

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMIA



Evaluación de Siete Sustancias Húmicas en la Producción de Plántula de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), Bajo Condiciones de Invernadero.

por:

LAURO ALBERTO ESQUIVEL GONZALEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Septiembre del 2004

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

**Evaluación de Siete Sustancias Húmicas en la Producción de Plántula de
Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), Bajo Condiciones de
Invernadero.**

por:

LAURO ALBERTO ESQUIVEL GONZALEZ

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada Por:

**Dr. Alfonso Reyes López
Asesor Principal**

**M.C. Alfonso Rojas Duarte
Sinodal**

**M.C. José Antonio González Fuentes
Sinodal**

**Lic. Martha Elena Ochoa Balderas
Sinodal**

**M.C. Arnoldo Oyervides García
Coordinador de la División de Agronomía**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Septiembre 2004

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Gracias a Dios por darme la vida y permitir alcanzar una meta mas en la vida y realizarme como persona.

A MI ALMA MATER:

Gracias a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro la oportunidad brindada, que sirvió para superarme profesionalmente.

A MIS ASESORES:

Dr. Alfonso Reyes López
M.C. Alfonso Rojas Duarte
M.C. José Antonio González Fuentes
Lic. Martha Elena Ochoa Balderas

Por su valiosa participación, asesoría para realización y revisión del presente trabajo.

AL COECYT:

Por otorgarme una beca para realizar mi tesis.

Y gracias a todos mis compañeros y amigos que me brindaron su amistad y la oportunidad de convivir.

DEDICATORIA

MUY ESPECIALMENTE A MIS PADRES:

*Florentino Esquivel Alcaraz
Guadalupe González Gudiño.*

Por la comprensión, cariño y apoyo incondicional para realizar mis estudios.

A MIS HERMANAS:

*Maria de los Ángeles
Edith Alejandra*

Con cariño por ser muy importantes en mi vida.

A MIS TIOS:

Ángela, Antonio, Ignacio, Concepción, Adán, Luis, Nicolás.

A MIS PRIMOS:

Héctor, Martín, Marta Judith, Ruth Daniela, Dolores.

ESPECIALMENTE:

Con gran respeto y admiración a mi Abuelo Pedro Esquivel.

Y con cariño y respeto a mi novia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Índice de Cuadros	III
Índice de Figuras	V
Resumen	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Las Sustancias Húmicas.....	4
Origen y Formación.....	4
Generalidades.....	6
Relación Entre los Ácidos Húmicos y Fúlvicos.....	8
Diferencias Notorias Entre los Ácidos Húmicos y Fúlvicos	9
Efecto de las Sustancias Húmicas en el Suelo.....	11
Efecto de las Sustancias Húmicas en el Desarrollo de las Plantas...	12
MATERIALES Y METODOS.....	16
Ubicación del Área Experimental.....	16
Localización Geográfica.....	16
Descripción del Área Experimental.....	16
Clima.....	16
Suelo	17
Características del Invernadero.....	17
Descripción del Material Utilizado.....	17
Material de Campo.....	17
Material Vegetativo.....	17
Material de Laboratorio.....	18
Sustancias.....	18

Diseño Experimental.....	19
Establecimiento del Experimento.....	21
Preparación de las Camas Flotantes.....	22
Siembra del Cultivo.....	22
Actividades Realizadas Durante el Experimento.....	22
Metodología Seguida para la Aplicación de Tratamientos.....	22
VARIABLES EVALUADAS.....	23
Longitud de Vástago y Raíz.....	23
Peso Fresco.....	23
Peso Seco.....	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
Longitud de Raíz.....	24
Longitud de Vástago.....	27
Peso de Raíz.....	30
Peso de Vástago.....	33
Peso Seco de Raíz.....	36
Peso Seco de Vástago.....	39
CONCLUSIONES.....	43
LITERATURA CITADA.....	44
APÉNDICE.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 3.1. Composición de las sustancias húmicas.....	18
Cuadro 3.2. Composición de la solución nutritiva hougland.....	19
Cuadro 3.3. Arreglo de los factores y tratamientos.....	20
Cuadro 4.1. Cuadro de medias de longitud de raíz de los tratamientos A x B.....	25
Cuadro 4.2. Cuadro de medias de longitud de vástago de los tratamientos A x B.....	27
Cuadro 4.3. Cuadro de medias de peso de raíz de los tratamientos A x B.....	30
Cuadro 4.4. Cuadro de medias de peso de vástago de los tratamientos A x B.....	33
Cuadro 4.5. Cuadro de medias de peso de seco raíz de los tratamientos A x B.....	36
Cuadro 4.6. Cuadro de medias de peso seco de vástago de los tratamientos A x B.....	39
Cuadro 7.1. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz.....	51
Cuadro 7.2. Análisis de varianza para la variable longitud de vástago.....	51
Cuadro 7.3. Análisis de varianza para la variable peso de raíz.....	51

Cuadro 7.4. Análisis de varianza para la variable peso de vástago.....	52
Cuadro 7.5. Análisis de varianza para la variable peso seco de raíz.....	52
Cuadro 7.6. Análisis de varianza para la variable peso seco de vástago.....	52
Cuadro 7.7. Comparación de medias del factor A y B de la variable longitud de raíz.....	53
Cuadro 7.8. Comparación de medias del factor A y B de la variable longitud de vástago.....	53
Cuadro 7.9. Comparación de medias del factor A y B de la variable peso de raíz.....	54
Cuadro 7.10. Comparación de medias del factor A y B de la variable peso de vástago.....	54
Cuadro 7.11. Comparación de medias del factor A y B de la variable peso seco de raíz	55
Cuadro 7.12. Comparación de medias del factor A y B de la variable peso seco de vástago.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 4.1. Longitud de Raíz del experimento de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor sustancias húmicas.....	25
Figura 4.2. Longitud de Raíz del experimento de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor dosis.....	26
Figura 4.3. Longitud de Vástago del experimento de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor sustancias húmicas.....	28
Figura 4.4. Longitud de vástago del experimento de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor dosis.....	29
Figura 4.5. Peso de Raíz del experimento de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor sustancias húmicas.....	31
Figura 4.6. Peso de Raíz del experimento de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor dosis.....	32
Figura 4.7. Peso de Vástago del experimento de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor sustancias húmicas.....	34
Figura 4.8. Peso de Vástago del experimento de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor dosis.....	35

Figura 4.9. Peso Seco de Raíz del experimento de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor sustancias húmicas.....	37
Figura 4.10. Peso Seco de Raíz del experimento de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor dosis.....	38
Figura 4.11. Peso Seco de vástago del experimento de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor sustancias húmicas.....	40
Figura 4.12. Peso Seco de vástago del experimento de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor dosis.....	41

RESUMEN

En México el cultivo del tomate es de suma importancia ya que esta considerado dentro de la dieta alimenticia, ya sea para consumo en fresco o procesado, además es un importante generador de divisas ya que su manejo requiere una gran cantidad de jornales por hectárea (Valadez,1998).

La producción de tomate depende en gran parte de la calidad de plántula generada. Con el fin de determinar el efecto de los ácidos húmicos en el desarrollo de la plántula de tomate en invernadero, se evaluaron siete ácidos húmicos provenientes del mineral de leonardita por diferente forma de extracción para cada una y como testigo se utilizó un ácido húmico comercial proveniente de leonardita, estos ácidos húmicos se aplicaron a dosis de 0.02 y 0.04 ml/L⁻¹ de H₂O.

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial; en donde el factor A (sustancias húmicas), factor B (dosis).

La siembra se realizó en charolas de poliestireno de 200 cavidades, se utilizó como sustrato arena de río, posteriormente las charolas se colocaron en camas flotantes; las variables evaluadas fueron: longitud de vástago y raíz, peso fresco y seco de vástago y raíz.

Los resultados muestran que, en el factor A (sustancias húmicas) el tratamiento No.2 fue el mejor en todas las variables evaluadas, superando al tratamiento No.8 que fue el testigo (un ácido húmico comercial) desde 9.41 hasta 48.79%. En el caso del factor B (dosis) la dosis baja fue la que mejor resultados mostró en todas las variables evaluadas.

Con los resultados obtenidos en esta investigación se recomienda utilizar el tratamiento No.2 a dosis de 0.02 ml/L⁻¹ de H₂O.

INTRODUCCION

El cultivo de tomate es de suma importancia en muchos países del mundo, por la cantidad de subproductos que se obtienen de él y las divisas que genera para el desarrollo económico y social de la agricultura, además por la calidad nutritiva es considerada como alimento básico (Rodríguez, *et al.*, 1997).

En México este cultivo es de gran importancia ya que está considerado dentro de la dieta alimenticia, ya sea para consumo en fresco o procesado, además es un importante generador de divisas ya que su manejo requiere una gran cantidad de jornales por hectárea (Valadez, 1998).

Esta hortaliza es considerada la segunda especie en importancia en México por su superficie cultivada, y la primera por su valor económico de producción y por ser el principal producto de exportación. En el año 1997-1998, la superficie nacional sembrada de tomate rojo fue de 74,228 has. Con una producción promedio de 26.96 Ton./Ha. Y el estado de Sinaloa, representa el 33% de esta superficie sembrada con un promedio de 40 Ton./Ha., Sonora con 21 Ton./Ha. y Baja California Norte con 12.6 Ton./Ha. (INEGI, 1997).

En la actualidad una actividad que permite tener importantes beneficios económicos, es la producción de plántula de tomate en invernadero, con lo que se puede adelantar el ciclo del cultivo, al tener reguladas las condiciones de luz, humedad y temperatura, reduciendo entre 30 y 35 días la producción en campo, lo que permite que se pueda establecer un segundo cultivo (Claridades Agropecuarias, 2000).

Para seguir aumentando los niveles de producción es necesario producir plántulas que resistan a rigores de manejo, que resistan al estrés del

movimiento de ambientes protegidos hacia ambientes de campo, que tengan buena capacidad de establecimiento y reinicien el crecimiento activo inmediatamente después del trasplante, que produzcan rendimientos aceptables sin reducciones ni retrasos comparativos con métodos alternativos de establecimiento (Latimer y Beverly, 1993).

Muchos productores han cambiado la siembra directa por el transplante por que dan poblaciones más homogéneas, cosechas más tempranas y maduración uniforme de las plantas, para esto hay que seleccionar la semilla adecuada, el medio de crecimiento y calidad de agua (Hassell, 1994).

En la actualidad en nuestro país hay todavía bastantes zonas agrícolas dedicadas a la producción de hortalizas con sistemas de producción de plántulas deficientes que requieren ser actualizadas aplicando las nuevas investigaciones que aportan las diferentes instituciones de investigación, como el uso de sustancias húmicas, que al ser utilizadas pueden ser algunas de las soluciones para resolver los problemas que se tienen y hacer mas eficiente la producción de hortalizas.

Las sustancias húmicas son materiales orgánicos presentes en medios acuáticos y terrestres. Las principales sustancias húmicas son: los ácidos húmicos, fúlvicos y hematomelánicos, que poseen grupos funcionales, energía y nutrimentos que al aplicarse al suelo y a las plantas estimulan el crecimiento vegetal interviniendo directamente en mecanismos como la formación de raíces adventicias, en la síntesis de proteínas, la división celular, entre otras, e independientemente en la disponibilidad de iones y su traslocación dentro de las plantas (Narro, 1996).

La producción de plántula en invernadero en los últimos años ha tomado gran reauge, por la calidad con que se producen, por estas razones buscando alternativas para obtener plántulas cada vez mejor se evaluaron el efecto de sustancias húmicas en plántula de tomate.

Por lo anterior se planteo lo siguiente:

OBJETIVO

Determinar el efecto de siete sustancias húmicas en la producción de plántula de tomate, bajo condiciones de invernadero.

HIPÓTESIS

Los ácidos húmicos actúan de forma positiva en la producción de plántula de tomate bajo condiciones de invernadero.

REVISION BIBLIOGRAFICA

Las sustancias húmicas

Origen y formación

La materia orgánica es el conjunto de componentes orgánicos, de origen animal o vegetal, que se encuentran en diferentes estados de descomposición o transformación (Cosmolcel, 1998).

La materia orgánica es una fuente de nutrimentos, tales como nitrógeno, fósforo, azufre y actúan también como agente quelatante de microelementos, tales como Fe y Mn y como fuente de ácidos húmicos y fúlvicos que en algunos casos pueden afectar la fisiología de la planta favorablemente. (Castellanos *et al*, 2000).

En algunas ocasiones el término humus se usa como sinónimo de materia orgánica del suelo. Agrega, el término materia orgánica es generalmente usado para representar los constituyentes orgánicos del suelo, incluyendo el tejido vegetal y animal no descompuesto, productos parciales de la descomposición y la biomasa del suelo (Narro, 1996).

La materia orgánica ayuda a compensar los suelos contra cambios químicos rápidos en el pH, a causa de la agregación de sal y fertilizantes. Los ácidos orgánicos liberados de la materia orgánica en descomposición ayudan a reducir la alcalinidad de los suelos (Thamane, 1986).

La descomposición de la materia orgánica depende de su naturaleza física y química, ya que los microorganismos por hidrólisis enzimática, usa a las proteínas como suministro de nitrógeno, a los carbohidratos de carbón y energía (Dell" Angola y Ferrari, 1971) y como fuente de sustrato para la formación del humus (Bidwell, 1979).

La descomposición de la materia orgánica sucede en dos fases la mineralización y la humificación.

La mineralización es la formación de compuestos, en general soluble (nitratos, fosfatos, etc.) o gaseosos (CO₂), por la acción de microorganismos (Chen y Schnitzer, 1976). Y la humificación, consiste en la síntesis química y/o biológica de compuestos de la degradación de residuos de plantas y animales por la actividad enzimática de los microorganismos (Christensen, 1986).

La materia orgánica se divide en dos grupos:

Las sustancias no húmicas las cuales incluyen compuestos simples de estructuras conocidas como carbohidratos, proteínas, pépticos, aminoácidos, grasas, ceras, resinas, pigmentos y otras sustancias orgánicas de bajo peso molecular. Las sustancias húmicas son complejas, hidrofílicas, ácidas y polidispersas, de rango de peso molecular de varios cientos hasta miles, las cuales son definidas como una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química muy compleja, distinta y más estable que se forma original y provienen de la degradación de residuos de plantas y animales por la actividad de síntesis enzimática de microorganismos (Stevenson, 1982; Schnitzer, 2000) y por metamorfismo de residuos orgánicos sepultados por arcilla (carbón fósil) (Godley y Senn, 2000).

Generalidades

Las sustancias húmicas son compuestos orgánicos de color marrón y amarillo que se extraen del suelo con soluciones álcalis, sales neutras o disolventes orgánicos. El humus contiene alrededor de una tercera parte de ácidos húmicos y dos terceras partes de huminas, o resto de materia orgánica no transformada. Solo una pequeña parte de las sustancias húmicas se encuentran libres, la mayoría se encuentra unida a las partículas del suelo (Narro 1994 y Andrade 1995).

Son una serie de moléculas con un peso molecular relativamente alto, de color café o negro formada por una serie de reacciones secundarias. El término es usado como un nombre genérico que describe el material colorido o sus fracciones en base a su característica de solubilidad, en ácidos o álcalis y se clasifica en: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas (Buffel, 1997; citado por Facio, 2000).

Los ácidos húmicos están compuestos por una mezcla de materia orgánica parcialmente descompuesta. Estos ácidos son provistos de la habilidad de quelatizar positivamente los iones cargados, como elementos minerales, que son absorbidos por las plantas. Esta que laticion natural les da a las plantas tanto vitaminas como minerales y los ayuda a incrementar su biohabilidad protectora (Stott, 1990; citado por Facio, 2000).

El humus en los suelos de bosques, son caracterizados por un alto contenido de ácidos fúlvicos, mientras que los suelos de turbas y pastizales se caracterizan por altos contenidos de húmicos (Stott, 1990; citado por Facio, 2000).

El nombre de ácidos o sustancias húmicas son genéricos para los materiales que se extraen del suelo por varios extractantes y precipitados por ácido mineral diluido. Los comerciales se extraen generalmente de la leonardita, lignito y de las turbas y se les da el nombre de bioactivadores húmicos por que

su principal función agrícola es la de estimular el metabolismo vegetal (Narro,1997).

Las formas fósiles del humus son tres: la leonardita, el lignito y las turbas.

La leonardita es la forma más oxidada del carbón de lignito. Este material es caracterizado por su contenido alto de oxígeno, la cual es atribuido a la presencia de un gran número de grupos carboxílicos. Estos incrementan la solubilidad en álcali (O" Donnell, 1973).

El lignito es un material muy meteorizado y oxidado por lo que tiene características próximas a la leonardita, materia prima muy utilizada por distintas empresas para la obtención de sustancias húmicas. Su contenido en C orgánico es alto, con un contenido alto en cenizas, sin embargo, el residuo insoluble en ácidos, mediante la parte inerte, normalmente silicatos, de estas cenizas, puede considerarse bajo en relación con los otros minerales.

Las turbas son materiales sometidos a un largo proceso de humificación por lo que poseen normalmente un elevado contenido en humus estable, mientras que los intensos lavados a los que por lo general han sido sometidos sean bajas en ácidos fúlvicos. Contienen N en forma similar al lignito, una cantidad de K nada despreciable, y su riqueza en Fe es del 1.95% (Narro,1997).

De acuerdo a su solubilidad en álcalis y ácidos, las sustancias húmicas se clasifican en ácidos húmicos (AH) y fúlvicos (AF), los cuales son macromoléculas aromáticas complejas, muy estables, con estructura polimérica en forma de círculos, cadenas y racimos y ciclos aromáticos condensados, con aminoácidos, amino-azúcares, péptidos y compuestos alifáticos (Stevenson, 1982; Schnizer y Schulten, 1995; Schinizer, 2000) y las huminas residuales (HR), las menos estudiadas hasta ahora.

A pesar del considerable progreso experimental por la química del humus en los últimos veinte años, la estructura de la materia orgánica del suelo continua sin ser conocida en su mayor parte. Frente a los conceptos clásicos que consideraban las sustancias húmicas como macromoléculas vegetales alteradas, los estudios mas recientes han puesto de manifiesto su composición química característica, su origen mediante mecanismos simultáneos de alteración y neoformación y su actividad reguladora de procesos físicos y químicos en los suelos. Aunque muy probablemente se requieran otros veinte o treinta años para obtener un modelo valido de los sistemas coloidales del humus, en la actualidad se asiste al desarrollo creciente de investigaciones que se encontraban limitadas por la aplicación generalizada de planteamiento procedentes de la química de la lignita y del carbón. Aparte del interés básico de poder llegar a conocer los aspectos fundamentales de la síntesis, estructura y reacciones de estos sistemas macromoleculares, dicho conocimiento es también necesario para explicar los procesos que tienen lugar en el suelo y que se reflejan en el balance del carbono y la productividad de los ecosistemas terrestres. (<http://edafologia.ugr>).

Relación entre los ácidos húmicos y fúlvicos

El ácido fúlvico contiene un porcentaje menor de carbono (44-49%) que los ácidos húmicos.

En los ácidos fúlvicos el Ca es significativamente mas bajo y el de hidrógeno supera al de los ácidos húmicos. Debido a la poca pronunciada estructura aromática, la relación carbono, hidrógeno en los ácidos fúlvicos en la mayoría de los casos es mas bajo en los húmicos.

El ácido fúlvico es el material sobrante en la solución una vez que se ha extraído el ácido húmico por acidificación. Tiene carga negativa y es soluble en álcalis y ácidos.

El humus influye en la capacidad de un suelo para retener y poner a disposición de la planta tanto aniones como cationes. La capacidad de intercambio cationico (C.I.C.) esta dada por los ácidos fúlvicos y húmicos afectando de manera positiva la disponibilidad de nitrógeno (en su forma amoniacal), potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso y zinc, (Seok y Bartlett, 1976).

Diferencias notorias entre los ácidos húmicos y fúlvicos.

Los ácidos fúlvicos, son una cadena corta de moléculas las cuales tienen un peso molecular bajo, de color amarillo y solubles alcalinas y ácidas. Por otra parte, se citan también como sustancias que pertenecen a las sustancias húmicas, solubles en agua bajo todas las condiciones de pH. Los ácidos fúlvicos son amarillos o amarillo-café y ligeros en peso molecular (Aitken, 1985; Drozd, 19789).

El bajo peso molecular de los ácidos fúlvicos contiene una mayor cantidad de oxígeno pero menor cantidad de carbono que los de alto peso molecular como los ácidos húmicos. Los ácidos fúlvicos, contienen mayor cantidad de grupos funcionales de ácidos naturales, particularmente COOH (Flaig, 1966).

Los ácidos húmicos tienen importancia en la producción de iones minerales, son también reconocidos por su habilidad de hacer a las vitaminas y minerales absorbibles para las plantas. Esto se logra al transformar minerales elementales en formas orgánicas que son fácilmente transformadas dentro y a través de las raíces y las membranas de las plantas (Hipocrates, 2000).

Las plantas absorben minerales y proteínas a través de los pelos radicales, un ion a la vez. La interacción entre los ácidos fúlvicos y los

elementos minerales deben tomar lugar antes de que esta absorción puede suceder.

Cuando los minerales se ponen en contacto con los ácidos fúlvicos, en medio acuoso, los minerales son transformados a una forma iónica o asimilable para la planta. Estos minerales literalmente se hacen parte de los ácidos fúlvicos, pero cuando los elementos minerales son transformados a un elemento orgánico, a través de un proceso químico natural involucrando ácidos fúlvicos y fotosíntesis, esto lo hace seguros para ser usados tanto en humanos como en animales (Hipócrates, 2000).

Por otra parte, los ácidos húmicos se presentan como sólidos amorfos de color marrón oscuro, generalmente insolubles en agua y en casi todos los disolventes no polares, pero fácilmente dispersables en las soluciones acuosas de los hidroxilos y sales básicas de los metales alcalinos y constituyen un hidrosol que puede experimentar floculación mediante el tratamiento de los ácidos o demás cationes. (<http://edafologia.ugr>).

La diferencia física más importante entre los ácidos húmicos y fúlvicos es que los primeros son coloides orgánicos muy complejos, mientras que los segundos son compuestos de peso molecular relativamente bajo, con las diferencias en solubilidad que esta implica. Aparte del tamaño de la molécula, se trata de compuestos químicamente bastante similares, con un contenido de carbono entre el 40 y el 60% (más alto en los ácidos húmicos), y de oxígeno entre el 30 y el 50% (mayor los ácidos fúlvicos). Este mayor contenido en oxígeno de los ácidos fúlvicos implica una mayor riqueza en grupos oxigenados relacionado con los procesos de quelatación de metales. Estos grupos son, entre otros: carboxilos, hidroxifenoles, hidroxienoles, hidroxiquinonas, lactonas, éteres e hidroxialcoholes.

Los ácidos húmicos son formulaciones líquidas de sustancias húmicas que se emplean habitualmente mediante agua de riego o en pulverización foliar para incrementar la absorción y asimilación de los nutrientes minerales, de tal

forma que actúan sobre el cultivo incrementando el vigor, rendimientos y calidad del producto.

Incrementan la capacidad de intercambio cationico, es decir, la capacidad de retención de nutrientes en el suelo para su disposición por el cultivo y forman complejos estables con microelementos, con lo que se mejora la nutrición previniendo estados carenciales. A ello se une su función bioestimulante que incrementa el desarrollo radicular y la absorción de elementos nutritivos y además mejora sustancialmente las características físicas del suelo como su textura y estructura, porosidad, permeabilidad, etc. (<http://www.agrimartin.com>).

En resumen, los ácidos húmicos tienen un mayor efecto positivo sobre las propiedades y estructura del suelo, mientras que los ácidos fúlvicos actúan mas sobre la nutrición de la planta y como activadores de su metabolismo. Los ácidos húmicos tienen un efecto a mas largo plazo y los ácidos fúlvicos de manera mas inmediata.

(<http://www012.infonegocios.com>)

Efecto de las sustancias húmicas en el suelo

La aplicación de ácidos húmicos al suelo favorecen, entre otros aspectos, la formación de agregados y de la estructura; disminuye la densidad aparente, la capacidad de almacenamiento de humedad aprovechable y se incrementa la capacidad de intercambio catiónico, disminuye el pH en los suelos alcalinos y se eleva la fertilidad natural al facilitar la absorción de los nutrimentos presentes y disminuir pérdidas por lixiviación o liberados en forma asimilable (García,1992).

Entre los principales efectos de las sustancias en las características químicas, físicas y biológicas de los suelos, destaca que como mejoradores aumentan la disponibilidad de algunos macro y microelementos (K, Ca, P, Fe,

Zn y Mn), incrementan la capacidad de intercambio catiónico, mejoran la estructura y aumentan la disponibilidad de humedad en el suelo. (Chen y Aviad, 1990).

Estas sustancias reducen la compactación, facilita el laboreo, reduce la formación de costras, disminuye la resistencia al suelo de la penetración de raíces, (Narro,1997).

Los ácidos húmicos afectan positivamente el crecimiento de microorganismos aeróbicos, especialmente los que descomponen celulosa, almidón y proteínas; el número de microorganismos existentes por gramo en el suelo, con la adición de pequeñas cantidades de ácido húmico (10 ppm), aumentan en gran cantidad, hasta 2,000 veces más que el testigo, lo que favorece la fertilidad del suelo, (Narro,1994).

Al estudiar los ácidos húmicos y la fertilidad en el cultivo de brócoli, el ácido húmico mejoro las características físicas del suelo principalmente en densidad aparente y porosidad (Martínez 1992).

Efecto de las sustancias húmicas en el desarrollo de las plantas

Las sustancias húmicas producen múltiples beneficios a la agricultura, entre los que destacan: mejora algunas partes físicas y químicas del suelo e intervienen directa e indirectamente en una gran cantidad de procesos fisiológicos de la planta, como son la formación de raíces adventicias, respiración de raíces y síntesis de proteínas, e indirectamente en la disponibilidad de iones y su traslocación dentro de la planta (Vaughan y Malcolm, 1985; Kuiters y Mulder, 1993).

Los ácidos húmicos incrementan la permeabilidad de la membrana, y se favorece así la asimilación radical y aplicaciones foliares de nutrimentos. Favorece la traslocación de macro y microelementos dentro de la planta lográndose una mejor nutrición de la planta; acelera la fotosíntesis e incrementa la clorofila aumentando la producción favorablemente. Las sustancias húmicas influyen directamente en el crecimiento de las plantas (Narro,1987).

La acción de los ácidos húmicos en las plantas se resume en lo siguiente:

1. Trasladan los nutrientes desde las raíces hasta la parte aérea de las plantas y del exterior de la hoja hasta los sitios de acumulación.
2. Incrementan la permeabilidad de las membranas y favorecen los procesos energéticos de las plantas relacionadas con la respiración.
3. Son activadores y estabilizadores de algunas enzimas, además de estimular algunas reacciones, procesos y funciones bioquímicas y fisiológicas de la planta.
4. Acelera la germinación de las semillas e incrementan su porcentaje de germinación y uniformidad bajo circunstancias adversas.
5. Incrementan la biomasa total de la planta, peso fresco y peso seco. (Palomares 1990).

Los principales efectos de las sustancias húmicas sobre las características de muchas plantas cultivadas son:

- Estimulan la división celular y desarrollo de meristemos.
- Incrementan la permeabilidad de las membranas vegetales.
- Actúa como regulador del crecimiento.
- Incrementa la asimilación de nutrimentos en la planta por la vía radical y foliar.
- Mejora el transporte de nutrimentos en la planta.
- Acelera la fotosíntesis total y neta, y la respiración.
- Activa y estabiliza algunas enzimas.
- Estimula los procesos de utilización de nutrimentos.

- Incrementa respiración y actividad oxidativa de las raíces.
- Mejora la nutrición vegetal.
- El rendimiento se incrementa.
- La calidad del producto cosechado se mejora.
- Se produce un adelanto de cosecha (Narro 1996).

Los efectos de las sustancias húmicas sobre el desarrollo vegetal bajo condiciones de adecuada nutrición vegetal, muestran resultados positivos sobre la biomasa de la planta y se menciona también que estas sustancias húmicas tienen mayores efectos sobre las raíces que sobre las partes aéreas. También se indica una respuesta superior de las sustancias húmicas y fúlvicas de origen natural, contra aquellas de procedencia comercial donde las primeras estimulan el crecimiento de tallos en varias plantas, cuando son aplicadas con soluciones nutritivas a diversas concentraciones (Chen y Aviad,1990). Además de que se ha observado que generalmente hay un estímulo del crecimiento radical y un mejoramiento de la iniciación de las raíces (Narro, 1997).

En una investigación el efecto de las sustancias húmicas extraídas de composta vegetal madura hecha de bastones de la vid (cv. Soultanina) en la germinación y crecimiento de las plantas de semillero de tomate (cv. Ducado F1). Las sustancias húmicas (ácidos húmicos, fúlvicos y humato de sodio) fueron beneficiosas en el crecimiento de la raíz en las concentraciones de (1000-2000 ppm). Concluyendo que el desarrollo fue promovido más que el crecimiento de la raíz por las sustancias húmicas (Lulakis, 1995).

Al realizar un experimento en el cultivo de fríjol para la respuesta de la aplicación de ácidos húmicos comerciales a diferentes dosis encontró que el producto comercial Humiplex plus en la dosis baja de 10 kg/ha mejoró la altura de la planta y que el producto si influye positivamente para la variable de floración ya que incrementa la floración en un 20% (Meza, 1995).

En un experimento realizado en brócoli con la aplicación de ácidos húmicos y fertilización foliar concluyo que los ácidos húmicos aplicados foliarmente mejoran los aspectos tales como altura de planta y área foliar los cuales repercuten en el rendimiento y calidad (Carlo, 1992).

Carlo, (1992), menciona que los ácidos húmicos foliares mejoran la altura de las plantas en el cultivo del brócoli, por su parte Barbosa, (1994). ,concluye que con la combinación de giberelinas, ácidos húmicos y algas marinas; se logra obtener plantas con mayor altura en menor tiempo en cilantro, mientras que De la Cruz (1992), al combinar ácidos húmicos y fertilizantes, incrementó el crecimiento de la planta de melón y Facio (2000), en el cultivo de tomate utilizó el humiltron (acido húmico de leonardita) y fultron plus, incrementando desde un 8.33% hasta un 15.47% la altura de la planta de tomate con respecto al testigo.

Los ácidos húmicos aumentaron el crecimiento de plantas de tomate en solución nutritiva, bajo condiciones de pobre aireación. Adicionalmente, igual después de la acumulación por ácidos húmicos bajo condiciones inadecuadas de aireación, las plantas de tomate fueron considerablemente más pequeñas, que cuando crecieron en solución nutritiva sola bajo condiciones aeróbicas adecuadas (Guminski *et al*, 1965.; Guminski, 1968).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área experimental.

El presente trabajo se llevó a cabo en el invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN).

Localización geográfica.

La Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” se encuentra ubicada en Buenavista, al sur de Saltillo, estado de Coahuila, México. Estando situada entre las coordenadas 25° 23' 42" de latitud norte y 100° 50' 57" de longitud oeste, así también a una altitud de 1742 msnm.

Descripción del área experimental.

Clima

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1964), el tipo de clima de Saltillo, Coahuila, México, es definido como seco estepario en donde la temperatura media anual es de 18°C y la precipitación media anual es de 365 milímetros; los meses más lluviosos son de junio a septiembre pero el más lluvioso es junio (Navarro, 1986).

Suelo

La textura de los suelos varia de migajón arenosos a migajón arcilloso, localizados sobre un substrato calcáreo, duro y continuo denominado petrocalcico.

Características del invernadero

El tipo de invernadero es baticenital, esto significa que tiene ventilación pasiva (cortinas móviles); con ventilación lateral en todos sus lados y cenital en cada nave. El área que dicho invernadero ocupa es de 1200 m², el plástico con el que esta construido es de tipo térmico calibre 200.

Descripción del material utilizado.

Material de campo.

Los materiales que se utilizaron fueron: Camas flotantes como contenedores para las charolas de poliestireno “unicel” de 200 cavidades, arena que se utilizo como substrato para germinación en las plántulas de tomate, tonel de 200 litros para la aplicación de agua y fertilización, botes de plástico de 1 litro para la aplicación de los tratamientos y una espátula para sacado de las plántulas y evitar dañar las raíces.

Material vegetal.

Semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) del híbrido 22671 “Río Grande” de hábito determinado, tipo saladette.

Material de laboratorio.

Balanza analítica digital OHAUSO modelo TS120 expresada en gramos, con capacidad máxima de 120 gramos, para evaluación de peso fresco y seco de las muestras, estufa de aire caliente MAPSA modelo HDP334 para secar las muestras frescas, regla graduada para medir las plántulas, bolsas y sobres de papel para envolver las muestras y colocarlas a la estufa y el uso de una piceta para la aplicación de las sustancias húmicas (tratamientos).

Sustancias.

Sustancias húmicas, solución hoagland, fertilizante triple 17 plus y un ácido húmico comercial (humiltron).

Cuadro 3.1. Composición de las sustancias húmicas

Muestras (sustancias húmicas)	Análisis	
	Ácido húmico (%)	ácido fúlvico (%)
1	5.15	2.38
2	—	0.74
3	6.07	0.81
4	6.40	1.14
5	15.20	0.51
6	13.64	1.19
7	—	1.78
(Humiltron) 8	14.85	—

La sustancia húmica No.8 (humiltron) que se muestra en el cuadro 3.1, es un ácido húmico comercial derivado del mineral de leonardita, que se utilizó como testigo para evaluar a las otras siete sustancias húmicas del cuadro 3.1, estas ultimas también son de origen del mineral de leonardita pero cada una de ellas se obtuvo mediante un proceso diferente de extracción.

Cuadro 3.2. Composición de la solución nutritiva hougland.

Nomenclatura	Gramos / litro	Solución final (ml/L)
H ₄ H ₂ PO ₄	114.98	1
KNO ₃	101.11	6
Ca (NO ₃) ₂	236.09	4
MgSO ₄	246.36	2
H ₃ BO ₃	2.86	1
MnCl ₂	1.81	1
ZnSO ₄	0.22	1
CuSO ₄	0.08	1
H ₂ MoO ₄	0.02	1
EDTA	0.22	

Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar con arreglo factorial. En donde el factor A (sustancias húmicas) y el factor B (dosis), donde:

Factor A = 8 sustancias húmicas.

Factor B (dosis) = 2 dosis (0.02 y 0.04 ml/L⁻¹ de H₂O) que se manejaron por sustancias húmica.

Para observar las diferencias estadísticas entre los tratamientos se realizaron las comparaciones de medias (DMS = diferencia mínima significativa) al 0.05.

Cuadro 3.3. Arreglo de factores y tratamientos.

Factor A (Sustancias húmicas)	Factor B (Dosis ml/L ⁻¹ de H ₂ O)	Charolas
SH 1	Testigo	1
	DS 1	2
	DS 2	3
SH 2	Testigo	
	DS 1	4
	DS 2	5
SH 3	Testigo	
	DS 1	6
	DS 2	7
SH 4	Testigo	
	DS 1	8
	DS 2	9
SH 5	Testigo	
	DS 1	10
	DS 2	11
SH 6	Testigo	
	DS 1	12
	DS 2	13
SH 7	Testigo	
	DS 1	14
	DS 2	16
SH 8 (Humiltron)	Testigo	
	DS 1	16
	DS 2	17

Donde: SH = sustancias húmicas

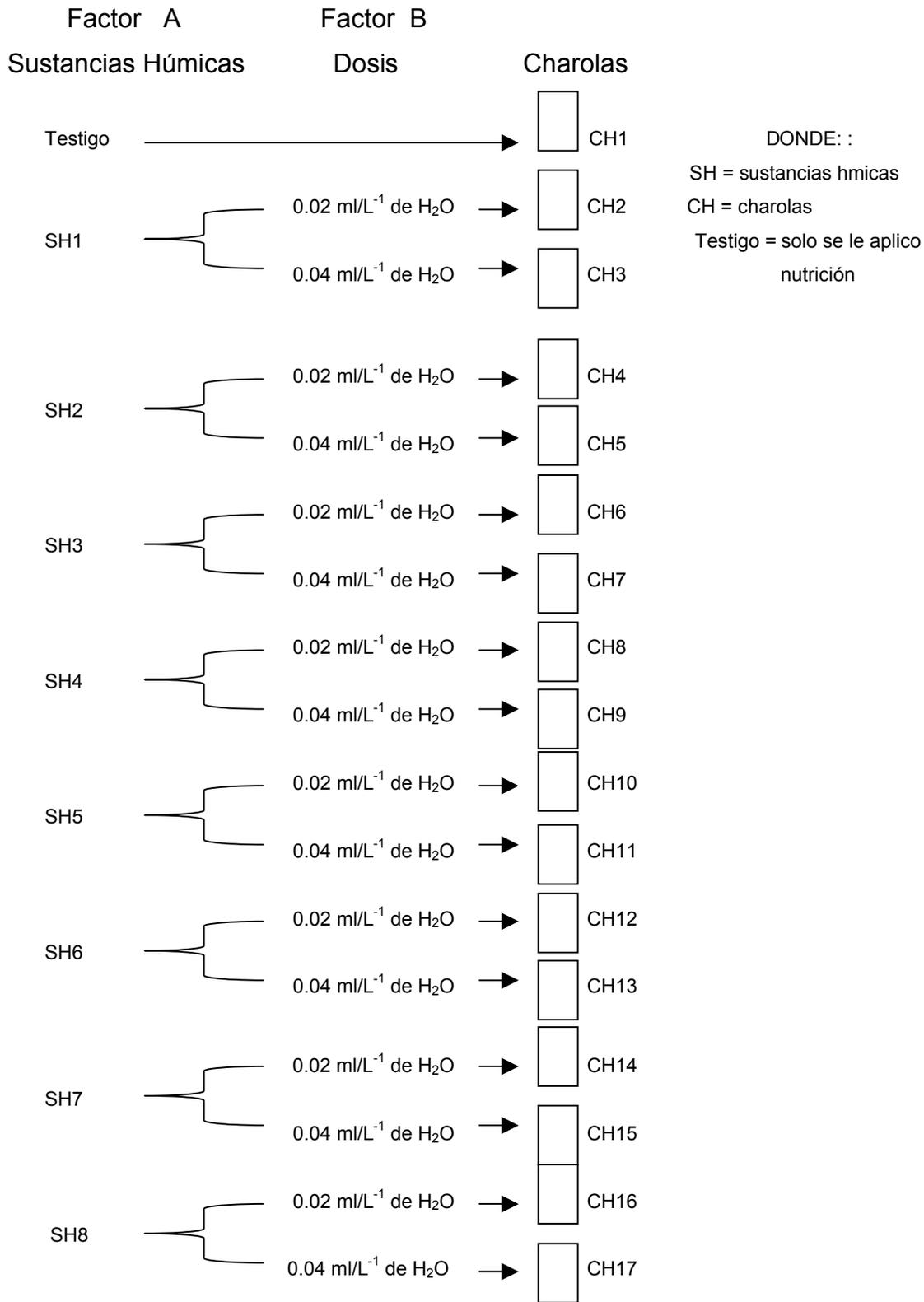
DS 1 = dosis a 0.02 ml/L⁻¹ de H₂O + nutrición

DS 2 = dosis a 0.04 ml/L⁻¹ de H₂O + nutrición

Testigo = solo se aplico nutrición

Establecimiento del experimento.

El experimento se llevo acabo en 17 charolas (de poliestireno de 200 cavidades) quedando establecidas de la siguiente manera :



Preparación de camas flotantes

Para el armado de las camas flotantes se usaron cintas de madera, plástico negro y clavos para fijar el plástico. Las dimensiones de las camas flotantes fueron de 50 cm x 1 mts. Para cada charola.

Siembra del cultivo

La siembra se realizó humedeciendo el sustrato (arena) y se colocó sobre las charolas de 200 cavidades y se procedió a colocar dos semillas por cavidad. La profundidad en la que las semillas fueron colocadas fue de 1 centímetro; la semilla utilizada fue del híbrido 22671 "Río Grande" de crecimiento determinado tipo saladette, de la empresa distribuidora Petoseed; al terminar la siembra se procedió inmediatamente a colocar las charolas a las camas flotantes, las cuales contenían 1 litro de pura agua por espaciamiento para cada charola. El número de charolas que se sembraron fue de 17 en total.

Actividades realizadas durante el experimento

La fertilización inicial fue con triple 17 plus, posteriormente se uso la solución hoagland. El cambio de la solución nutritiva se realizaba cada 7 días. La fertilización se inicio 5 días después de la emergencia de las plántulas.

Metodología seguida para la aplicación de tratamientos.

La primera aplicación de los tratamientos, se realizo a los 3 días después de la siembra, cuando las semillas de tomate todavía no germinaban y las siguientes 2 aplicaciones se realizaron con intervalos de 15 días, dando un total de 3 aplicaciones. La aplicación de los ácidos húmicos se hizo con una piceta, directamente al sustrato.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron: longitud de raíz, longitud de vástago, peso fresco de raíz, peso fresco del vástago, peso seco de raíz y peso seco del vástago.

Longitud del vástago y raíz

Estos parámetros fueron determinados con la ayuda de una “Regla” graduada. Para la longitud del vástago se midió desde la última hoja de crecimiento (de la plántula) hasta la base del tallo y de la base de la raíz hasta la punta final de esta (para longitud de raíz). Las medidas tomadas se reportaron todas en centímetros.

Peso fresco

Para la determinación de los pesos frescos tanto de la raíz como del vástago de cada una de las plantas de cada tratamiento en la evaluación se procedió a hacer lo siguiente: cada una de las plántulas fueron separadas de la parte de la raíz con el vástago, cortándola con una tijera. La raíz fue previamente lavada para eliminar las partículas de sustrato adherido y no alterar el peso de las mismas. Las muestras fueron pesadas en la balanza analítica “A&D” modelo “HR-120” con capacidad máxima de 120 gramos y mínima de 0.0001 gramos.

Peso seco

Para la determinación del peso seco de cada una de las muestras utilizadas en el peso fresco, estas fueron secadas a 60°C durante 4 días, hasta alcanzar un peso constante dentro de la estufa “Lindberg/ Blue M” modelo “Gravity Oven”, con capacidad máxima de 260°C y mínima de 40°C. Todas las muestras fueron colocadas en bolsas de papel estraza del # 3 bien identificadas del tratamiento y de la charola.

RESULTADOS Y DISCUSION

Después de obtener la información de datos, se analizaron mediante el programa estadístico de la facultad de agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, (Olivares, 1995). Para observar las diferencias estadísticas entre los tratamientos se realizaron las comparaciones de medias (DMS = diferencia mínima significativa) al 0.05 para el factor A (sustancia húmica), factor B (dosis) y la interacción AxB por variable considerada.

LONGITUD DE RAIZ

Al realizar el análisis de varianza (ANVA) en esta variable, mostró diferencias alta mente significativas para todas las fuentes de variación.

Según los resultados del análisis de medias del cuadro 4.1, se puede observar claramente que para el factor A (sustancias húmicas) el mejor tratamiento dentro de esta variable resulto ser el No.1 superando a la sustancia húmica comercial No.8 (humiltron) en un 44.65%; mientras que para el factor B (dosis) el mejor tratamiento fue el No.2 (0.02 ml/L⁻¹ de H₂O) superando en un 39.77% al testigo. Sin embargo dentro de las interacciones realizadas la mejor fue factor A1 con factor B2, obteniendo una longitud de raíz de 18.40 centímetros.

Cuadro 4.1 Cuadro de medias de longitud de raíz de los tratamientos A x B

FACTOR B	1	2	3	MEDIAS
FACTOR A				
1	6.8000	18.4000	9.8200	11.6733
2	6.8000	9.8400	13.5600	10.0667
3	6.8000	11.4800	9.4200	9.2333
4	6.8000	9.3400	7.6800	7.9400
5	6.8000	12.5400	10.3400	9.8933
6	6.8000	13.8400	9.1400	9.9267
7	6.8000	9.3600	7.1800	7.7800
8	6.8000	5.5400	7.0000	6.4467
MEDIA	6.8000	11.2925	9.2675	9.1200

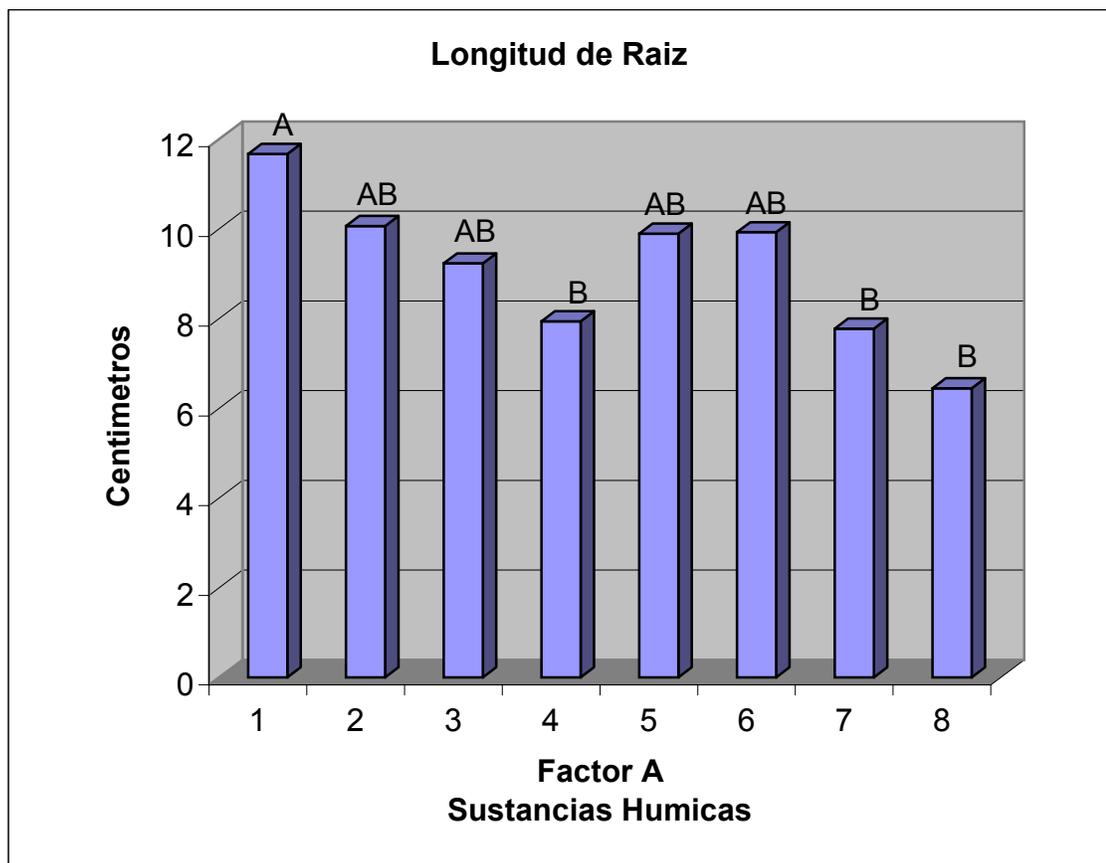


Figura 4.1. longitud de raíz del experimento de plántula de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor sustancias húmicas. UAAAN 2004.

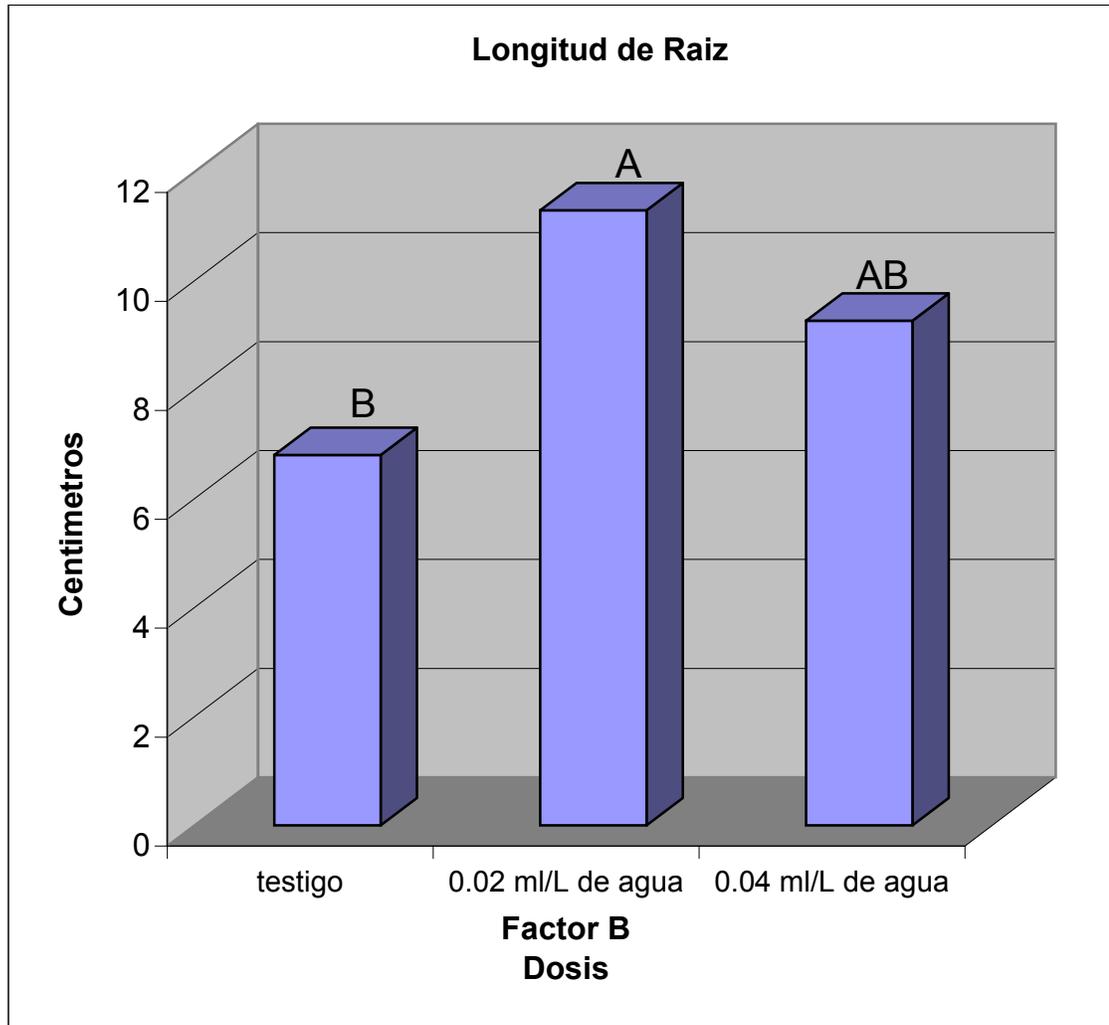


Figura 4.2. longitud de raíz del experimento de plántula de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor dosis, UAAAN 2004.

LONGITUD DE VASTAGO

De acuerdo a los resultados arrojados del análisis de varianza (ANVA) para esta variable, se percibe que hay una diferencia altamente significativa para el factor A, al igual que para el factor B y de la misma forma para la interacción AxB.

De acuerdo al cuadro de medias 4.2 de los tratamientos dentro de esta variable se encontró que para el factor A (sustancias húmicas) la mejor respuesta fue el tratamiento No.2, superando al tratamiento No.8 (humiltron) en un 11.37%.

Para el factor B (dosis) el tratamiento mas alto fue el No.2 (0.02 ml/L⁻¹ de H₂O) superando al testigo en un 16.27% mejor en longitud de vástago. La interacción que obtuvo mejor respuesta fue A2 con B3, obteniéndose 13.44 centímetros de longitud de vástago.

Cuadro 4.2 Cuadro de medias de longitud de vástago de los tratamientos A x B

FACTOR B	1	2	3	MEDIAS
FACTOR A				
1	9.4200	11.8600	11.6200	10.9667
2	9.4200	11.2000	13.4400	11.3533
3	9.4200	12.6400	11.8200	11.2933
4	9.4200	10.7400	9.5600	9.9067
5	9.4200	10.8000	10.5400	10.2533
6	9.4200	12.1400	8.2400	9.9333
7	9.4200	9.8800	8.4600	9.2533
8	9.4200	10.7600	10.0200	10.0667
MEDIA	9.4200	11.2525	10.4625	10.3783

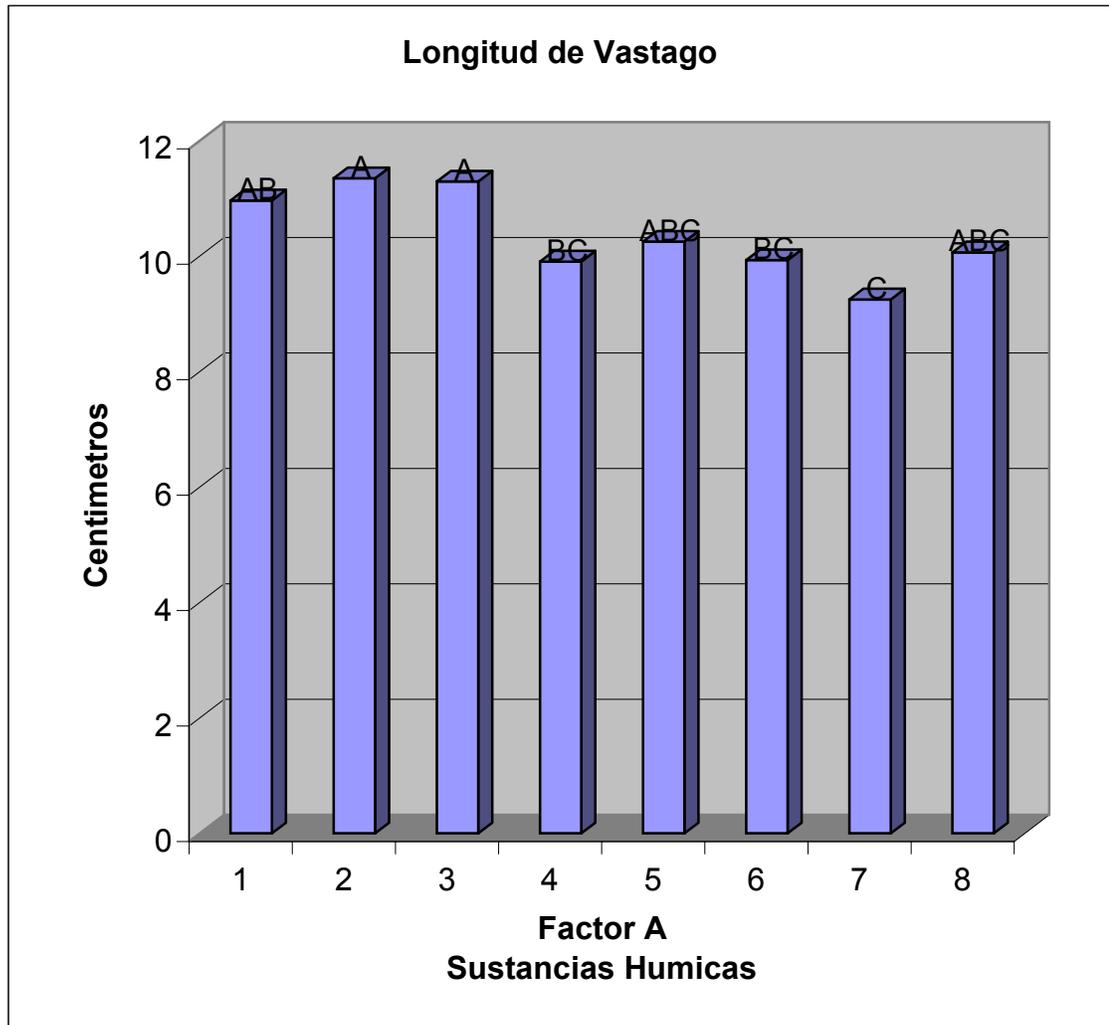


Figura 4.3. longitud de vástago del experimento de plántula de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor sustancias húmicas. UAAAN 2004.

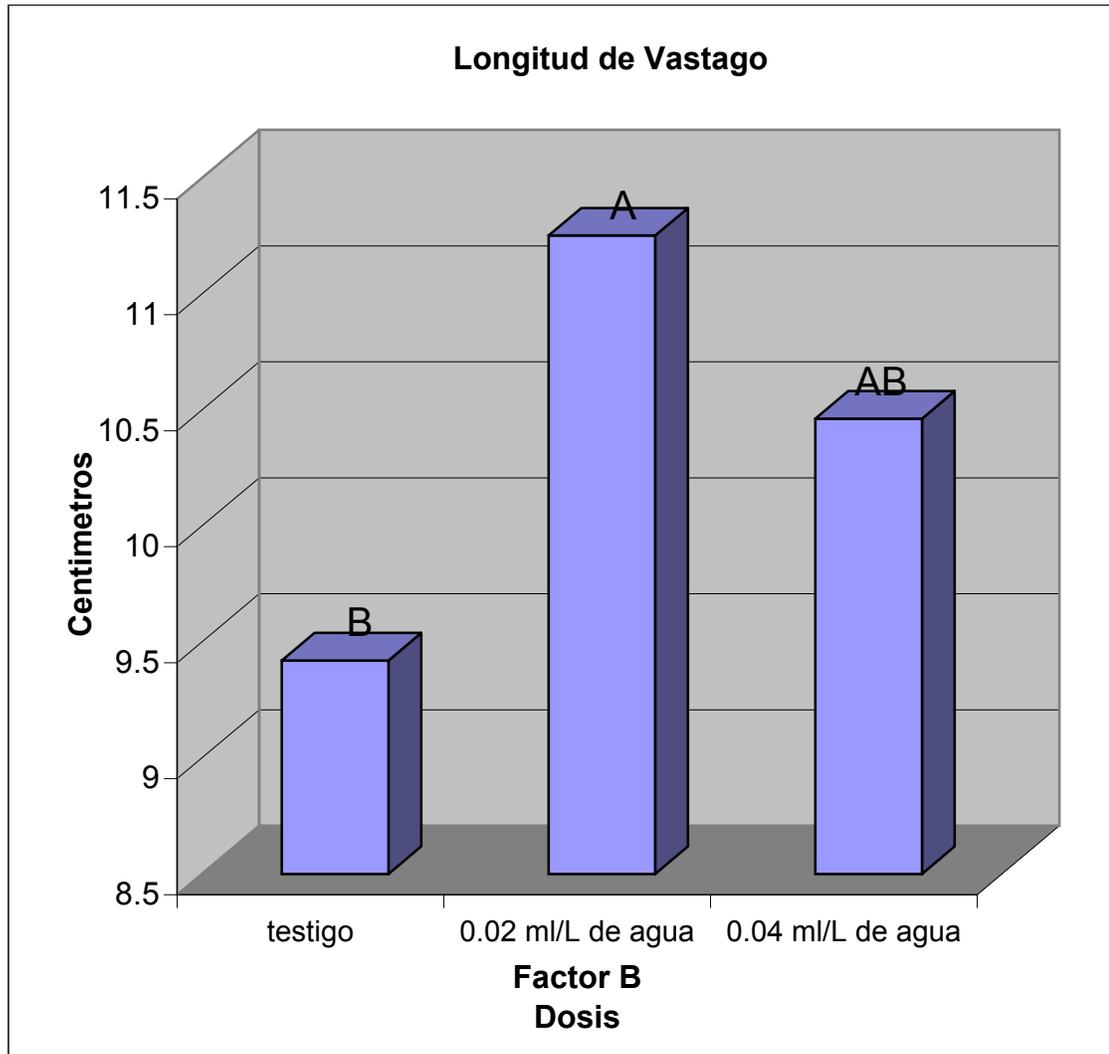


Figura 4.4. longitud de vástago del experimento de plántula de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor dosis, UAAAN 2004.

PESO DE RAÍZ

Al realizar el análisis de varianza (ANVA) correspondiente en esta variable, nos muestra que para todas las fuentes de variación, factor A y B así como para la interacción AxB se encontró una diferencia alta mente significativa.

Analizando el cuadro de medias 4.3 se puede observar que para el factor A (sustancia húmica) el mejor tratamiento fue el No.2 superando al tratamiento No.8 (humiltron) con un 48.79% en el peso fresco de raíz y para el factor B (dosis) nos resulto mejor el tratamiento No.2 (0.02 ml/L⁻¹ de H₂O) en un 72.1% mejor que el testigo. La mejor interacción resulto ser factor A1 con factor B2, con 0.766 gramos.

Cuadro 4.3 Cuadro de medias de peso de raíz de los tratamientos A x B

FACTOR B	1	2	3	MEDIAS
FACTOR A				
1	0.1244	0.7660	0.3254	0.4053
2	0.1244	0.4212	0.7072	0.4176
3	0.1244	0.4849	0.4264	0.3452
4	0.1244	0.3869	0.1965	0.2359
5	0.1244	0.4031	0.4217	0.3164
6	0.1244	0.5557	0.1925	0.2909
7	0.1244	0.1420	0.4212	0.2292
8	0.1244	0.2812	0.2269	0.2108
MEDIA	0.1244	0.4301	0.2269	0.3064

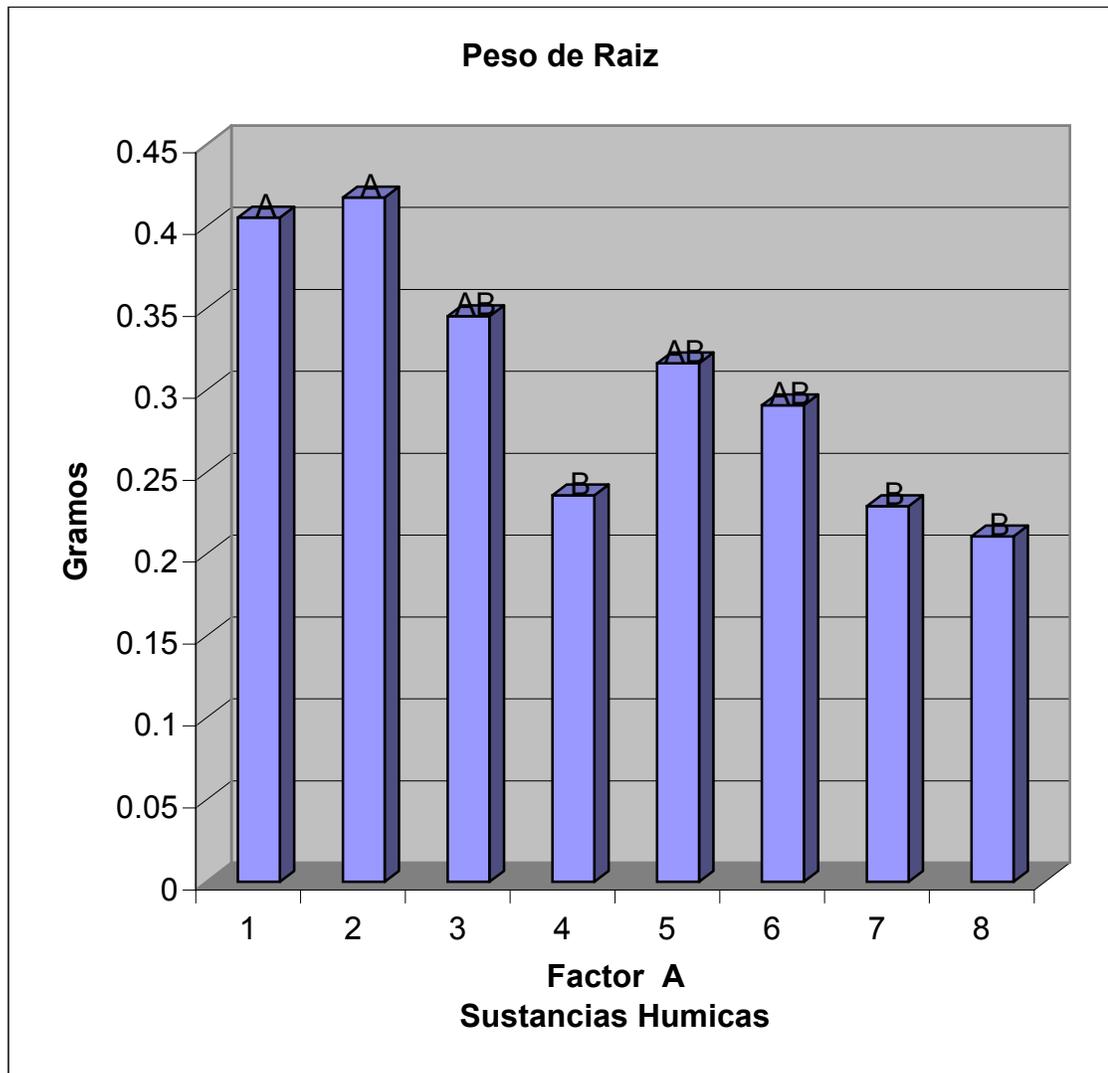


Figura 4.5. peso de raíz del experimento de plántula de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor sustancias húmicas. UAAAN 2004.

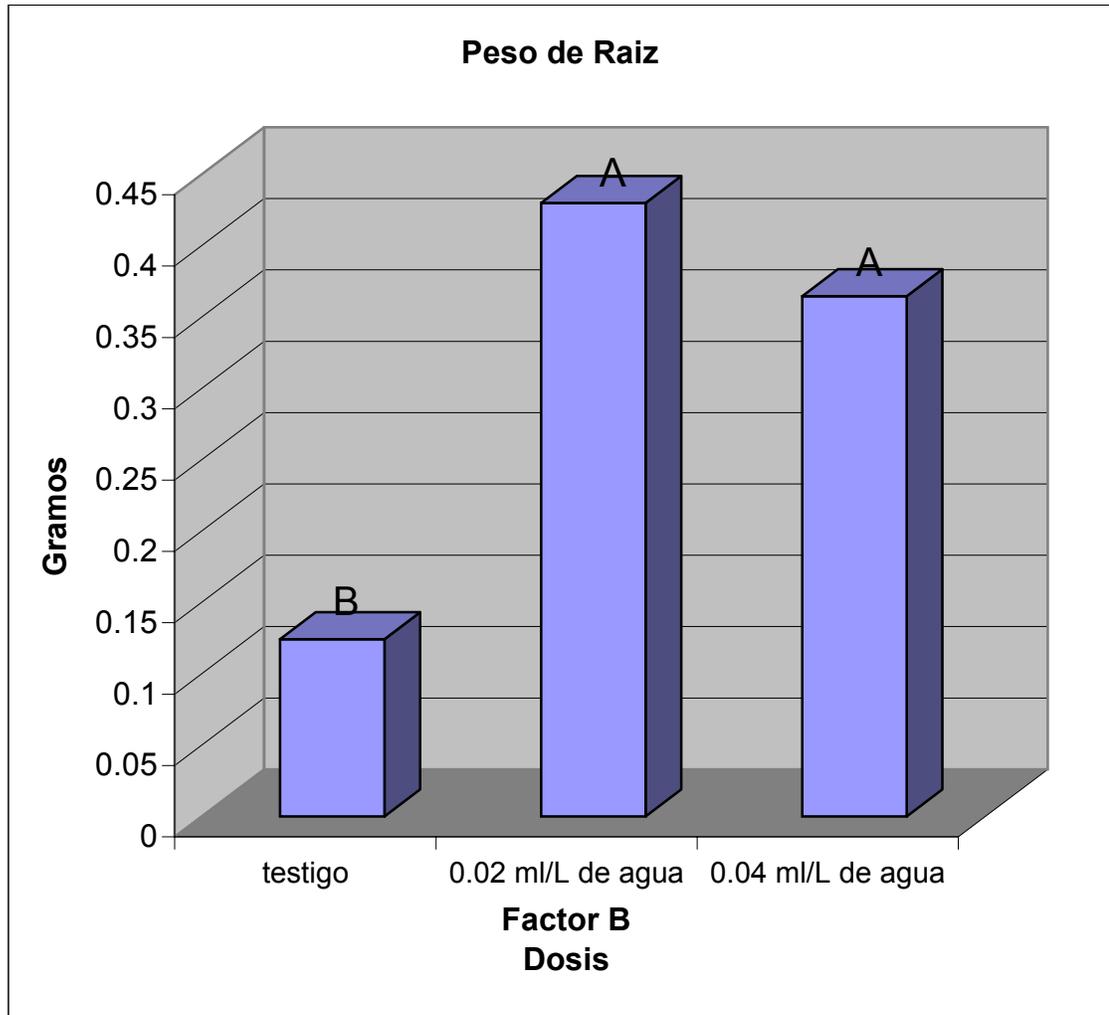


Figura 4.6. peso de raíz del experimento de plántula de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor dosis, UAAAN 2004.

PESO DE VASTAGO

Al realizar el análisis de varianza (ANVA) en esta variable para los factores A y B no hubo diferencia significativa y lo mismo ocurrió en la interacción AxB, pero se puede decir que numéricamente los tratamientos fueron mejores que los testigos.

En el cuadro 4.4 de medias se puede observar que el mejor tratamiento para el factor A (sustancia húmica) resultó ser el No.2 comportándose por encima de la sustancia No.8 (humiltron) que es el ácido húmico comercial en un 9.81% mejor.

Para el factor B (dosis) el mejor tratamiento fue el No.2 (0.02 ml/L⁻¹ de H₂O) superando al testigo con un 18.12%. En la interacción la mejor de todas resultó ser factor A2 con factor B3, con 1.3342 gramos.

Cuadro 4.4 Cuadro de medias de peso de vástago de los tratamientos A x B

FACTOR B	1	2	3	MEDIAS
FACTOR A				
1	1.0449	1.2081	1.1656	1.1395
2	1.0449	1.1368	1.3342	1.1719
3	1.0449	1.1855	1.1363	1.1222
4	1.0449	1.1541	1.0265	1.0752
5	1.0449	1.0827	1.0760	1.0678
6	1.0449	1.1291	1.0025	1.0588
7	1.0449	1.0262	1.0024	1.0245
8	1.0449	1.0955	1.0638	1.0681
MEDIA	1.0449	1.0955	1.1009	1.0981

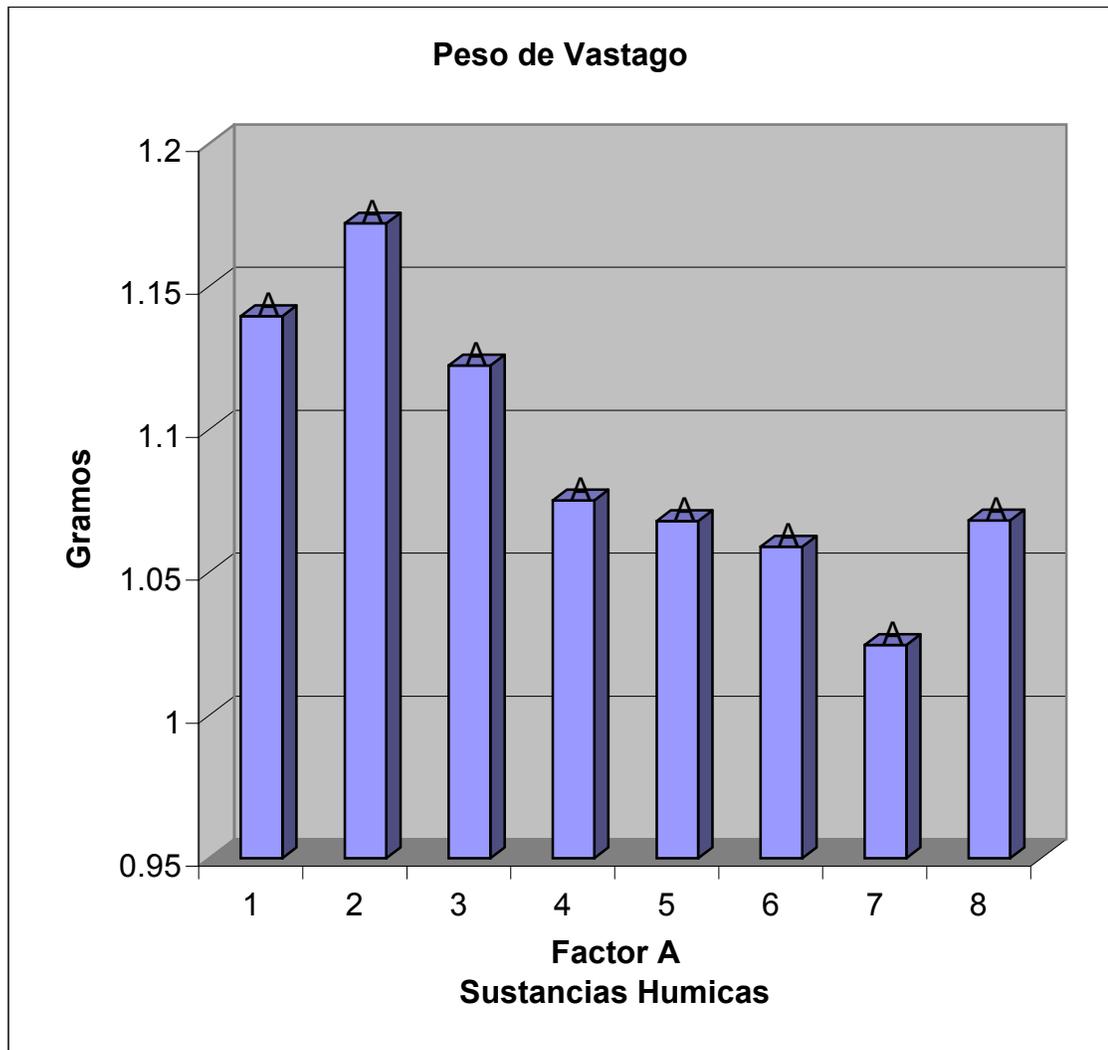


Figura 4.7. peso de vástago del experimento de plántula de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor sustancias húmicas, UAAAN 2004.

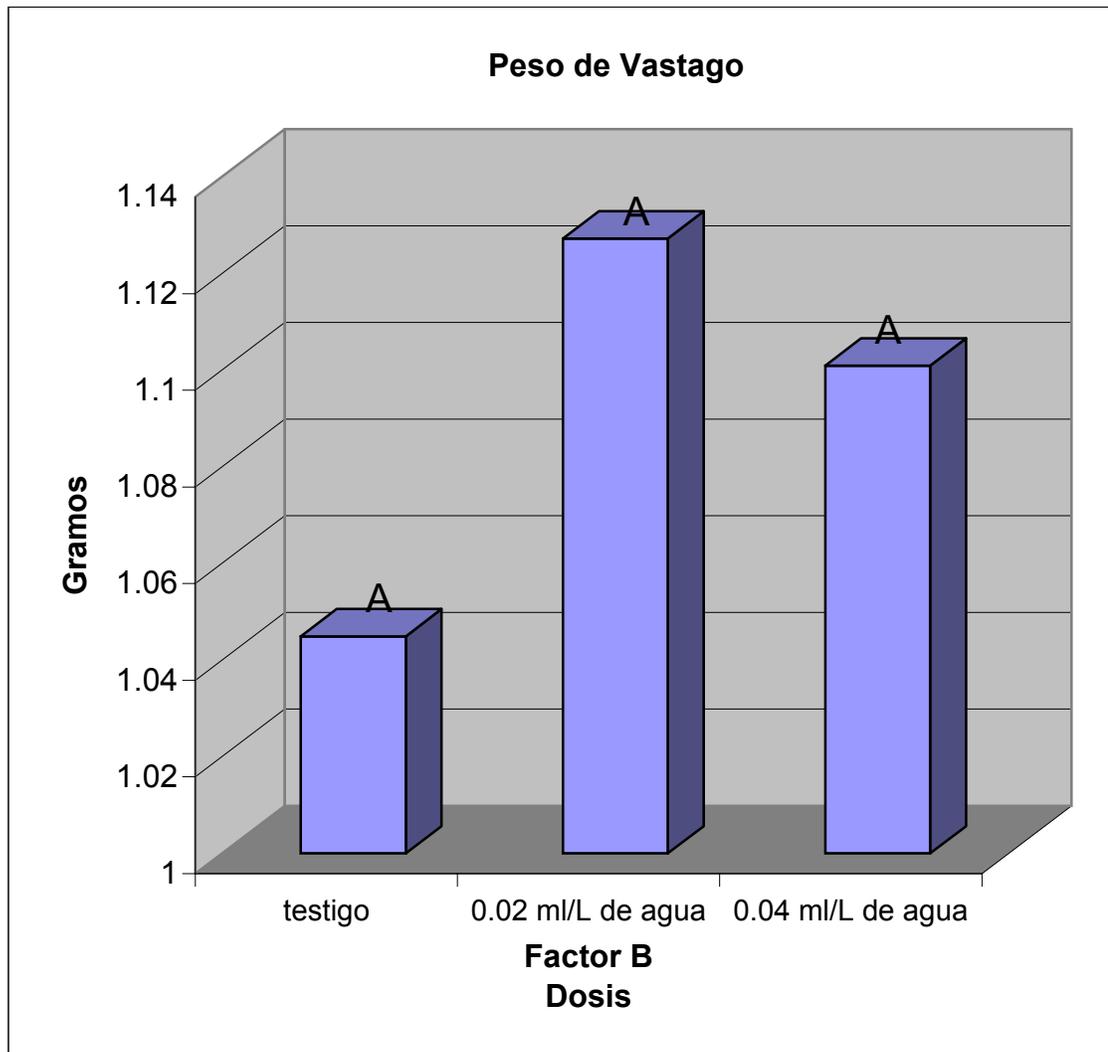


Figura 4.8. peso de vástago del experimento de plántula de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor dosis. UAAAN 2004.

PESO SECO DE RAIZ

Al momento de realizar el análisis de varianza (ANVA) en esta variable se encontró una diferencia altamente significativa para el factor A, no así para el factor B ya que no hubo diferencia significativa y lo mismo ocurrió con la interacción AxB.

En el análisis de medias del cuadro 4.5, nos indica que el resultado mas alto para el factor A (sustancia húmica) lo encontramos en el tratamiento No.2 superando en un 21.96% al tratamiento No.8 (humiltron) que es el ácido húmico comercial.

Para el factor B (dosis) el mejor tratamiento fue el No.2 (0.02 ml/L⁻¹ de H₂O) con un 21.03% superior que el testigo y en la interacción AxB la mejor fue factor A2 con factor B3, con un peso de 0.0515 gramos.

Cuadro 2.5 Cuadro de medias de peso seco de raíz de los tratamientos A x B

FACTOR B	1	2	3	MEDIAS
FACTOR A				
1	0.0279	0.0515	0.0283	0.0359
2	0.0279	0.0401	0.0570	0.0417
3	0.0279	0.0334	0.0389	0.0334
4	0.0279	0.0365	0.0230	0.0292
5	0.0279	0.0308	0.0293	0.0293
6	0.0279	0.0409	0.0209	0.0299
7	0.0279	0.0255	0.0278	0.0271
8	0.0279	0.0370	0.0328	0.0326
MEDIA	0.0279	0.0370	0.0323	0.0324

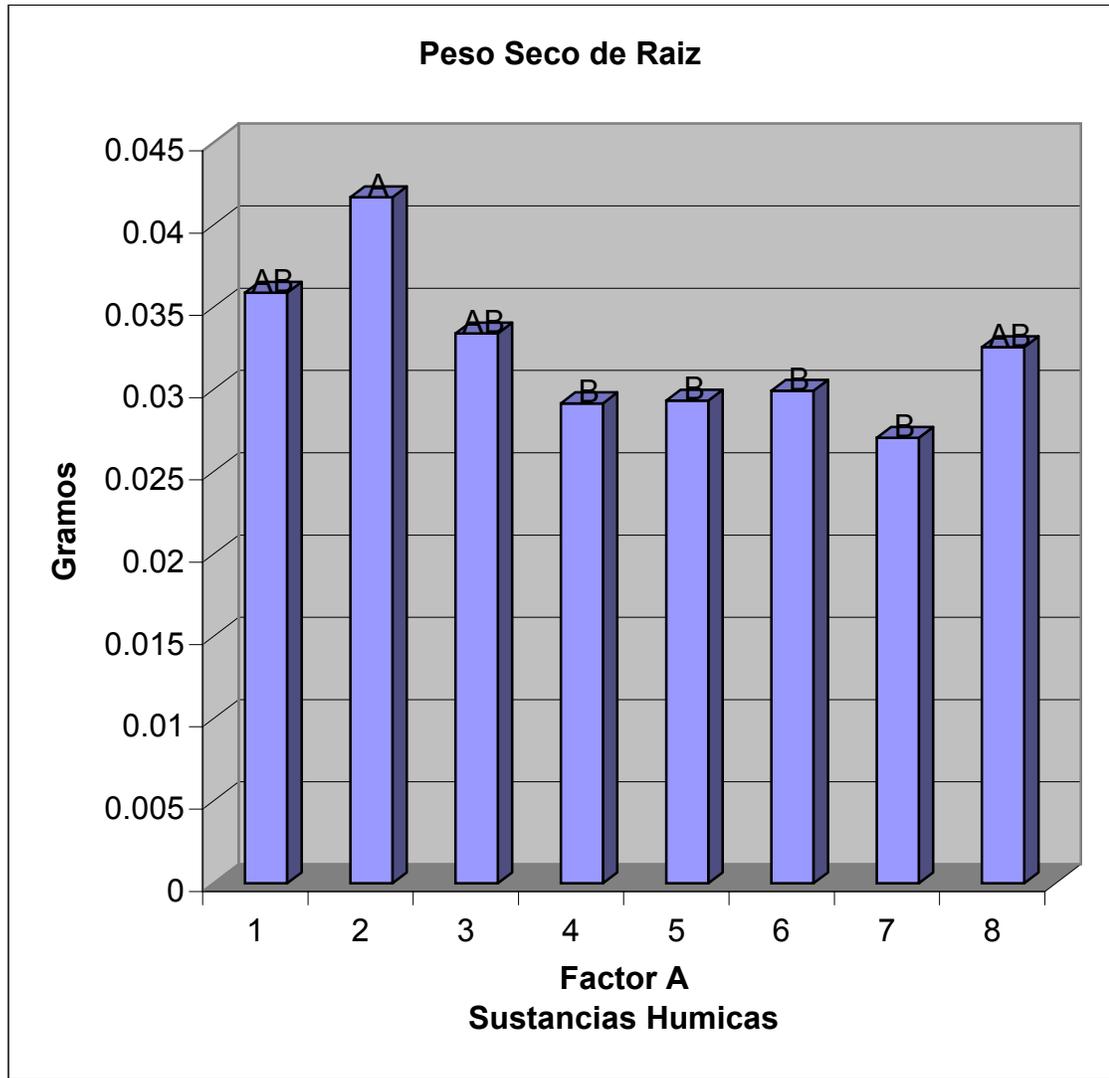


Figura 4.9. peso seco de raíz del experimento de plántula de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor sustancia húmica UAAAN 2004.

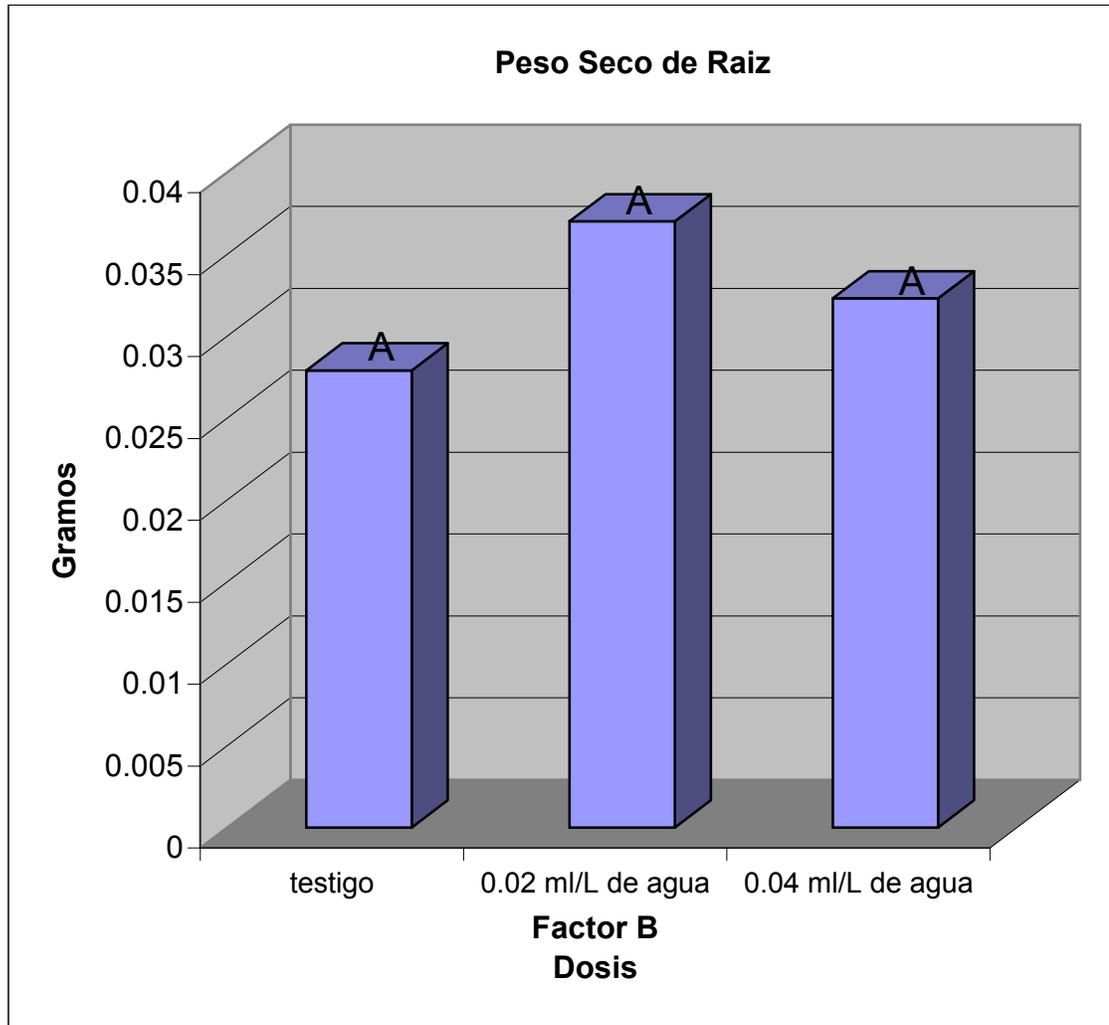


Figura 4.10. peso seco de raíz del experimento de plántula de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor dosis. UAAAN 2004.

PESO SECO DE VASTAGO

Al realizar el análisis de varianza (ANVA) en esta variable se encontró una diferencia altamente significativa para el factor A, sin embargo para el factor B no se encontró significancia y lo mismo ocurrió en la interacción AxB.

Para esta variable en el cuadro 4.6 de medias, se observa que el mejor tratamiento en el factor A (sustancia húmica) fue el No.2 superando con 25% al tratamiento No.8 (humiltron) ácido húmico comercial.

En el caso del factor B (dosis) el mejor tratamiento resultó ser el No.2 (0.02 ml/L⁻¹ de H₂O) superando al testigo con un 20% y en la interacción la mejor fue factor A2 con factor B3, con un peso de 0.1691 gramos.

Cuadro 2.6 Cuadro de medias de peso seco de vástago de los tratamientos A x B

FACTOR B	1	2	3	MEDIAS
FACTOR A				
1	0.0829	0.1338	0.0967	0.1045
2	0.0829	0.1080	0.1691	0.1200
3	0.0829	0.1153	0.1297	0.1093
4	0.0829	0.1159	0.0842	0.0943
5	0.0829	0.0887	0.0949	0.0888
6	0.0829	0.1050	0.0741	0.0873
7	0.0829	0.0714	0.0811	0.0785
8	0.0829	0.1125	0.1013	0.0989
MEDIA	0.0829	0.1063	0.1039	0.0977

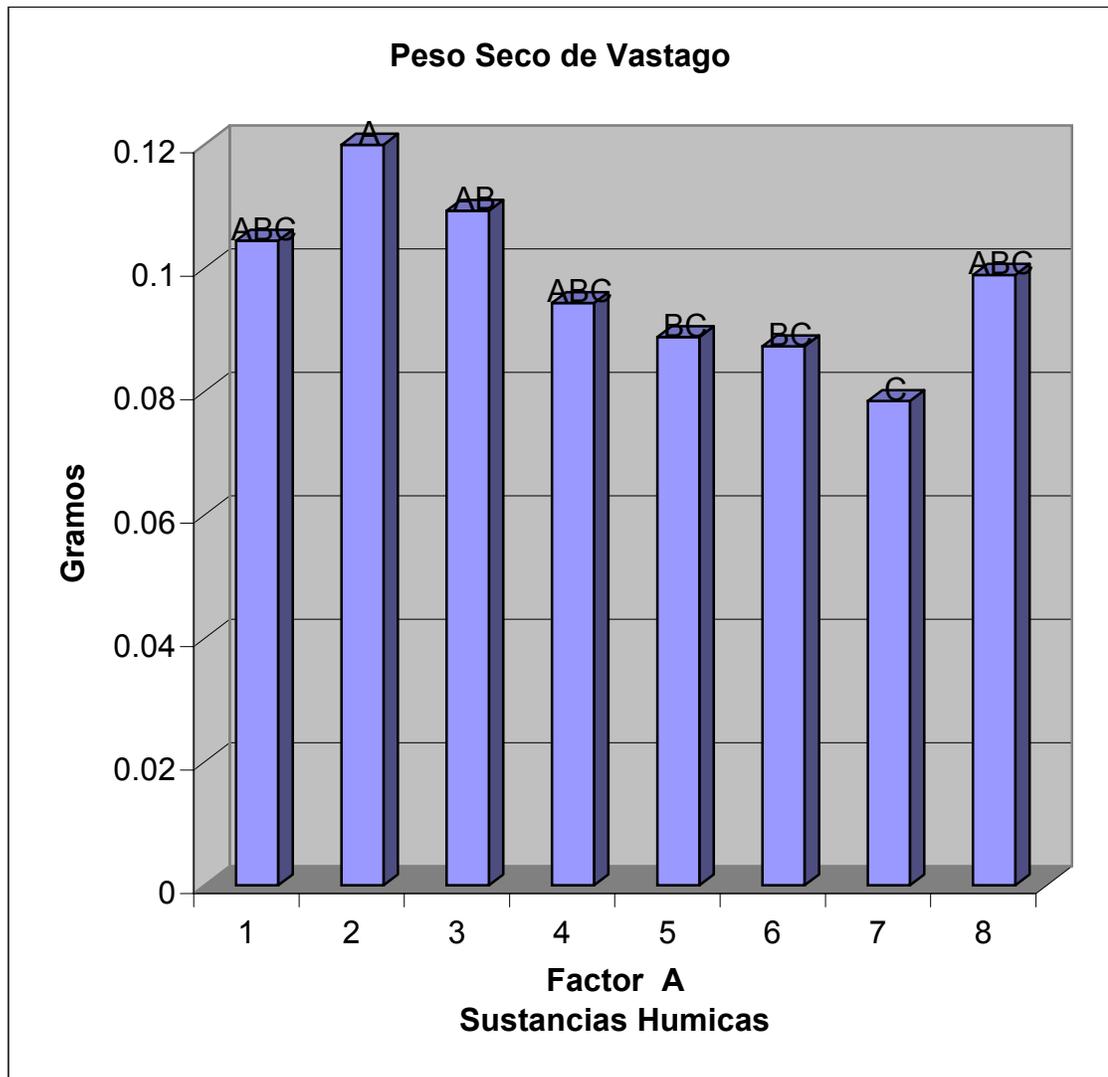


Figura 4.11. peso seco de vástago del experimento de plántula de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor sustancia húmica, UAAAN 2004.

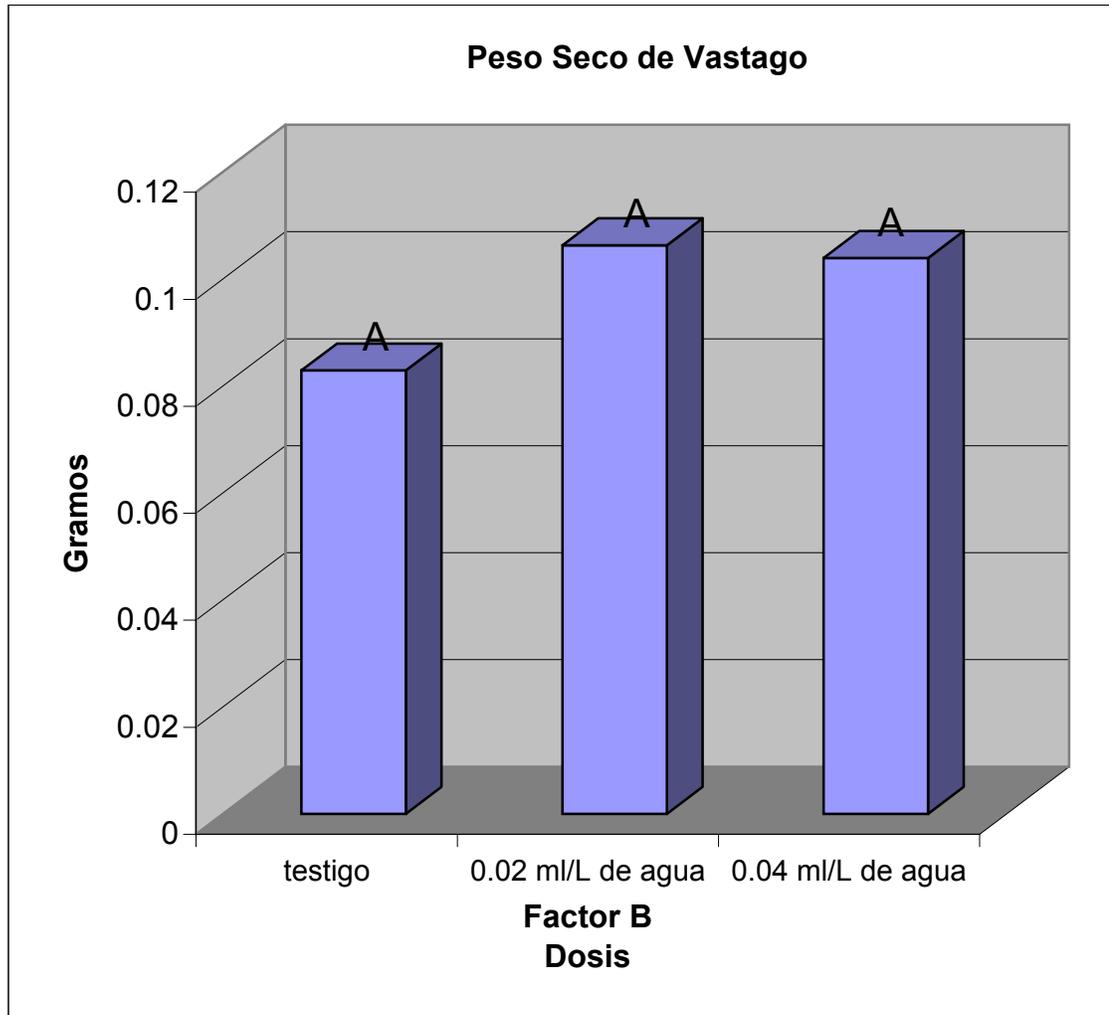


Figura 4.12. peso seco de vástago del tratamiento de plántula de tomate, de acuerdo con los diferentes tratamientos utilizados en el factor dosis. UAAAN 2004.

DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede establecer que en la producción de plántula de tomate utilizando ácidos húmicos combinados con una adecuada nutrición se obtienen mejores resultados, que cuando solo se utiliza la nutrición requerida por el cultivo; todo esto se puede explicar fácilmente, ya que al utilizar los ácidos húmicos combinados con la nutrición estos actúan, haciendo efecto sus propiedades de la siguiente manera, acelerando la translocación de los nutrientes desde la raíz hasta la parte aérea de las plantas, teniendo como respuesta una rápida activación de los procesos y funciones bioquímicas y fisiológicas de la planta. Con esto se comprueban los resultados obtenidos en esta investigación, donde las variables evaluadas fueron superiores al testigo; es decir; los ácidos húmicos complejan o/y quelatan los elementos nutrimentales y posteriormente los colocan disponibles para las plantas.

Con lo anterior ya mencionado nuestra investigación coincidió con David *et al;* (1994), donde menciona que los ácidos húmicos aumentaron el peso seco y fresco de la plántula de tomate, gracias a las propiedades de los ácidos húmicos; de igual forma en las variables longitud, peso de vástago y raíz. Rojas (2000), menciona que tuvo un incremento positivo utilizando ácidos húmicos en comparación del testigo (solo fertilización) y Ramírez (2003), comenta que utilizando ácidos húmicos favorece el crecimiento de plántulas de tomate, al afectar de manera positiva los diferentes órganos vegetales; en otra investigación realizada por Santiago (2001), menciona que al evaluar diferentes dosis de ácidos húmicos, encontró un mejor efecto aplicando ácidos húmicos a bajas concentraciones en Crisantemo en las diferentes variables que evaluó.

CONCLUSION

Para el caso del factor A (sustancias húmicas) el tratamiento No.2 fue el que mejor resultado mostró en 5 de las 6 variables evaluadas, superando al tratamiento No.8 que es la sustancia húmica comercial (humiltron) desde 9.41 hasta 48.79%.

Para el caso del factor B (dosis) donde las sustancias húmicas se evaluaron a 2 dosis de 0.02 y 0.04 ml/L⁻¹ de H₂O, la que mejor resultado dió fue la dosis baja (0.02 ml/L⁻¹ de H₂O) en las 6 variables evaluadas, superando al testigo desde 16.27 hasta un 72.1%.

En la interacción A x B se concluye que utilizando la sustancia húmica No.2 a dosis de 0.02 ml/L⁻¹ de H₂O se obtienen mejores resultados en producción de plántula de tomate y esto se comprueba con los resultados que se muestran en esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Barbosa, C. R. 1994. Aplicación Foliar de Giberelinas, Acidos Humicos y Algas en Cilantro (*coriandrum sativum* L.) como Mejoradores de la Calidad y Producción en Follaje Fresco. Tesis de Licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah. Mex. 71 Pag.
- Bidwell, R. G. 1979. Fisiología Vegetal, Primera Edición. AGT, Editor, S.A. Impreso en México.
- Carlo, R. Z. 1992. Ácidos Humicos y Fertilización Foliar en el Cultivo de Brócoli (Brassica Oleracea var. Italica) en Arteaga Coahuila. Tesis de Licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah. Méx. 117 Pag.
- Castellanos, J. Z., Valle-bueno J. X., Aguilar-Sostilenses A. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. Segunda edición.
- Chen, Y. and Aviad T. 1990. Effect of Humic Substances on Plant Groth. In: Humic Substances in Soil and Crop Sciences: "Selected Readings". Eds. C.E. Mac Carthy, R.L. Clapp, P. Malcolm and P.R. Bloom, Wiscounsion, U.S.A. Pp. 161-186.
- Chen, Y., and Schnizer, M. 1976. Scanning Electron Microscopy of a Humic Acid and a Fulvic Acid and its Metal and Clay Complexes, soil Sci-Soc. Am. J.40: 682-686.

Christensen, B. T. 1986. Straw Incorporation and Soil Organic Matter in Microaggregates and Particle Size Fractions. *J. Soil Science* 37: 125-135.

Claridades Agropecuarias. 2000. Revista de Publicación Mensual. Pag. 6.

Cosmocel, S.A. de C.V. 1998. Fertilizantes Ácidos Orgánicos. Boletín Técnico Informativo. México.

David, P. P., Nelson, P. V. and Sanders, D. A., 1994. A Humic Acid Improves Growth of Tomato Seedling in Solution Culture. *Journal of Plant Nutrition* 17(1): 173-184.

Dell'Angola, G., and Ferrar, G. 1971. Molecular Size and Functional Groups of Humic Substances Extracted by 0.1M Pyrophosphate From Soil Aggregates of Different Stability. *J. Soil Sci.* 22: 342-349.

De La Cruz, C. 1992. Fertilizante Arrancador y Acidos Húmicos en el Cultivo del Melón (*cucumis melo* L.) Tesis de Licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah. Méx. 77 Pag.

Drozd, J. 1978. Studia Nad Wlasciwosciami Chemicznymi I fizkochemicznymi związkow Prochnicznych Nicktorychjednostek Taksonomicznych Gleb. Zeszyty Naukowe AR we Wroclawiu nr. 13, Wroclaw.

Facio, C. M. 2000. Reducción de Fertilización en Tomate (*lycopersicum esculentum* L.) con la Aplicación de Ácidos Fulvicos. Tesis de Licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah. Méx. 64 Pag.

Flaig, W. 1966. The chemistry of Humic Substances with the Use of Isotopes in Soilorganic Matter Studies, Report of FAO/AEA Technical Meeting. Pergamon, New York. 103-127.

- García, A. J. 1992. Evaluación de Ácidos Húmicos (Humiplex plus) a Diferentes Dosis en el Desarrollo del Cultivo de la Papa, en la Región de Galeana, N.L. Tesis de Licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah. Méx.
- Guminski, S., Guminska A. and Sulej J. 1965. Effect of Humate, Agar-agar and EDTA on the Development of Tomato Seedlings in Aerated and Non-aerated Water Cultures. *Journal of Experimental Botany*, 16: 151-162.
- Guminski, S. 1968. Present-day Views on Physiological Effects Induced in Plant Organisms by Humic Compounds. *Soviet Soil Science*, 1250-1256.
- Hassell, R. 1994. El Camino de la Prosperidad Comienza con Transplantes sanos. *Rev. Productores de Hortalizas*. Año 3 N°. 5 Pp. 11-13
- Hipócrates, 2000. The Miracle of Fulvic Acid. Silver Spring's Research. Internet Issue, vol. 1-1 issue 209.
- Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). 1997. Cultivos Anuales de México.
- Kuiters, A. T. and Mulder, W. 1993. Water-soluble Organic Matter in Forest Soils. II. Interference with Plant Cation Uptake. *Plant and Soil* 152: 225-235.
- Latimer, J. G. and Beverly, R. B. 1993. Mechanical Conditioning of Greenhouse-grown Transplant. *Hort Tech.* 3 (4): 412-414.
- Lulakis, M. D. and Petsas, S. I. 1995. National Agricultural Research Foundation (N.A.R.F), Institute of Viticulture, Vegetable Crops and Floriculture, p.o. Box 1841, 71110 Heraklion, Crete, Greece.

- Martínez, S. J. 1992. Ácidos Húmicos (Humiplex plus) a Diferentes Dosis en el Cultivo de Fríjol Ejotero (*Phaseolus Vulgares L.*). Tesis de Licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah. Mex.
- Meza, M. A. 1995. Evaluación de los Acidos Húmicos (humiplex plus) a Diferentes Dosis en el Cultivo de Fríjol Ejotero (*Phaseolus Vulgares L.*) Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista Saltillo, Coah. Mex.
- Narro, F. E. 1997. Nutrición y sustancias Húmicas en el Cultivo de Papa. Foro de Investigación. Investigaciones en el Cultivo de Papa. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. Méx.
- Narro, F. E. 1996. Sustancias Húmicas en la Agricultura (resumen) VII Semana de Investigación Científica Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz 13. C. S. México.
- Narro, F. E. 1987. Física de Suelos con Enfoque Agrícola UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. Méx. Pp 13-18.
- O" Donnell, R. W. 1973. The auxin – like Effects of Humic Preparations from Leonardite. *Soil Science*, 116: 106-112
- Palomares, R. 1990. *Revista Frutos*, N. 12 año 4 C.N.P.N. México.
- Ramírez, M. 2003. Efecto de Ácidos Fúlvicos de Origen Orgánico en el Crecimiento de Plántula de Tomate, en Invernadero. Tesis de Licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah. Méx. 49 Pag.
- Rodríguez R., Tavares R. y Medina SJ. 1997. Cultivo Moderno del Tomate. Ediciones Mundi-prensa. Segunda Edición. Pp. 13-14

- Rojas, M. 2000. Efecto de los Acidos fúlvicos de Origen Diverso en el Crecimiento de la Plantula de Tomate (*lycopersicum esculentum* Mill.) en Invernadero. Tesis de Licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah. Méx. 40 Pag.
- Santiago, A. 2001. Evaluación de Acidos Húmicos y Fúlvicos a Diferentes Dosis y Frecuencias en el Cultivo de Crisantemo, en Suelos con Buenas Características Agronómicas. en Invernadero. Tesis de Licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah. Méx. 66 pag.
- Schnitzer, M. 2000. Life Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. D. L. Sparks (Ed.). Advances in Agronomy, Academic Press. Vol. 98: 3-58.
- Schnitzer, M., and Schulten H. R. 1995. Analysis of Organic Matter in Soil Extracts and Whole Soils by Pyrolysis-Mass Spectrometry. Advances in Agronomy, Vol. 55:167-217.
- Senn, T. L. and Godley, W. C. 2000. Horticulture Department Research Series N° 165. The South Carolina Agricultural Experimental Station. Clemson University. Clemson, South Carolina.
- Seok, I. Y. and Bartlett, R. J. 1976. Stimulation Plant Growth by Substances. Soil. Sci. Soc. Am. J; 40. 876-879.
- Stevenson, F. 1982. Humus Chemistry : Genesis, Composition, and Reactions. Wiley, New York, USA.
- Thamane, R. V. *et al.* 1986. Suelos, su Química y Fertilidad en Zonas Tropicales. Editorial Diana. 4 edición. México.
- Valadez L. A., 1998. Producción de Hortalizas. Editorial Limusa.

Vaughan, D. and R. E. Malcolm. 1985. Influence of Humic Substances on Growth and Physiological Processes. In Soil Organic Matter and Biological Activity. Pp 37-76.

<http://edafologia.ugr.es/introeda/02/susthum.htm>.

<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema01/susthum.htm>.

<http://www.agrimartin.com/3.htm>.

<http://www012.infonegocios.com/55/espanyol/tecnica.htm>.

APENDICE

Cuadro 7.1. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	7	285.175781	40.739399	4.6968 **	0.000
FACTOR B	2	404.953125	202.476563	23.3434 **	0.000
INTERACCION	14	381.253906	27.232422	3.1396 **	0.001
ERROR	96	832.688477	8.673839		
TOTAL	119	1904.071289			

C.V. = 32.29%

Cuadro 7.2. Análisis de varianza para la variable longitud de vástago.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	7	58.996094	8.428014	7.1450 **	0.000
FACTOR B	2	67.588867	33.794434	28.6499 **	0.000
INTERACCION	14	79.464844	5.676060	4.8120 **	0.000
ERROR	96	113.238281	1.179565		
TOTAL	119	319.288086			

C.V. = 10.46%

Cuadro 7.3. Análisis de varianza para la variable peso de raíz.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	7	0.660820	0.094403	7.5638 **	0.000
FACTOR B	2	2.072553	1.036276	83.0287 **	0.000
INTERACCION	14	1.566469	0.111891	8.9649 **	0.000
ERROR	96	1.198171	0.012481		
TOTAL	119	5.498013			

C.V. = 36.46%

Cuadro 7.4. Análisis de varianza para la variable peso de vástago.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	7	0.249817	0.035688	1.7710 ^{NS}	0.101

FACTOR B	2	0.141449	0.070724	3.5096 ^{NS}	0.033
INTERACCION	14	0.303909	0.021708	1.0772 ^{NS}	0.388
ERROR	96	1.934586	0.020152		
TOTAL	119	2.629761			

C.V. = 13.01%

Cuadro 7.5. Análisis de varianza para la variable peso seco de raíz.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	7	0.002308	0.000330	3.9411 **	0.001
FACTOR B	2	0.001646	0.000823	9.8402 ^{NS}	0.000
INTERACCION	14	0.004362	0.000312	3.7252 ^{NS}	0.000
ERROR	96	0.008030	0.000084		
TOTAL	119	0.016345			

C.V. = 28.25%

Cuadro 7.6. Análisis de varianza para la variable peso seco de vástago.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	7	0.018687	0.002670	5.1437 **	0.000
FACTOR B	2	0.013326	0.006663	12.8379 ^{NS}	0.000
INTERACCION	14	0.028057	0.002004	3.8614 ^{NS}	0.000
ERROR	96	0.049824	0.000519		
TOTAL	119	0.109893			

C.V. = 23.32%

** = Altamente Significativo

* = Significativo

^{NS} = No Significativo

Cuadro 7.7. Comparación de medias del factor A y B de la variable longitud de raíz.

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
1	11.6733 A
2	10.0667 AB
6	9.9267 AB

5	9.8933 AB
3	9.2333 AB
4	7.9400 B
7	7.7800 B
8	6.4467 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 3.6829

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL FACTOR B

TRATAMIENTO	MEDIA
2	11.2925 A
3	9.2675 AB
1	6.8000 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 3.6829

Cuadro 7.8. Comparación de medias del factor A y B de la variable longitud de vástago.

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
2	11.3533 A
3	11.2933 A
1	10.9667 AB
5	10.2533 ABC
8	10.0667 ABC
6	9.9333 BC
4	9.9067 BC
7	9.2533 C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 1.3581

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL FACTOR B

TRATAMIENTO	MEDIA
2	11.2525 A
3	10.4625 AB
1	9.4200 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 1.3581

Cuadro 7.9. Comparación de medias del factor A y B de la variable peso de raíz.

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
2	0.4176 A
1	0.4053 A
3	0.3452 AB

5	0.3164 AB
6	0.2909 AB
4	0.2359 B
7	0.2292 B
8	0.2108 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 0.1397

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL FACTOR B

TRATAMIENTO	MEDIA
2	0.4301 A
3	0.3647 A
1	0.1244 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 0.1397

Cuadro 7.10. Comparación de medias del factor A y B de la variable peso de vástago.

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
2	1.1719 A
1	1.1395 A
3	1.1222 A
4	1.0752 A
8	1.0681 A
5	1.0678 A
6	1.0588 A
7	1.0245 A

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 0.1775

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL FACTOR B

TRATAMIENTO	MEDIA
2	1.1272 A
3	1.1009 A
1	1.0449 A

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 0.1775

Cuadro 7.11. Comparación de medias del factor A y B de la variable peso seco de raíz.

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
2	0.0417 A
1	0.0359 AB
3	0.0334 AB
8	0.0326 AB
6	0.0299 B
5	0.0293 B
4	0.0292 B
7	0.0271 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 0.0115

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL FACTOR B

TRATAMIENTO	MEDIA
2	0.0370 A
3	0.0323 A
1	0.0279 A

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 0.0115

Cuadro 7.12. Comparación de medias del factor A y B de la variable peso seco de vástago.

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
2	0.1200 A
3	0.1093 AB
1	0.1045 ABC
8	0.0989 ABC
4	0.0943 ABC
5	0.0888 BC
6	0.0873 BC
7	0.0785 C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 0.0285

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL FACTOR B

TRATAMIENTO	MEDIA
2	0.1063 A
3	0.1039 A
1	0.0829 A

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 0.0285