* 39: 546-551.
- De Kock, P.c. 1955. Influence of humic acid on plant growth. *Soil Sci.* p. 121.
- Sequi, P. 1978. Humic SubstancesÑ General Influences on Soil Fertility. Golden Wets, Chemical Distributors, Inc. Merced, California. Pp. 1-10.
- Zuang, H. 1982. La fertilization des cultures legumieres. Centre Technique Interprofessional des Fruits et Legumes. Francia.
- Marschner, H., and V. Romheld. 1994. Strategies of plants for adquisition of iron. *Plant Soil* 165: 261-274.
- Mench, M., J.I. Morel, A. Guckert and B. Guillet. 1988. Metal binding with root exudates of low molecular Weight. *J. Soil Sci.* 39:521-527.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1994. Fisiología de hortalizas. Grupo editorial Iberoamericana S.A. de C.V. cuarta edicion. Mexico. Pp. 758.
- Schwertmann, U. and, R.M. Taylor. 1977. In “ Minerals in soil environments” (J.B. Dixon, S.B. Weed, J.a., Kittrick, M.H. Milford, and J.I. White, eds.), pp. 145-180. *Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, Wisconsin.
- Schnitzer, M. and S.U. Khan. 1972. Humic substances in the environment. Marcel-Decker, Inc., New York, NY.
- Treshow M. 1970. Environmental and plant response. McGraw-Hill book company. pp. 422.
- Awad, F., V. Romheld and H. Merschner. 1994. Effect of root exudates on mobilization in the rizosfera and uptake of u} iron by wheat plants. *Plant and Soil.* 165: 213-218.
- Cadahia, L.C. 1998. Fertirrigacion. Ed. Mundi-Prensa. Barcelona, España. pp. 117.
- Chaney, R.L., J.C. Brown and L.O. Tiffin. 1972. Obligatory reduction of Ferric Chelates in iron uptake by soybean. *Plant physiol.* 50:208-213.
- Chen, Y. and P. Barak 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils. *Advances in agronomy.* 41: 217-240.

De Kock, P. C. 1955b. Iron nutrition of plants at high pH. *Soil Science*. 79:167-175.

Alba, A. Llanos, M. *El cultivo del girasol*, Ediciones Mundiprensa 1990.

Del Valle L. *El cultivo moderno del girasol*, Editorial De Vecchi 1987. *El Girasol*.
Editorial Trillas S. A. de C. V, México D. F.

Ortegón M. A. S.; Escobedo M. A.; Loera G. J.; Díaz F. A.; Rosales R. E. 1993.

FAO. 2001. *Los mercados mundiales de flores, frutas y verduras orgánicas*. Roma, Italia.

Alcalde B. S. 1993, *Programa académico interdisciplinario en Floricultura*, Colegio de Postgraduados. México.