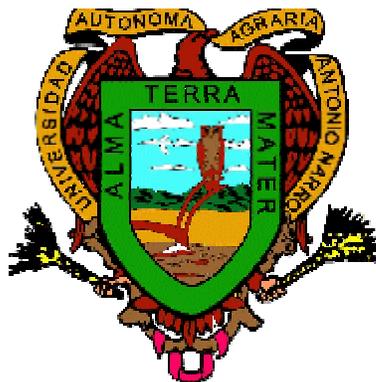


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

DIVISION DE AGRONOMIA



Parámetros Fisiotécnicos en Melón (*Cucumis melo* L.) Mediante
la Aplicación de un Fertilizante Orgánico en Invernadero.

Por:

ALVARO GARCIA LEON

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

Febrero del 2003

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

División de Agronomía
Departamento de Horticultura

Parámetros Fisiotécnicos en Melón (*Cucumis melo* L.) Mediante
la Aplicación de un Fertilizante Orgánico en Invernadero

Por:

Alvaro García León

TESIS

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

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Aprobado por:

Dr. Fernando Borrego Escalante
Presidente del Jurado

Dra. Ma. Margarita Murillo Soto
Asesor

M. Sc. José Gerardo Ramírez Mezquitic
Asesor

Coordinador de la División de Agronomía

M.C Leopoldo Arce González

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Febrero del 2003

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida y haber llenado mi corazón de fe y esperanza, por permitirme haber culminado mi formación profesional y personal.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de pertenecer a la gran familia “Narro” y por formarme como profesionalista, siempre llevare tu nombre en alto.

A mis Asesores, que hicieron posible la realización de esta investigación, en especial al Dr. Fernando Borrego Escalante por ser un gran amigo y un ejemplo a seguir; a la Dra. Ma. Margarita Murillo Soto y al MSc. José Gerardo Ramírez Mesquitic, gracias por el apoyo recibido.

Al Ing. Mario Garza de la compañía Nevada Chemicals, por su apoyo para la realización de esta investigación.

A los Ingenieros Flavio Ramos Domínguez, David Sánchez Azpeitia, Juan Manuel Cabello Espinoza y Lourdes Hernández Hernández, por su valiosa colaboración gracias.

A los señores German Gaytán Moreno, Francisco Mendoza Collazo y Roberto López Bernal por toda su ayuda, gracias.

DEDICATORIAS

A mis Padres

José García Arias y Gloria León Martínez por todo el amor, confianza y apoyo que me han brindado durante todo este tiempo para que yo saliera adelante con mi preparación. Al fin lo hemos logrado. LOS AMO DEMASIADO.

A mis Hermanos

Toño, Claudia, Pepe, Erica, Alex, Dulcelin, por todos esos momentos hermosos que hemos pasado juntos y tantos sacrificios que han pasado para que yo siguiera adelante, los quiero mucho.

A mis Abuelitos

Antonio García y Ventura Arias, Manuel León y Felipa Martínez (†). Por todos sus sabios consejos los quiero mucho

A mis tíos

Leobardo, Salvador, Rafael, Fernando, Ma. Guadalupe, muchas gracias

A mi novia

Wendy García Palacios, por tu comprensión y apoyo en los momentos más difíciles, porque me demostraste que siempre estas conmigo y por todos los momentos hermosos que hemos pasado juntos. Te quiero mucho.

A mis amigos

Waldo, Titina, Gaby, Sandrino, Sra. Mari, Doris, Ray y Chivis, gracias por su cariño y el apoyo incondicional que me brindaron, los quiero mucho.

A mis compañeros

Nico, Ramis Benito, Chan, Chaires, Juan R, Adan, Moya, Palacios, Figue, Juanito, Quimi, Chaves, Paco, Luis, Rafa, Ramiro, Daniel, Zulma, Leonarda, Chayito R. Chayito G, y a toda la generación XCIV de Horticultura.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS-----	iv
INDICE DE GRAFICAS-----	v
INTRODUCCIÓN-----	1
Objetivos-----	3
Hipótesis-----	3
REVISIÓN DE LITERATURA-----	4
Generalidades del Cultivo-----	4
Clasificación Botánica-----	6
Descripción Botánica-----	7
Requerimientos Ambientales-----	8
Parámetros Fisiotécnicos-----	8
Fotosíntesis-----	8
Transpiración-----	9
Conductancia Estomática-----	11
Uso Eficiente del Agua-----	12
Parámetros Fisiológicos-----	13
Agricultura Sustentable-----	14
Nutrición-----	18
Ventajas del Uso de Fertilizantes Orgánicos-----	19
Funciones de los Elementos en la Planta-----	19
Nitrógeno-----	19
Fósforo-----	20
Potasio-----	20
Calcio-----	21
Magnesio-----	22
Fierro-----	22
Zinc-----	23
Boro-----	23
Molibdeno-----	24

Azufre-----	24
Cobre-----	25
Manganeso-----	25
Cloro-----	26
Aminoácidos en la Agricultura-----	26
Aplicación de Aminoácidos a la Planta-----	28
Aminoácidos más Importantes en el Metabolismo y Fisiología de la Planta-----	29
Glicina-----	30
Acido Glutámico-----	30
Metionina-----	30
Lisina-----	30
Prolina-----	31
Efecto en la Planta al Aplicar Aminoácidos-----	31
Efecto Trófico-----	31
Efecto Hormonal-----	31
Acidos Húmicos y Fúlvicos-----	31
Acidos Húmicos-----	32
Acidos Fúlvicos-----	34
Funciones Físicas de los Ac. Húmicos y Fúlvicos-----	35
Funciones Químicas de los Ac. Húmicos y Fúlvicos-----	35
MATERIALES Y METODOS-----	36
Localización del Area de Estudio-----	36
Diseño del Experimento-----	37
Distribución y Tamaño de la Parcela o Unidad Experimental-----	37
Variables Evaluadas-----	38
Fisiológicas-----	38
Morfológicas-----	38
Vigor y Resistencia-----	38
Rendimiento-----	39
Dosis, Epoca y Métodos de Aplicación-----	39

Manejo del Experimento-----	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	42
Fotosíntesis, Transpiración y Uso Eficiente del Agua-----	42
Vigor y Resistencia-----	45
Area foliar, Peso de Raíz y Rendimiento-----	45
CONCLUSIONES-----	48
RECOMENDACIONES -----	49
BIBLIOGRAFÍA-----	50
APÉNDICE-----	60

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pag.
1	Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) para características fisiológicas en plantas de melón, con la aplicación de Húmicos 1 en 3 dosis y testigo, y 2 tipos de suelo, en 4 evaluaciones-----	61
2	Comparación de medias para variables fisiológicas en plantas de melón, con la aplicación de Húmicos 1. (Valores promedio de 4 repeticiones y 4 Evaluaciones)-----	62
3	Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) para características de Vigor y Resistencia en plantas de melón, con la aplicación de Húmicos 1 en 3 dosis y testigo, 2 tipos de suelo, en 4 evaluaciones-----	63
4	Comparación de medias para variables de Vigor y Resistencia en plantas de melón con la aplicación de Húmicos 1. (Valores promedio de 4 repeticiones y 4 Evaluaciones)-----	64
5	Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) para variables Agronómicas de plantas de melón, con la aplicación de Húmicos 1 en 3 dosis y testigo, y 2 tipos de suelo-----	65
6	Comparación de medias para variables Agronómicas en plantas de melón, con la aplicación de Húmicos 1. (Valores promedio de 4 repeticiones)-----	66

INDICE DE GRAFICAS

Grafica		Pag.
A	Principales Países Productores de Melón (<i>Cucumis melo</i>) Durante el Período 1999 – 2000-----	5
B	Principales Estados Productores de Melón (<i>Cucumis melo</i>) Durante el Período 1999 – 2000-----	6
1	Comportamiento de Plantas de Melón con la aplicación de Húmicos 1 (Promedio de 4 Evaluaciones y 4 Repeticiones) para las Variables de Fotosíntesis (μ mol de $\text{CO}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$), Transpiración ($\text{mol de H}_2\text{O m}^2 \text{ s}^{-1}$) y Uso Eficiente del Agua (g CO_2 en 10 l de H_2O) en 2 Tipos de Suelo, 3 Dosis y Testigo-----	67
2	Comportamiento de Plantas de Melón con la Aplicación de Húmicos 1 (promedio de 4 Repeticiones) para la Variable Fotosíntesis (μ mol de $\text{CO}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) en 2 Tipos de Suelo, 3 Dosis y Testigo, en 4 Evaluaciones-----	68
3	Comportamiento de Plantas de Melón con la Aplicación de Húmicos 1 (promedio de 4 Repeticiones) para la Variable Transpiración (mol de $\text{H}_2\text{O m}^2 \text{ s}^{-1}$) en 2 Tipos de Suelo, 3 Dosis y Testigo, en 4 Evaluaciones-----	69
4	Comportamiento de Plantas de Melón con la Aplicación de Húmicos 1 (promedio de 4 Repeticiones) para la Variable Uso Eficiente del Agua (g CO_2 Fijado 10 l de H_2O transpirada) en 2 Tipos de Suelo, 3 Dosis y Testigo, en 4 Evaluaciones-----	70

5	Comportamiento Agronómico de Plantas de Melón con la Aplicación de Húmicos 1 en 3 Dosis y Testigo, y 2 Tipos de Suelo, para las Variables Area Foliar (m ²), Peso Promedio de Fruto (Kg), y Longitud Polar (Decímetros)-----	71
6	Comportamiento Agronómico de Plantas de Melón con la Aplicación de Húmicos 1 en 3 Dosis y Testigo, y 2 Tipos de Suelo, para las Variables Peso de Raíz (g), Rendimiento Total (Kg) y Número de Frutos -----	72
7	Comportamiento de Plantas de Melón con la Aplicación de Húmicos 1 (promedio de 4 Evaluaciones y 4 Repeticiones) para las Variables Vigor (Escala 1-5) y Resistencia (Escala 1-5) , en 3 Dosis y Testigo, y 2 Tipos de Suelo-----	73
8	Comportamiento de Plantas de Melón con la Aplicación de Húmicos 1 en 3 Dosis y Testigo, y 2 Tipos de Suelo, (promedio de 4 Repeticiones) para la Variable Vigor (1-5)-----	74
9	Comportamiento de Plantas de Melón con la Aplicación de Húmicos 1 (promedio de 4 Repeticiones) para la Variable Resistencia (1-5) en 3 Dosis y Testigo, y 2 Tipos de Suelo, en 4 Evaluaciones-----	75

INTRODUCCION

El melón, desde principios del siglo XX, ha sido un producto generador de divisas para el país, así como importante fuente de empleo y utilidades para los productores mexicanos. En México la importancia del cultivo de melón radica primordialmente en el área sembrada, captación de divisas y la gran demanda de mano de obra que genera.

Aproximadamente el 10% de los costos de producción se derivan de la mano de obra. Este cultivo en Sonora para el ciclo primavera-verano, requiere de 52 jornales hombre por hectárea. Se considera que se ocupa una cantidad de jornales similar para los procesos de embalaje, empaque y comercialización (Claridades, 2000)

Para el año agrícola 2002 se tuvo una superficie sembrada de 23,472 ha, con un rendimiento promedio de 23.576 ton/ha, obteniendo una producción de 541,951 ton (SIAP, SAGARPA, 2002).

Durante el periodo de 1992 a 2001, los principales estados productores de melón en nuestro país fueron Durango y Sonora, seguidos de Michoacán, Coahuila y Guerrero, los que en conjunto sumaron 60% de la producción nacional (SAGARPA, 2001).

El melón mexicano es capaz de soportar altas temperaturas, por lo cual se ha convertido en una excelente alternativa de cultivo en las zonas de calor excesivo y

sequías constantes. Con equipo de riego adecuado, se evita la pérdida de un alto porcentaje, de agua superficial y del subsuelo.

En la actualidad el uso irracional del suelo, agua, y demás recursos naturales, así como el uso inadecuado de productos químicos están alterando el medio ambiente lo que trae como consecuencia cambios en la fotosíntesis, transpiración y en la translocación de nutrientes y agua de la planta, y finalmente se verá reflejado en la producción.

La deficiencia de factores ambientales adecuados tiene efectos significativos en todos los procesos fisiológicos y metabólicos de la planta.

A consecuencia de estos cambios climáticos ocasionados por el uso irracional de los recursos y el abuso en la aplicación de productos químicos, es necesario buscar alternativas que nos ayuden a incrementar los rendimientos, optimizando los recursos naturales y humanos en pro de una agricultura más sana. Una alternativa es el uso de productos orgánicos a partir de aminoácidos y sustancias húmicas a ser utilizados como fertilizantes, debido a que cumplen funciones elementales en la planta y sin dañar tanto el medio ambiente creando una agricultura ecológica.

Por lo que se plantean los siguientes objetivos

Objetivos

General

Determinar la efectividad biológica, en melón, del producto comercial Húmicos 1 aplicado al suelo, bajo condiciones de invernadero.

Específicos

- a) Determinar el efecto de diferentes dosis de Húmicos 1, en comparación con Testigo, sin tratamiento y en 2 tipos de suelo, en la fisiología de plantas de melón, en diferentes evaluaciones durante el ciclo del cultivo.
- b) Determinar la respuesta en vigor y resistencia de plantas de melón, por la aplicación de los diferentes tratamientos, durante el ciclo del cultivo.
- c) Determinar la respuesta en rendimiento total y sus principales componentes, de plantas de melón, por la aplicación de los diferentes tratamientos.

Hipótesis

La aplicación de Húmicos 1 influirá en la fisiología de la planta de melón obteniendo mejores rendimientos.

REVISION DE LITERATURA

Generalidades del cultivo

El melón es originario de África y Asia. Se considera que su cultivo se remonta a 2,400 años antes de la era cristiana en el territorio egipcio. Al inicio de la era cristiana el melón ya era conocido y quizá provenía de la India, Sudán o los desiertos iraníes; 300 años después estaba extendido en Italia. Durante la Edad Media, desapareció del sur de Europa, con excepción de España, que era dominada por los árabes (Heredia y Vieira, 2002).

Las exigencias de clima y suelos que este producto requiere para su cultivo, no permite que muchos países puedan destinar una superficie considerable para su producción. Así, a nivel mundial durante los últimos diez años (1992-2001) se han distinguido cinco países como los más importantes productores de melón: China, Turquía, Estados Unidos, España e Irán, los cuales conjuntamente representan el 60% de la producción mundial.

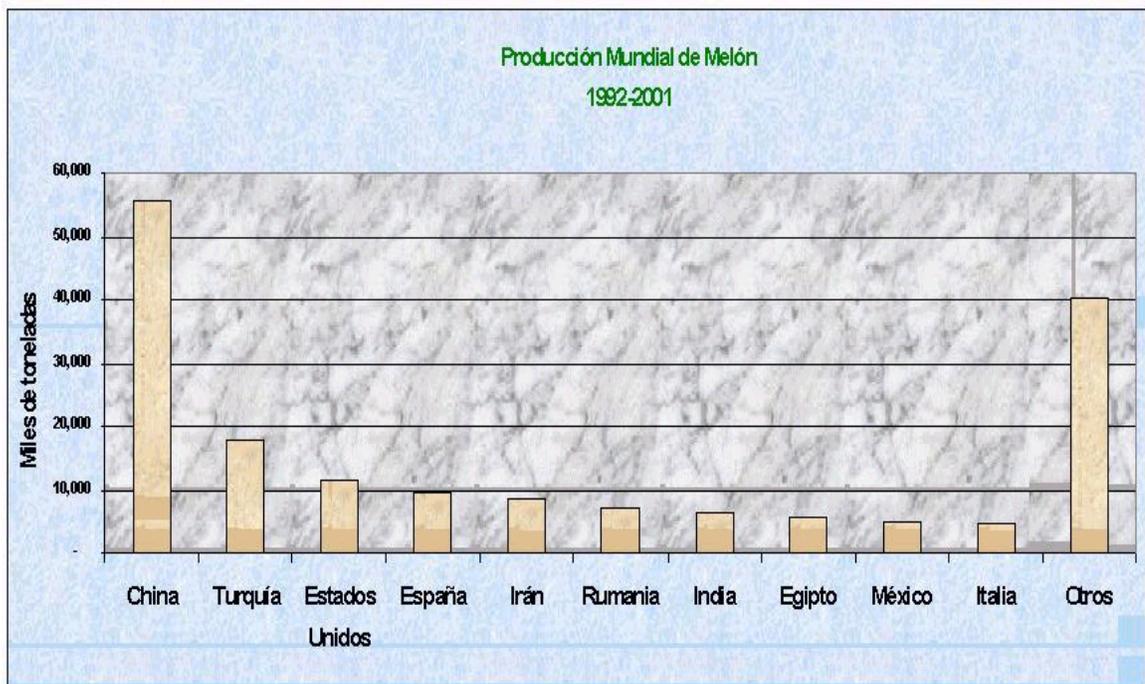
La gran extensión de territorio de China le ha permitido ir incorporando una mayor superficie al cultivo de melones. Entre 1992 y 1999 la superficie promedio destinada al cultivo fue de 287 mil hectáreas, lo que representó el 28.5% del total mundial.

Según datos de la FAO de la ONU, la producción de melones se ubicó, en 2001, en 21.3 millones de toneladas, ubicándose 3.9% por arriba del nivel alcanzado en 2000 (20.5 millones de toneladas).

Desde hace 75 años, el melón mexicano ha mantenido su importancia en el mercado internacional por su calidad. Además de la derrama económica en las zonas de cultivo, en donde beneficia a quienes lo manejan, empaican y comercializan, dado que es el tercer producto agropecuario en la captación de divisas por exportación.

Durante el periodo de 1992 a 2001, los principales estados productores de melón en nuestro país fueron Durango y Sonora, seguidos de Michoacán, Coahuila y Guerrero, los que en conjunto sumaron 60% de la producción nacional (SAGARPA, 2002).

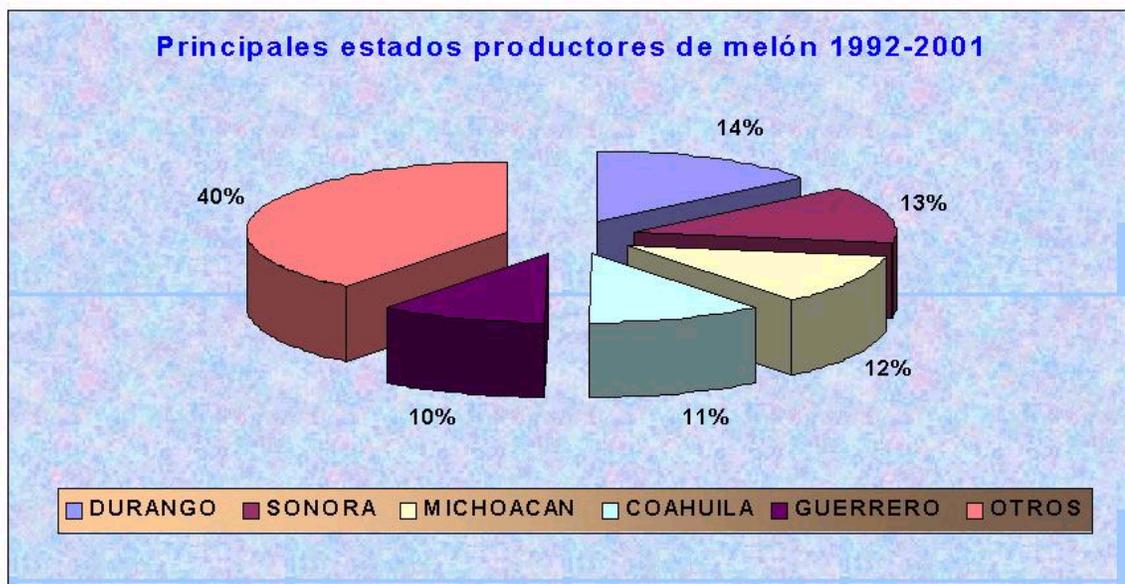
Grafica A. Principales Países Productores de Melón (*Cucumis melo L.*) Durante el



Periodo 1992 -2001

Fuente: SIAP, SAGARPA, 2002.

Grafica B. Principales Estados Productores de Melón (*Cucumis melo* L.) Durante el Periodo 1992 - 2001



Fuente: SIAP, SAGARPA, 2002.

Clasificación Botánica

División: Spermatophyta

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotyledoneae

Orden: Campanulales

Familia:

Cucurbitaceae

Genero: Cucumis

Especie: melo

Descripción Botánica

La planta de melón es herbácea, anual, rastrera, con tallos pubescentes ásperos (provistos de zarcillos) y que pueden alcanzar de 2 a 3 m de longitud. Las hojas son lobuladas y reniformes, vellosas y con diámetro horizontal o longitudinal, entre 7 a 15 cm (Heredia y Vieira, 2002).

Los tallos portan primeramente las flores masculinas y después de algunos días, sobre tallos jóvenes, aparecen las femeninas. Los frutos son de tipo peponídeo, es decir, son simples, carnosos, indehiscentes, sincárpicos, provenientes de un ovario ínfero y con una cavidad central (resultante de la absorción de los septos y de la pulpa). A punto de su madurez, tiene la pulpa blanda, perfumada o casi inodora, dulce, acuosa y de color verde, blanca, cremosa o anaranjado. Las semillas son blancas o amarillo crema, de forma ovalada, achatada, alargada y de tamaño regular y peso aproximado de 0.8 g. (Heredia y Vieira, 2002)

El melón es una planta herbácea, anual y rastrera. Su raíz principal llega a medir hasta 1 metro de profundidad y las raíces secundarias son mas largas (Valadez, 1998).

La planta desarrolla una raíz abundante y rastrera, con un crecimiento rápido entre los 30 y 40 cm. EL tallo es herbáceo que suele ser veloso, y puede ser rastrero o trepador, gracias a sus zarcillos (Segura, *et al.*, 1998)

Requerimientos Ambientales

El melón, como las demás cucurbitáceas y aún más que la sandía, es una hortaliza típicamente exigente en temperaturas relativamente elevadas, tanto del suelo como del aire (con medias entre 18 y 26 grados centígrados). La temperatura del suelo ejerce su influencia en la germinación, mientras que la del aire actúa en el crecimiento y desenvolvimiento de la planta. Las altas humedades relativas inducen desmejoras en las cualidades químicas y organolépticas de los frutos, lo que se suma a la mayor incidencia de enfermedades (Heredia y Vieira, 2002).

El melón se adapta a una gran gama de tipos de suelo, sin embargo, prefiere los de textura areno-arcillosa, con buena fertilidad, bien drenados y con pH entre 5.8 y 7.2.

Parámetros Fisiotécnicos

Fotosíntesis

Russildi (1981) menciona que la fotosíntesis es un proceso bioquímico por el cual las plantas transforman la energía del sol en energía química para realizar sus

procesos metabólicos, también menciona que la luz es la única fuente de energía para llevar a cabo la fotosíntesis.

El proceso mediante el cual se realiza la conversión de la energía lumínica “energía primaria” en alimentos, se conoce como fotosíntesis (Castaños, 1993).

La fotosíntesis es la absorción de energía lumínica y conversión en potencial químico estable para la síntesis de compuestos orgánicos (Bidwell, 1979).

Puede considerarse como un proceso de tres fases:

- 1.- La absorción de luz y retención de energía lumínica.
- 2.- La conversión de energía lumínica en potencial químico.
- 3.- La estabilidad y almacén de potencial químico

Slack *et al.*, (1988) citado por Loyo (2000) menciona que los principales factores que modifican el proceso fotosintético son el CO₂, la temperatura y la luz. El CO₂ es la fuente de carbono para el alimento primario de la planta, a partir de la cual sintetiza los demás compuestos.

Ransmark, (1995) citado por Loyo (2000) estudió la influencia de la intensidad de luz sobre la fotosíntesis y la producción fotosintética, en las hojas de melón (cv. Cantaloupe) con una longitud de 675 nm, la cual sería la máxima eficiencia fotosintética cuando la intensidad de la luz fuera $< 13 \text{ W/m}^2$. A intensidades de luz de 550 nm, la longitud de onda aún sería más eficiente.

Transpiración

La transpiración es la evaporación del agua de las plantas, los principales sitios donde se efectúa ésta es en los hidátodos, los estomas y cutícula. La apertura y cierre de estomas determina la pérdida de vapor de agua, el otro camino es a través de la cutícula, pero aquí la transpiración está restringida por presentar una comparación de la resistencia a la transferencia de agua a través de la cutícula y los estomas en una amplia diversidad de especies (Pantástico, 1984).

Bidwell (1993) menciona que la mayor pérdida de agua que ocurre en la planta tiene lugar a través de los estomas de las hojas. Este proceso está bajo control de la planta, aunque impuesto por las condiciones del medio, y representa uno de los puntos principales de la interacción entre la planta y su medio, debido a la capacidad de la planta para controlar la transpiración estomática.

Aikman y Houter, (1990) citado por Loyo (2000) mencionan a la transpiración como un factor importante en la producción de cultivos. Fernández, (1992) al citar a varios autores, menciona la importancia de los estomas en la transpiración y que el movimiento estomatal depende de la estructura de las células de cierre, y los cambios en turgencia de las células.

Según Ruiz (2000) menciona que la mayor cantidad de agua que pierde la planta se evapora por las superficies foliares, por el proceso de transpiración. La transpiración se ve afectada directamente por la velocidad del viento, ya que las hojas tienen una capa

límitrofe de aire en la superficie y si esta capa es perturbada, se incrementa la transpiración.

Conductancia Estomática

La absorción de CO_2 para la fotosíntesis implica que las plantas exponen superficies húmedas a una atmósfera seca, y en consecuencia, sufre una pérdida de agua por transpiración. Sin embargo, el enfriamiento resultante con frecuencia representa una porción considerable de la disipación del calor por las hojas y es probable que sea esencial para mantener temperaturas estables para la fotosíntesis. Una pérdida muy grande conduciría a la deshidratación. Por lo tanto, las plantas han desarrollado hojas formadas por una epidermis, compuesta de una cutícula relativamente impermeable y válvulas operadas por turgencias: los estomas. La epidermis no solo reduce las tasas de intercambio de CO_2 y vapor de agua, sino también proporcionan un medio para controlar la asimilación y la transpiración a través del tamaño de los poros estomáticos. Así, los estomas desempeñan un papel crucial en el control del equilibrio entre la pérdida de agua y la ganancia de carbono; esto es, la producción de biomasa, la medición del tamaño de la apertura estomática, o la resistencia a la transferencia de CO_2 y vapor de agua entre la atmósfera y el tejido interno foliar, impuesta por los estomas (resistencia estomática), es de importancia en muchos estudios de producción de biomasa. Este es el caso en particular de cultivos en los cuales importa minimizar la

eficiencia del uso del agua, y se define como la masa de CO₂ asimilada (o la ganancia en peso seco) por unidad de masa de agua transpirada (Beadle *et al.*, 1998)

Kitano *et al.*, (1993) estudiaron la respuesta estomatal de las hojas de plantas de pepino a los factores del medio ambiente y observaron que al irradiar las hojas con la luz de tungsteno, la temperatura de la hoja, la transpiración y la conductancia de la hoja subía rápidamente, y posteriormente variaron cuando las condiciones fueron normales.

La conductancia estomática esta completamente bajo control fisiológico, incluyendo el efecto del ácido abscísico (Randin, 1984).

Uso Eficiente del Agua

Las plantas toman el agua para su crecimiento y sustentación, ya que el agua es la que constituye la mayor parte del peso de la planta. Sin embargo, la casi totalidad del agua que la planta absorbe por las raíces no es retenida por ella, sino que se evapora y pasa al aire desde las hojas y otros órganos aéreos. El fenómeno consiste en la pérdida de agua.

El parámetro uso eficiente del agua es común en la investigación agrícola, expresa la relación entre producción y el uso del agua por unidad de área foliar (Bernal, 1993)

Stanhill (1986) define el uso eficiente del agua desde el punto de vista fisiológico, como la porción de peso de agua perdida a la atmósfera por el cultivo, en relación a la producción de materia seca total, y que la capacidad de una planta para usar eficientemente el agua, depende de varios factores.

Parámetros Fisiológicos

Los cambios morfológicos y fisiológicos que ocurren durante el crecimiento del fruto de melón no han sido estudiados extensivamente, a pesar de ser un fruto muy cultivado comercialmente, y muy popular (Miccolis y Salveit, 1991)

El buen sabor del melón depende de la concentración de azúcares y de otros compuestos no identificados totalmente (Yamaguchi, *et al.*, 1997)

La concentración de sacarosa en el mesocarpio del melón es el mayor componente de calidad del fruto.

Hubbard *et al.* (1989) reportaron que la mayoría, si no es que toda la acumulación de sacarosa en el fruto del melón que madura en la planta, es sintetizada dentro del fruto por la enzima sacarosa fosfato sintetasa.

La baja actividad de la sacarosa fosfato sintetasa en el fruto de un genotipo no dulce de melón, comparado con un genotipo dulce, aporta evidencia adicional del

control de la síntesis de sacarosa por la enzima dentro del fruto, pero necesita los fotoasimilados de las hojas de la planta para alcanzar buena concentración de sacarosa; por lo cual Welles y Buitelaar (1988) reportaron que un incremento en el período de maduración de la fruta de melón fue asociado con mayor contenido de sólidos solubles.

También son importantes los cambios de otras características durante el crecimiento y la maduración en la determinación de la calidad. Algunas de estas incluyen cambios en el color externo y de la pulpa, peso, diámetro, firmeza de la pulpa, y diámetro de la cavidad de la semilla.

Cabe hacer mención que se ha reportado el incremento del peso del fruto del melón relacionado con la presencia de polinizadores naturales (abejas) (Fisher y Pomeroy, 1989)

Agricultura sustentable

A fines del siglo XIX e inicios del XX descubrimientos científicos y cambios tecnológicos (fertilizantes químicos, mejoramiento genético vegetal y motores de combustión) posibilitan el inicio de una revolución agrícola, que consolidó el patrón productivo químico, motomecánico y genético. Este patrón, luego denominado agricultura convencional se intensifica a partir de la segunda guerra mundial. Con la Revolución Verde en la década del 70, la agricultura que ya era convencional en el Primer Mundo, se difundió en los países subdesarrollados con el fin de eliminar el

hambre del mundo mediante "paquetes tecnológicos" basados en el empleo de energía fósil e insumos industriales (Gómez y Honty, 1997).

Existen muchas razones por los que la agricultura se ha especializado durante el siglo XX. También se tienen motivos para pensar que la industrialización agrícola seguirá. Pero haciendo un análisis exhaustivo vemos que la agricultura del futuro debe ser diferente a la del pasado. Un paradigma alternativo para el futuro del campo y de la producción de alimentos es la agricultura sustentable (Ortiz, 1999).

Fue en estados Unidos en donde se empezó a manejar el concepto de Sustainable Agriculture.

La difusión mundial del concepto, en 1980 empezó cuando la Unión Internacional para Conservación de la Naturaleza empezó a presentar una estrategia mundial para la conservación poniendo en el centro el concepto de sustentabilidad. El concepto de sustentabilidad tenía una base biológica, pero no social o económica (Tudela, 1993).

Gómez y Honty (1997) mencionan que a mediados de los 80, las evidencias de degradación ambiental y de ineficiencia energética de los sistemas productivos motivaron a que un gran número de investigadores y productores repensaran los fundamentos de la agricultura moderna. Los cuestionamientos sobre hasta que punto los recursos naturales soportarían el ritmo de crecimiento económico impuesto por el industrialismo da origen al nuevo paradigma de la sustentabilidad.

En 1987, la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, publicaba "Nuestro Futuro Común", que colaboró en difundir ese concepto que sugiere cierto tipo de desarrollo económico que permita atender las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras en satisfacer las suyas. Existen sin embargo las más variadas definiciones para el concepto de desarrollo sustentable, la expresión se fue volviendo una especie de slogan, cuyo significado puede variar de acuerdo al contexto en que se emplea. Subyace en casi todas las definiciones la idea que incluye dimensiones económicas, ecológicas y sociales lo que supone una estrategia de desarrollo más compleja que la actual.

La disminución de impactos ambientales, la generación de condiciones que reduzcan el hambre y la pobreza y la consolidación de una ética social más igualitaria son desafíos, ya que se plantea un enfoque amplio de la agricultura sustentable. Más que un conjunto de prácticas y conceptos claramente definidos se está frente a un objetivo a largo plazo y en su camino aparecen numerosas dudas y desafíos (Gómez y Honty, 1997).

Según Michael Redelift (1993) El término Desarrollo Sustentable es difícil de definir en forma comprensiva, ya que tiene diferentes significados para los ecólogos, economistas, productores, ambientalistas etc. Se discute el término Agricultura Sustentable desde el punto de vista de conceptos, contradicciones y conflictos.

El concepto de sustentabilidad se ha abierto también hacia sus implicaciones sociales: o bien la modificación de un ecosistema desestabiliza un sistema social, o bien la desestabilización del ecosistema tiene implicaciones sociales. No puede hablarse de ecología pura sin ligarla con la sociedad (Tudela, 1993).

Lehman (1995) propone cambiar el enfoque de agricultura sustentable al de sistemas de alimentación sustentables, incluyendo ya no sólo la agricultura sustentable y orgánica, sino también otros componentes como son: la tierra, el agricultor, el procesador, el comerciante y el consumidor, en una relación más equilibrada entre el campo y la ciudad, el productor y el consumidor, para que funcione el sistema.

Ortiz (1999) menciona que la Agricultura sustentable es una meta y no un grupo de métodos específicos de producción, e implica algunos principios básicos de los

sistemas sustentables. Este sistema de producción debe ser a favor del medio ambiente, económicamente viable y estar comprometido socialmente.

Para la Red Interamericana de Agricultura y Democracia (RIAD), la agricultura sustentable significa la base de un modelo alternativo de desarrollo que incluye como elementos centrales la democratización de los espacios rurales, la seguridad alimentaria, la protección del patrimonio genético para que se mantenga en el espacio público y no pueda ser privatizado, la producción campesina y la revalorización del Estado (Lehman, 1995)

La sustentabilidad descansa en el principio de que debemos satisfacer las necesidades del presente, optimizando los recursos naturales y humanos (Gogerty, 2001).

Nutrición

Las plantas obtienen la mayor parte de los elementos nutritivos de la solución del suelo. Los elementos nutritivos al penetrar al interior de la planta se utilizan para formar

proteínas, membranas celulares y productos de reserva, como el azúcar, almidones y las grasas (Us,2000)

Las plantas pueden absorber los nutrimentos a través de las raíces, tallos y hojas. Sin embargo, la mayor parte de los nutrientes es captada por las raíces (Ruiz, 2000)

Los fertilizantes orgánicos además de ser una fuente completa de nutrientes para las plantas, aportan materia orgánica al suelo, que para suelos arenosos o con arcillas de baja actividad, representa una mejora en las propiedades físicas, químicas y biológicas, por su efecto acondicionador.

El uso de fertilizantes orgánicos representa una serie de ventajas no solo desde el punto de vista físico, químico y biológico, sino que también permite un uso más eficiente de recursos que de otra forma podrían contaminar las aguas. Al mismo tiempo posibilitan un ahorro de recursos naturales minerales sin renovación y de existencia limitada. El contenido de nutrientes de los fertilizantes orgánicos es muy bajo en comparación con los fertilizantes minerales, no obstante son un aporte significativo en micronutrientes (www.fertilizar.org.ar).

Suárez de Castro (1956) indica que la materia orgánica desde el punto de vista químico representa una mezcla de carbohidratos, proteínas, grasas, resinas y compuestos similares. El mismo autor afirma que la materia orgánica funciona como un depósito o lugar de almacenamiento de los nutrientes que luego suministra en forma lenta y regular a las plantas en crecimiento.

Ventajas del uso de fertilizantes orgánicos

- Aumento de la capacidad de intercambio catiónico del suelo.
- Aumento del porcentaje de CO₂ en el suelo, capaz de acidificar suelos alcalinos.
- Aumento del porcentaje de CO₂ en la parte aérea de cultivos densos que tengan restringida la circulación de aire, promoviendo por lo tanto, un aumento de la fotosíntesis.
- Aumento en la disponibilidad de micronutrientes, no solo por ser una fuente; si no principalmente por los cationes micronutrientes quelatados.
- Fuente de calcio, magnesio y micronutrientes.

- Mejora en la estructura del suelo, promoviendo una mayor aireación y crecimiento radicular.
- Aumento de la capacidad de retención de agua.
- Aumento de la actividad microbiana.

Funciones de los elementos en la planta.

Nitrógeno.

Es un elemento esencial como material de construcción en la planta, forma parte de las proteínas y la clorofila. Fomenta el crecimiento rápido de los vegetales y da a la planta un color verde sano, mejora la calidad de cultivos de hojas y tiende a incrementar el contenido proteínico de todos los cultivos (Us, 2000).

Síntomas de deficiencia.

- Crecimiento retardado.
- Color amarillento pálido.
- Quemadura de los bordes de las hojas comenzando en el fondo de la planta.
- Bajo contenido proteínico.

Fósforo.

Forma parte del ácido nucleico, la fitina y los fosfolípidos. Estimula el primer crecimiento y la formación de las raíces, en el período del desarrollo inicial promueve la formación de las partes reproductivas (Us, 2000)

Síntomas de deficiencia.

- Poco desarrollo, sobre todo de las raíces, y tallos débiles.
- Retrazo de la madurez.
- Coloración purpúrea del follaje de algunas plantas. Las puntas de las hojas viejas mueren frecuentemente.
- Pobre desarrollo de frutos y semillas.

Potasio.

A diferencia de los otros nutrientes mayores, el potasio no forma parte de los constituyentes importantes de las plantas, tales como proteína, clorofila, grasas etc. Este elemento proporciona mayor vigor y resistencia a las enfermedades. Es esencial en la formación y transferencia de almidón y azúcares. También regula las condiciones de agua en la planta y las pérdidas de agua por transpiración (Us, 2000).

Síntomas de deficiencia.

- Las plantas crecen lentamente.
- Menor calidad de frutos.
- Las hojas jóvenes toman una coloración tornando a blanco.

Calcio.

El Calcio es absorbido por la planta en forma catiónica (Ca^{++}), el calcio en el interior de la planta es un elemento poco móvil, interviniendo en la formación de los pectatos de calcio; el calcio forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las células, regulando la presión osmótica de las mismas. El calcio es vital para varios procesos de la planta, ayuda a convertir el nitrato (NO_3) a formas necesarias para la formación de proteínas, activa varios sistemas enzimáticos que controlan el crecimiento de la planta. Es esencial para la formación de paredes celulares y para asegurar una división celular normal (Us, 2000).

Síntomas de deficiencia.

- Pobre desarrollo radicular.
- Inhibición del crecimiento en los bordes de las hojas, curvándose hacia el envés.

- Frutos atrofiados.

Magnesio.

El magnesio es absorbido en forma de catión (Mg^{++}), el cual tiene varias funciones en la planta. Una de las funciones más importantes es que forma parte de la clorofila, el pigmento responsable de la fotosíntesis y del color verde de las plantas.

El Mg es un elemento móvil en la planta y es rápidamente traslocado desde los tejidos viejos a los nuevos. Por lo general, las partes de la planta con crecimientos nuevos contienen la más alta concentración de Mg. Las deficiencias se hacen presentes en las hojas más viejas (Us, 2000).

Síntomas de deficiencias:

- Clorosis entre las nervaduras de las hojas que generalmente comienza en los márgenes o puntas y progresa hacia adentro.
- Defoliación intensa en la planta.
- Un contenido bajo de Mg en las hojas puede conducir a una disminución de la fotosíntesis y al atrofiamiento general de la planta.

Fierro.

El fierro es absorbido por la planta en forma ferrosa y férrica; además de algunas otras formas orgánicas complejas como los quelato; es un elemento inmóvil dentro de la planta. Es un metal que cataliza la formación de clorofila y actúa como un transportador del oxígeno. También ayuda a formar ciertos sistemas enzimáticos que actúan en los

procesos de respiración. Es un componente de muchas enzimas, incluyendo citocromos (enzimas respiratorias) y las ferredoxinas involucradas en funciones, tal y como fijación de nitrógeno y la fotosíntesis (Us, 2000).

Síntomas de Deficiencias:

- Las deficiencias de Fe aparecen en las hojas como un color verde pálido (clorosis), mientras que las nervaduras permanecen verdes, desarrollando un agudo contraste.

Zinc.

El Zinc es absorbido por la planta en forma catiónica (Zn^{++}), es importante en los sistemas enzimáticos necesarios en el metabolismo de la planta e interviene en la formación de algunas auxinas de crecimiento (Us, 2000).

Síntomas de deficiencia:

- Se forman entrenudos cortos y plantas arrosetadas
- El crecimiento es generalmente reducido
- Se forman manchas amarillas y necróticas en las hojas.

Boro.

El Boro es esencial en las plantas para el desarrollo y crecimiento de las células nuevas en los puntos de crecimiento. El papel principal del Boro está relacionado con la absorción de Calcio por las raíces y, por lo tanto, con el uso eficiente de este elemento por las plantas. Otra función del Boro es la formación de complejos dentro de la planta que están asociados con la traslocación de azúcares. Aún cuando el Boro es móvil en el

suelo, es inmóvil dentro de la planta y por esta razón la deficiencia de este nutriente aparece en las hojas más jóvenes o en los puntos de crecimiento (Us, 2000).

Síntomas de deficiencia:

- Generalmente detiene el crecimiento de la planta, primero dejan de crecer los tejidos apicales y las hojas más jóvenes.
- Las flores y frutos son afectados por la deficiencia de este nutriente.

Molibdeno.

El molibdeno es absorbido por la planta en forma aniónica de molibdato (Mo O_4). Actúa en reacciones enzimáticas que originan reacciones de óxido-reducción. Es esencial en los procesos de fijación del nitrógeno, tanto por organismos simbióticos como no simbióticos (Us, 2000).

Síntomas de deficiencias:

- Los síntomas aparecen en las hojas como fajas amarillas intravenales, de 1 a 3 mm de ancho; Son más densas en la mitad superior de la hoja y la densidad decrece hacia la base de la hoja.

Azufre.

El azufre es absorbido por la planta en forma de sulfato (SO_4^-), también puede entrar a la planta por las hojas como dióxido de Azufre (SO_2) presente en el aire. El

Azufre ayuda a desarrollar enzimas y vitaminas, promueve un mayor desarrollo radicular y estimula la formación de semillas (Us, 2000).

Síntomas de deficiencias:

- Presenta un color verde pálido en las hojas más jóvenes.
- Los tallos se tornan leñosos y quebradizos.
- Una formación incompleta de los frutos

Cobre.

El cobre interviene en el proceso metabólico de sustancias vitales, forma parte de la proteína plastocianina, la cual transporta electrones ligados al fotosistema I y II. Regula la respiración y ayuda en la utilización del hierro (Us, 2000).

Síntomas de Deficiencia:

- Manchas pardas o rojizas en la superficie de los frutos.
- Reducción del crecimiento de los brotes jóvenes
- Frutos de forma irregular

Manganeso.

Este elemento es absorbido por las plantas en forma iónica (Mn^{2+}) y es poco móvil en la planta; interviene en diferentes procesos metabólicos, juega un papel directo en la fotosíntesis al ayudar a la planta a sintetizar clorofila y actúa como un catalizador en las reacciones de oxidación y reducción dentro del tejido de las plantas. Además acelera la germinación y la maduración de las plantas e incrementa la disponibilidad de Fósforo y Calcio. Es un factor esencial en los procesos de la respiración y el metabolismo del N (Us, 2000).

Síntomas de deficiencia:

- Se atrofia el desarrollo de las hojas jóvenes
- Puntos necróticos en la planta
- Provoca clorosis intervenal

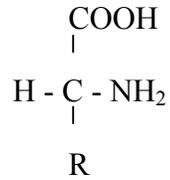
Cloro.

Es absorbido en forma aniónica, como cloruro (Cl^-). Interviene esencialmente en el proceso de la fotólisis del agua, que se produce en la fotosíntesis. Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, las plantas requieren 1.0 Kg de cloro por cada 4 toneladas de materia seca (Us, 2000).

Aminoácidos en la Agricultura

Los aminoácidos son los componentes básicos de las proteínas, macromoléculas complejas que en las plantas desarrollan funciones estructurales (como componentes de las paredes celulares), enzimáticas (muchos procesos bioquímicos están catalizados por proteínas) y hormonales (www.corpmisti.com.pe/).

Se caracterizan por tener en su molécula un grupo amino ($-\text{NH}_2$) y un grupo ácido ($-\text{COOH}$) unidos a un mismo carbono, denominado carbono alfa. A este carbono se encuentran unidos también un átomo de hidrógeno y un radical, que es el que diferencia a los distintos aminoácidos.



En función de la posición que ocupen en el espacio los 4 grupos unidos al carbono alfa se distinguen dos tipos de isómeros denominados dextrógiros (D) y levógiros (L). Los aminoácidos que forman las proteínas y la mayoría de los que se encuentran en la naturaleza, son siempre de la forma L (www.corpmisti.com.pe/).

Las plantas son capaces de sintetizar todos los aminoácidos, tanto los proteicos como los no proteicos, utilizando como fuente de nitrógeno el amonio y el nitrato que encuentran en el suelo o que se les aporta foliarmente. Algunos aminoácidos, además contienen azufre, que la planta obtiene del sulfato del suelo.

La síntesis de aminoácidos, es costosa para las plantas con relación al requerimiento energético que precisa. Este gasto de energía es especialmente importante en momentos en los cuales la fisiología de la planta no es óptima, como puede ser en el caso de golpes de calor o frío, enfermedades o estrés hídrico. Además, está demostrado que las plantas sometidas a algún tipo de estrés necesitan incrementar el contenido total de aminoácidos libres para soportar dicha situación. Esto lo hacen a costa de disminuir la formación de proteínas, lo que provoca una reducción en la tasa de crecimiento de éstas, en dichos casos (www.corpmisti.com.pe/).

Sánchez (1999) menciona que los vegetales necesitan para su correcto desarrollo sintetizar los aminoácidos, ya que representan para la planta un aporte energético básico.

Moderadamente se ha planteado la posibilidad de suministrar a la planta directamente los aminoácidos necesarios para que ella no realice el trabajo de sintetizarlos, ahorrando así energía, que aprovecha para su mayor crecimiento y producción, obteniendo una respuesta más rápida.

Los aminoácidos favorecen la formación de proteínas imprescindibles para la producción vegetal de enzimas y fitohormonas responsables del crecimiento vegetal; asimismo, como activadores de la fisiología y del metabolismo del vegetal, son necesarios para la formación de tejidos celulares y para llevar a cabo los procesos vitales de la planta. Regulan el equilibrio hídrico, especialmente cuando el vegetal sufre algún accidente o alteración fisiológica (heladas, granizo, sequía, insectos, estrés) (Sánchez, 1999).

Los aminoácidos se obtienen por hidrólisis de proteínas. La hidrólisis significa la ruptura de las proteínas en las unidades que las forman, es decir los aminoácidos. Tras el proceso de hidrólisis se obtiene una mezcla compuesta mayoritariamente por aminoácidos libres, aunque también contiene en menor proporción pequeñas cadenas de aminoácidos (péptido de cadena corta). La planta únicamente puede utilizar los aminoácidos libres y dentro de estos, los que son de forma Levógira.

Aplicación de aminoácidos a las plantas

A finales de los años 70 surgió la alternativa, en agricultura, de la fertilización directa de las plantas con aminoácidos libres. Este método evitaría la transformación química del nitrógeno nítrico y amónico dentro de la planta en aminoácidos, y por tanto llevaría a esta a un importante ahorro energético, que le ayudaría tanto a superar situaciones de estrés como para fomentar su crecimiento y desarrollo (www.corpmisti.com.pe/).

También se sabe que los aminoácidos están íntimamente relacionados con los mecanismos de regulación del crecimiento y desarrollo vegetal. Algunas hormonas vegetales se encuentran unidas a aminoácidos o proceden de la transformación de estos, lo que indica el importante papel que puede tener la aplicación de aminoácidos libres como fertilizantes.

Las plantas pueden absorber los aminoácidos tanto por vía radicular como por vía foliar. Por vía radicular serían absorbidos igual que el nitrógeno nítrico o amónico, y la savia los repartiría por toda la planta. La vía foliar es la más utilizada ya que pueden aplicarse conjuntamente con otros tratamientos como abonos foliares, fitosanitarios, herbicidas, etc., traslocándose los aminoácidos desde las hojas al resto de la planta. La aplicación foliar es más eficiente a corto plazo que la vía radicular, aunque esta última es la aconsejable para favorecer el enraizamiento tras el transplante, fundamentalmente en hortalizas.

Aminoácidos más importantes en el metabolismo y fisiología de las plantas.

Solo los L-Aminoácidos tienen actividad biológica y la única manera de obtenerlos es a partir de proteínas naturales mediante procesos de hidrólisis enzimática, o bien por procesos biotecnológicos de fermentación bacteriana. Los aminoácidos con mayor actividad son la glicina, el ácido glutámico, la metionina, la lisina y la prolina (Sánchez,1999).

Glicina.

- Elevado poder quelatante
- Es precursor del anillo de las clorofilas.

Ácido Glutámico.

- Elevado poder quelatante
- Germinación de semillas
- Precursor de clorofilas
- Formación de nódulos
- Precursor de otros aminoácidos

Metionina.

- Maduración del fruto
- Precursor del etileno

- Regulación estomática
- Activación del metabolismo proteínico
- Activación del desarrollo radicular

Lisina.

- Germinación del grano de polen
- Regulación estomática
- Reservas de Nitrógeno

Prolina.

- Germinación del grano de polen
- Frena la acumulación de cloruros
- Ayuda a proteger de las heladas

Efectos en la planta al aplicarse fertilizantes con aminoácidos.

Efectos que se pueden producir en la planta son de tres tipos:

Efecto trófico.- Al ser metabolizados rápidamente originan sustancias biológicamente útiles. Actúan vigorizando y estimulando la vegetación, por lo que resulta de gran interés en los períodos críticos de los cultivos.

Efecto hormonal.- Estimula la formación de clorofila, de ácido indolacético (IAA), producción de vitaminas y síntesis de numerosos sistemas enzimáticos.

Reguladores del metabolismo de los microelementos.- Pueden formar quelatos con los microelementos Hierro, Cobre, Zinc y Manganeso, favoreciendo su transporte y penetración a través de las células vegetales.

Ácidos Húmicos y Fúlvicos

A principios del Siglo XIX surgieron las primeras teorías para explicar el papel de las sustancias húmicas en la nutrición vegetal, llegando al extremo de pensar que el humus era el único material que podía proveer de nutrientes a las plantas. Es por eso que los inicios de la industria de los fertilizantes tuvieron su origen en materiales que combinaban ambos elementos. Los primeros fertilizantes usados eran ricos en minerales, pero también ricos en sustancias húmicas tal como el guano, estiércoles varios, huesos molidos, emulsiones de pescado, cenizas, etc. (Campos, 2000).

En general se ha aceptado el término humus como sinónimo de materia orgánica del suelo, y se define como el total de los compuestos orgánicos del suelo. La humificación es el proceso de evolución mediante el cual la materia orgánica de residuos vegetales y animales es transformada primero en humus y luego en formas más estables, hasta que es totalmente mineralizado en sustancias húmicas.

El término sustancias húmicas se refiere a la mezcla heterogénea de materiales orgánicos producto del proceso de descomposición total de residuos animales y vegetales en el medio ambiente, también llamado humificación (Campos, 2000) .

Las dos principales fracciones de las sustancias húmicas que se utilizan hoy en día en la nutrición vegetal son los ácidos húmicos y los ácidos fúlvicos.

Ácidos Húmicos.

Se conoce como ácido húmico a la fracción de las sustancias húmicas que es soluble en medios alcalinos y que se precipita en medios ácidos. Químicamente son polímeros complejos de compuestos aromáticos, estructuras alifáticas, grupos carboxílicos y fenoles con alto peso molecular y una alta capacidad de intercambio catiónico (Campos, 2000).

GBM (1992), señala que los ácidos húmicos producen un incremento en el contenido de clorofila, lo cual acelera la fotosíntesis total y se genera mayor producción de materia seca.

Kononova (1982), citado por Esquivel (1995) señala que los ácidos húmicos influyen en la estructura anatómica de la planta y en particular, acelera la diferenciación del punto de crecimiento, y aumenta la permeabilidad de las membranas vegetales e incrementa la absorción de los nutrimentos vía foliar y radical.

Narro (1995), citado por Reyna (1996) señala que al utilizar bioactivadores húmicos, en el cultivo de papa, en los estados de Coahuila y Nuevo León, se encontró un incremento en la eficiencia del uso de nutrientes aplicados y nativos, lo que se tradujo en una reducción en las dosis requeridas de fertilización, de hasta un 50 por ciento en el caso de nitrógeno y del potasio, y proporciones menores de otros elementos, de acuerdo a las dosis empleadas en la región.

Hernardo *et al.* (1976), encontraron que un incremento en el desarrollo y por lo tanto el aumento de peso de la planta es el resultado de dos de los fenómenos más importantes que ejercen las sustancias húmicas sobre las plantas sometidas a la acción de los mismos. Acción sobre la respiración y la fotosíntesis.

Ácidos Fúlvicos.

El ácido fúlvico es la fracción de las sustancias húmicas que es soluble en medios alcalinos y no se precipita en medios ácidos. Químicamente están constituidos por polímeros complejos de compuestos fenólicos y un alto contenido de grupos carboxílicos, con un peso molecular relativamente bajo. El ácido fúlvico tiene una muy alta capacidad de intercambio catiónico (Campos, 2000).

Uno de los principales roles que juegan las sustancias húmicas en la nutrición vegetal es el de contribuir a la capacidad de intercambio catiónico del suelo. Los efectos de las sustancias húmicas sobre los nutrientes secundarios y micronutrientes son en gran parte debido a la solubilización de formas inorgánicas de los mismos en el suelo. A mayores concentraciones de sustancias húmicas en la solución del suelo se tiene una mayor disponibilidad de estos elementos.

Cuando se aplican ácidos húmicos y fúlvicos en combinación con fertilizantes foliares se obtienen beneficios adicionales de los efectos fisiológicos de las sustancias húmicas sobre la permeabilidad de membranas celulares. Por su naturaleza orgánica, aumentan la permeabilidad de las membranas, permitiendo un mayor flujo de nutrientes

u otras macromoléculas hacia el interior de las células de las hojas. Adicionalmente, las sustancias húmicas modifican la apertura estomatal, manteniendo los estomas de las hojas abiertos, aún y bajo condiciones de estrés moderado. Estos efectos facilitan la asimilación de aspersiones foliares a través de los estomas (Campos, 2000).

Funciones Físicas de los ácidos húmicos y fúlvicos.

- Degrada las arcillas en suelos compactos.
- Da coherencia en los suelos arenosos y ligeros.
- Aumenta la permeabilidad del suelo.
- Aumenta la capacidad de retención de agua del suelo.
- Reduce la evaporación de agua.

Funciones Químicas de los ácidos húmicos y fúlvicos.

- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico.
- Transporta micronutrientes hasta la raíz de la planta.
- Retiene y facilita la absorción de nutrientes.
- Tiene efecto quelatante sobre el Fe, Mn, Zn y Cu.
- Reducen salinidad al secuestrar el catión Na.
- Producen CO₂ por oxidación y favorecen la fotosíntesis.

MATERIALES Y METODOS

Localización del área de estudio

El experimento de campo se realizó en el Invernadero No. 6, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, y el estudio de laboratorio, coincidiendo con el de campo, en el Laboratorio de Fisiotecnia de la misma Universidad. Las características principales de la localidad de estudio son: 25°22' **latitud N**, 101°03' **longitud W** y **altitud 1743 msnm**. La temperatura media anual es de **19.8°C**. Los meses más cálidos son Junio, Julio y Agosto, con temperaturas que alcanzan hasta los **39°C**, mientras que en los meses de Diciembre y Enero, se registran las temperaturas más bajas, de hasta -**13°C**, presentándose heladas regulares en el período de Noviembre a Marzo. La precipitación es de **350 a 450 mm**, siendo los meses más lluviosos Julio, Agosto y Septiembre; en la época de invierno, las lluvias que se presentan son escasas. **Tipo de Clima:** BWhw (x')(e): clima muy seco, semicálido, con invierno fresco, extremo, con lluvias de verano y precipitación invernal al 10% del total anual. El fotoperíodo medio anual es de **11.99 horas**.

Variedad en estudio

Melón (*Cucumis melo* L.) híbrido Durango.

Diseño del Experimento

Extensión de la parcela evaluada y número de ellas.

Diseño Experimental Completamente al Azar, con arreglo de parcelas divididas con 4 repeticiones (cada repetición con 48 macetas: 6 macetas por unidad experimental, con 2 plantas en cada maceta, macetas con bolsa de polietileno negro de 20 kg y calibre 600). La parcela mayor, 2 niveles de sustrato-suelo (suelo arenoso y suelo con bajo contenido en materia orgánica y marcado carácter arcilloso). La parcela menor son las dosis: dosis 1: testigo (sin tratamiento), dosis 2: 15 l ha⁻¹ por aplicación (45 l ha⁻¹, total), dosis 3: 25 l ha⁻¹ por aplicación (75 l ha⁻¹, total) y dosis 4: 35 l ha⁻¹ por aplicación (105 l ha⁻¹, total). Las variables fisiológicas y de vigor y resistencia, se analizaron en un análisis combinado, contando las evaluaciones como parcela mayor en un arreglo de parcelas subdivididas, para detectar posibles interacciones de Evaluaciones por Suelo y por Dosis de aplicación. El análisis estadístico se realizó con el paquete computacional M.Stat.

Distribución y tamaño de la Parcela o Unidad Experimental

Cuatro tratamientos en 2 diferentes tipos de suelo, por cuatro repeticiones, da un total de 32 unidades experimentales, cada una de ellas con 6 macetas con 2 plantas por maceta, siendo 96 macetas por cama.

Variables evaluadas

Fisiológicas

Fotosíntesis (μmol de CO_2 atmosférico fijado, por metro cuadrado de hoja por segundo, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Transpiración (moles de H_2O transpirados, por metro

cuadrado de hoja por segundo, mol H₂O m⁻² s⁻¹). y Uso Eficiente Fisiológico del Agua, que es la relación de Fotosíntesis y Transpiración, y que por las unidades de medición y los moles de las dos sustancias, las unidades del UEFA son g de CO₂ fijados por la Fotosíntesis, por 10 l de H₂O Transpirada. Estas variables se midieron con el fotosintetómetro portátil LI-6200 (LI-Cor Inc., Nebraska, U.S.A.).

Morfológicas

Peso de raíces por planta al final del ciclo del cultivo. Área Foliar (cm² de hoja por planta) al inicio de fructificación, con el medidor electrónico de Área Foliar LI-3000 (LI-Cor Inc. Nebraska, U.S.A.).

Vigor y Resistencia

Se le dio una calificación fenotípica a las plantas centrales de la parcela, durante el ciclo del cultivo, 4 evaluaciones en la característica de Vigor, y 4 evaluaciones en el caso de Resistencia, con la escala 1-5 (1= pobre; 2= mala; 3= media; 4= buena, y 5= excelente).

Rendimiento

Número de frutos por planta (conteo) Rendimiento Total por planta (Peso de los frutos de la planta, en kg). Peso Promedio del fruto (Peso Total en relación al número de frutos, en kg) y Tamaño (longitud polar del fruto, en cm, ajustado a 3 cifras decimales para el Análisis de Varianza).

Dosis, Epoca y Método de Aplicación

Densidad de Plantación: 22,222 ptas ha⁻¹. Riego con gotero de 3.8 l h⁻¹, siendo la duración del riego de 15 minutos.

- La dosis de 45 l ha⁻¹ de Húmicos 1 equivale a 2.025 ml de Húmicos 1 por planta, con 1.0 l de agua de riego por tratamiento.
- La dosis de 75 l ha⁻¹ de Húmicos 1 equivale a 3.375 ml de Húmicos 1 por planta, con 1.0 l de agua de riego por tratamiento.
- La dosis de 105 l ha⁻¹ de Húmicos 1 equivale a 4.725 ml de Húmicos 1 por planta, con 1.0 l de agua de riego por tratamiento.

La aplicación de tratamientos se realizó en 3 fechas, durante el ciclo del cultivo, primera aplicación, a las 4 semanas después del trasplante; segunda aplicación, 3 semanas después de la primera aplicación; y tercera aplicación, 4 semanas después de la segunda aplicación.

El método de aplicación, fue vía fertirrigación, mediante riego por goteo, fraccionado 1.0 l por maceta, en riegos de 0.5 litros durante 15 minutos, con botes de plástico de 1 l, colocados arriba de las macetas.

Manejo del Experimento

- Fecha de trasplante: 12 de Febrero 2001.
- Fechas de aplicación de tratamientos: 1ª aplicación: 12 de Marzo 2001; 2ª aplicación: 2 de Abril 2001; 3ª aplicación: 30 de Abril 2001.

- Fechas de Evaluaciones Fisiológicas: 1ª Evaluación: 26 de Marzo 2001; 2ª Evaluación: 9 de Abril 2001; 3ª Evaluación: 30 de Abril de 2001; 4ª Evaluación: 21 Mayo 2001.
- Fechas de Evaluaciones de Vigor y Resistencia: coincidentes con las fechas de evaluaciones fisiológicas a excepción de la primera, que fue en la 1ª aplicación de tratamientos (12 de Marzo 2001).
- Fertilización: Se aplicó la dosis de 120-80-00, utilizando como fuente de Nitrógeno, Urea, y como fuente de Fósforo y Nitrógeno, MAP (Monofosfato de amonio) solubles, aplicados en el agua de riego, fraccionados en 10 aplicaciones a lo largo del ciclo del cultivo. Se aplicó Quelato de Hierro para deficiencias, a la dosis de 1 g por litro de agua, aplicado en los botes de plástico, 3 veces a lo largo del ciclo del cultivo.
- Combate de plagas y enfermedades:
 - Insecticidas: Confidor, 0.5 ml l⁻¹ de agua, aplicado a la base de la planta, al trasplante y a los 15 y 30 días después del trasplante.
 - Folimat: 2 ml l⁻¹ de agua; a los 45, 60 y 75 días después del trasplante, aplicado al follaje.
 - Thiodan: 2 ml l⁻¹ de agua, coincidente con el Folimat, aplicado al follaje.
 - Fungicidas: Tecto 60, 2 g l⁻¹ de agua, aplicado a la base de la planta, al trasplante y a los 15 y 30 días después del trasplante.
 - Bayletón, 2 g l⁻¹ de agua, a los 60, 75 y 85 días después del trasplante, aplicado al follaje.
- Deficiencias e Infestaciones:

Se presentó clorosis férrica y anoxia progresiva a la 6ª semana después del trasplante (26 de Marzo 2001)

Se presentó cenicilla polvorienta, provocada por el patógeno *Erisiphe cichoracearum*, a partir de los 80 días después del trasplante.

- El ciclo vegetativo total fue del 12 de Febrero al 4 de Junio 2001.

RESULTADOS Y DISCUSION

En estudios relativos a la respuesta de las plantas a variables ambientales, es necesario considerar las variables más importantes, pues es la herramienta básica para recomendaciones agronómicas y proposición de modelos ecofisiológicos (Reddy *et al.*, 1994). En el estudio de estas variables, el interés de los agrónomos y ecofisiólogos descansa en el hecho de que en invernaderos, se presenta a menudo alta concentración de CO₂ y baja iluminación, y en cultivos a cielo abierto, el CO₂ atmosférico se está incrementando por el uso de combustibles fósiles, lo cual se espera que también incremente la temperatura global del aire, lo que hace necesario realizar estudios tanto en invernadero como en campo (Acock *et al.*, 1990; Fernández, *et al.*, 1993). Es el estudio preliminar del comportamiento de estas variables, lo que permite discriminar inicialmente las variables de mayor importancia en el rendimiento, así como seleccionar aquellas que tengan un mayor sentido biológico.

Fotosíntesis, Transpiración y Uso Eficiente del Agua

En ese sentido, en el cuadro No. 1, se presentan los cuadrados medios para las características fisiológicas, encontrándose, para la variable Fotosíntesis y UEA, diferencias ($p < .01$) en las fuentes de variación de Evaluaciones y Dosis, y diferencias ($p < .05$) en la interacción de Evaluaciones por tipo de Suelo (A x B). Para la variable de Transpiración, se encontraron diferencias ($p < .01$) para la fuente de variación de Suelo por Dosis (B x C); así mismo, se encontraron diferencias ($p < .05$) para los Suelos y la interacción Evaluaciones por Dosis (A x C). Lo anterior, nos indica que las plantas de melón en el invernadero respondieron diferencialmente, a lo largo del ciclo del

cultivo, a las Dosis del producto, respondiendo los Suelos, en promedio de todas las observaciones, de una manera más o menos similar.

En estudios en que la naturaleza de los tratamientos puede no ser tan obvia, como en este caso de aplicación de diferentes dosis de fertilizante orgánico en 2 tipos de suelo, (Little y Hills, 1985) se recomienda un análisis visual de la respuesta de los tratamientos, y aún cuando en el presente estudio no se detectaron diferencias estadísticas al 5 o al 1% en algunas Fuentes de Variación, debido posiblemente al tamaño de muestra, o que para el Análisis de Varianza la respuesta en algunos tratamientos se compensa por una respuesta mas o menos similar en otros tratamientos, pero en sentido inverso, al tomarse todas las observaciones en conjunto (Mendez, 1976), se procedió a realizar pruebas de rango múltiple, seleccionando en éste caso la de Tukey ($p < .05$). Reyes Castañeda (1978) señala que hay pruebas de diferencias de medias que pueden aplicarse, aún cuando no se encuentren diferencias significativas en los Análisis de Varianza convencionales, recomendando la de Duncan, mencionando que por su simplicidad, la de Tukey puede ser una buena alternativa. El hecho de que no se encuentren diferencias significativas en el Análisis de Varianza convencional en las fuentes de Variación de interés, simples y en las interacciones de 1° y 2° orden, puede ser complementado (Ostle, 1968) por un análisis visual cuidadoso, que permite el refinamiento de la técnica, aumento de tratamientos o incrementos en las dosis o raciones, sobre todo en experimentos exploratorios (Steel y Torrie, 1989).

En ese sentido, en el cuadro No. 2 se presentan los valores medios para las 3 variables fisiológicas, para los 8 tratamientos (3 dosis y testigo, en 2 tipos de suelo)

encontrando, como promedio de 16 observaciones (4 evaluaciones y 4 repeticiones) el mejor valor de fotosíntesis, con $3.509 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en la dosis de 45 l ha^{-1} en suelo Arenoso, y el menor valor, de 1.980 (un 44% menor) en el testigo y suelo arcilloso. Los demás tratamientos tuvieron una clasificación intermedia. La característica más representativa es el de Uso Eficiente Fisiológico del Agua, pues nos indica la cantidad de CO_2 fijado por la Fotosíntesis, en relación con el agua perdida por Transpiración, y que por las unidades de medición y los moles de las moléculas, se expresa en g CO_2 fijados por la Fotosíntesis por 10 l de agua Transpirada, presentando el mejor valor, con 2.212 y 2.132, las dosis de 45 y 105 l ha^{-1} en suelo arenoso, y el menor valor, con 1.168 (un 47.2% menor) el testigo en suelo arcilloso. Los demás tratamientos tuvieron una clasificación intermedia. En la gráfica No. 1, se puede observar lo anterior con mayor detalle, y en las gráficas No. 2, 3 y 4 podemos observar la tendencia de las variables fisiológicas a lo largo del ciclo del cultivo, promedio, de cada valor, de 4 observaciones (4 repeticiones). Se presenta una disminución consistente en la característica de Uso Eficiente del Agua, en los testigos en los 2 tipos de suelo, siendo menor el de testigo arcilloso, lo que pone de manifiesto el mejoramiento de las condiciones fisiológicas de las plantas con la adición del mejorador, concordando con lo encontrado por Reyna (1996) en el cultivo de la papa, así como por Cooper *et al.*, 1998, Leifeld *et al.*, 2001, y Nardi *et al.*, 2000. Se presenta una disminución en la actividad Fotosintética y de Uso Eficiente del Agua, entre la 1ª y 2ª Evaluación, aunque después hay recuperación, atribuyéndose la disminución, posiblemente, a la estabilización lenta de los agregados del suelo, aún con la aplicación de ácidos húmicos, sobre todo en suelos arcillosos, de acuerdo con Laird *et al.*, 2001, Kretschmar *et al.*, 1993, y Chenu, 2000.

Vigor y Resistencia

En el Cuadro No. 3, se presentan los cuadrados medios del Análisis de Varianza para las características de Vigor y Resistencia, encontrándose diferencias ($p < .01$) en las fuentes de variación de Evaluaciones, Suelos, Ev x Suelos (para Resistencia) y Dosis. No se encontraron diferencias significativas en las interacciones de A x C, B x C o A x B x C. Se encontraron diferencias ($p < .01$) para vigor, y ($p < .05$) para Resistencia en la fuente de variación de Repeticiones, indicándonos lo anterior, que, a pesar de ser un experimento de invernadero, el diseño del invernadero, de macrotúnel, en que los ventiladores-extractores se encuentran al frente y la cámara húmeda al fondo del invernadero, propició que las plantas tuvieron diferente microclima, de mayor humedad relativa, lo que propició que las plantas con el suelo arcilloso tuviesen más humedad por mayor período de tiempo, y menor Resistencia a Cenicilla, como lo podemos observar en el cuadro No. 4, en el que el mejor comportamiento lo tuvieron las plantas con 45 l ha⁻¹ en suelo arenoso, y el menor valor, el del testigo con suelo arcilloso, (con un 39% menor Vigor, y un 27% menor Resistencia). Lo anterior, se puede visualizar mejor en las gráficas No. 7, 8 y 9, y en ésta última, la primera evaluación nos muestra la nula susceptibilidad a la cenicilla, por lo que entró una evaluación menos en el Análisis de Varianza, al no haber variación en la primera Evaluación (Cuadro No. 3).

Area foliar, Peso de Raíz y Rendimiento

En el Cuadro No. 5, se presentan los cuadrados medios del Análisis de Varianza para características de Area Foliar, Peso de Raíz y de Rendimiento (en cantidad y calidad) encontrándose diferencias significativas (($p < .05$ o $p < .01$) por la fuente de variación de Suelos, a excepción de la variable de Peso de Raíz, siendo en ésta última la única en que se encontró diferencias ($p < .05$ en la fuente de variación Dosis. En el

Cuadro No. 6, se presentan los valores medios para las variables mencionadas (promedio de 4 repeticiones cada valor) en el que, en general, se encuentran mejores valores en los tratamientos de 45 y 105 l ha⁻¹ en suelo arenoso, y el menor valor, con el testigo en suelo arcilloso, sobre todo en Rendimiento Total por planta, Peso Promedio de Fruto y No. de Frutos por Planta. Lo anterior, lo podemos observar mejor en las gráficas No. 5 y 6. La adición de ácidos húmicos al suelo provocan cambios físicos en el sistema de hojas, incremento en el desarrollo y aumento de peso en la planta (Ma *et al.*, 1999). La efectividad de las sustancias húmicas radica en su influencia en los procesos metabólicos de la planta, sobre todo en la productividad primaria (Fotosíntesis) y en la síntesis de los ácidos nucleicos, por el estímulo en la fosforilación oxidativa, fotosíntesis y respiración, por los grupos quinónicos, fenólicos y al conjunto de compuestos nitrogenados que éstos presentan en las sustancias húmicas (Zhang y Schmidt, 1999 y 2000), variables que en el presente estudio se estudiaron parcialmente, pero que tuvieron su expresión en el Vigor, Resistencia, Morfología, Fisiología (gráfica No. 10, que presenta la tendencia de las variables fisiológicas en los 2 tipos de suelo y las diferentes dosis, y su mejor ecuación de predicción) y Rendimiento de melón. Se debe resaltar el hecho, de que por la densidad de plantas, en el presente estudio se llevó una conducción de las guías vertical, con rafia, lo que ocasionó un mayor sombreado de las hojas inferiores y una menor evaporación del agua del suelo, sobre todo en las macetas con suelo arcilloso. Así mismo, la cubierta es acrílica, con una penetración de luz de 300 μmol de fotones fotosintéticos por metro cuadrado por segundo ($\text{DFFF} = 300 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$, datos mostrados en la base de datos para variables Fisiológicas y Agroclimáticas). Esta luz, representa la quinta parte de la luz que otros investigadores han utilizado en otros estudios de cultivos en invernadero (Knight y Mitchell, 1998; Ikada *et al.*, 1998) lo

que probablemente influyó para que las plantas, en general, fuesen más tardías, tuviesen menor rendimiento y frutos más chicos, que para las condiciones de campo, (Mavrogianopoulos *et al.*, 1999) haciéndose necesario, para tener recomendaciones agronómicas generales para la República Mexicana, establecer experimentos factoriales de campo (Le Clerg *et al.*, 1963; Montgomery, 1991) que permitan la descomposición de la interacción Dosis x Ambiente, o de Genotipo x Ambiente, si se realiza el estudio de aplicación de los mejoradores, tanto en el suelo como por vía foliar, en diferentes cultivos.

CONCLUSIONES

- a) La Aplicación de Húmicos 1 mejora la respuesta fisiológica de Fotosíntesis, Transpiración y Uso Eficiente Fisiológico del Agua de plantas de melón en invernadero, siendo mejor en la dosis de 45 y 105 l ha⁻¹ en suelo arenoso, y la de menor valor, en testigo y suelo arcilloso.
- b) La aplicación de Húmicos 1 mejora la respuesta de Vigor y Resistencia de las plantas de melón en invernadero, siendo mejor en la dosis de 45 l ha⁻¹ en suelo arenoso, y la de menor valor, en testigo y suelo arcilloso.
- c) La aplicación de Húmicos 1 mejora la respuesta de plantas de melón en invernadero, para variables Morfológicas y de Rendimiento, siendo mejor en las dosis de 45 y 105 l ha⁻¹ en suelo arenoso y la de menor valor, en testigo y suelo arcilloso.
- d) El producto comercial Húmicos 1 presenta efectividad biológica en melón, evaluado bajo condiciones de invernadero.

RECOMENDACIONES

- a) Realizar Análisis Estadístico Multivariado, con estas y otras variables Fisiológicas y Agroclimáticas, para determinar el mejor tratamiento, considerando todas las variables simultáneamente.

- b) Repetir el Experimento en otras fechas de transplante y con menor densidad de plantación en invernadero y campo, así como con otros cultivos, en comparación con otros productos comerciales.

LITERATURA CITADA

- Acock, B., M.C. Acock and D. Pasternak. 1990. Interaction of CO₂ enrichment and temperature on carbohydrate production and accumulation in muskmelon leaves. Jour. Am. Soc. Hort. Sci. 115(4): 525-529.
- Agricultura Orgánica. www.fao.org/organicag/
- Aikman, D. P. and G, Houter. 1990. Influence of radiation and humidity on transpiration, Implication for calcium levels in tomato leaves. J. Hort. Sci. 65 (3): 245-253.
- Altieri, M., Nicholls, C. Agroecología: Teoría y Practica para una Agricultura Sustentable. www.rolac.unep.mx/educamb/esp/Agroecologia.pdf.
- Anónimo. 1999. La Fertilización con aminoácidos. Industria de Agroquímicos (Plaguicidas e Insumos de Nutrición Vegetal). Año 3. No 8. Junio. Pp. 23 – 24
- Beadle, C. L., M. M. Ludlow y J. L Honeysett. 1988. Relaciones Hídricas. Técnicas en Fotosíntesis y Bioproductividad. Ed. Futura. Colegió de Postgraduados. Chapingo, México.
- Bernal, V., J. A. 1993. Como Controlar las Malezas en Cucurbitáceas. Síntesis Hortícola. 3 (12): 46. México.
- Bidwell, R., G. S. 1993. Fisiología Vegetal. Primera Edición en Español. AGT Editores. 3(12): 46. México.
- Borlaug, N.E. 1996. Food Production, The Human Population Monster, and The Morali and Professional Responsibilities of Agricultural Scientit. Memorias,

Curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable. Septiembre 9-13, Saltillo, Coah., México.

- Borrego E. F. y Murillo S. M. “La Agricultura sustentable” Terminología, Actualidad y Perspectivas. Laboratorio de Fisiotecnia. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Campos. C. A. 2000. Ácidos Húmicos y Fúlvicos: El rol de las sustancias humicas en la nutrición vegetal. Simposium Internacional de Nutrición Vegetal. ITESM. Monterrey. N. L. México.
- Carvajal, A. A. 1998. Evaluación y Selección Fisiotécnica de Cultígenos de Melón (*Cucumis melo* L.) en Invernadero. Tesis Maestría en Ciencias de Fitomejoramiento. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Castaños, C. M. 1993. Horticultura “Manejo Simplificado”. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.
- Cepeda D. J. M. 1985. Química de Suelos. Editorial Trillas, México.
- Claridades. 2000. El melón mexicano; ejemplo de tecnología aplicada. Revista "Claridades Agropecuarias" de ACERCA. Numero 84. Agosto. México, DF.
- Claridades. 20002. Comportamiento de la producción mundial de melón. Revista "Claridades Agropecuarias" de ACERCA. Número 84. Agosto. México, DF.
- Combs, G.F. Jr. 1997. Food Systems for Improved Health: Linking Agricultural Production and Human Nutrition. *Eur. J. Clin. Nutr.* 51(4): 532-533.
- Cooper, R. J., C. Liu and D. S. Fisher. 1998. Influence of Humic Substances on Rooting and Nutrient Content of Creeping Bentgrass. *Crop Sci.* 38: 1639-1644.

- Chenu, C., Y. Le Bissonnais and D.Arrouays. 2000. Organic Matter Influence on Clay Wettability and Soil Aggregate Stability. Soil. Sci. Soc. Am. J. 64: 1479-1486.
- Delfune, G., Scofield, A. M. Efectos de los ácidos humicos y de tres preparados biodinámicos en el crecimiento de plántulas de trigo. I Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica, Toledo, Septiembre, 1999. www.agroecologia.net/congreso/toledo/25pdf.
- Exportaciones de melón:
<http://www.siea.sagarpa.gob.mx/InfOMer/fatus/fpxdtd96.htm>
- Fernández, M., M. Barnes., J. D. Ollerenshaw and A.W. Davison. 1993. Physiological effects of ozone on cultivars of watermelon (*Citrullus lanatus*) and muskmelon (*Cucumis melo* L.) widely cultivated in Spain. Environmental-Pollution. 81(3):199-206. Spain.
- Fertilizantes orgánicos
www.fertilizar.org.ar/articulos/Fertilizantes%20organominerales.htm
- Fisher, R. M and Pomeroy, N. 1989. Pollination of Greenhouse Muskmelon by Bumble Bees (Hymenoptera:Apidae). J. Econ. Entomol. 82 (4): 1061-1066.
- Flores. J. 2002. Ácidos Fúlvicos: Más crecimiento, calidad y rendimiento. TecnoAgro. Año 3. No 7 Julio. Pp. 26 – 28.
- Forjan, O. Hacia una Agricultura Sustentable.
www.inta.gov.ar/crbsass/barrow/agrbarrow/Revista24/sustentable.htm

- Fort, H. D. 1986. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. 2^a Edición. Editorial Continental, México.
- Gogerty. R. 2001. Agricultura Sustentable. El Surco. Edición Centroamericana. Año 106. No. 1. Pp. 2 – 4.
- Gómez, A., Honty, G. 1997. Agricultura Sustentable: Ajustes Tecnológico o Nuevo Paradigma. www.corpmisti.com.pe/novedades/AMINOACIDOS.htm
- Heredia, N. Z., Vieira, M. 2002. EL CULTIVO DEL MELON. Tomado del " Manual de Cultivos Horticolas " (primera parte). Ministerio de Agricultura y Ganadería. División de Programación y Evaluación. Dirección Agropecuaria del Guayas.
- Holding, B. Ácidos Humicos: Un componente esencial para el crecimiento de la planta. www.biofix.com/farmgrdn/spanish/humicsp.pdf
- Ikada, A., S. Nakayama, Y. Kitaya and K. Yabuki. 1998. Effects of Photoperiods, CO₂ Concentration and Light Intensity on Grown and Net Photosynthetic Rates of lettuce and Turnip. Acta Hort. 229:273-282.
- Importaciones de melón:
<http://www.siea.sagarpa.gob.mx/InfOMer/fatus/fpmktd96.htm>
- Izquierdo J. Biotecnología para la Agricultura Sustentable y la Producción Orgánica de Cultivos Alimenticios.
<http://bolivia.usembassy.gov/Biotechnology/biotecagricultura.pdf>
- Juárez, A. D. 2000. Influencia de la Solución Nutritiva en la Producción de Plántulas de Melón (Cucumis melo L.).

- Knight, S.L. and C.A. Mitchell. 1998. Effect of CO₂ and Photosynthetic Photon Flux on Yield, Gas Exchange and Growth Rate of *Lactuca sativa* "Waldmann's Green" J. Expt. Bot. 39:317-328.
- Kretzchmar, R., W. P. Robarge and S. B. Weed. 1993. Flocculation of soil clays: effects of humic substances and iron oxides. Soil Sci. Soc. Am. J. 57(5): 1277-1283.
- Laird, D. A., D. A. Martens and W. L. Kingery. 2001. Nature of Clay-Humic Complexes in an Agricultural Soil: I. Chemical, Biochemical, and Spectroscopic Analyses. Soil Sci. Soc. Am. J. 65: 1413-1418.
- Lazcano F. I. 1998. Es una Regla: las plantas necesitan magnesio. Industria de Agroquímicos (Plaguicidas e Insumos de Nutrición Vegetal). Año 2. No 5. Julio. Pp. 17 – 18.
- Le Clerg, E. L., W. H. Leonard and A. G. Clark. 1963. Field Plot Technique. Burgess Publishing Company. U.S.A.
- Leewandoski, I., M. Hardtlein and M. Kaltschmitt. 1999. Sustainable Crop Production. Definition and Methodological Approach for Assessing and Implementing Sustainability. Crop Sci. 39:184-193.
- Lehman, K. 1995. Que es un Sistema Alimentario Sustentable. RIAD. www.laneta.apc.org/paso/flehm1.htm
- Leifeld, J., S. Siebert and I. Kögel-Knabner. 2001. Stabilization of Composted Organic Matter after Application to a Humus-free Sandy Mining Soil. J. Environ. Qual. 30: 602-607.

- Li-Cor, Inc. 1990. The LI-6200 Primer. An Introduction to Operating the LI-6200 Portable Photosynthesis System. Lincoln, Nebraska, U.S.A.

- Li, C. L. 2002. La Agricultura Sustentable es productiva. Revista del sur. Noviembre-Diciembre.
www.revistadelsur.org.uy/revista.133-134/Desarrollo2.html

- Little, T. M. y F. J. Hills. 1985. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Editorial Trillas, México.

- Los aminoácidos como nutrientes de las plantas
www.corpmisti.com.pe/novedades/AMINOACIDOS.htm

- Loyo, T. S. 2000. Evaluación de Parámetros Fisiotécnicos en Genotipos de Melón (*Cucumis melo* L.) en una Localidad de Ramos Arizpe, Coahuila. Tesis Ingeniero Agrónomo en Producción. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Ma, B. L. , L. M. Dwyer and E. S. Gregorich. 1999. Soil Nitrogen Amendment Effects on Seasonal Nitrogen Mineralization and Nitrogen Cycling in Maize Production. *Agron. J.* 91: 1003-1009.

- Mavrogianopoulos, G. N., J. Spanakis and P. Tsikalas. 1999. Effecto of Carbon Dioxide Enrichment and Salinity on Photosynthesis and Yield in Melon. *Scientia Horticulturae* 79(1-2):51-63.

- Méndez, R. I. 1976. Modelos Estadísticos Lineales. Interpretación y Aplicaciones. FOCCA/CONACYT. México.

- Miccolis, V. and Salveit, M. E. 1991. Morphological and Physiological Changes during Fruit Growth and Maturation of Seven Melon Cultivars. *J. Amer. Soc. Hor. Sci.* 116(6): 1025-1029.
- Montgomery, D. C. 1991. *Diseño y Análisis de Experimentos*. Trad. Jaime Delgado Saldívar. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
- Nardi, S., D. Pizzeghello, F. Reniero and N. Rascio. 2000. Chemical and Biochemical Properties of Humic Substances Isolated from Forest Soil and Plant Growth. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 639-645.
- Narro, F. E. 1995. *Nutrición y Substancias Húmicas en el Cultivo de Papa*. Memorias del VI Congreso Nacional de Productores de Papa. Saltillo, Coahuila, México.
- Ortiz, M. F. 1999. *Agricultura sustentable: Una alternativa viable ante la Agricultura Industrial*. Industria de Agroquímicos (Plaguicidas e Insumos de Nutrición Vegetal). Año 3. No 7. Marzo. Pp. 20 – 21.
- Ostle, B. 1968. *Estadística Aplicada*. Editorial Limusa-Wiley. México.
- Pantastico, E. R. B. 1984. *Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales*. 2ª Edición. Editorial CECSA. México. Pp. 650.
- Prevencio, E. 1993. *La Agricultura Sustentable y el Embrollo de los Conceptos*. www.laneta.apc.org/pasos/fproven1.htm
- Randin, E. A. 1984. Correlación de la conductancia estomática con la capacidad fotosintética de algodón en una atmósfera enriquecida con CO₂. *Plant Physiol.* 88: 1058-1062.

- Reedy, V. R., L .B. Pachepsky and B. Acock. 1994. Response of Crop Photosynthesis to Carbon Dioxide, Temperature and Light. Experimentation and Modeling. Hort Sci. 29(2): 1415-1422.
- Reeves, T. G. 1996. Hacia una Agricultura Sustentable. Memorias. Curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable. Septiembre 9-13, Saltillo, Coah., México.
- Reyes, C. P. 1978. Diseño de Experimentos Agrícolas. Editorial Trillas. México.
- Reyna B., B. 1996. Reducción del Fertilizante de Fondo en Papa (*Solanum tuberosum* L.) al Aplicar Bioactivadores Húmicos y Fertilizantes Foliare, en Arteaga, Coahuila. Tesis de Maestría en Suelos. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila, México.
- RIAD "Red Interamericana de Agricultura y Democracia". 1993. El concepto de Agricultura Sustentable y su Legitimidad. www.laneta.apc.org/pasos/flehm1.htm
- Ruiz, S. G. 1999. Hidroponía Básica: el cultivo fácil y rentable de plantas sin tierra. Editorial Diana. México, D.F. Pp. 22-24.
- Ruiz, S. G. 2000. Hidroponía Comercial. Editorial Diana. México, D.F. Pp. 1-13
- Ruttan, V. W. 1999. The Transition to Agricultural Sustainability. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 96(11): 5960-5967.
- Sánchez. G. D. 1998. Aminoácidos y Fertilizantes. Industria de Agroquímicos (Plaguicidas e Insumos de Nutrición Vegetal). Año 2. No 5. julio. Pp. 29 – 31.

- Sánchez. G. D. 1999. Funciones Químicas y Físicas de los ácidos húmicos y fúlvicos en la Fertilización. Industria de Agroquímicos (Plaguicidas e Insumos de Nutrición Vegetal). Año 3. No 7. Marzo. Pp. 26 – 27.
- Santiago, N. J. 1998. Evaluación y Selección Fisiotécnica de Cultígenos de Melón (*Cucumis melo* L.) Bajo Condiciones de Campo. Tesis Maestría en Ciencias de Fitomejoramiento. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Segura, M. L., C. Cadahia, M. Abad, A. Lopez and R. Muñoz – Carpena. 1998. Fertigation of a melon crop grown in black sedge peat- based soilless media under saline conditions. *Acta Horticulturae* 458: 369-375.
- SIAP, SAGARPA. 2002. Panorama Mundial del Melón.
<http://www.siea.sagarpa.gob.mx/InfOMer/analisis/anmelon.html>
- Stanhill, G. 1986. Water use efficiency. *Adv. Agron.* 39: 53-85.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1989. Bioestadística. Principios y Procedimientos. Editorial McGraw-Hill. México.
- Suárez C. F. 1956. Conservación de Suelos. España, Barcelona, Salvat Editores. 299 p.
- Thöninisen, C., D. J. Midmore, J. K. Ladha, R. J. Holmer and U. Schmidhalter. 2000. Tomato Crop Response to Short-Duration Legume Green Manures in Tropical Vegetable Systems. *Agron. J.* 92:245-252.
- Tudela, F. 1993. La Sustentabilidad: Un concepto y su posible uso práctico.
www.laneta.apc.org/pasos/ftudel2.htm

- Us. T. R. 2000. Selección de híbridos y Dosis de fertilización para el cultivo de sorgo (*Sorghum vulgare* M.) con ferti-irrigación en Anahuac, N. L. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Valadez, L. A. 1997. Producción de Hortalizas. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores, México, D.F. Pp. 245-258.
- Zhang, X. and R. E. Schmidt. 1999. Antioxidant Response to Hormone-Containing Product in Kentucky Blue Grass Subjected to Drought. *Crop Sci.* 39: 545-551.
- Zhang, X. and R. E. Schmidt. 2000. Hormone-Containing Products' Impact on Antioxidant Status of Tall Fescue and Creeping Bentgrass Subjected To Drought. *Crop Sci.* 40: 1344-1349.

APENDICE

Cuadro No. 1. Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) para características fisiológicas en plantas de melón, con la aplicación de Húmicos 1 en 3 dosis y testigo, y 2 tipos de suelo, en 4 evaluaciones.

Fuente de Variación	grados de libertad	Fotosíntesis	Transpiración
Repeticiones	3	.055	0.227
Evaluaciones (A)	3	.611 **	13.066 **
Error (a)	9	.088	1.427
Suelos (B)	1	.001	3.111 *
A x B	3	.696 *	0.157
Error (b)	12	.156	0.608
Dosis (C)	3	.628 **	1.860 **
A x C	9	.047	1.065 *
B x C	3	.060	1.960 **
A x B x C	9	.044	0.377
Error (c)	72	.093	0.432
Coeficiente de Variación (%)		13.99	15.73

Nota: Valores de fotosíntesis, transformados $(x + 2)^{1/2}$

Valores de UEA, transformados $(x + 2)^{1/2}$

Fuentes de variación en conjunto, con * y **, estadísticamente diferentes al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Cuadro No. 2. Comparación de medias para variables fisiológicas en plantas de melón, con la aplicación de Húmicos 1. (Valores promedio de 4 repeticiones y 4 Evaluaciones).

Tratamiento	dosis	Fotosíntesis ($\mu\text{mol O}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$)	Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^2 \text{ s}^{-1}$)
Suelo Arcilloso	0 (Testigo)	1.980 b	3.80 b-c
	45 l ha ⁻¹	3.394 ab	4.43 ab
	75 l ha ⁻¹	3.084ab	4.47 ab
	105 l ha ⁻¹	3.133 ab	4.64 a

Suelo Arenoso	0 (Testigo)	2.191 ab	4.09 a-c
	45 l ha ⁻¹	3.509 a	4.16 a-c
	75 l ha ⁻¹	2.452 ab	3.56 c
	105 l ha ⁻¹	3.349 ab	4.28 ac
Valor de Comparación		Tukey .05 = 0.76	Tukey .05 = 0.164
CMEE		= 0.93	= 0.432
glEE		= 72	= 72

Nota: Valores originales de fotosíntesis y UEA. Valores con la misma letra iguales estadísticamente.

Cuadro No. 3. Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) para características de Vigor y Resistencia en plantas de melón, con la aplicación de Húmicos 1 en 3 dosis y testigo, 2 tipos de suelo, en 4 evaluaciones.

Fuente de Variación	Grados de Libertad Vigor	Grados de Libertad Resistencia	Vigor	
Repeticiones	3	3	3.404 **	1.26 *
Evaluaciones (A)	3	2	13.758 **	17.59
Error (a)	9	6	0.174	0.267
Suelos (B)	1	1	20.320 **	11.28
A x B	3	2	0.799	1.677
Error (b)	12	9	0.263	0.245
Dosis (C)	3	3	5.779 **	2.552
A x C	9	6	0.327	0.503
B x C	3	3	0.654	0.344
A x B x C	9	6	0.411	0.267
Error (c)	72	54	0.407	0.262
Coeficiente de Variación (%)			16.57	11.92

Nota: Fuentes de variación en conjunto, con * y **, estadísticamente diferentes al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Cuadro No. 4. Comparación de medias para variables de Vigor y Resistencia en plantas de melón con la aplicación de Húmicos 1. (Valores promedio de 4 repeticiones y 4 Evaluaciones).

Tratamiento	Dosis	Vigor (1-5)	
Suelo Arcilloso	0 (Testigo)	2.75 d	3
	45 l ha ⁻¹	3.50 c	4
	75 l ha ⁻¹	3.94 a-c	4
	105 l ha ⁻¹	3.63 bc	4
Suelo Arenoso	0 (Testigo)	3.69 bc	4
	45 l ha ⁻¹	4.50 a	4
	75 l ha ⁻¹	4.31 ab	4
	105 l ha ⁻¹	4.50 a	4
Valor de Comparación		Tukey .05 = 0.159	T
CMEE		= 0.407	
glEE		= 72	

Nota: Valores con la misma letra, iguales estadísticamente

Cuadro No. 5. Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) para variables Agronómicas de plantas de melón, con la aplicación de Húmicos 1 en 3 dosis y testigo, y 2 tipos de suelo.

Fuente de Variación	grados de libertad	Area Foliar	Peso Promedio de Fruto	Longitud Polar de Fruto	Peso de Raíz
---------------------	--------------------	-------------	------------------------	-------------------------	--------------

Suelos A	1	426 187 *	0.429 **	16.542 **	0.031	0
Error (a)	6	43 601	0.015	0.586	0.034	0
Dosis B	3	68 546	0.33	1.254	0.097 *	0
A x B	3	31 839	0.019	0.744	0.005	0
Error (b)	18	28 449	0.017	0.646	0.029	0
Coeficiente de Variación		27.46	21.36	7.28	6.70	6

Nota: Valores transformados, para peso de raíz, $(x + 5)^{1/2}$; Rendimiento total $(x + 5)^{1/2}$; No. de Frutos por planta, $(x + 3)^{1/2}$

Fuentes de variación en conjunto, con * y **, estadísticamente diferentes al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente

Cuadro No. 6. Comparación de medias para variables Agronómicas en plantas de melón, con la aplicación de Húmicos 1. (Valores promedio de 4 repeticiones).

Tratamiento	Dosis	Area Foliar (cm ²)	Peso de Raíz (g)	Rendimiento total por planta (kg)	Peso Promedio de Fruto (kg)	Lo
Suelo Arcilloso	0 (Testigo)	1050.21 b	0.661 d	0.444 c	0.44 b	10.
	45 l ha ⁻¹	1550.26 ab	1.593 bc	0.751 bc	0.45 b	10.
	75 l ha ⁻¹	1890.22 ab	1.021 d	1.090 a-c	0.55 ab	10.
	105 l ha ⁻¹	1829.95 ab	1.600 a-c	1.039 a-c	0.52 b	10.
Suelo Arenoso	0 (Testigo)	1970.45 ab	0.597 d	1.571 a-c	0.62 ab	11.
	45 l ha ⁻¹	2751.49 a	2.088 a	2.921 a	0.75 ab	11.
	75 l ha ⁻¹	2287.66 ab	1.557 c	1.960 a-c	0.67 ab	11.
	105 l ha ⁻¹	2230.60 ab	1.993 ab	2.636 ab	0.85 a	12.
Valor de Comparación		Tukey .05 = 266.69	Tukey .05 = 0.085	Tukey .05 = 0.084	Tukey .05 = 0.65	Tu
CMEE		= 284 494.3	= 0.029	= 0.028	= 0.17	= 0
Glee		= 18	= 18	= 18	= 18	= 1

Nota: Se tabulan valores originales de Peso de raíz, Rendimiento total por planta y No. de frutos por planta.. Valores con la misma letra, iguales estadística

Gráfica No 1. Comportamiento de Plantas de Melón con la aplicación (Promedio de 4 Evaluaciones y 4 Repeticiones) para las Variables de Foto ($\text{CO}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$), Transpiración ($\text{mol de H}_2\text{O m}^2 \text{ s}^{-1}$) y Uso Eficiente del Agua (H_2O) en 2 Tipos de Suelo, 3 Dosis y Testigo.

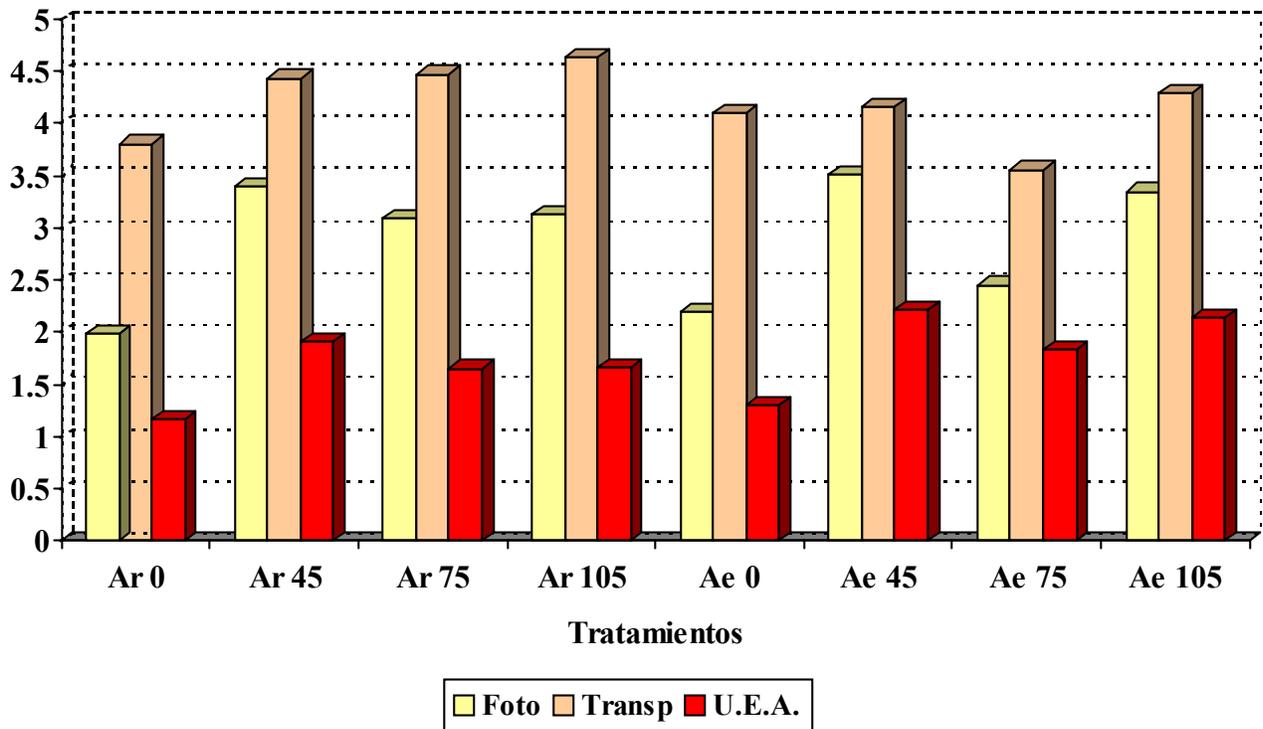
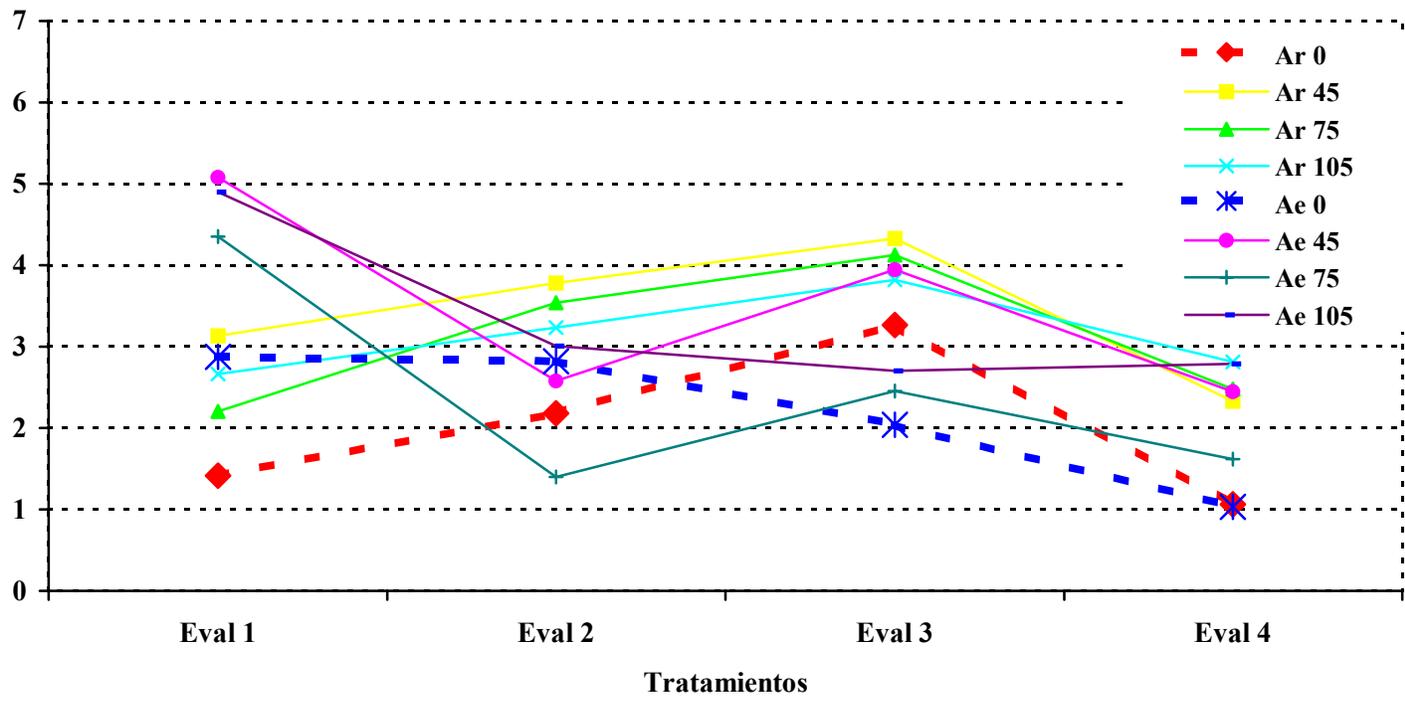
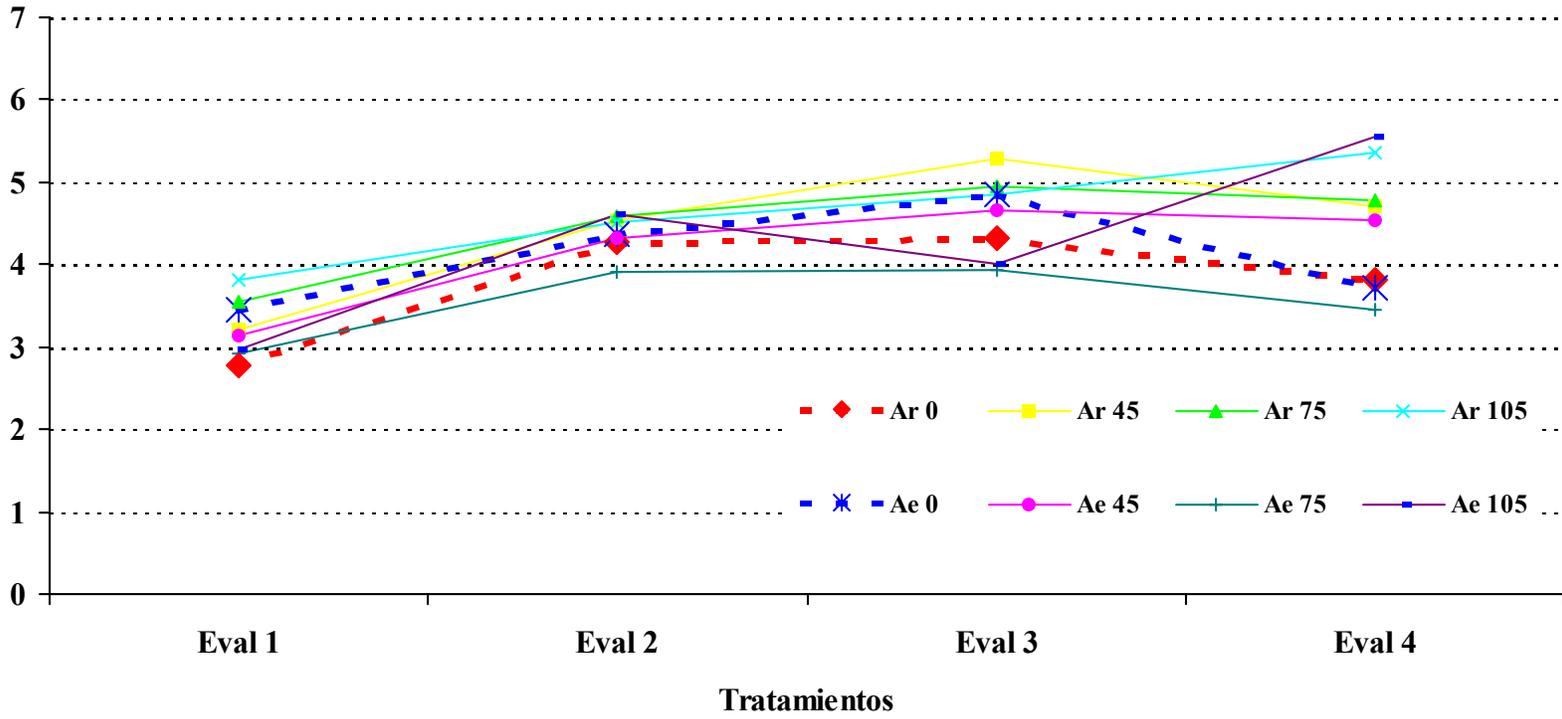


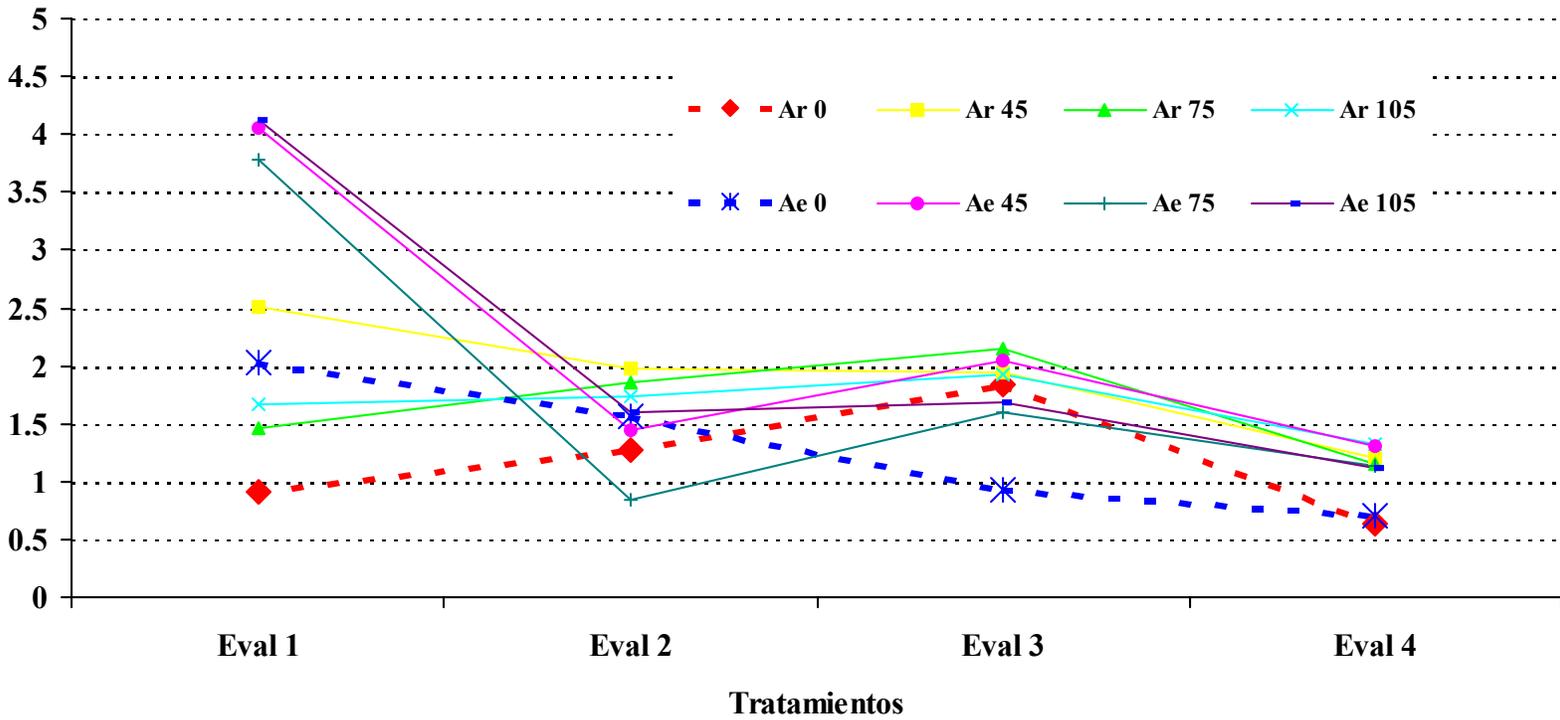
Gráfico C ient ntas de con la ión de



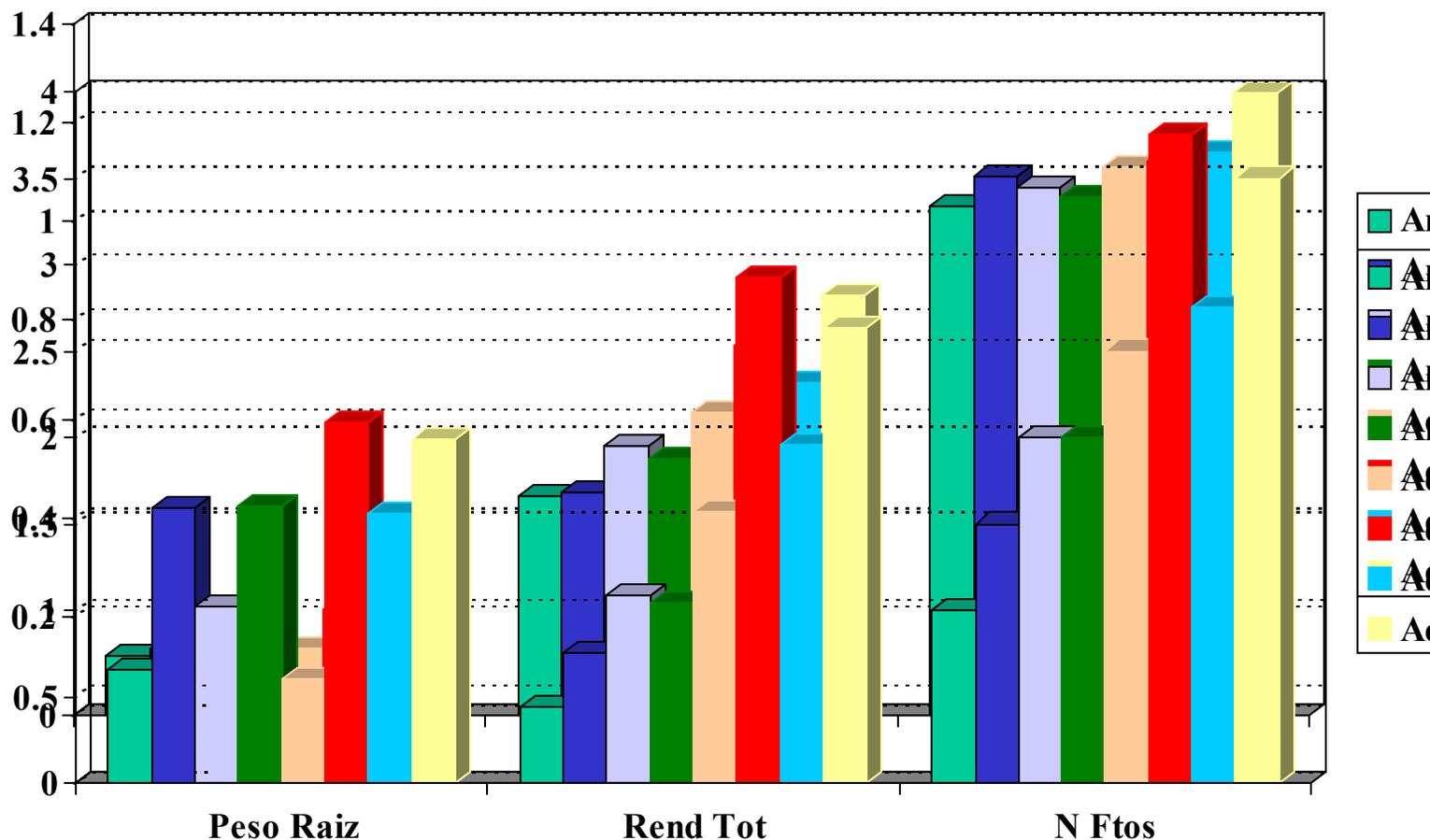
Gráfica No 3. Comportamiento de Plantas de Melón con la Aplicación de HÚ (de 4 Repeticiones) para la Variable Transpiración ($\text{mol de H}_2\text{O m}^2 \text{s}^{-1}$) en 2 Dosis y Testigo, en 4 Evaluaciones.



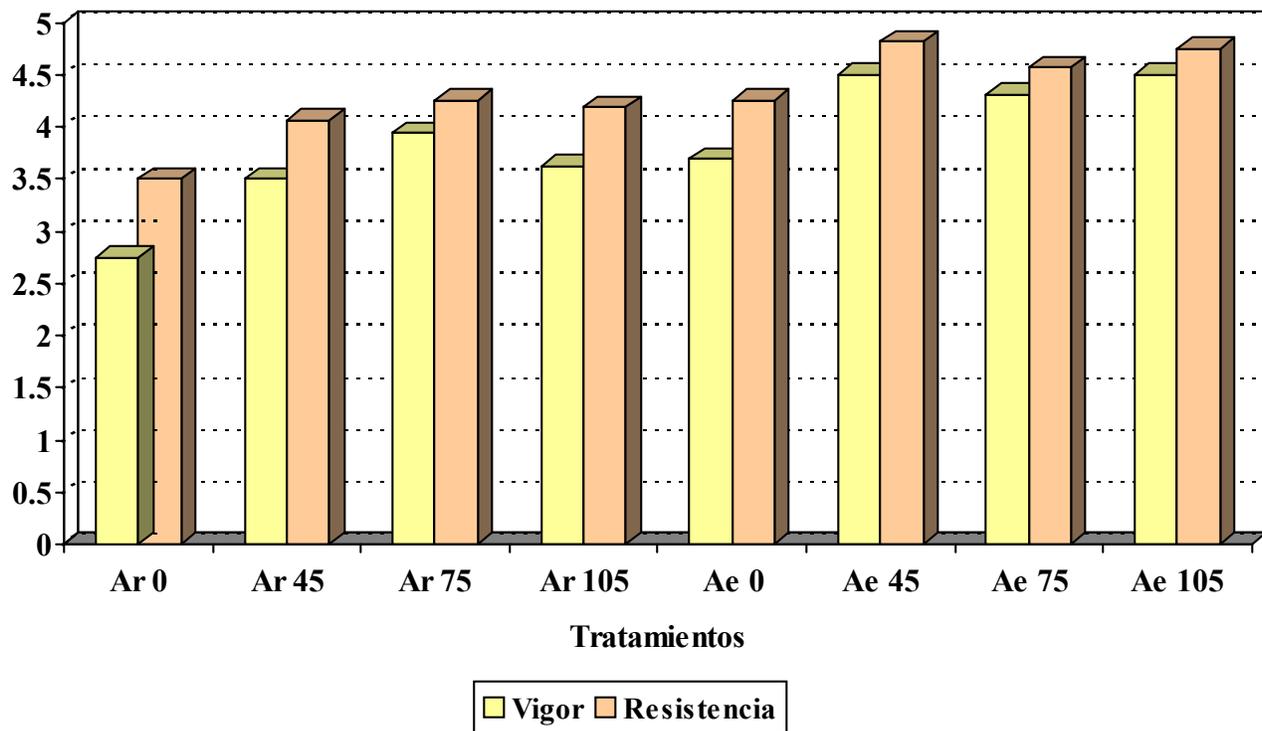
Gráfica No 4 . Comportamiento de Plantas de Melón con la Aplicación de H₂O (Repeticiones) para la Variable Uso Eficiente del Agua (g CO₂ Fijado 10 l de Tipos de Suelo, 3 Dosis y Testigo, en 4 Evaluaciones.



Gráfica No 5. Comportamiento Agronómico de Plantas de Melón con la Aplicación de Húmicos 1 en 3 Dosis y Testigo, y 2 Tipos de Suelo, para las Variables Área Foliar (m²), Peso de Raíz (g), Promedio de Fruto (Kg), y Rendimiento Total (Kg) y Número de Frutos.



Gráfica No 7. Comportamiento de Plantas de Melón con la Aplicación de Húmicos 1 (promedio de 4 Evaluaciones y 4 Repeticiones) para las Variables Vigor (Escala 1-5) y Resistencia (Escala 1-5), en 3 Dosis y Testigo, y 2 Tipos de Suelo.



Gráfica No 8. Comportamiento de Plantas de Melón con la Aplicación de Húmicos 1 en 3 Dosis Testigo, y 2 Tipos de Suelo, (promedio de 4 Repeticiones) para la Variable Vigor (1-5).

Gráfica No 9. Comportamiento de Plantas de Melón con la Aplicación de Hú (Repeticiones) para la Variable Resistencia (1-5) en 3 Dosis y Testigo, y 2 Evaluaciones.

