

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMIA**



**Estudio de la Efectividad Biológica de Substancias Húmicas  
Experimentales en el Cultivo de Maíz ( Zea mays )**

**Por:**

**GERMAN CASTRO RAMIREZ**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Octubre del 2003**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMIA**

Estudio de la Efectividad Biológica de Substancias Húmicas Experimentales en  
el Cultivo de Maíz ( Zea mays )

**Presentada por:  
GERMAN CASTRO RAMÍREZ**

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  
**Presidente del jurado calificador**

-----  
M. C. Reynaldo Alonso Velasco  
**Sinodal**

-----  
Dr. Rubén López Cervantes  
**Sinodal**

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

-----  
M. S. Humberto I. Macias Hernández

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

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Octubre del 2003

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**  
**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISION DE AGRONOMIA**

Estudio de la Efectividad Biológica de Substancias Húmicas Experimentales en  
el Cultivo de Maíz ( Zea mays )

**TESIS**

**Por:**

**GERMAN CASTRO RAMIREZ**

Participaron en la ejecución técnica de este proyecto de  
investigación los técnicos siguientes:

---

M. C. Evangelina Rodríguez Solís

---

El C. Mario Alberto Flores H.

---

Ing. Francisco Alemán Granados

---

M. C. Mildred I. Flores Verastegui

---

M. C. Juventino Pelcastre Rivera

Responsable del proyecto:

---

Dr. Alfonso Reyes López

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Octubre del 2003

## **DEDICATORIAS**

### **A mis padres:**

#### **Prof. Germán Castro Vázquez**

Por haber depositado en mí la confianza y el apoyo para que el día de hoy veamos realizada una de nuestras grandes ilusiones, la de haber terminado mi carrera profesional, te dedico este logro con todo mi corazón, gracias, espero que este pequeño logro nos ayude para salir adelante juntos.

#### **Sra. Imelda Ramírez Guzmán.**

Por tus sabios consejos, que aunque pareciera que no los tomo en cuenta siempre los llevo en mi mente, por que siempre te preocupas por mí, te quiero mucho, gracias.

### **A mi hermano:**

#### **Exal Salvador**

Por los buenos y malos momentos que hemos pasado juntos, por todo tu apoyo.

### **A mis hermanas:**

#### **Zoraida, Marlen, Yazmín y Bertha.**

Por su apoyo incondicional y por los regaños que me han servido para salir adelante... Gracias.

### **A mis abuelitos:**

#### **Mama Linda**

#### **Papa Villa**

Por quererme como a un hijo y por los consejos que me han dado, los quiero mucho... Gracias.

#### **Sra. Esperanza Vázquez**

#### **Sr. Salvador Castro (q. e. p. d.)**

Por tener a un hijo como mi papá que siempre nos apoyó, para que todos sus hijos salgamos adelante.

**A todos mis tíos (as):**

**Sr. Evencio, Sr. Julio, Sr. Antonio, Sr. Serafín, Sra. Elena, Sra. Fortunata, Sra. Cayi, Sra. Guadalupe, Sra. Argelia...** Con cariño.

**A todos mis primos:**

**Leydi, Zayra, Gaby, Víctor, José (pepe), Ameth,** por todos los momentos que hemos compartido.

**A mis sobrinas:**

**Josset y Lisset**

Por la alegría que vinieron a dar a la familia, las quiero mucho.

**A mis cuñados:**

**Eddy y José Juan**

Por formar parte de la familia y por el apoyo que he recibido.

**A la Sra. Rebeca Alonso:**

Por recibarnos en su casa como a unos hijos, siempre le estaré agradecido... Con cariño.

**A los Hermanos Moreno:**

**Roger y Romel**

Por la amistad que nos une y por compartir buenos momentos.

**A Gerardo Garza:**

Por la amistad brindada y por su apoyo durante todo el tiempo.

**A mis compañeros de la generación XCV, especialmente:**

**Álvaro, Arturo, Sergio, Olinto,** por los buenos momentos que pasamos, ojalá les vaya bien en la vida.

**A Octavio, Cinar, Elvis, Asunción, José** por los buenos momentos... y por la amistad !!!

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi **“Alma Mater”** por haberme recibido como estudiante y despedirme como un profesionalista.

**Al Dr. Alfonso Reyes López**, por su ayuda en la realización de este trabajo, asesoramiento y revisión del mismo.

**Al M. C. Reynaldo Alonso Velasco**, por su participación y revisión del presente trabajo.

**Al M. C. Alfonso Rojas Duarte**, por su participación y revisión del presente trabajo.

**Al M. C. Humberto I. Macias Hernández**, por su participación y revisión del presente trabajo.

**A la M. C. Evangelina Rodríguez Solís** por su valiosa colaboración, asesoría y ayuda brindada en el desarrollo estadístico del presente trabajo.

**Al M. C. Juventino Pelcastre Rivera** por su valiosa colaboración brindada en el desarrollo estadístico del presente trabajo.

**Al C. Mario Alberto Flores H.** por su valiosa colaboración y ayuda prestada en el trabajo de campo.

**Al Ing. Francisco Alemán Granados** por su valiosa colaboración y ayuda prestada en el trabajo de campo.

**A la M. C. Mildred Inna Flores Verastegui** por su colaboración prestada en laboratorio.

A todos y cada uno de los **Maestros e Ingenieros** que de una u otra forma contribuyeron en mi formación académica.

A todo el personal del **Departamento de Horticultura** por los servicios prestados.

A todos mis compañeros de la **Generación XCV**.

## INDICE DE GENERAL

## Pagina

|                                                           |             |
|-----------------------------------------------------------|-------------|
| <b>DEDICATORIAS .....</b>                                 | <b>i</b>    |
| <b>AGRADECIMIENTOS .....</b>                              | <b>iii</b>  |
| <b>INDICE DE GENERAL .....</b>                            | <b>v</b>    |
| <b>INDICE DE CUADROS .....</b>                            | <b>viii</b> |
| <b>INDICE DE FIGURAS.....</b>                             | <b>ix</b>   |
| <b>RESUMEN .....</b>                                      | <b>x</b>    |
| <b>I. INTRODUCCION .....</b>                              | <b>1</b>    |
| 1.1.    Objetivo .....                                    | 2           |
| 1.2.    Hipótesis .....                                   | 2           |
| <b>II. REVISION DE LITERATURA .....</b>                   | <b>3</b>    |
| 2.1. Generalidades del cultivo .....                      | 3           |
| 2.1.1. Origen del cultivo y clasificación botánica.....   | 3           |
| <b>2.2. Morfología .....</b>                              | <b>3</b>    |
| 2.2.1. Raíz .....                                         | 3           |
| 2.2.2. tallo .....                                        | 4           |
| 2.2.3. Hojas .....                                        | 4           |
| 2.2.4. Flores .....                                       | 4           |
| 2.2.5. Frutos .....                                       | 4           |
| <b>2.3. Requerimientos Ecológicos y Edafológicos.....</b> | <b>5</b>    |
| 2.3.1. Temperatura .....                                  | 5           |
| 2.3.2. Requerimientos de Humedad.....                     | 5           |
| 2.3.3. Altitud y Latitud .....                            | 6           |
| 2.3.4. Fotoperiodo .....                                  | 6           |
| 2.3.5. Requerimientos de Suelo .....                      | 6           |
| <b>2.4. Practicas de Cultivo .....</b>                    | <b>7</b>    |
| 2.4.1. Preparación del suelo .....                        | 7           |
| 2.4.2. Densidad de siembra .....                          | 7           |
| 2.4.3. Fertilización .....                                | 8           |
| 2.4.4. Labores de Escarda .....                           | 8           |

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4.5. Riegos .....                                                 | 8         |
| 2.4.6. Cosecha .....                                                | 8         |
| 2.4.7. Usos .....                                                   | 9         |
| <b>2.5. Substancias Húmicas .....</b>                               | <b>9</b>  |
| <b>2.5.1. Generalidades de las substancias húmicas .....</b>        | <b>9</b>  |
| 2.5.1.1. Humus .....                                                | 9         |
| 2.5.1.2. Origen de las substancias húmicas.....                     | 10        |
| 2.5.1.3. Características generales de las ácidos húmicos.....       | 13        |
| <b>2.5.2. Efecto de las substancias húmicas en las plantas.....</b> | <b>15</b> |
| 2.5.2.1. Efectos en el desarrollo de las plantas.....               | 15        |
| 2.5.2.2. Efectos en el desarrollo de los tallos.....                | 16        |
| 2.5.2.3. Efectos en el crecimiento de las plantas.....              | 16        |
| 2.5.2.4. Efectos en el rendimiento de plantas cultivadas.....       | 17        |
| <b>III. MATERIALES Y METODOS .....</b>                              | <b>19</b> |
| <b>3.1. Características del sitio experimental.....</b>             | <b>19</b> |
| 3.1.1. Localización geográfica.....                                 | 19        |
| 3.1.2. Clima .....                                                  | 19        |
| <b>3.2. Materiales utilizados .....</b>                             | <b>20</b> |
| 3.2.1. Material biológico .....                                     | 20        |
| 3.2.2. Suelo utilizado .....                                        | 21        |
| 3.2.3. Agua de riego .....                                          | 22        |
| <b>3.3. Trabajo de campo .....</b>                                  | <b>23</b> |
| 3.3.1. Sembrado de las charolas .....                               | 23        |
| 3.3.2. Fertilización aplicada .....                                 | 23        |
| 3.3.3. Transplante al recipiente .....                              | 23        |
| 3.3.4. Deshierbes .....                                             | 23        |
| 3.3.5. Control de plagas .....                                      | 24        |
| 3.3.6. Control de enfermedades .....                                | 24        |
| 3.3.7. Escardas .....                                               | 24        |
| <b>3.4. Manejo del invernadero .....</b>                            | <b>24</b> |
| <b>3.5. Tratamientos utilizados .....</b>                           | <b>25</b> |

|                                         |           |
|-----------------------------------------|-----------|
| <b>3.6. Diseño experimental .....</b>   | <b>25</b> |
| <b>3.7. Variables a evaluar .....</b>   | <b>26</b> |
| 3.7.1. Altura de planta .....           | 26        |
| 3.7.2. Diámetro de tallo .....          | 26        |
| 3.7.3. Número de hojas .....            | 26        |
| 3.7.4. Peso seco de la planta .....     | 27        |
| 3.7.5. Peso de la mazorca .....         | 27        |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b> | <b>28</b> |
| 4.1. Altura de planta .....             | 28        |
| 4.2. Diámetro de tallo .....            | 29        |
| 4.3. Número de hojas .....              | 31        |
| 4.4. Peso seco de la planta .....       | 32        |
| 4.5. Peso de la mazorca .....           | 34        |
| <b>V. CONCLUSIONES .....</b>            | <b>36</b> |
| <b>VI. LITERATURA CITADA .....</b>      | <b>37</b> |

| <b>INDICE DE CUADROS</b>                                                                                                                                                                          |  | <b>Pag</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------|
| <b>Cuadro</b>                                                                                                                                                                                     |  |            |
| 1. Características agronómicas de la variedad utilizada. ....                                                                                                                                     |  | 21         |
| 2. Características químicas del suelo utilizado. ....                                                                                                                                             |  | 21         |
| 3. Características químicas del agua utilizada. ....                                                                                                                                              |  | 22         |
| 4. Tratamientos utilizados y la codificación respectiva. ....                                                                                                                                     |  | 25         |
| 5. Arreglo topológico de los tratamientos. ....                                                                                                                                                   |  | 26         |
| 6. Nivel de medias que se obtuvieron para la variable altura de<br>planta. ....                                                                                                                   |  | 28         |
| 7. Nivel de medias que se obtuvieron para la variable diámetro de<br>tallo. ....                                                                                                                  |  | 30         |
| 8. Nivel de medias que se obtuvieron para la variable numero de<br>hojas. ....                                                                                                                    |  | 31         |
| 9. Nivel de medias que se obtuvieron para la variable peso seco<br>de la planta. ....                                                                                                             |  | 33         |
| 10. Nivel de medias que se obtuvieron para la variable peso seco<br>de la mazorca. ....                                                                                                           |  | 34         |
| 11. Medias de cada variable bajo estudio así como el<br>comportamiento respectivo de cada tratamiento. Letras<br>diferentes representan diferencia significativa al 95 % de<br>probabilidad. .... |  | 35         |

| <b>INDICE DE FIGURAS</b>                                                                                                                                                                              |  | <b>Pag</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------|
| <b>Figura</b>                                                                                                                                                                                         |  |            |
| 1. Respuesta de las sustancias húmicas en la altura de la planta de los diversos tratamientos. Letras diferentes representan diferencia significativa al 95 % de probabilidad. ....                   |  | 29         |
| 2. Efecto de las diferentes sustancias húmicas en el comportamiento del diámetro del tallo. Letras diferentes representan diferencia significativa al 95 % de probabilidad. ....                      |  | 30         |
| 3. Efecto de las diferentes sustancias húmicas en el comportamiento de Numero de hojas en las plantas de maíz. Letras diferentes representan diferencia significativa al 95 % de probabilidad. ....   |  | 32         |
| 4. Acumulación de biomasa (peso seco) de las plantas de maíz en respuesta a la aplicación de sustancias húmicas. Letras diferentes representan diferencia significativa al 95 % de probabilidad. .... |  | 33         |
| 5. Efecto de las diferentes sustancias húmicas en el rendimiento del maíz. Letras diferentes representan diferencia significativa al 95 % de probabilidad. ....                                       |  | 35         |

## **RESUMEN**

Siendo que el maíz constituye el alimento básico de mayor importancia en México el presente trabajo de investigación se desarrollo sobre este cultivo bajo condiciones de invernadero durante el ciclo verano-invierno del 2002, con la variedad de maíz van-210, se evaluaron 6 tratamientos de ácidos húmicos que fueron: UAAAN-01-02, UAAAN-02-02, UAAAN-03-02, UAAAN-04-02, UAAAN-05-02 y UAAAN-06-02 no comerciales y un testigo.

La metodología fue la siguiente se hizo la aplicación de una mezcla en forma sólida de 2 gr de sustancias húmicas más 5 gr de fertilizantes (fosfato monoamonico y Nitrato de Amonio) para las sustancias en experimentación y para el testigo solo se aplicaron los 5 gr de fertilizantes, las variables evaluadas son las siguientes: Altura de planta (m), Diámetro de tallo (cm), Número de hojas, Peso seco de la planta (gr) y Peso de la mazorca (gr).

Los resultados mostraron que en la variable: Altura de planta el mejor tratamiento resulto ser UAAAN-04-02, en el Peso de la mazorca no se reporto diferencia estadística significativa pero el mejor resultado ser también este, el Diámetro de tallo y Peso seco de la planta no existieron diferencias estadísticas significativas y en Número de hojas sobresale la aplicación de UAAAN-05-02. Por lo anterior se concluye que el tratamiento UAAAN-04-02 resulta ser el mejor.

## **INTRODUCCIÓN**

En México el maíz constituye el alimento básico de mayor importancia cubriendo el 51 % del área de cultivo, la gran expansión de este cultivo se debe en gran parte a que es una especie vegetal con una gran capacidad de adaptación bajo diversas condiciones edáficas y ecológicas, la superficie dedicada a este cultivo en nuestro país es ocho veces mayor que la dedicada al cultivo del trigo, el 90 % del área que se siembra es de temporal siendo la mayor parte para autoconsumo. (Robles, 1978).

Actualmente se cultiva en la mayoría de los países del mundo y es la tercera cosecha en importancia (después del trigo y el arroz), la mayoría del maíz es cultivado en los E.U.A., la Republica Popular de China y Brasil, sumando aproximadamente el 73 % de la producción anual global de aproximadamente 456 millones de toneladas. (IMSA, 1999)

En nuestro país se calcula que en el periodo de 1987 a 1990, se sembraron aproximadamente 7,469,649 has de maíz, siendo los principales estados productores en cuanto a superficie dedicada a este cultivo: Jalisco, Estado de México, Michoacán, Puebla, Tamaulipas y Veracruz con una producción media anual de 1362 kg/ha. (IMSA 1999).

Sin embargo datos más recientes indican que de 1991 al 2000 la superficie sembrada de maíz fue de 6.9468 a 7.12845 millones de hectáreas y una producción de 14.2515 a 17.735 millones de toneladas respectivamente, mientras datos obtenidos hasta marzo del 2001 afirman que hay una superficie sembrada de 8,452,803 hectáreas con una producción obtenida de 17,735,036 toneladas y un rendimiento promedio de 2.4888 ton/ha. del total de la superficie sembrada en nuestro país el 85 % se siembra bajo condiciones de temporal representando una superficie bastante grande expuesta a sequía. (SIACON, 2000). Durante los últimos años se ha estado tratando de desarrollar sustancias húmicas de lenta liberación. Esto es con el propósito de que la sustancia húmica permanezca por más tiempo en condiciones activas en el suelo, por lo que se plantea continuar con este tipo de estudios en el cultivo de maíz con nuevas formulaciones.

Dado lo anterior se plantea lo siguiente:

### **1.1. OBJETIVO**

- Encontrar la formulación más activa que estimule al rendimiento del cultivo del maíz, con la aplicación de ácidos húmicos.

### **1.2. HIPÓTESIS**

Los ácidos húmicos aplicados en forma sólida influyen directamente en el incremento de la biomasa y rendimiento del maíz.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Generalidades del Cultivo**

#### **2.1.1. Origen del cultivo y clasificación Botánica.**

El origen geográfico del maíz no se conoce con exactitud, aunque existen evidencias que lo sitúan en México con anterioridad al año 5000 a. C. La clasificación taxonómica del maíz según Robles (1983) es la siguiente:

Clasificación taxonómica del maíz.

Reino.....vegetal  
División.....tracheophyta  
Clase.....angiospermae  
Grupo.....glumiflora  
Orden.....graminales  
Familia.....gramineae  
Genero.....zea  
Especie.....mayz

### **2.2. MORFOLOGÍA**

#### **2.2.1. RAIZ**

Las raíces del maíz son fibrosas y se distinguen tres clases: raíces temporales, permanentes y adventicias o de anclaje. (Díaz, 1964).

### **2.2.2. TALLO**

Es mas o menos cilíndrico, formado por nudos y entrenudos. El numero de estos es variable, generalmente son de 8 a 21, pero son mas comunes las variedades de alrededor de 14 entrenudos. (Robles, 1983).

### **2.2.3. HOJAS**

En esta planta las hojas son alternas, sesiles y envainadoras, de forma lanceolada, anchas y ásperas en los bordes; vainas pubescentes; ligula corta. (Díaz, 1964). La hoja del maíz es larga y angosta con venación paralelinerve, y constituida por vaina, ligula y limbo. (Robles, 1983).

### **2.2.4. FLORES**

Según Díaz, (1964). El maíz es una planta monoica. Tiene dos tipos de flores, las denominadas flores estaminadas y flores pistiladas. Las primeras se encuentran dispuestas en espiguillas. Y las segundas se encuentran distribuidas en una inflorescencia, con un soporte central denominado elote. (Robles, 1983).

### **2.2.5. FRUTO**

Botánicamente es un fruto en cariósipide conocido comúnmente como semilla o grano. La semilla de maíz esta constituida por las siguientes estructuras: Pericarpio, Capa de células de aleurona, Endosperma, Capa de células epiteliales, Escutelo, Coleoptilo, Plúmula, Nudo cotiledonar, Radícula y Coleoriza. (Robles, 1983).

El grano de maíz maduro esta compuesto por tres partes principales: la cubierta de la semilla o pericarpio, el endosperma amilaceo y el embrión (también llamado germen), que llegara a ser una nueva planta. (Aldrich, 1974).

## **2.3 REQUERIMIENTOS ECOLOGICOS Y EDAFICOS**

### **2.3.1. TEMPERATURA**

Temperaturas menores de 10 °C retardan o inhiben la germinación y al disponer la semilla de humedad, se pueden presentar fitopatogenos que dañen parcial o totalmente el embrión. La temperatura media optima durante el ciclo vegetativo del maíz es de 25 a 30 °C. Temperaturas medias máximas de 40 °C son perjudiciales en especial en el periodo de la polinización. (Robles, 1983). El maíz es un cultivo de crecimiento rápido, que rinde mas con temperaturas moderadas y un suministro abundante de agua. (Aldrich, 1974).

### **2.3.2. REQUERIMIENTOS DE HUMEDAD**

La cantidad, distribución y eficiencia de la lluvia son factores importantes en la producción de maíz. La demanda de agua para producir elevados rendimientos de maíz, en algunas regiones, es superior en un 50 % o más a la lluvia normal en los meses de Junio, Julio y Agosto. Por lo tanto, los elevados niveles de producción, dependen en gran medida de la utilización del agua almacenada en el perfil del suelo. El calor y la sequía durante el periodo de polinización a menudo causan la desecación del tejido foliar y la formación deficiente de semilla. (Jugenheimer, 1981).

### **2.3.3. ALTITUD Y LATITUD**

Se cultiva maíz con buenos rendimientos desde el nivel del mar, hasta alrededor de 2500 metros sobre el nivel del mar. El maíz se adapta desde mas o menos 50° de latitud Norte, hasta alrededor de 40 grados de latitud Sur, pasando por todas las latitudes comprendidas en este rango. (Robles, 1983). En los E.E.U.U. la mayoría del área cultivada con maíz se siembra al sur de los 45 grados Norte. (Jugenheimer, 1981).

### **2.3.4. FOTOPERIODO**

El maíz es una planta insensible al fotoperiodo, debido a que se adapta a regiones de fotoperiodos cortos, neutros y fotoperiodos largos. Sin embargo, los mayores rendimientos se obtienen con un fotoperiodo de 11 a 14 horas luz. El maíz es una planta que florece y fructifica normalmente tanto en épocas de días cortos como de días largos. (Robles, 1983).

### **2.3.5. REQUERIMIENTOS DE SUELO**

El maíz prospera en diferentes tipos de suelos. Se siembra en suelos arcillosos, arcillo-arenosos, francos, franco-arcillosos, franco-arenosos, etc., sin embargo son mejores los suelos francos. (Robles, 1983). El maíz se desarrolla mejor en suelos bien drenados y fértiles, en terrenos arcillosos rojizos bien aireados y profundos que contengan abundante materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. (Jugenheimer, 1981).

## **2.4. PRACTICAS DE CULTIVO**

### **2.4.1. PREPARACION DEL SUELO**

Un terreno sin labores de cultivo, como el barbecho y el rastreo, estará mas compactado y con menos porcentaje de espacio poroso. (Robles, 1983). La preparación del suelo es útil para lograr un porcentaje alto en germinación, un buen crecimiento de las raíces y una máxima penetración de agua en el suelo. (Aldrich, 1974).

### **2.4.2. DENSIDAD DE SIEMBRA**

Densidades de siembra no optimas producen bajos rendimientos de maíz respecto a grano y/o forraje. La densidad optima de siembra depende de la distancia entre surcos y de la distancia entre plantas. (Robles, 1983). La densidad de plantas esta estrechamente relacionada con el rendimiento del maíz.

Los híbridos que se utilizan mas recientemente están adaptados a mayores densidades de plantas y altas fertilizaciones. Una siembra densa no impide la formación de los órganos florales del maíz. La presión competitiva no produce un retardo notable del alargamiento de la mazorca, del desarrollo del ovario o del alargamiento de los estigmas, hasta aproximadamente 70 días después de la siembra. (Jugenheimer, 1981).

### **2.4.3. FERTILIZACION**

Con la fertilización se obtienen elevados rendimientos de maíz y al mismo tiempo se conserva la productividad del suelo. Con la aplicación de nitrógeno es posible incrementar la densidad de plantas y con esto los rendimientos en maíz. (Jugenheimer, 1981).

### **2.4.4. LABORES DE ESCARDA**

Son indispensables para la eliminación de malezas, para mejorar la estructura del suelo y favorecer el desarrollo de las plantas. Existen cultivadoras de púas, cultivadoras de rejas en V y cultivadoras de barras. (Glanze, 1973).

### **2.4.5. RIEGOS**

El riego se encuentra sujeto a diferentes factores que influyen en el rendimiento y la calidad del maíz, como la textura y estructura del suelo, temperatura, humedad del suelo, humedad relativa y precipitación pluvial. Si se cuenta con agua de riego, se pueden utilizar dos formas de siembra: Una regar y después sembrar; la otra es sembrar y después regar. (Robles, 1983).

### **2.4.6. COSECHA**

El periodo de cosecha del maíz no es muy restringido, su madurez fisiológica la alcanza cuando el grano presenta una proporción de humedad de un 40 % aproximadamente, las hojas inferiores se tornan amarillas, la proporción de humedad de la paja es de 70 %, esta fase se presenta de 7 a 8 semanas después de la floración a pesar de la elevada humedad en los granos, es posible almacenarlo por cortos tiempos, mientras la proporción de humedad

oscile entre 14 y 16 % e ilimitadamente cuando ese porcentaje sea inferior al 13.5 %. Por regla general la proporción de humedad rebasa en la cosecha de maíz de grano el valor limite de la capacidad de almacenamiento, por lo cual es imprescindible desecar los granos natural o artificialmente. (Glanze, 1973).

#### **2.4.7. USOS**

El maíz se usa principalmente para la alimentación humana en la mayoría de las regiones del mundo, los usos del maíz se distribuyen en tres grandes grupos de consumidores: Pecuario, Industrial y Humano. Puede usarse para obtención de grano, para alimento de cerdos, pastoreo o forraje. En base a materia seca, el grano contiene aproximadamente 77 % de almidón, 9 % de proteínas 5 % de aceite, 5 % de pentosanas, 2 % de azúcar y 2 % de cenizas.

Las industrias destiladoras y fermentadoras elaboran alcohol etílico y butílico, acetona y Whisky, el comercio mundial promedio de maíz se aproxima a los 25 millones de toneladas por año. (Jugenheimer, 1981).

### **2.5. SUBSTANCIAS HUMICAS**

#### **2.5.1. GENERALIDADES DE LAS SUBSTANCIAS HUMICAS**

##### **2.5.1.1 HUMUS**

El humus es la fracción activa de la materia orgánica, más resistente a la descomposición rápida de los microorganismos, es de color negro. Aproximadamente el 56 % del humus es carbón, el 35 % es oxígeno, el 3.5 % es hidrógeno y tiene una relación C/N 10/1, su relación C/P y C/S es de 100/1.

El humus consiste de tres grupos de compuestos orgánicos: Lignina modificada, la cual es muy resistente a la descomposición microbiana, las proteínas que están protegidas por lignina y arcilla y los Poliurónidos que son sintetizados por organismos del suelo. ( Narro, 1987. Ortiz, 1987. Omega, 1989).

#### **2.5.1.2 ORIGEN DE LAS SUBSTANCIAS HUMICAS**

El nombre de ácidos o sustancias humicas (SH) son genéricos para los materiales que se pueden extraer 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 porque su principal función agrícola es la estimular el metabolismo vegetal. (Narro, 1997).

Las sustancias humicas tienen dos orígenes: Residuos vegetales y animales humificados.

En lo referente al primer origen, es difícil determinar la descomposición de las mencionadas sustancias, porque contienen una mezcla de compuestos de bajo peso molecular (azúcares, aminoácidos) y macromoléculas químicamente heterogéneas (enzimas, amino azúcares complejos y polifenoles). (Chefetz et al. 1998).

Felbeck, (1971). Menciona las siguientes hipótesis acerca de la formación de estos materiales:

*La hipótesis de la alteración de las plantas.*

Las fracciones de tejidos vegetales lignificados resistentes a la degradación microbiana son alterados solo superficialmente para formar sustancias húmicas. La naturaleza de las sustancias formadas esta fuertemente influenciada por la naturaleza del material vegetal original. Durante la primera etapa de la humificación, se forman las huminas y los ácidos húmicos de alto peso molecular, estos se degradan posteriormente a ácidos fúlvicos y finalmente a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

*La hipótesis de la polimerización química.*

Las materias son degradadas por los microorganismos a moléculas más pequeñas que son utilizadas posteriormente como fuente de carbono y energía. Los microorganismos sintetizan fenoles y aminoácidos que son oxidados y polimerizados a sustancias húmicas.

*La hipótesis de síntesis microbiana.*

Los microbios utilizan los tejidos vegetales como fuente de carbono y energía para sintetizar intercelularmente materiales húmicos de alto peso molecular. Después de que los microbios mueren estos compuestos son liberados al suelo. Así, las SH de alto peso molecular, representan el primer estado de la humificación, siguiendo la degradación microbiana extracelular a ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y finalmente a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

Para Kononova, (1972). La formación de sustancias húmicas se realiza.

1. El proceso de humificación de residuos de plantas es acompañado por la mineralización de compuestos como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  y otros productos.
2. Todos los compuestos de los tejidos vegetales podrían ser la fuente primaria de la unidad estructural en la forma de: a) Producto de desintegración (compuestos fenólicos de ligninas, taninos y otros tipos de compuestos similares), b) Productos de metabolismo (compuestos fenolicos, metabolitos formados por consumo de carbohidratos por microorganismos) y c) Productos de desintegración y resíntesis (aminoácidos y péptidos durante la descomposición de proteínas y productos metabólicos de microorganismos).
3. Un importante estudio en el proceso de formación de sustancias húmicas, es la condensación de unidades estructurales, la cual ocurre por oxidación de fenoles por la enzima fenoxidasa, a través de semi-quinonas y la interacción de estas últimas con aminoácidos y péptidos.
4. El estadio final del proceso de formación de sustancias húmicas policondensación (polimerización) es un proceso químico. Durante la humificación de residuos orgánicos el estadio individual del proceso es íntimamente coordinado y podría ocurrir concomitantemente.  
  
Así, la condensación de los compuestos fenólicos y quinonas con aminoácidos y péptidos, es la reacción específica de humificación.

Esta reacción primero proporciona sustancias prohumicas grisáceas, y pocas concluyen este camino, la policondensación (condensación), reacción de estas sustancias de alto peso molecular.

#### **2.5.1.3. CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS ACIDOS HUMICOS**

Los ácidos húmicos son grupos de sustancias químicas orgánicas, formadas a partir de la descomposición de residuos de origen vegetal y por la acción de los microorganismos del suelo, en la fase final del proceso de humificación de la materia orgánica. Los ácidos húmicos “comerciales” se extraen a partir de la lignita-leonardita (deposito café suave, parecido al carbón, usualmente se encuentran juntos) y de las turbas. (Palomares, 1990).

MacCarthy *et al.*, (1990). Expone que las sustancias húmicas pueden ser operacionalmente definidas como: una categoría de sustancias orgánicas presentes en la naturaleza, heterogéneas que pueden generalmente ser caracterizadas de color amarillas a negras, de alto peso molecular y resistente a los métodos originarios de reducción. Estos materiales resultan de la descomposición de residuos animales o vegetales y no pueden ser clasificados en cualquiera de las categorías tales como proteínas, polisacáridos o polinucleótidos.

Los ácidos húmicos son sustancias presentes en el humus, químicamente son moléculas muy complejas que presentan grupos carboxilos, hidroxilos, fenólicos

y otros que le permiten retener, quelatar y potencializar la penetración de los elementos nutritivos en las plantas (Omega, 1989).

Al hidrolizar ácidos húmicos se han encontrado una gran diversidad de aminoácidos básicamente de tipo aromático. El nitrógeno se considera como parte constitutiva de las moléculas de ácidos húmicos y la mayoría de los autores señalan que el contenido de aminoácidos de suelos diferentes es en general homogéneo, la posición del N en las moléculas de sustancia húmica determina en la medida la accesibilidad del N a los microorganismos y por consiguiente a la planta.

Las sustancias húmicas se clasifican de acuerdo a su solubilidad en ácido a álcali, en tres grupos:

- a) Ácido Húmico: Fracción soluble en álcalis diluidos, coagulan al acidificarse el extracto.
- b) Ácidos Fúlvicos: Permanecen en solución cuando se acidifica el extracto alcalino.
- c) Huminas: Fracción que no puede extraerse del suelo por disoluciones básicas ni ácidas.

### **2.5.2. EFECTO DE LAS SUBSTANCIAS HUMICAS EN LAS PLANTAS**

Chen y Aviad, (1990). Sostienen que los estudios de los efectos de las sustancias húmicas sobre el desarrollo vegetal bajo condiciones de adecuada nutrición vegetal, muestran consistentes resultados positivos sobre la biomasa de la planta. La estimulación del crecimiento de la raíz es generalmente mas aparente que la estimulación del crecimiento del tallo. La típica respuesta muestra incrementos en el crecimiento a medida que se incrementa la concentración de sustancias húmicas en la solución nutritiva, seguida por una disminución del crecimiento a concentraciones muy altas. El tallo muestra generalmente el mismo comportamiento en la respuesta al crecimiento a las sustancias húmicas, sin embargo, la magnitud de la respuesta del crecimiento es menor, así mismo encontraron que las aplicaciones foliares pueden mejorar tanto el crecimiento de la raíz como el crecimiento del tallo.

Agregan también que los efectos estimulantes de las sustancias húmicas han sido correlacionados con la absorción de macro nutrientes.

#### **2.5.2.1. EFECTOS EN EL DESARROLLO DE LAS PLANTAS**

Las sustancias húmicas tienen mayores efectos sobre las raíces que sobre las partes aéreas (Chen y Aviad, 1990), además, se ha observado que generalmente hay un estímulo del crecimiento radical y un mejoramiento de la iniciación de raíces (Narro, 1997).

Chen y Aviad, (1990). Sostienen que las sustancias húmicas de varios orígenes mejoran el crecimiento radical y la elongación de la estructura foliar, ya sea mezclado en soluciones nutritivas o aplicado por vía foliar.

#### **2.5.2.2. EFECTOS EN EL DESARROLLO DE TALLOS**

Chen y Aviad, (1990). Condujeron un ensayo sobre los efectos de aplicaciones foliares de soluciones nutritivas de sustancias húmicas en raíces y tallos. Reportan que cuando las plantas de tomate fueron asperjadas con una solución de 300 mg/lit de ácido húmico, tanto en peso seco como en peso fresco de los tallos se incrementaron, encuentran también que altas aplicaciones inhibieron el desarrollo y causaron deformaciones en las hojas. Además que las aplicaciones de ácido fúlvico son ligeramente más efectivas que las aplicaciones de ácido húmico.

#### **2.5.2.3. EFECTOS EN EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS**

Flores, (1993). Expone que los ácidos húmicos presentan ciertos efectos en la planta como el traslado de nutrientes desde las raíces hasta la parte aérea y del exterior de las hojas hasta los sitios de acumulación, son activadores y estabilizadores de algunas enzimas. Ayudan al desarrollo temprano de las plantas, recuperando la tensión (estrés) de transplante, mayor expansión foliar, e incremento del sistema radical.

Determinadas fracciones de ácidos húmicos presentan una sorprendente capacidad de actuar estimulando los procesos fisiológicos y bioquímicos, y que basan su estímulo en los procesos energéticos relacionados con la respiración y la síntesis de ácidos nucleicos. Ello produce una elevación en la vitalidad del organismo vegetal bajo la acción de sustancias biológicamente activas,

aumentando la asimilación de los elementos nutritivos del suelo (Kononova,1982).

#### **2.5.2.4. EFECTOS EN EL RENDIMIENTO DE LAS PLANTAS**

Sifuentes, (1995). Reporta en su trabajo de investigación aplicaciones de ácidos húmicos y elementos menores en el cultivo de papa, que el tratamiento al que se le aplicó un alto nivel de ácido húmico (160 kg/ha) y los niveles medios de Fe (7 kg/ha), Zn (10 kg/ha) y Mn (5 kg/ha), se presentó la mayor producción de tubérculos totales a los 75 días después de siembra. Por otro lado, la dosis alta de Zn (15 kg/ha) en la primera etapa del cultivo promovió el crecimiento.

Reyna, (1996). Establece en su investigación con ácidos húmicos comerciales y fertilizantes foliares, encontró que en la variable de altura de la planta y el número de tallos por metro lineal, mostraron diferencias significativas, por esta razón es mejor aplicar el 50 % de fertilización y no el 100 %. Además, reporta que la dosis alta de ácido húmico (150 kg/ha) más el 75 % de fertilización de fondo aumenta la materia seca de hojas, raíces, tallos y tubérculos a los 80 días. La materia seca total en las evaluaciones no presentó diferencia estadística.

Narro, (1996). Describe que los principales efectos de las sustancias húmicas sobre características de muchas plantas cultivadas son:

- Estimula la división celular y desarrollo de meristemos.
- Incrementa la permeabilidad de las membranas vegetales.
- Actúa como regulador de crecimiento.
- Incrementa la asimilación de nutrientes en la planta por la vía radical y foliar.
- Mejora el transporte de nutrientes en la planta.
- Acelera la fotosíntesis total y neta, y la respiración.
- Activan y estabilizan algunas enzimas.
- Estimulan los procesos de utilización de nutrientes.
- Incrementan respiración y actividad oxidativa de las raíces.
- Mejora la nutrición vegetal.
- Incrementa rendimiento.
- La calidad del producto cosechado se incrementa y
- Se produce un adelanto de cosecha.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **3.1. CARACTERISTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL**

#### **3.1.1. LOCALIZACION GEOGRAFICA**

El presente trabajo fue establecido en el invernadero de cultivos intensivos del Departamento de Horticultura, situado en el área de Laboratorios de Horticultura que se encuentra en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, en las coordenadas 25° 23' latitud Norte y 101° 00' Longitud Este y con una altura media sobre el nivel del mar de 1743 metros.

#### **3.1.2. CLIMA**

El clima de la UAAAN, según clasificación de Koppen modificado por García (1973), se ubica dentro de la clasificación del tipo BS, KX' que corresponde a un Seco, semi-seco templado con lluvias escasas todo el año, con un porcentaje de precipitación invernal mayor de 18 % con respecto al total anual y verano cálido.

La temperatura media anual es de 17.1 °C con una precipitación anual de 450-500 mm y la evaporación media anual es de 1956 mm la cual es siempre mayor que la precipitación media anual. (Valadez, 1993).

### **3.2. MATERIALES UTILIZADOS**

- Semilla de maíz (variedad Van-210)
- Charolas de 200 cavidades
- Peat-moss y Perlita
- Recipientes de 22 lts de capacidad
- Plástico térmico calibres 1500 y 2000
- Insecticidas y fungicidas (Benlate, Permetrina, Folicur-15, Agrimiqu y Agresor).
- Fertilizantes (Fosfato monoamonico (MAP 12-61-00) y Nitrato de amonio (33.3-00-00)).
- Productos (ácidos húmicos), Balanza, Cinta métrica, vernier.
- Suelo
- Agua

#### **3.2.1. MATERIAL BIOLÓGICO**

El material genético utilizado fue la variedad mejorada de maíz VAN-210. Este cultivar es proveniente de una serie de materiales criollos procedente de diversas regiones del norte y centro de México, además presenta buenas características para adaptarse a condiciones de temporal. Este cultivo puede cultivarse desde 1000 a 1900 metros sobre el nivel del mar.

Cuadro. 1. Características agronómicas de la variedad utilizada.

|                            |                                         |
|----------------------------|-----------------------------------------|
| TIPO DE GRANO              | Blanco-semicristalino                   |
| FORMA DE MAZORCA           | Cónica a cilíndrica                     |
| TAMAÑO DE MAZORCA          | Corta a mediana                         |
| ALTURA DE PLANTA           | De 1.40 m a 195 m                       |
| CICLO VEGETATIVO           | Precoz (95 a 105 días)                  |
| FLORACION                  | 60 a 65 días                            |
| HOJAS, FORMA Y COLOR       | Angostas, verde claro                   |
| COSECHA                    | 100 días                                |
| ACAME                      | Tolerante                               |
| COBERTURA DE MAZORCA       | Regular                                 |
| RESISTENCIA A ENFERMEDADES | Buena                                   |
| POTENCIAL DE RENDIMIENTO   | Bueno, con dosis bajas de fertilizantes |

### 3.2.2. SUELO UTILIZADO

Análisis realizado en el Laboratorio de Calidad de Agua de la UAAAN.

Cuadro. 2. Características químicas del suelo utilizado.

|                                               |                        |
|-----------------------------------------------|------------------------|
| pH (Saturación)                               | 8.0                    |
| Materia Orgánica (%)                          | 1.94                   |
| Nitrógeno Total (%)                           | 0.09                   |
| Potasio Intercambiable (Kg ha <sup>-1</sup> ) | Más de 900             |
| Fósforo aprovechable (Kg ha <sup>-1</sup> )   | 38.25                  |
| Carbonatos totales (%)                        | 18.6                   |
| % Arcilla                                     | 16                     |
| % Limo                                        | 30                     |
| % Arena                                       | 54                     |
| Textura                                       | <b>Migajón Arenoso</b> |

|                                                      |       |
|------------------------------------------------------|-------|
| C.E. (ds m <sup>-1</sup> )                           | 1.411 |
| Na (Meq l <sup>-1</sup> )                            | 0.5   |
| Ca (Meq l <sup>-1</sup> )                            | 2.0   |
| Mg (Meq l <sup>-1</sup> )                            | 16.25 |
| Cl (Meq l <sup>-1</sup> )                            | 9.45  |
| SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (Meq l <sup>-1</sup> )  | 15.53 |
| CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> (Meq l <sup>-1</sup> )  | 4.5   |
| HCO <sub>3</sub> <sup>=</sup> (Meq l <sup>-1</sup> ) | 7.5   |
| D. Ap. (gr cc <sup>-1</sup> )                        | 1.95  |

### 3.2.3. AGUA DE RIEGOS

Se dio un primer riego al momento del transplante, después se hicieron riegos cada semana aplicando solamente una lamina de 5.0 cm en cada riego.

Las Características químicas del agua utilizada en este trabajo se describen en el cuadro. 3. (Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua del Departamento de Riego y drenaje).

Cuadro. 3. Características químicas del agua utilizada.

|                               |                           |
|-------------------------------|---------------------------|
| pH                            | 7.42                      |
| CE (25 °C)                    | 0.343 ds m <sup>-1</sup>  |
| RAS                           | 0.641                     |
| Carbonatos                    | 0.200 Meq l <sup>-1</sup> |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 1.200 Meq l <sup>-1</sup> |
| Ca <sup>2+</sup>              | 0.22 Meq l <sup>-1</sup>  |
| Mg <sup>2+</sup>              | 2.90 Meq l <sup>-1</sup>  |
| Cl <sup>-</sup>               | 0.84 Meq l <sup>-1</sup>  |
| SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>  | 2.90 Meq l <sup>-1</sup>  |
| Na <sup>+</sup>               | 0.80 Meq l <sup>-1</sup>  |
| K <sup>+</sup>                | Meq l <sup>-1</sup>       |

### **3.3. TRABAJO DE CAMPO**

#### **3.3.1. SEMBRADO DE LAS CHAROLAS**

La semilla fue sembrada en charolas de 200 cavidades la mezcla de suelo para estas charolas fue de 50% de perlita y 50% de peat-moss, las semillas fueron sembradas el 28 de agosto del 2002. (dos semillas por cavidad).

#### **3.3.2. FERTILIZACION**

El fertilizante (MAP y Nitrato de Amonio) fue aplicado 15 días antes del trasplante a una profundidad de 3.0 cm y posteriormente cubierto con el mismo suelo.

El fertilizante fue mezclado con las sustancias húmicas bajo estudio y aplicado en la forma anteriormente descrita, la mezcla señalada fue aplicada toda en una ocasión.

#### **3.3.3. TRANSPLANTE AL RECIPIENTE**

Cuando las plántulas alcanzaron una altura de 15.0 cm fueron trasplantadas a un recipiente de plástico de 22.0 lts de capacidad llevado a cabo el 13 de septiembre del 2002. El suelo utilizado para llenar estos recipientes esta descrito en el cuadro. 2 y es caracterizado como un migajón arenoso.

#### **3.3.4. DESHIERBES**

Se realizaron dos deshierbes uno a los 25 días después del transplante y el segundo 20 días después del primer deshierbe, el cual consistió en eliminar malas hierbas que competían con el cultivo, en espacio, agua y nutrientes,

eliminado también las que se desarrollaban entre los pasillos, se llevo acabo en forma manual.

### **3.3.5. CONTROL DE PLAGAS**

El 4 de octubre del 2002 se aplico Permetrina (Gusano cogollero) 1 cc/ltr de agua, el 4 de noviembre del 2002 se aplico Agresor (chapulines) .5 cc/ltr de agua.

### **3.3.6. CONTROL DE ENFERMEDADES**

El 17 de septiembre del 2002 se fumigo con Benlate 1 gr/ltr de agua, el 17 octubre se fumigo con Folicur-15 5 cc/ltr y Agrimiqu 1 gr/ltr de agua y el 21 noviembre se fumigo con Folicur-15 1 cc/ ltr y Agrimiqu 1 gr/ltr de agua.

### **3.3.7. ESCARDAS**

Después de que la planta fue establecida se le proporcionaron 4 escardas al cultivo durante el ciclo vegetativo,

Se realizo una cuando la planta tenia aproximadamente 50 cm de altura, y consistió en aflojar la tierra alrededor del tallo, al mismo tiempo que se le aporcaba y las siguientes tres cada quince días.

### **3.4. MANEJO DEL INVERNADERO**

El proyecto se llevó a cabo durante la época verano-invierno por lo que se utilizó una doble capa de plástico térmico alrededor del cultivo, esto es que la primera capa es la exterior del invernadero la cual esta construida del denominado térmico calibre 2000, la segunda capa estuvo situada alrededor del cultivo del calibre 1500 del denominado "standar".

Dentro de esta condición de doble capa se tenía instalado un sistema de calefacción de gas butano con distribución Zendal distribuido a todo lo largo del experimento. El control de temperatura estaba controlada con su termostato que se activaba cuando la temperatura descendía a 17 °C.

### 3.5. TRATAMIENTOS UTILIZADOS

Los materiales húmicos utilizados fueron de los denominados "esféricos" de lento desprendimiento, no comerciales. Los materiales bajo estudio se mencionan en el cuadro. 4.

Cuadro. 4. Tratamientos utilizados y la codificación respectiva.

| <b>No. TRATAMIENTO</b> | <b>CODIFICACION DE MATERIAL EXPERIMENTAL (CME)</b> |
|------------------------|----------------------------------------------------|
| 1                      | 2 gr. de UAAAN-01-02 + Ferts.                      |
| 2                      | 2 gr. de UAAAN-02-02 + Ferts.                      |
| 3                      | 2 gr. de UAAAN-03-02 + Ferts.                      |
| 4                      | 2 gr. de UAAAN-04-02 + Ferts.                      |
| 5                      | 2 gr. de UAAAN-05-02 + Ferts.                      |
| 6                      | 2 gr. de UAAAN-06-02 + Ferts.                      |
| 7                      | TESTIGO-07-02 Solo Ferts.                          |

### 3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para estimar el efecto de los tratamientos establecidos, se probaron en un diseño estadístico bloques al azar. Dando 6 tratamientos y un testigo. La distribución de los tratamientos se mencionan en el cuadro. 5. Se utilizaron 17 repeticiones (tomando solo las 10 primeras plantas) por tratamiento en el que la unidad experimental fue una planta.

Cuadro. 5. Arreglo topológico de los tratamientos.

|           |           |           |           |    |           |           |           |           |    |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|----|
| 8         | 7         | 14        | 13        | 3  | 2         | 9         | 8         | 15        | 14 |
| 9         | 6         | 15        | 12        | 4  | 1         | 10        | 7         | 16        | 13 |
| 10        | 5         | 16        | 11        | 5  | <u>17</u> | 11        | 6         | <u>17</u> | 12 |
| 11        | 4         | <u>17</u> | 10        | 6  | 16        | 12        | 5         | 1         | 11 |
| 12        | 3         | 1         | 9         | 7  | 15        | 13        | 4         | 2         | 10 |
| 13        | 2         | 2         | 8         | 8  | 14        | 14        | 3         | 3         | 9  |
| 14        | 1         | 3         | 7         | 9  | 13        | 15        | 2         | 4         | 8  |
| 15        | <u>17</u> | 4         | 6         | 10 | 12        | 16        | 1         | 5         | 7  |
| 16        | 16        | 5         | 5         | 11 | 11        | <u>17</u> | <u>17</u> | 6         | 6  |
| <u>17</u> | 15        | 6         | 4         | 12 | 10        | 1         | 16        | 7         | 5  |
|           | 14        | 7         | 3         | 13 | 9         | 2         | 15        | 8         | 4  |
|           | 13        | 8         | 2         | 14 | 8         | 3         | 14        | 9         | 3  |
|           | 12        | 9         | 1         | 15 | 7         | 4         | 13        | 10        | 2  |
|           | 11        | 10        | <u>17</u> | 16 | 6         | 5         | 12        | 11        | 1  |



### 3.7. VARIABLES A EVALUAR

#### 3.7.1. ALTURA DE PLANTA

Con ayuda de la cinta métrica se obtuvo este valor, midiendo al ras del suelo, hasta la punta de crecimiento.

#### 3.7.2. DIAMETRO DE TALLO

Con la ayuda del Vernier se obtuvieron los datos de esta variable, y se tomó en la base del tallo al ras del suelo.

#### 3.7.3. NUMERO DE HOJAS

Para esta variable, el procedimiento solo consistió en contar el número de hojas que tenía la planta.

#### **3.7.4. PESO SECO DE LA PLANTA**

Para la obtención de estos datos se corto la planta ya seca en pequeños trozos y se depositaron en bolsas de papel para después terminar el proceso de secado en la estufa a una temperatura de 17 °C por ultimo se prosiguió a pesar en la balanza.

#### **3.7.5. PESO DE LA MAZORCA**

Esta variable se obtuvo pesando los granos de cada una de las mazorcas en una balanza.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Altura de planta

Los resultados arrojan para esta variable diferencia significativa entre tratamientos, siendo el testigo quien presento una de las menores alturas con respecto a todos los demás. Mientras que UAAAN-04-02 (T4) fue el que presento la mayor altura siguiéndole el UAAAN-03-02 (T3). Los demás prácticamente no existe diferencia estadística significativa (cuadro. 6) entre sí dado lo anterior podemos sugerir que las sustancias bajo estudio estimularon el tamaño (altura) de planta. Esto concuerda con Chen y Aviad, (1990), mencionan que las SH pueden estimular el desarrollo de las plantas cuando son aplicadas en aspersiones foliares en concentraciones que van de 50 a 300 mg/lit.

Cuadro. 6. Nivel de medias que se obtuvieron para la variable altura de planta.

| N. de Tratamiento / Cod. Mat. Exp. | ALTURA DE PLANTA (m) |
|------------------------------------|----------------------|
| 4 / UAAAN-04-02                    | 2.21 a               |
| 3 / UAAAN-03-02                    | 2.07 ab              |
| 5 / UAAAN-05-02                    | 1.94 abc             |
| 6 / UAAAN-06-02                    | 1.94 abc             |
| 2 / UAAAN-02-02                    | 1.89 bc              |
| 1 / UAAAN-01-02                    | 1.79 bc              |
| 7 / TESTIGO-07-02                  | 1.73 c               |
| C. V.                              | 17.09                |

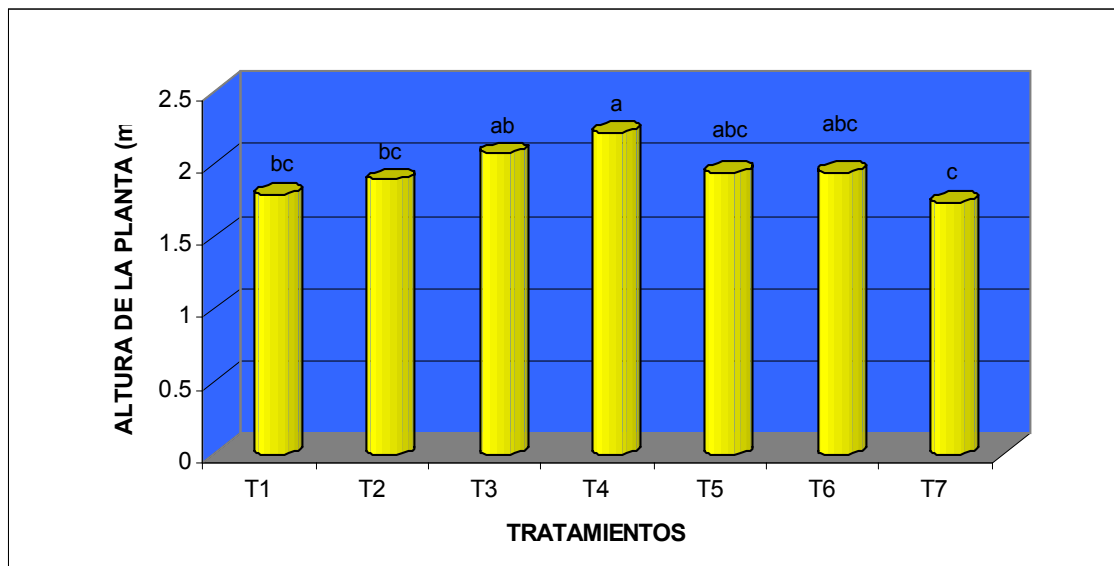


Fig. 1. Respuesta de las sustancias húmicas en la altura (m) de planta de los diversos tratamientos. Letras diferentes representan diferencia significativa al 95 % de probabilidad.

#### 4.2. Diámetro de Tallo

El análisis de varianza para esta variable no revela diferencia estadística en los tratamientos (cuadro. 7), sin embargo UAAAN-04-02, UAAAN-02-02 y UAAAN-03-02 revelan los menores valores numéricos y el UAAAN-06-02 obtiene el mayor diámetro de tallo en comparación con el testigo. Las sustancias húmicas no tuvieron algún efecto en el diámetro de los tallos (Fig. 2). Lo cual concuerda con lo que dicen Chen y Aviad, (1990), quienes mencionan que las sustancias húmicas tienen mayores efectos sobre las raíces que sobre las partes aéreas, ya que la estimulación del crecimiento de la raíz es generalmente mas aparente que la estimulación del crecimiento del tallo.

Cuadro. 7. Nivel de medias que se obtuvieron para la variable diámetro de tallo.

| N. de Tratamiento / CME | DIAMETRO DE TALLO (cm) |
|-------------------------|------------------------|
| 6 / UAAAN-06-02         | 1.84 a                 |
| 5 / UAAAN-05-02         | 1.82 a                 |
| 1 / UAAAN-01-02         | 1.82 a                 |
| 7 / testigo-07-02       | 1.81 a                 |
| 3 / UAAAN-03-02         | 1.77 a                 |
| 2 / UAAAN-02-02         | 1.74 a                 |
| 4 / UAAAN-04-02         | 1.69 a                 |
| C. V.                   | 25.15                  |

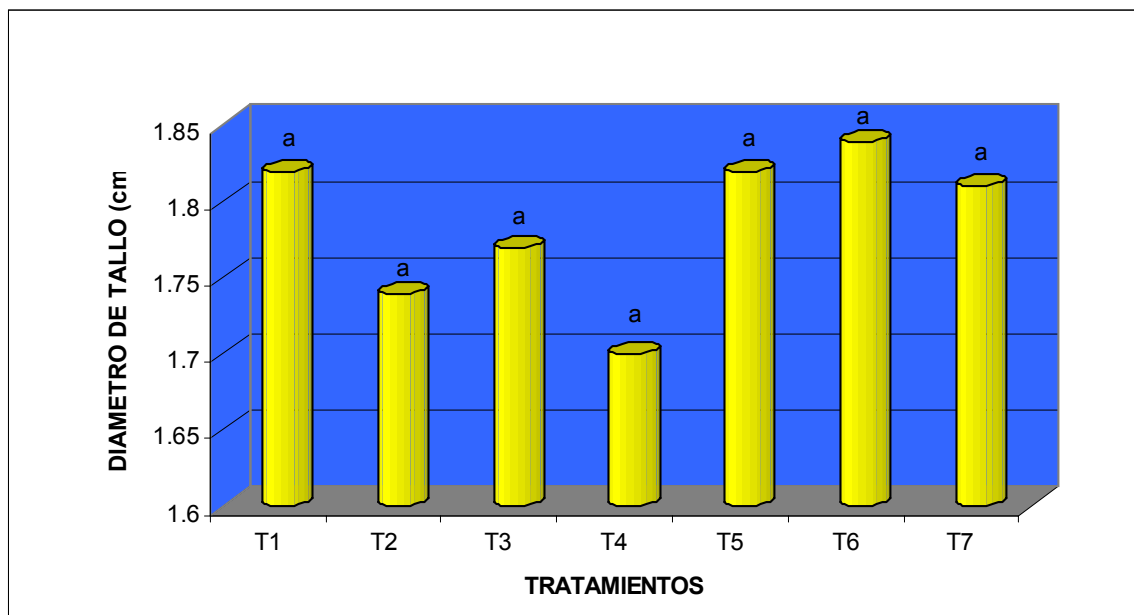


Fig. 2. Efecto de las diferentes sustancias húmicas en el comportamiento del diámetro del tallo. Letras diferentes representan diferencia significativa al 95 % de probabilidad.

### 4.3. Número de Hojas

El análisis de varianza para esta variable denota diferencia significativa entre tratamientos. Para este caso el UAAAN-01-02 fue el que menos hojas presentó mientras que el que más hojas tuvo fue el UAAAN-05-02, (cuadro. 8). El testigo se comporto en forma intermedia por lo que podemos sugerir que la respuesta de esta variable a la aplicación de las sustancias húmicas fue moderada (fig. 3). No se encontró literatura referida a esta variable, pero Chen y Aviad, (1990), mencionan que las sustancias húmicas tienen mayores efectos sobre las raíces que sobre las partes aéreas.

Cuadro. 8. Nivel de medias que se obtuvieron para la variable de número de hojas.

| N. de Tratamiento / CME | NUMERO DE HOJAS |
|-------------------------|-----------------|
| 5 / UAAAN-05-02         | 10.90 a         |
| 6 / UAAAN-06-02         | 10.40 ab        |
| 4 / UAAAN-04-02         | 10.40 ab        |
| 2 / UAAAN-02-02         | 10.05 ab        |
| 3 / UAAAN-03-02         | 9.90 ab         |
| 7 / TESTIGO-07-02       | 9.90 ab         |
| 1 / UAAAN-01-02         | 8.08 ab         |
| C. V.                   | 21.11           |

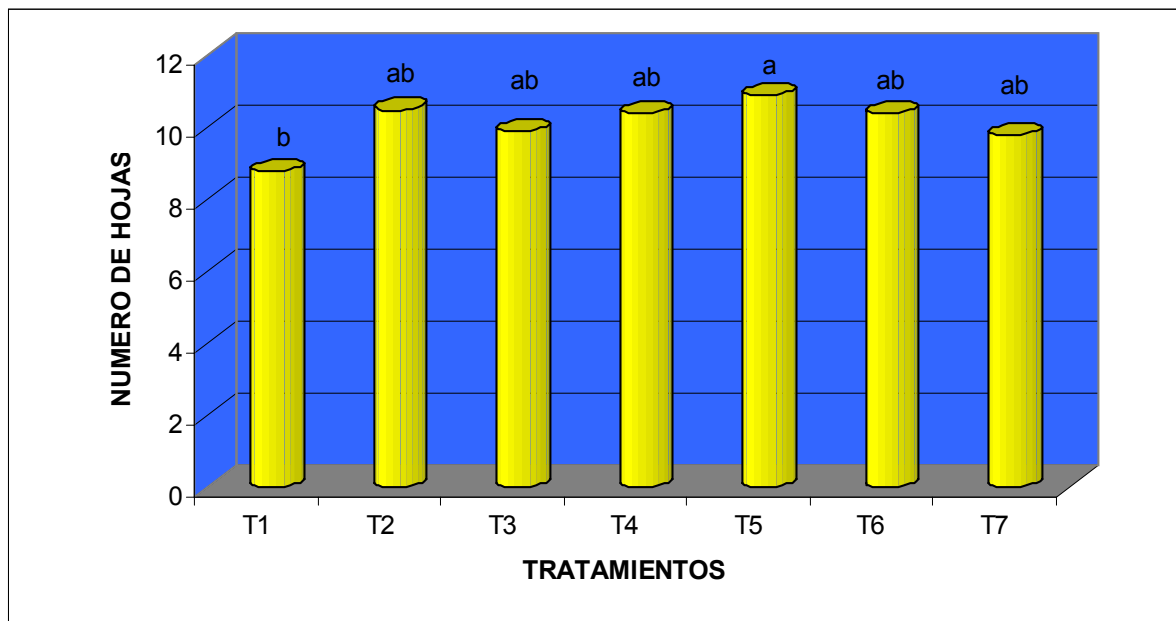


Fig. 3. Efecto de las diferentes sustancias húmicas en el número de hojas en las plantas de maíz. Letras diferentes representan diferencia significativa al 95% de probabilidad.

#### 4.4. Peso Seco de la Planta

El análisis para esta variable no se detecta diferencia estadística significativa (cuadro. 9). Sin embargo en uno de los tratamientos que se observó menor peso fue el UAAAN-03-02 seguido por el TESTIGO-07-02, obteniendo el mayor promedio el UAAAN-06-02. Sin embargo se considera que las sustancias húmicas bajo estudio actuaron en forma moderada en la acumulación de la biomasa (fig. 4). De acuerdo con lo que dicen Chen y Aviad, (1990), sostienen que los estudios de los efectos de las sustancias humicas sobre el desarrollo vegetal bajo condiciones de adecuada nutrición vegetal, muestran consistentes resultados positivos sobre la biomasa de la planta, lo cual no se dio en los resultados obtenidos.

Cuadro. 9. Nivel de medias que se obtuvieron para la variable peso seco de la planta.

| N. de Tratamiento / CME | PESO SECO DE LA PLANTA (gr) |
|-------------------------|-----------------------------|
| 6 / UAAAN-06-02         | 134.21 a                    |
| 2 / UAAAN-02-02         | 131.79 a                    |
| 1 / UAAAN-01-02         | 124.22 a                    |
| 4 / UAAAN-04-02         | 119.71 a                    |
| 5 / UAAAN-05-02         | 118.05 a                    |
| 7 / TESTIGO-07-02       | 115.91 a                    |
| 3 / UAAAN-03-02         | 111.34 a                    |
| C. V.                   | 34.47                       |

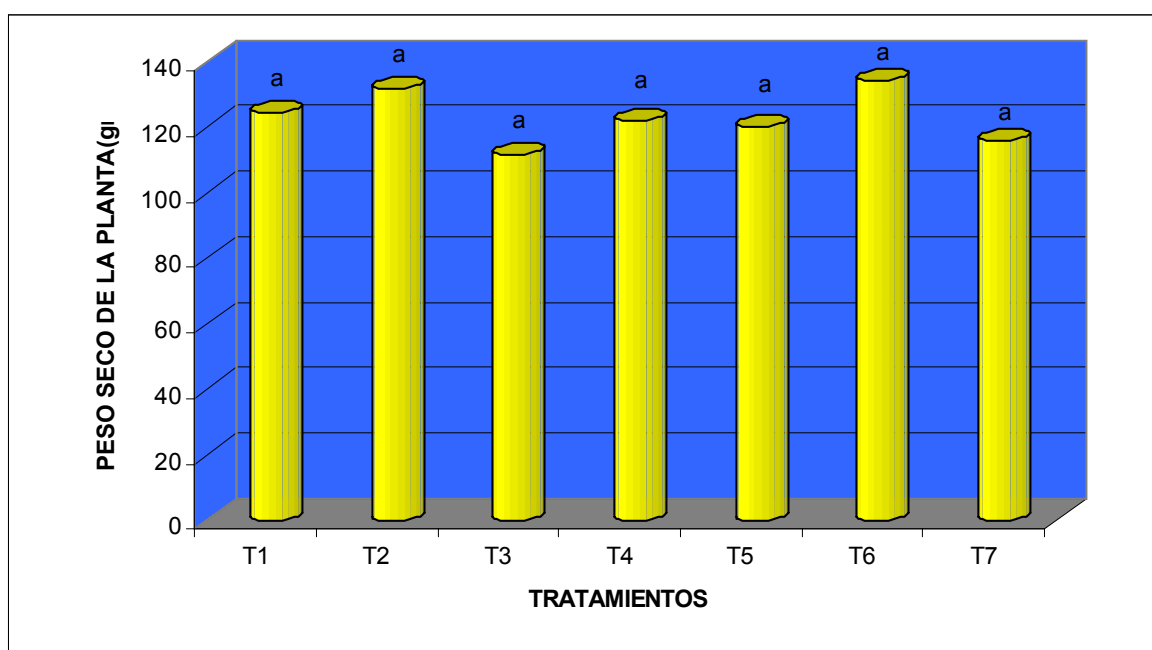


Fig. 4. Acumulación de biomasa (peso seco) de las plantas de maíz en respuesta a la aplicación de sustancias húmicas. Letras diferentes representan diferencia significativa al 95 % de probabilidad.

#### 4.5. Peso de la Mazorca (Rendimiento)

El análisis de esta variable reveló diferencia estadística entre los tratamientos del 1 al 6 con respecto al testigo (cuadro. 10), ya que este presentó el menor valor de todos. Los que presentaron el mejor comportamiento en forma descendente fueron UAAAN-04-02, UAAAN-01-02, UAAAN-02-02, UAAAN-05-02, UAAAN-03-02 y UAAAN-06-02, hay que señalar que no existió diferencia estadística entre ellos. Dado lo anterior podemos concluir que las sustancias húmicas bajo estudio (a excepción del UAAAN-06-02) estimularon el rendimiento de maíz (Fig. 5). Esto concuerda con Sifuentes, (1995). En su trabajo de investigación aplicaciones de ácidos húmicos y elementos menores en el cultivo de papa, que el tratamiento al que se le aplicó ácido húmico y los niveles medios de Fe, Zn y Mn, se presentó la mayor producción de tubérculos totales y para este caso todos los materiales estimularon al rendimiento del maíz.

Cuadro. 10. Nivel de medias que se obtuvieron para la variable peso seco de mazorca.

| N. de Tratamiento / CME | PESO SECO DE LA MAZORCA (gr) |
|-------------------------|------------------------------|
| 4 / UAAAN-04-02         | 109.01 a                     |
| 1 / UAAAN-01-02         | 105.01 a                     |
| 2 / UAAAN-02-02         | 97.65 a                      |
| 5 / UAAAN-05-02         | 94.68 a                      |
| 3 / UAAAN-03-02         | 93.81 a                      |
| 6 / UAAAN-06-02         | 73.23 a                      |
| 7 / TESTIGO-07-02       | 70.47 b                      |
| C. V.                   | 30.73                        |

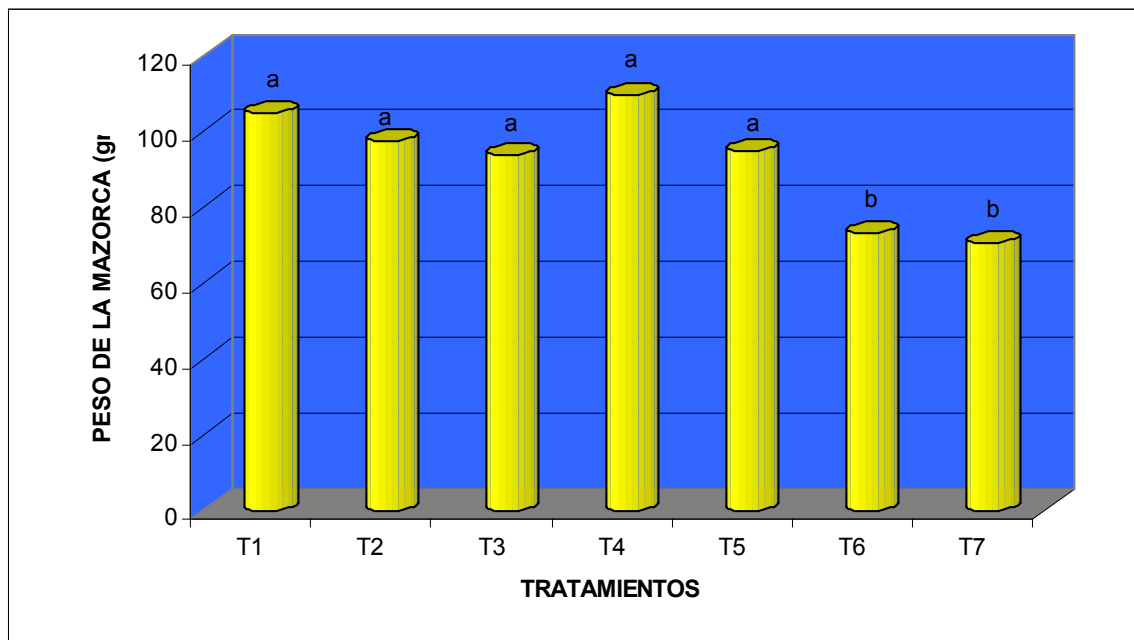


Fig. 5. Efecto de las diferentes sustancias húmicas en el Rendimiento del maíz. Letras diferentes representan diferencia significativa al 95 % de probabilidad.

Cuadro. 11. Medias de cada variable bajo estudio así como el comportamiento respectivo de cada tratamiento. Letras diferentes representan diferencia significativa al 95 % de probabilidad.

| TRATAMIENTOS          |          |          |          |          |          |          |          |        |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
| VARIABLE ANALIZADA    | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | CV     |
| Altura de Planta (cm) | 1.79 bc  | 1.89 bc  | 2.07 ab  | 2.21 a   | 1.94 abc | 1.94 abc | 1.73 c   | 17.09  |
| Diámetro de tallo     | 1.82 a   | 1.74 a   | 1.77 a   | 1.69 a   | 1.82 a   | 1.84 a   | 1.81 a   | 25.15  |
| No. de hojas          | 8.08 b   | 10.05 ab | 9.90 ab  | 10.40 ab | 10.90 a  | 10.40 ab | 9.80 ab  | 21.11  |
| Peso seco de planta   | 124.22 a | 131.79 a | 111.34 a | 119.71 a | 118.05 a | 134.21 a | 115.91 a | 34.47  |
| Peso seco de mazorca  | 105.01 a | 97.65 a  | 93.81 a  | 109.62 a | 94.68 a  | 73.23 a  | 70.47 b  | 30.73  |
|                       |          |          |          |          |          |          | X        | 25.71% |

## **CONCLUSIONES**

De acuerdo al objetivo planteado, se concluye lo siguiente:

- Se concluye que los diferentes materiales en estudio (excepto el UAAAN-06-02) estimularon en forma significativa el rendimiento.
- El material experimental encontrado que mayor estimula al rendimiento específicamente es el UAAAN-04-02, siguiéndole el UAAAN-01-02.
- En las variables peso seco de planta, número de hojas y diámetro de tallo con la aplicación de sustancias húmicas, solo estimula moderadamente y/o simplemente no tienen ningún efecto significativo en las variables anteriormente mencionadas.
- Pero el efecto principal que se encontró fue que las sustancias húmicas afectan principalmente el tejido reproductivo (frutas y semillas), representado en el Tratamiento 4 UAAAN-04-02 con mayor rendimiento, sin embargo este mismo obtiene el menor diámetro de tallo.

## **LITERATURA CITADA**

- Aldrich, R. S. 1974. Producción moderna del maíz. Editorial Hemisferio Sur. Primera Edición. Buenos Aires, Argentina.
- Chefetz, B. B. Hatcher, P. G. Hador and Chen, Y. 1998. Characterization of dissolved organic matter extractec from pomposted municipal solid waste. Soil Scl. Soc. am. J. 62. 326-332.
- Chen Y. And T. Aviad, 1990. Effects of humic Substances on plan growth, Contribution from seagram center for soil and watr sciences, Faculty of Agriculture. In Humic Substances in soil Crop sciences. Selected readings.
- Díaz del P. A. 1964. El maíz. Cultivo, Fertilización y Cosecha. Editorial Bartolomé Trucco. Segunda edición. México.
- Felbeck, G. T. 1971. Structural Chemistry of Soil Humic Substances Advances in Agronomy, Volume 17 Academic Press.
- Flores, A. J. 1993. Evaluación de los ácidos húmicos (Humiplex Plus) a diferentes dosis en el desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) v. Atlantic en la región de Galeana, N. L. Tesis de Licenciatura, UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- Folleto, Guía de siembra, Variedad mejorada de maíz Van-210, Instituto Mexicano del Maíz "Dr Mario E. Castro Gil", UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- García de M. E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación de Koppen. 2da. Edición. México. U. N. A. M. P. 13-51.
- Glanze, P. 1973. El maíz de grano. Producción mecanizada de maíz de grano en las regiones tropicales y subtropicales. Ediciones Euroamericas. Primera Edición. México.
- J. A. Franco y S. Bañon, 2000, <http://www.infoagro.com>

- Jugenheimer, W. R. 1981. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y Producción de semilla. Editorial Limusa. Primera Edición. México. P. 285.
- Kononova, M. M. 1972. Current problem of organic matter. *organicheskoe Veschestvo Tselinnykh i Osvoennykh Pochv*. Moscou, Russia.
- 1982. Materia Orgánica del Suelo. Su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. 1ra. Edición, Editores OiskosTau, S. A., Barcelona, España. P. 365.
- MacCarthy, C. E., Clapp, R. L., Malcom and P. R. Bloom (Eds), 1990. Humic Substances in Soil and Crop Sciences. Selected Readings Am. Soc. agron. Inc. Sci. Soc. Am. Inc., Madison Wisconsin, U. S. A.
- Narro, 1997. Nutrición y sustancias húmicas en el cultivo de la papa. In. Foro de Investigación en el cultivo de la papa. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- Omega Agroindustrial. 1989. Departamento de Investigación y Desarrollo. Saltillo, Coahuila, México. S. A. de C. V.
- Ortiz, V. B. y Ortiz, S. C. A. 1987. Edafología, 6ta. Edición. U. A. CH., Dpto. de Suelos, Chapingo, México.
- Palomares, R. 1990. Revista Frutos, N. 12, Año 4, C. N. P. H. México.
- Reyna, B. B., 1995. Reducción de fertilizante de fondo en papa (*Solanum tuberosum* L.) al aplicar bioactivadores húmicos y fertilizantes foliares, en Arteaga, Coahuila. Tesis Maestría, Programa de graduados de la UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. P.23-32, 1005-110
- Robles, S. R. 1978. Producción de Granos y Forrajes. 2da. Edición. México. Editorial Limusa. P. 17.
- 1983. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa. Cuarta edición. México. P. 9.
- SIACON, 2000. Centro de Estadística Agropecuaria (SIACON). Con información de la SAGARPA de los estados. Datos históricos agrícolas.

- Sifuentes, I. E., 1995. Ácidos húmicos y elementos menores en la nutrición del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). Tesis Maestría, UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Valadez, L. A. 1993. Producción de hortalizas. 3ra. Reimpresión. Editorial Limusa. S. A. México.

