

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**LAS SUSTANCIAS HUMICAS EN EL TOMATE (*Lycopersicon  
esculentum*)**

Por:

**JOSE SANTIAGO HERNANDEZ PEREZ**

**MONOGRAFIA**

Presentada como requisito parcial para

Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Noviembre del 2000**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**LAS SUSTANCIAS HUMICAS EN EL TOMATE (*Lycopersicon esculentum*)**

POR:

**JOSE SANTIAGO HERNANDEZ PEREZ**

MONOGRAFIA  
QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO  
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA

OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO

ESPECIALIDAD PRODUCCIÓN

**A P R O B A D A**

EL PRESIDENTE DEL JURADO

---

Dr. ALFONSO REYES LOPEZ

---

M. C. REYNALDO ALONSO V.

---

M.C RUBEN LOPEZ CERVANTES

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

---

ING.M.C. REYNALDO ALONSO VELASCO

BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA, MEXICO

NOVIEMBRE DEL 2000

## DEDICATORIA

### **Con cariño a mis padres:**

Santiago Hernández Robles

Ma. Candelaria Pérez Galván

Por el apoyo y confianza que me brindaron durante mi formación profesional

“Mil gracias”

### **A mis hermanos:**

Vero                      Ernesto

Paty

Lalo                      Orlando

Para quienes deseo lo mejor

## AGRADECIMIENTOS

A mi “**Alma Mater**” por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios de Licenciatura.

Al M.C. Rubén López Cervantes por su asesoría en este trabajo y por su gran amistad y confianza gracias.

Al Dr. Alfonzo Reyes por su colaboración en el presente trabajo.

Al M.C. Reynaldo Alonso por su cooperación para realizar este trabajo.

A cada uno de mis compañeros de la primera generación de la carrera de “Producción”.

A las familias López Cervantes y Gutierrez López por brindarme su confianza y atenciones durante mi estancia en Saltillo.

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Esquema de formación de ácidos húmicos (Duchanfour,1975).....	10
Figura 2.- Proceso de humificación y formación de sustancias húmicas (Frund et al., 1993).....	13
Figura 3.- Modelo estructural de ácidos fúlvicos por Buffle.....	20
Figura 4.- Modelo de ácidos fúlvicos (Schnitzer, 1978).....	21
Figura 5.- Modelo estructural de ácidos húmicos (Stevenson, 1982).....	23
Figura 6.- Modelo bidimensional de ácidos húmicos (Schnitzer, 1995).....	25
Figura 7.- Modelo tridimensional de ácidos húmicos (Schnitzer y Schulten,1993).....	26
Figura 8.- Modelo tridimensional de ácidos húmicos + carbohidratos + proteínas + agua (Schulten y Schnitzer,1997).....	28
Figura 9.- Modelo tridimensional de ácidos húmicos + carbohidratos + proteínas + una capa de sílice (Schulten y Schnitzer, 2000).....	30

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Propiedades químicas de las sustancias húmicas (Stevenson, 1982).....	18
Cuadro 2.- Temperaturas del tomate.....	41
Cuadro 3.- Fertilización por regiones.....	69

## INDICE GENERAL

<u>DEDICATORIAS.....</u>	<u>I</u>
AGRADECIMIENTOS.....	II
INDICE DE FIGURAS.....	III
INDICE DE CUADROS.....	IV
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVO.....	2
LAS SUSTANCIAS HUMICAS.....	3
Los Acidos Húmicos y Fúlvicos.....	15
EL CULTIVO DEL TOMATE.....	33
Historia y Origen.....	33
Características Botánicas.....	34
Clasificación Taxonómica.....	34
<u>Morfología.....</u>	<u>35</u>
Raíz.....	35
Tallo.....	36
Hoja.....	36
Flor.....	37
Fruto.....	37
Semilla.....	38
Principales Variedades.....	38
Variedades Botánicas.....	39
Medio Ambiente Propicio.....	40
Clima.....	40
Temperatura.....	40
Radiación.....	42
Precipitación Pluvial y Humedad Relativa.....	43
Requerimientos Edáficos.....	43
Producción de Planta en Charolas Germinadoras.....	44
Invernadero.....	45

Producción de Plántula en almácigo de piso.....	53
Preparación del Terreno.....	53
Chapeo.....	54
Barbecho.....	54
Rastreo.....	55
Nivelación.....	55
Surcado.....	55
Acolchado plástico.....	56
Establecimiento del cultivo.....	57
Siembra directa.....	58
Manual.....	58
Mecánica.....	58
Siembra por trasplante.....	59
Trasplante.....	60
Resiembra y Retrasplante.....	61
Aclareos.....	62
Estacado.....	62
Riegos.....	62
Riego por surco.....	63
Riego por goteo.....	64
Ventajas.....	65
Desventajas.....	66
<hr/>	
Frecuencia del riego.....	66
Nutrición.....	67
Análisis del Suelo.....	67
Análisis foliar.....	67
Fertilización.....	68
Control de Malezas.....	69
Control manual.....	70
Control mecánico.....	70
Control químico.....	70
Plagas y Enfermedades.....	71
Control biológico.....	72
Control químico.....	73
<hr/>	
Control mecánico.....	73
Control cultural.....	73
Control legal.....	73
Control genético.....	74
Cosecha.....	74
Conclusiones.....	76
Bibliografía.....	77

## INTRODUCCION

En México, el tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) ocupa un lugar preponderante con relación al desarrollo económico, científico y social de la horticultura a nivel nacional ya que es uno de los principales generadores de divisas. Las regiones productoras de tomate con mayor superficie sembradas se localizan en Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí, Morelos, Michoacán y Nayarit al producir en su mayoría el tomate del tipo bola para mercado fresco y en menor escala, el tipo saladette (Valadez, 1994).

Dentro de los modos de producción, el uso de sustancias orgánicas en los programas de fertilización va en aumento, ya que la agricultura orgánica presenta buen auge.

Las sustancias húmicas son una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química compleja, distinta y más estable que su forma original; proviene de la degradación de residuos de plantas y animales, así como de la actividad de síntesis de microorganismos (Schnitzer, 1978 y Stevenson, 1982).

Las sustancias húmicas están divididas en tres fracciones, basadas en la disolución en medios líquidos; básicos y ácidos, estas son: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR).

Los ácidos húmicos, no son solubles en agua, pero sí en compuestos alcalinos y precipitan en ácido (pH, 2-4). Estos compuestos son de los de mayor cantidad en las sustancias húmicas.

Los ácidos fúlvicos son solubles en agua bajo cualquier condición de pH, es decir, permanecen en solución después de la remoción de los AH por acidificación.

Las huminas no son solubles en agua ni en cualquier pH del medio.

Con el auge de la agricultura sustentable y los programas de protección al medio ambiente, el uso de las sustancias húmicas va en aumento.

El empleo de éstas en la producción de hortalizas, tanto en suelo como en sistemas hidropónicos, proporciona buenos resultados a los agricultores.

Por lo tanto, el **Objetivo** del presente trabajo es:

-Proporcionar información del origen y características de las sustancias húmicas y del manejo del tomate.

## LAS SUSTANCIAS HÚMICAS

El término materia orgánica del suelo (MOS), se refiere a la suma de todas las sustancias orgánicas que contienen carbón. Química y físicamente, consiste de una mezcla de residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición, sustancias sintetizadas microbiológicas y/o químicamente, de productos desmenuzados, y de cuerpos vivos y muertos de microorganismos y pequeños animales que permanecen descompuestos (Schnitzer y Khan, 1972 y 1978; Schnitzer y Schulten, 1995 y Schnitzer, 2000).

La materia orgánica del suelo, por convención, es dividida en dos grupos: sustancias no húmicas y húmicas (Flaig et al, 1975 y Schnitzer y Khan, 1978).

Las sustancias no húmicas son: carbohidratos, proteínas, grasas, ceras, resinas, pigmentos y compuestos de bajo peso molecular (ácidos orgánicos) (Felbeck, 1965), celulosa, hemicelulosa y lignina (Kononova, 1963, Schnitzer, 1978; Aleksandrova, 1994; Schnitzer y Schulten, 1995 y Yano et al, 1998).

Gracias a la descomposición de las sustancias no húmicas, las sustancias húmicas son formadas, es decir, las sustancias no húmicas son precursoras de las húmicas.

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

La mineralización es la formación de compuestos, en general solubles (nitratos, fosfatos, etc.), o gaseosos (CO<sub>2</sub>), por la acción de microorganismos (Duchanfour, 1975) y la humificación, la cual ocurre bajo condiciones aeróbicas, consiste en la síntesis química y/o biológica de compuestos, de residuos de

plantas y animales por la actividad enzimática, de los microorganismos (Duchanfour, 1975), en otras palabras, animales que viven en el suelo, pueden inicialmente reducir el tamaño de residuos orgánicos frescos.

La transformación de estos, es promovida por la actividad de enzimas de por bacterias y hongos que viven en el suelo. La celulosa, las proteínas y las grasas, son fuentes rápidas de carbón para los microorganismos, y donde otros compuestos como la lignina y otros constituyentes fenólicos de las plantas son descompuestos mas lentamente (Duchanfour, 1975; Flaig et al, 1975 y Kilbertus, 1991).

Las sustancias húmicas son una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química compleja, distinta y más estable que su forma original; provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, así como de la actividad de síntesis de microorganismos (Schnitzer, 1978 y Stevenson, 1982).

Las características generales de las sustancias húmicas son: color oscuro, ácidas, predominantemente aromáticas, hidrófilas, químicamente complejas, polielectrolíticas, con un amplio rango de peso molecular, el cual va desde algunos cientos a algunos miles (Schnitzer, 1978). Constituyen del 70 al 80 % p/p de la materia orgánica en la mayoría de los suelos (Schnitzer, 1989 y Christopher, 1996).

Las sustancias húmicas están divididas en tres fracciones, basadas en su disolución en medios líquidos; básicos y ácidos (Schnitzer, 1978 y 1980; Stevenson, 1982; Piccolo, 1990; Christopher, 1996 y Schnitzer, 2000). Las tres

fracciones son: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR).

Los ácidos húmicos, no son solubles en agua, pero si en compuestos alcalinos y precipitan en ácido (pH, 2-4). Estos compuestos son los de mayor cantidad y estudiados de las sustancias húmicas.

Los ácidos fúlvicos son solubles en agua bajo cualquier condición de pH, es decir, permanecen en solución después de la remoción de los AH por acidificación.

Las huminas no son solubles en agua, ni a cualquier pH del medio

Información estructural de las sustancias húmicas, es esencial para el entendimiento de sus orígenes, propiedades y comportamiento.

Las sustancias húmicas tienen dos orígenes:

residuos vegetales y animales humificados (Ghosh y Schnitzer, 1980; Schnitzer, 1978; Fründ et al, 1993; Kögel-Knauer, 1990; Albuzio et al, 1986; Chen y Schnitzer, 1976; Schulten y Leinweber, 1995; Schnitzer y Schulten, 1992; Dinel et al, 1998 y Dell'Angola y Ferrari, 1971 y 2) estos mismos desechos orgánicos, depositados y cubiertos con arcilla y/o arena, comprimidos lentamente durante miles de años en la tierra, para formar petróleo, carbón y minerales fósiles ( turbas, legnitos y leonardita) (Senn y Kingman, 1973 y Senn y Godley, 2000)

En lo referente al primer origen, es difícil determinar la composición 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).

El primer origen es motivo de mucha especulación, por lo que existen una serie de hipótesis al respecto, sin embargo ninguna de validez universal, pero con algunos aspectos en común.

En Rusia, Francia, Alemania, Italia, Canadá y Escocia, desde antes de la primera guerra mundial, de los horizontes orgánicos superficiales humificados de suelos de bosques, colectan y analizan sustancias húmicas (principalmente ácidos húmicos), con el fin de proporcionar información sobre su origen, características y su efecto y función en suelos y plantas.

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 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub> 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) productos de desintegración (compuestos fenólicos de ligninas, taninos y otros tipos de compuestos similares); b) productos de metabolismo (compuestos fenólicos-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 fenoloxidasa, a través de semi-quinonas a 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 compuestos fenólicos y quinonas con aminoácidos y péptidos, es la reacción específica de humificación. Esta reacción primero proporciona sustancias prohúmicas grisáceas, y solo pocas concluyen este camino- la policondensación (polimerización), reacción de estas sustancias prohúmicas, produce sustancias de alto peso molecular.

Felbeck (1971), propuso cuatro hipótesis:

(1) La alteración de las plantas. La fracción de los tejidos vegetales, los cuales son resistentes a la degradación microbiana, como los tejidos lignificados, son alterados solo superficialmente en el suelo, para formar sustancias húmicas. La naturaleza de las sustancias húmicas formadas, están fuertemente influenciadas por la naturaleza del material original de las plantas. Durante los primeros estadios de la humificación, son formadas las sustancias de alto peso molecular, los ácidos húmicos y las huminas. Estos son degradados en ácidos fúlvicos y por último en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

(2) La polimerización Química. Los materiales de las plantas, son degradados por microorganismos a pequeñas moléculas, las cuales son usadas por ellos como fuente de carbón y energía. Los microorganismos sintetizan fenoles y aminoácidos, los cuales son introducidos alrededor del medio ambiente donde son oxidados y polimerizados a sustancias húmicas. La

naturaleza del material original de las plantas, no afecta el tipo de sustancias húmicas formadas.

(3) La autólisis Celular. Las sustancias húmicas son producto de la autólisis de células vegetales y animales después de su muerte. Los desechos celulares restantes (azúcares, aminoácidos, fenoles y otros compuestos acromáticos), son condensados y polimerizados, vía radicales libres.

(4) La síntesis microbiana. Los microorganismos usan los tejidos vegetales como fuente de energía y carbón, para sintetizar intercelularmente materiales húmicos de alto peso molecular. Después que los microorganismos mueren, estas sustancias están disponibles dentro del suelo. Así, las sustancias de alto peso molecular representan el primer estadio de la humificación, seguido por una degradación extracelular microbiana de AH's, AF's y por último a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

Duchanfour (1975), estableció que los constituyentes de las membranas celulares vegetales, como son la celulosa y hemicelulosa, se descomponen con mayor rapidez que las ligninas. Estas escapan a la mineralización primaria y se integran en nuevas moléculas húmicas. Son consideradas como “precursores” de las sustancias húmicas.

Los azúcares procedentes de la celulolisis y aminoácidos resultantes de la proteólisis, sirven de alimento y de soporte energético a la masa microbiana, que tiene una vida efímera y suministra ciertos compuestos alifáticos, con estructura en cadena, integrados en los ácidos fúlvicos húmicos y huminas.

Los “precursores” que contienen núcleos fenólicos, proceden de la hidrólisis de los taninos y de la descomposición de la lignina. Algunas de ellas

no biodegradan, sino que se polimerizan por acción de las polifenol – oxidasas y dan lugar a los “núcleos” más o menos esféricos de los compuestos húmicos.

Por consiguiente, estos compuestos fenólicos, desempeñan un papel importante en la construcción de los compuestos húmicos, construyendo, en cierta manera, el “esqueleto” alrededor del cual se organiza el conjunto de la molécula.

En primer lugar, se forman los ácidos fúlvicos, en los cuales, las cadenas alifáticas predominan sobre los núcleos aromáticos y a continuación, en una fase posterior- de polimerización – la formación de ácidos húmicos, por aumento de volumen de los “núcleos” y disminución de cadenas alifáticas.

A manera de resumen, en la figura 1 es presentado lo anterior.

En una investigación muy completa sobre la evolución de la materia orgánica, Loison y Noigret (1990), determinan que se lleva a efecto en dos fases: una de desorganización de compuestos no húmicos, es decir, la biodegradación y la otra, de estabilización de la materia orgánica, con construcción de nuevas moléculas: la humificación.

El proceso de descomposición inicia cuando la materia orgánica fresca, bien aireada, es oxidada por acción enzimática de los microorganismos. Los productos resultantes son: algunas moléculas simples, compuestos fenólicos solubles, materia orgánica poco transformada y la biomasa.

A partir de estos compuestos, se construyen nuevas moléculas: la humificación. Esta se caracteriza por la condensación de núcleos aromáticos, unidos entre sí por puentes de oxígeno y nitrógeno. Este proceso es la policondensación.

Figura 1. Esquema de formación de ácidos húmicos (Duchanfour, 1975).

La policondensación se caracteriza por el aumento en la talla del núcleo aromático, con frecuencia llamado “núcleo”, la disminución proporcional de cadenas alifáticas con relación al núcleo, el aumento de peso molecular y la disminución de la solubilidad de moléculas formadas.

Al estudiar los cambios en la estructura anatómica y composición bioquímica de tejidos de plantas durante la humificación y las propiedades de nuevas sustancias húmicas, Aleksandrova (1994), formuló el concepto de que las sustancias húmicas son producto de la condensación de unidades estructurales, como los fenoles y compuestos orgánicos nitrogenados, cuya formación es catalizada por oxidación enzimática de los microorganismos. Todos los componentes de los tejidos de las plantas, incluyen los productos de su descomposición (compuestos fenólicos de lignina), productos del metabolismo de las plantas (fenoles originados de la conversión de carbohidratos por microorganismos) y los productos de su resíntesis pueden servir como fuente inicial de las estructuras de sustancias húmicas.

Para Fründ et al, (1993), el proceso de humificación, donde se forman las sustancias húmicas, se efectúa de la forma siguiente:

Los polisacáridos de las plantas se descomponen principalmente por resíntesis microbiana, aunque menores cantidades pueden ser preservadas selectivamente, debido a la íntima asociación con plantas o compuestos microbianos recalcitrantes (ligninas, cutanes o melaninas).

La lignina es selectivamente preservada, como la más recalcitrante unión C-C estructural.

Las partes más fácilmente degradables de la biomacromolécula es transformada a una estructura aromática macromolecular, con un alto grado de sustitución, de carbón aromático incrementa su solubilidad en solventes alcalinos.

Así la mayoría de la lignina transformada, se encuentra en los ácidos húmicos. También los lípidos extractables, los carbonos alquilo de desechos vegetales, consisten de dos clases de compuestos químicos, denominados biomacromoléculas con una estructura poliéster (cutina, suberina) y material no poliéster (cután, suberán).

Estos materiales sufren una transformación directa durante la humificación, y resulta una estructura C-alquilo, con un alto grado de enrejamiento o entrecruzamiento.

En resumen, el proceso de humificación puede ser dividido en: resíntesis microbiana (RM), preservación selectiva (PS) y transformación directa (TD) (figura 2). En cuanto al segundo origen se tiene que el carbón, representa un gran número de diferentes tipos de humos en un avanzado estado de descomposición, producido por varios residuos de plantas a diferentes períodos durante el tiempo prehistórico, y este último estratificado y comprimido por capas de materia mineral.

El mecanismo de la formación del carbón, a partir de desechos orgánicos, comúnmente es explicado como sigue: la lignina de los residuos orgánicos, es transformada a carbón bituminoso y finalmente a antracita, a través de la acción del calor, como un resultado, en el cual, la destilación fraccional y el metamorfismo tienen lugar.

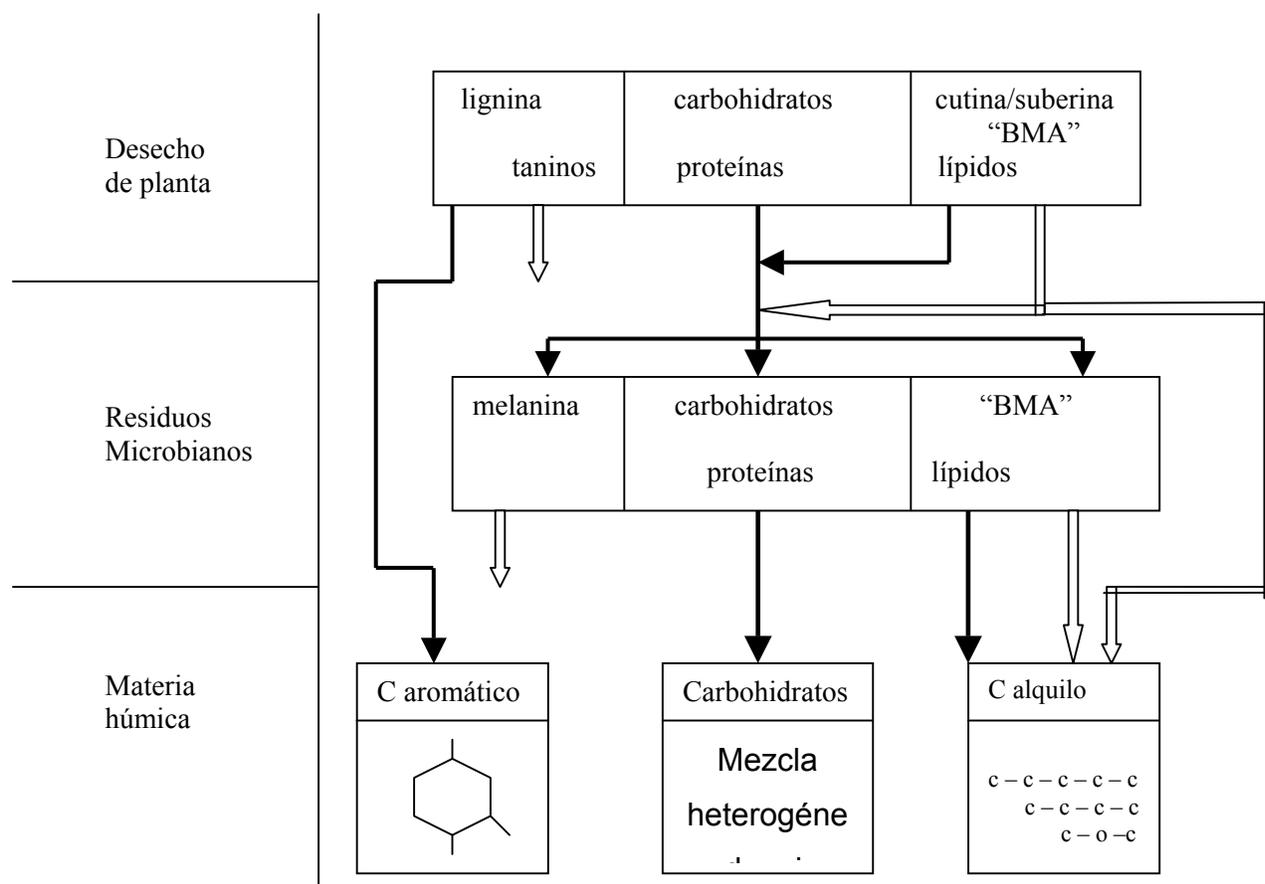


Figura 2. Proceso de humificación y formación de sustancias húmicas  
(Fründ et al., 1993).

El carbón café o lignito difiere considerablemente en modo de ocurrencia y sus propiedades físicas y químicas, así como la variación en cantidades de ácidos húmicos encontrados en diferentes depósitos (Senn et al, 2000)

En una gran variedad de depósitos naturales, sedimentos marinos y lacustres, principalmente lignito y carbón café, están presentes cuyos componentes son sustancias polimerizadas solubles en álcalis, insolubles en ácidos y colores oscuros, formados prehistóricamente.

Las sustancias húmicas son compostas de hace millones de años, formadas en deltas de ríos, lagunas y depresiones en el oeste de los Estados Unidos, en aguas salinas y no salinas.

El material orgánico consistió de plantas y animales muertos, depositados y cubiertos con arcilla y arena lentamente comprimidos en la tierra para formar aceite, carbón y humatos.

Después estas áreas fueron expuestas al aire, la oxidación incrementó y por consiguiente los ácidos húmicos concentrados.

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

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, residuo insoluble en ácidos, medido de la parte inerte, normalmente silicatos, de estos cenizas, puede considerarse bajo en relación con los otros minerales.

El alto contenido en C orgánico, así como su buena relación de C extraíble, hacen que este material sea muy aceptable por sus fracciones

húmicas. Otra característica importante del lignito es su elevado contenido en hierro.

Esto puede suponer un importante valor agregado para el material si se considera la posibilidad de extraer fracciones húmicas solubles que pudieran resultar enriquecidas en este micronutriente. La movilidad del Fe en el suelo y su bioasimilación podrían resultar incrementadas, pero los contenidos de N, P, K, son bajos (Ortega y García, 1987).

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 en ácidos fúlvicos son bajos.

Contienen N en forma similar al lignito, una cantidad de K nada despreciable, y su riqueza en Fe en del 1.95% (Franco y Bañón, 1997).

La leonardita, es la forma más oxidada del carbón. Este material es caracterizado por su contenido alto en oxígeno, lo cual es atribuido a la presencia de un gran número de grupos carboxilos. Esto incrementa la solubilidad en álcalis.

### **Los Ácidos Húmicos y Fúlvicos**

Las sustancias húmicas forman un sistema estrechamente relacionado, pero no idéntico por completo. De acuerdo con esto, las diferencias entre los ácidos húmicos y fúlvicos pueden ser explicados por variación en estructura y peso molecular, número y tipo de grupos funcionales y extensión de la polimerización.

Los ácidos húmicos y fúlvicos, son macromoléculas aromáticas complejas, muy estables, con estructura polimérica en forma de círculos, cadenas y racimos (Schnitzer, 1978; Ghosh y Schnitzer, 1980; Stevenson, 1982; Schnitzer y Schulten, 1995), y ciclos aromáticos condensados (eworobe-at-cc.Umanitoba.CA, 1996), con aminoácidos, amino-azúcares, péptidos y compuestos alifáticos (Stevenson, 1982; Schnitzer, 2000).

La forma de extracción de las sustancias húmicas, de suelos, compostas y otros materiales orgánicos, representa el punto más crítico para su estudio.

La manera más eficiente, y con amplio uso, es por vía química, con álcalis y ácidos.

El compuesto con más uso es el hidróxido de sodio (NaOH), a concentraciones de 0.1 y 0.5 N, en solución acuosa (Schnitzer y Skinner, 1962; Schnitzer, 1963, 1973, 1978; Kumada, 1965; Khan, 1971; Holtzclaw et al., 1975; Sposito et al. , 1976; Chen et al. , 1977; Hatcher et al., 1981; Stevenson y Schnitzer, 1981; Wilson et al., 1983; Preston y Blackwell, 1985; Baes y Bloom, 1990; Krosshaun et al., 1992; Schnitzer et al., 1994; Senesi, 1994; Manunza et al., 1995;Sorge et al., 1994; Amalfitano et al., 1995; Schnitzer y Schulten, 1995)

Sales neutras y ácidos orgánicos (pirofosfato de sodio, 0.1N y/o 0.1 M e hidróxido de potasio, 0.1 y/o 0.5N)(Alexandrova, 1960; Kononmova y Bel"chikova, 1961; Dormaar, 1972; Vila et al., 1974;Piccolo, 1989; Piccolo y Mgwabe, 1995), también son probados.

Esta forma es criticada, porque se comenta que hidroliza y oxida la estructura molecular de las sustancias húmicas, sin embargo, para un buen estudio, es necesaria la separación.

Las características básicas de los ácidos húmicos y fúlvicos son basadas en su solubilidad.

Los ácidos húmicos no son solubles en agua y precipitan en medio ácido, pero son solubles en álcalis, de color café oscuro a negro, alto peso molecular (30,000 KDa), 62% de carbón y 30% de oxígeno.

Los ácidos fúlvicos, son solubles en agua a cualquier condición de pH del medio. Permanecen en solución después de la separación de ácidos húmicos por acidificación.

Los ácidos fúlvicos, son de color amarillo claro a amarillo oscuro, de bajo peso molecular (de 170 a 2000 KDa), con 45% de carbón y 48% de oxígeno.

Las diferencias entre los ácidos, además de las mencionadas, son: los contenidos de oxígeno y carbón, la acidez y el grado de polimerización, cambian de forma sistemática, con el incremento en peso molecular.

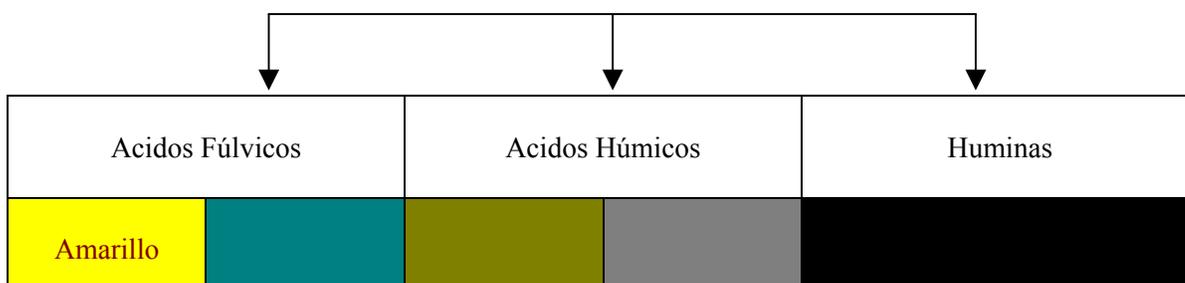
Los ácidos fúlvicos, tienen bajo peso molecular, alto contenido de oxígeno, pero bajo de carbón. Los ácidos húmicos a la inversa.

Los ácidos fúlvicos contienen más grupos funcionales de naturaleza ácida, particularmente  $-\text{COOH}$ . La acidez total es de 900 a 1400 meq/100 g y es más alta que la de los ácidos húmicos (400 a 800 meq/100g).

El cuadro 1, presenta lo anterior (Stevenson, 1982).

Otra importante diferencia es que, el oxígeno de los ácidos fúlvicos, puede ser considerado de gran manera, como grupos funcionales ( $-\text{COOH}$ ,  $\text{OH.C=O}$ ), unidos a cadenas alifáticas y ciclos aromáticos, mientras que en los ácidos húmicos, la mayor porción de oxígeno, parece estar presente como un

## Sustancias Húmicas



	_____	Incremento en intensidad de color	_____ →
	_____	Incremento en grado de polimerización	_____ →
2 000	_____	Incremento en peso molecular	_____ → 300 000 $\mu$
45%	_____	Incremento en contenido de carbono	_____ → 62 %
48%	_____	Decremento en contenido de oxígeno	_____ → 30 %
1 400	_____	Decremento en intercambio de ácidos	_____ → 500
	_____	Decremento en grado de solubilidad	_____ →

Cuadro 1. Propiedades químicas de las sustancias húmicas ( Stevenson 1982)

componente estructural del “núcleo” y/o ciclos aromáticos (Schnitzer, 1978; Stevenson, 1982; Stevenson y Schnitzer, 1982).

La estructura molecular de los ácidos húmicos y fúlvicos, no ha sido plenamente identificada, ni reconocida universalmente, por la heterogeneidad de orígenes, fuentes de materiales orgánicos y factores que intervienen en su constitución. Y porque los científicos no están en posibilidades de proponer un concepto válido, para la estructura química de la molécula de estos materiales.

Sin embargo, existen varios modelos hipotéticos.

Un modelo hipotético de la estructura de ácidos fúlvicos (modelo de Buffle), contiene estructuras aromáticas y cadenas alifáticas, ambas extensivamente sustituidas con grupos funcionales que contienen oxígeno (figura3)

(<http://www.ihss.gatech.edu/soilhafa.html>, 1997).

Otro modelo de ácidos fúlvicos es el de, Schnitzer, (1978)(figura4), el cual establece que más del 50% de la estructura son cadenas alifáticas, las cuales consisten en ácidos grasos esterificados por grupos –OH fenólicos.

Las cadenas alifáticas restantes, están elaboradas de ácidos grasos y alcances más “débilmente unidos”, lo cual asemeja que son físicamente adsorbidos en los materiales húmicos, pero no componentes de la estructura, y posiblemente estén unidos a ciclos aromáticos. Los mayores productos de degradación son los fenoles y el ácido bencencarboxílico.

Estos, tal vez, pudieron originarse de estructuras aromáticas más complejas (ácidos húmicos y/o huminas), o pudieron ocurrir de materiales

Figura 3. Modelo estructural de ácidos fúlvicos por Buffle

Figura 4. Modelo de ácidos fúlvicos (Schinitzer, 1978)

iniciales (no húmicos), de forma semejante a los de donde fueron aislados, pero unidos con relativa debilidad.

Si esta última hipótesis es correcta, los fenoles y el ácido bencencarboxílico, podrían ser los “bloques de construcción” de los materiales húmicos.

A través de análisis de rayos X, microscopía electrónica y medidas de viscosidad, puntualizan una estructura relativamente “abierta”, flexible, perforada por vacíos de varias dimensiones, las cuales pueden atrapar o fijar compuestos orgánicos e inorgánicos.

La unión entre los “bloques de construcción”, se agregan y dispersan reversiblemente. Esto depende del pH.

Los ácidos húmicos, hasta la actualidad, son los más estudiados, porque, de forma general son los más abundantes en medios acuáticos y terrestres.

La figura5 presenta una estructura hipotética de un ácido húmico, la cual contiene grupos –OH fenólicos libres y unidos a estructuras quinónicas y ciclos aromáticos, con oxígenos y nitrógenos que sirven como puentes y grupos –COOH localizados en diversas partes de los ciclos aromáticos (<http://www.ihss.gatech.edu/soilhafa.html>, 1997).

Con el desarrollo de nuevos métodos de espectroscopia, Schnitzer, (2000), propone un modelo bidimensional y con la ayuda de la computadora, uno tridimensional de la estructura de los ácidos húmicos y otra para la asociación de la materia orgánica del suelo (MOS), con la materia mineral mismo.

Figura 5. Modelo estructural de ácidos húmicos (Stevenson, 1982)

Para la estructura bidimensional, (figura 6) los ciclos aromáticos están unidos covalentemente por cadenas alifáticas, En la estructura, puede observarse el rol significativo de los ciclos alquil-aromáticos. El oxígeno está presente en la forma de carboxílo, hidroxílos fenólicos y alcohólicos, ésteres, éteres y cetonas, el nitrógeno ocurre en nitrilos y estructuras heterocíclicas. El resultado es un “esqueleto” de carbón, el cual presenta alta microporosidad con vacíos de varias dimensiones, las cuales pueden atrapar o unir a otros contituyentes orgánicos e inorgánicos del suelo, así como también agua.

La composición elemental es:

C 308 H 328 O 90 N 5, su peso molecular 5540 Da y su análisis elemental: C, 66.8%; H, 6.0%; O, 26.0%; y N, 1.3% (figura ).

Una de las formas más interesantes, en la estructura, es la presencia de vacíos de variadas dimensiones, los cuales, pueden atrapar o unir otros componentes orgánicos, como carbohidratos, proteínas y lípidos, o bien inorgánicos como arcillas minerales y oxihidróxidos (Schnitzer, 1978). Y Schnitzer y Schulten (1995), dicen que los carbohidratos y proteínas, son adsorbidos en la superficie externa y en los vacíos internos y los puentes de hidrógeno, juegan un importante papel en su inmovilización.

El primer modelo tridimensional de la estructura de ácidos húmicos,(figura 7) fue publicada por Schulten y Schnitzer en 1993, con una composición elemental de C 308 H335 O90 N5, con una masa molecular de 5547.9 mol/g y un análisis elemental de C, 66.78%; H, 5.79%; O, 25.99% y N, 1.26%.

Figura 6. Modelo Bidimensional de ácidos húmicos (Schnitzer, 1995).

Figura 7. Tridimensional de ácidos húmicos (Schulten y Schnitzer, 1993)

En 1995, los mismos científicos, propusieron la estructura molecular húmica, más compleja (figura 8 ), cuya composición elemental es: C<sub>1576</sub> H<sub>1741</sub> O<sub>448</sub> N<sub>25</sub>, el análisis elemental de C, 67.12%; H, 6.22%; O, 25.42% y N, 1.24% y la masa molecular de 28202.3 mol/g.

El ácido húmico, midió aproximadamente 11.4 nm de ancho, 10 nm de largo, 7.52 nm de profundidad y vacíos con un diámetro diagonal, cerca de 11.3 nm.

Es claro que moléculas grandes, pueden ser rodeadas y atrapadas por esta estructura orgánica.

Para generar este modelo, estructuras inorgánicas como los minerales, agua, partículas cargadas (cationes metálicos, aniones y iones), y orgánicos (carbohidratos, péptidos, triscáridos, hexapéptidos y atracina), no son considerados.

Hay diferentes puntos de vista, si los carbohidratos y proteínas son adsorbidos o liberados o si son unidas covalentemente a los ácidos húmicos.

Los carbohidratos y proteínas, son componentes de los ácido húmicos para propósitos analíticos, porque su presencia afecta el análisis elemental, de contenido de grupos funcionales y de peso molecular.

Los carbohidratos constituyen cerca del 10% del peso de los ácidos húmicos (Lowe, 1978), valores similares fueron sugeridos para las proteínas (Khan y Sowden, 1971).

El peso molecular de los AH's, interactúan con el 10% de carbohidratos y el 10% de proteínas.

Figura 8. Modelo tridimensional de AH+carbohidratos+proteínas+H<sub>2</sub>O

El resultado es que los ácidos húmicos tienen una composición elemental de  $C_{342} H_{388} O_{124} N_{12}$ , con un peso molecular de 6650.8 mol/g y un análisis elemental, C, 61.8%; H, 5.9%; O, 29.8% y N, 2.5%. Cuando más carbohidratos y proteínas son añadidos a los ácidos húmicos, los contenidos de carbono, decrecen, pero los contenidos de oxígeno aumentan.

Para el desarrollo de la nueva estructura, los investigadores, asumieron que los carbohidratos y proteínas no son parte integral de los componentes de los ácidos húmicos, pero son adsorbidos en los vacíos internos y en la superficie externa. En 1997, Schulten y Schnitzer), modificaron el modelo, porque hay poco acomodo de todos los grupos funcionales que contienen oxígeno.

El modelo de los AH's, mejorado, incluye trisacáridos y polipéptidos atrapados en los vacíos, con la composición elemental siguiente:  $C_{305} H_{299} N_{16} O_{134} S_1$  y el análisis elemental de C, 57.56%; H, 4.73%; N, 3.52%; O, 33.68% y S,0.5%. Su masa molecular es de 6365 Da. El tamaño de los vacíos es grande, lo que puede incluir polisacáridos, péptidos, agua y biocidos (antracina).

El modelo mejorado contiene 5 grupos carboxilos alifáticos y 21 aromáticos, 17 hidroxilos fenólicos y 17 alcohólicos, 7 carbonilos quinónicos y cetónicos, 3 metoxilos y un azufre. Las uniones alifáticas entre unidades aromáticas, son recortadas entre una y 10 unidades de  $CH_2$  (figura 9).

Para suelos agrícolas. La MOS puede definirse de la forma siguiente:  $MOS = AH + \text{carbohidratos} + \text{proteínas}$ . (1), por ejemplo, para un suelo que contiene un 3% de materia orgánica, se puede escribir:  $MOS = 2.50\%AH + 0.25\%$

Figura 9. Modelo tridimensional de AH (Schulten y Schnitzer, 2000)

de carbohidratos y 0.25% de proteínas. El modelo tridimensional mejorado, es basado en esta definición.

Los vacíos en el modelo estructural, son capaces de incluir compuestos orgánicos e inorgánicos y agua, y los grupos funcionales están involucrados en reacciones con metales y minerales y proveen nutrientes para las raíces de las plantas y microorganismos.

La MOS, está unida por silicatos vía  $Fe^{3+}$  y  $Al^{3+}$ . La MOS en la simulación de partículas del suelo, es rodeada por una matriz de láminas de sílice.

El modelo expone 23 uniones de hidrógeno, las cuales enfatizan la importancia de este tipo de uniones. 13 de las uniones de hidrógeno son intramoleculares, 9 están en la matriz mineral y solo una está entre la MOS y la capa de sílice.

Los espacios entre la matriz mineral y la MOS, son algunas magnitudes más grandes que los vacíos de las MOS, lo cual provoca que la superficie mineral, no esté completamente cubierta. Esto permite acceso a la superficie mineral de, iones metálicos, pequeñas moléculas orgánicas y agua.

La mayor diferencia entre los AH's y los AF's, es que los segundos, poseen bajo peso molecular, son ricos en grupos  $-HCO_2$ ,  $O_2$  y en carbohidratos, pero estructuralmente las dos fracciones son similares (Schnitzer, 1994).

A pesar de todos los comentarios, sobre la estructura de los ácidos húmicos y fúlvicos, tal parece que su accionar, en las mejoras a las propiedades físicas y químicas del suelo y en la nutrición y fisiología vegetal, es gracias a los

grupos funcionales libres (Cameron et al., 1972; Stevenson y Schnitzer, 1982; Schnitzer, 1978; Boyd et al., 1981; Celi et al, 1997; Chen y Schnitzer, 1976; Ghosh y Schnitzer, 1980; Senesi, 1994; Piccolo, 1987,1992; Schnitzer, 1986; Schulten y Schnitzer, 1997; Senesi y Schnitzer, 1977; Sorge et al., 1994; Stevenson y Schnitzer, 1982; Dinel et al., 1998; Navosha et al., 1992; Schnitzer, 1993,1995,2000).

## EL CULTIVO DEL TOMATE

### Historia y Origen

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), miembro de la familia de las Solanáceas, es una planta nativa de América Tropical, cuyo centro de origen se localiza en la región de los Andes, integrado por Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú, donde existen la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres.

La gran diversidad varietal encontrada en la zona mexicana de Veracruz - Puebla llevó a Jenkins a considerar a México como el centro de origen del tomate cultivado en fruto grande . El termino tomate fue utilizado desde 1695 por los viajeros botánicos, quienes tomaron las palabras " xitomate " o " xito - mate ", con las que los Aztecas designaban a esta planta.

El cultivo del tomate se calcula inició en Italia hacia 1560, y fue en ese país donde se realizaron los primeros trabajos de mejoramiento en la utilización del tomate, como planta de interés agrícola, es relativamente reciente, cultivándose escasamente como tal producto agrícola hacia 1800.

El tomate mexicano fue enviado a España en el siglo XVI, donde se empleo a la manera indígena para sazonar y condimentar platillos especialmente carnes. De ahí fue a Italia en el siglo XVII, donde se adicionó a los macarrones chinos, que constituían ya el principal platillo italiano.

En el siglo XVIII, el tomate mexicano fue conocido y consumido en todo el mundo, aclimatándose a casi todos los países. Para el siglo XIX, llegó a ser artículo de consumo necesario en todas partes.

En la actualidad, el tomate se consume “fresco” como ingrediente preferido de las ensaladas, en forma de jugo, deshidratado, para sopas, en conservas al natural, pasta salada, extracto tamizado y condimentado (ketchup), frutos verdes en vinagre (pikles) y mermeladas.

### **Características Botánicas**

#### **Clasificación Taxonómica del Tomate**

Siguiendo a Altunziker (1979) citado por Nuez,(1996) nos dice que la taxonomía generalmente aceptada es como se describe a continuación.

Reino .....	Vegetal
División .....	Tracheophyta
Subdivisión .....	Pteropsidae
Clase .....	Dicotyledoneas
Orden .....	Solanales (Personatae)
Familia .....	Solanaceae
Sub-familia .....	Solanoideae
Tribu .....	Solaneae
Genero .....	Lycopersicon
Especie .....	Esulentum
Nombre Común .....	Tomate

Se divide en dos subgéneros

Eulicopersicon (frutos rojos y amarillos)

1.- L. esculentum

2.- L. pimpinellifolium

Eriopersicon (frutos verdes)

1.- L. Peruvianum

2.- L. Chilense

3.-L. Glandulosum

4.- L. Hirsutum

### **Morfología**

La morfología de la planta de tomate esta compuesta por diferentes partes vegetales las cuales se describen retomando la opinión de varios autores, donde mencionan que la hortaliza no a sufrido cambios significativos en su morfología puesto que la planta y el fruto son similares a los de las décadas pasadas.

El interés propio y por darle un enriquecimiento a esta investigación a continuación se describe la morfología de la planta.

### **Raíz**

La planta originaria de semilla presenta una raíz principal que crece aproximadamente 2.5 cm diarios, hasta llegar a los 60 cm. de profundidad ; simultáneamente se producen ramificaciones y raíces adventicias, lo que conforma un amplio sistema radicular que puede abarcar una extensión de

1.5 metros de diámetro por 1.5 metros de profundidad. El sistema radical del tomate está constituido por la raíz principal, las raíces secundarias y las raíces adventicias ; este sistema tiene como funciones la absorción y el transporte de nutrientes, así como la sujeción y anclaje de la planta al suelo.

### **Tallo**

La planta forma un tallo principal y un sistema de ramificaciones laterales, en todas las variedades comerciales el tallo principal es erecto de los primeros 30 a 60 cm de desarrollo, después es decumbente.

El tallo típico tiene de dos a cuatro centímetros de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis, cuya esencia confiere su aroma característico a la planta.

Hasta la primera inflorescencia la ramificación es monopoidal, se denominan cultivares de desarrollo determinado los que producen inflorescencias junto con cada hoja, o cada dos hojas, suelen ser más precoces y de porte bajo; en contra posición están los de desarrollo indeterminado, que presentan inflorescencias más espaciadas, son más tardíos y de porte alto.

### **Hoja**

Los dos cotiledones son fusiformes agudos, las dos primeras hojas verdaderas son simples y luego aparecen las compuestas (seutadas). Las hojas del tomate son pinnado compuestas, una hoja típica de las plantas cultivadas tiene unos cinco centímetros de largo, algo menos de anchura, con un gran foliolo terminal y hasta ocho grandes foliolos laterales, que pueden a

su vez, ser compuestos. Las hojas están recubiertas de pelos del mismo tipo que los del tallo.

### **Flor**

Pedúnculo corto, cáliz gamosepalo con cinco a diez lóbulos profundos y corola gamopetala, rosácea amarilla, con cinco o más lóbulos.

El androceo presenta cinco o más estambres adheridos a la corola, anteras con nivalentes ( formando un tubo ). El gineceo que presenta de dos a treinta carpelos que originan los lóculos del está constituido por un pistilo de ovario supero con estilo liso y estigma achatado, que se desplaza a través del tubo formado por las anteras. Son frecuentes las flores fasciadas que suelen originar los llamados “tomates florones” o de lóculo abierto.

Las flores se presentan agrupadas, formando inflorescencias de cuatro tipos: a) Racimo simple, frecuente en la parte inferior de la planta; b) Cima unipera, frecuente en las variedades derivadas de cruzamientos con *Lycopersicum pimpinellifolium*; c) Cima bipara dicotómica; y d) Cima multipara (policotómica). Las inflorescencias pueden tener desde una hasta 50 flores.

### **Fruto**

Baya de color amarillo rosado, rojo o violáceo; de forma globular, achatada o piriforme; de superficie lisa o con surcos longitudinales. El fruto tiene un diámetro de 3 a 16 cm. siendo su diámetro comercial aproximado de 10 cm. el número de loculos o cavidades va de 2 a 30, practicando un corte

transversal se distingue el tegumento o piel, la pulpa firme que se prolonga en el tejido placentario y la pulpa gelatinosa que envuelve a las semillas.

### **Semilla**

Tiene de 3 a 5 mm. de diámetro y es discoidal y de color grisáceo; la superficie esta cubierta por vellosidades, pequeñas escamas y restos de las células externas del tegumento , parcialmente gelificadas al producirse la madurez del fruto. En un gramo hay entre 300 y 350 semillas.

### **Principales Variedades**

La investigación de las nuevas variedades e híbridos dependerá de la adaptación a las condiciones agro – climáticas de la región productora, a la cual van a ser adaptadas, así como del mercado y la demanda que se tenga de esta. Aunque existen muchas variedades de semilla de jitomate. Solo se cultivan en forma masiva el saladette, el Sinaloa o bola, el tipo cereza y el verde, es el saladette el de mayor uso en México, por las excelentes características que presenta en post- cosecha y su fácil manejo de cultivo.

### **Variedades Botánicas.**

Solo de la especie *esculentum* se reconocen cinco :

Var. *ommune* .....Tomate común

Var. *grandifolium*.....Tomate hoja de papa

Var. *validium*.....Tomate arbusto

Var. *cerasiforme*.....Tomate cherry

Var. *pyriforme*.....Tomate pera

Según las variedades comerciales existentes en México, el tomate se puede agrupar en los siguientes tipos :

1).- Tipos según los días a madurez (de transplante al primer corte ). En este caso se distinguen 3 tipos : Precoz que generalmente produce entre los 65 – 80 días ; Intermedio entre 75 – 90 días ; y Tardío entre 85 y 100 o más días.

2).- Tipos según su habito de crecimiento. Este grupo se basa en el modo de crecer y en el tipo de planta que se forma una vez que ha alcanzado su desarrollo normal. En este caso se distinguen dos tipos : a) Habito determinado y b) Habito indeterminado .

3).- Tipos según el color del fruto al madurar. Aún cuando hay frutos de color amarillo y rosado, esta agrupación se refiere más a las variedades de fruto rojo y se basa en la intensidad del color verde de estos frutos; a) Color estándar ó normal ; y b) Color uniforme.

4).- Por diferencias en el tipo de hojas. a) Hoja normal; b) Hoja de papa; y c) Hoja rugosa ( aparecen finamente arrugadas y la hoja entera se arruga hacia abajo).

5).- Por diferencias en la forma del fruto. a) Redondo ó normal; b) En forma de pera; y c) En forma de cereza.

6).- Tipos según su uso. a) Para consumo fresco; y b) Para uso industrial (purés, jugos etc.).

## **Medio Ambiente Propicio**

### **Clima**

El tomate es una planta que exige buenas condiciones de temperatura, luminosidad y humedad relativa para un buen desarrollo y producir satisfactoriamente, es una hortaliza de clima cálido que no tolera heladas. Las condiciones climáticas influyen, entre otras cosas, en el cuajado de los frutos, y la calidad de los frutos.

### **Temperatura**

La temperatura es otro factor determinante del medio ambiente que influye en todo el desarrollo de la planta, por lo tanto es determinante el conocimiento de la temperatura optima en cada etapa de desarrollo (Cuadro 2)

---

ETAPA DE DESARROLLO	TEMPERATURAS ° C		
	MINIMAS	OPTIMAS	MAXIMAS
GERMINACION	11	16 – 29	34
DESARROLLO VEGETATIVO	18	21 – 24	32
FRUTO ESTABLECIDO			
NOCHE	10	20 – 24	30
DÍA	18	19 – 24	30
DESARROLLO DE COLOR ROJO	10	20 – 24	30
DESARROLLO DE AMARILLO	10	21 – 32	40
DAÑOS POR FRÍO		6 >	
DAÑOS POR HELADAS		1 >	
TEMPERATURA LETAL		-2 >	

---

Cuadro 2. fuente: El Autor en base a Datos de [htt.www.faxsa.com](http://www.faxsa.com)

El tomate es una hortaliza de clima cálido que no tolera heladas el rango de temperatura del suelo debe ser de 12 a 16 ° C (mínima 10 ° C máxima 30 ° C) y la temperatura ambiente para su desarrollo de 21 ° C a 24 ° C siendo la optima 22 ° C; a temperaturas menores de 15 ° C y mayores de 35 ° C puede detener su crecimiento .

Cuando se presentan temperaturas altas ( $> 38^{\circ} \text{C}$ ) durante cinco a diez días antes de la antesis, hay poco amare de fruto debido a que se destruyen los granos de polen ( las células de huevo ); si las temperaturas elevadas prevalecen durante uno a tres días después de las antesis el embrión es destruido ( después de la polinización ) el amare del fruto es bajo cuando las temperaturas nocturnas oscilan entre los  $25$  y  $27^{\circ} \text{C}$  antes o después de la antesis, a temperatura  $10^{\circ} \text{C}$  o menos, un gran porcentaje de flores abortan.

La temperatura optima para la maduración del fruto es de  $18$  a  $24^{\circ} \text{C}$ , si la temperatura es menor de  $13^{\circ} \text{C}$ , los frutos tienen una maduración muy pobre; cuando la temperatura es mayor de  $32^{\circ} \text{C}$  durante el almacenamiento, la coloración roja ( licopeno ) es inhibida y los frutos toman un color amarillo. Se afirma que a temperatura de  $22^{\circ} \text{C}$  a  $28^{\circ} \text{C}$  se obtiene una optima pigmentación roja .

## **Radiación**

La luz es un factor que actúa notablemente en la fisiología del tomate y que influye en su producción principalmente en dos formas, ya sea en el aspecto de intensidad lumínica o bien, en el aspecto de tiempo de exposición a la luz (fotoperíodo).

El tomate es un cultivo insensible al fotoperíodo, entre 8 y 16 horas, aunque requiere buena iluminación. La duración del día también afecta la producción de los frutos de tomate, esto lo demuestran Osborne y Went, citados por Moscoso (1979), en un experimento llevado a cabo en Holanda, en donde al aumentar el tiempo de exposición a la luz mediante iluminación artificial, se

aumentó la producción, pero lo más importante es la constante interacción entre los factores de temperatura, intensidad de luz y duración del día, los cuales nunca actúan en forma independiente, sino que lo hacen en forma de una interacción completa.

### **Precipitación Pluvial y Humedad Relativa**

Las lluvias excesivas e índices de humedad relativa elevados, asociados a altas temperaturas favorecen la incidencia de enfermedades, principalmente aquéllas causadas por hongos y bacterias, que al presentarse durante la época de cosecha se promueve la putrefacción de los frutos, igualmente se favorece la infección de los frutos con microorganismos responsables de las pérdidas postcosecha durante el almacenamiento, la comercialización e industrialización del producto.

El tomate necesita en un ciclo normal de cultivo, de unos 500mm. de agua pero se ha demostrado que tiene buena adaptación a la sequedad, aunque esto reduce notablemente la producción.

### **Requerimientos Edáficos**

Los terrenos que más se prestan para el cultivo del tomate son los neutros o ligeramente ácidos (pH de 7 a 5.8), pero se adaptan también aunque discretamente, en los de alguna mayor acidez.

En los terrenos de consistencia media la producción es constante, los terrenos sueltos son menos apropiados para su cultivo industrial.

El tomate se desarrolla en todos tipos de suelos, se a encontrado que cuando son limosos ligeros y bien drenados, sin enegamientosy con un pH de 6 a 7 las plantas son más productivas.

Con respecto a la textura del suelo, el tomate se desarrolla en suelos livianos (arenosos) y en suelos pesados (arcillosos), siendo los mejores los arenosos y limo – arenosos con buen drenaje.

El tomate es cultivado en las más diversas regiones de la tierra, que van desde unos pocos metros sobre el nivel del mar, hasta los casi cerca de 8000 msnm. Todos los extremos ambientales mencionados anteriormente climaticos así como edaficos en su conjunto muestran la gran capacidad que tiene esta planta para poder adaptarse a los diferentes climas y regiones de México pudiendo decir que es una de las características más importantes que buscan los inversionistas dentro de las agricultura mexicana, para poder desarrollar toda una línea de producción y comercialización del producto.

### **Producción de Planta en Charolas Germinadoras**

Esta es la forma más eficiente y recomendable de producir plantas; bajo este sistema las raíces sufren un maltrato mínimo, ya que salen de las cavidades de la charola con el cepellón completo. Como resultado de una mejor distribución de la población, las plantas son más uniformes, robustas y vigorosas. Para producir plantas, es necesario contar con un inverndadero y sustrato, los cuales se describen a continuación.

## **Invernadero**

Para producir plantas de buena calidad, es necesario hacerlo bajo condiciones de invernadero, los mejores invernaderos son los que logran conjuntar eficiencia y funcionalidad. Debe tenerse control de los factores climáticos que influyen en el desarrollo de la planta como: luz, temperatura y humedad, así como las dimensiones para su uso óptimo.

Existen varios modelos y versiones de invernaderos, de los cuales se recomiendan los de techo de dos vertientes que son los más usuales y los curvos que presentan una buena captación de energía solar (Matalla y Montero, 1993).

Los invernaderos pueden construirse con materiales regionales, lo cual reduce su costo de construcción y mantenimiento; la ubicación y orientación, son aspectos importantes a considerar, sobre todo en lugares donde los vientos del Norte azotan con gran velocidad. Si es posible, debe ubicarse en lugares protegidos con árboles que sirvan de barrera, sin obstruir la iluminación del invernadero. Adicionalmente es fundamental contar con una fuente de agua cercana, permanente, de buena calidad.

Si la construcción se va a utilizar por largo plazo, conviene establecer cortinas rompevientos. La orientación con la cual se obtiene la mayor captación de energía solar es de este a oeste, excepto cuando se construye n varias naves paralelas, debido a la sombra que proyectan una sobre otra; por lo tanto, en estos casos la mejor orientación es de norte a sur (Matalla y Montero, 1993).

Existen varios modelos y versiones de invernaderos, de los cuales se recomiendan los de techo de dos vertientes que son los más usuales y los curvos que presentan una buena captación de energía solar (Mantalla y Montero, 1993).

Los invernaderos pueden construirse con materiales regionales, lo cual reduce su costo de construcción y mantenimiento; la ubicación y orientación, son aspectos importantes a considerar, sobre todo en lugares donde los vientos del Norte azotan con gran velocidad. Si es posible, debe ubicarse en lugares protegidos con árboles que sirvan de barrera, sin obstruir la iluminación del invernadero. Adicionalmente es fundamental contar con una fuente de agua cercana, permanente de buena calidad. Si la construcción se va a utilizar por largo plazo, conviene establecer cortinas rompevientos. La orientación con la cual se obtiene la mayor captación de energía solar es de este a oeste, excepto cuando se construyen varias naves paralelas, debido a la sombra que proyectan una sobre otra; por lo tanto, en estos casos la mejor orientación es de norte a sur (Mantalla y Montero, 1993).

Los invernaderos requieren una considerable inversión inicial, la cual comprende la construcción (madera, plástico, mano de obra, etc.), adquisición de charolas y equipo básico para su manejo y atención.

Para producir la planta, es necesario usar sustratos especialmente preparados para dicho fin, estos pueden ser producidos en el país o en el extranjero. El uso de dichos sustratos es rápido y práctico, pues como ya vienen mezclados y desinfectados, pueden utilizarse inmediatamente (Hernández,2000).

Aspectos importantes que se deben considerar al adquirir el sustrato:

1. Deben garantizar en su etiqueta que vienen totalmente desinfectados y libres de sustancias como cloro, que pueden afectar el desarrollo de la planta.
2. Deben ser fácilmente desintegrables, debido a que la mayoría son compactados en bloques para su empaque.
3. Deben ser sustratos con humectantes de preferencia, para que absorban fácilmente el agua y evitar riegos pesados para humedecerlos, lo cual provocará su lavado.
4. Deben seleccionarse sustratos complementados con fertilizantes, para asegurar un mejor desarrollo de la planta; los sustratos más comunes son: Germinaza, Growing on mix, Peat-moss, Sunshine, Fafart, Flora Phytomedia, Southland, Pro-Mix pgx, entre otros. Para abaratar los costos y lograr un medio aceptable pueden mezclarse dos o más de ellos

Para sembrar por transplante, es requisito indispensable que todos los materiales y equipo a utilizar, se fumiguen o desinfecten, para eliminar cualquier agente nocivo como: plagas, hongos, bacterias, nemátodos y semilla de maleza.

Es con Bromuro de metilo el método de desinfección más efectivo y rápido, ya que en un máximo de 72 horas pueden disponerse de sustrato y equipo desinfectado y en condiciones de utilizarse en siembras comerciales. En la desinfección es necesario incluir todos los materiales para el proceso de producción de plantas, con la finalidad de evitar problemas, principalmente con

hongos fitoparásitos, los cuales pueden abatir severamente la población de plantas y retrasar el desarrollo de las mismas en el almácigo y la huerta además de contaminar el suelo de esta última.

Si solo se va a desinfectar el sustrato con el cual se llenarán las charolas, debe colocarse a lo largo de la cama y a un costado distribuir los recipientes del producto equidistantemente. Si además del sustrato se desinfectan charolas, cubetas, regaderas y otros implementos, parte de ellos pueden colocarse al costado o a lo largo, de tal forma que permitan elevar el plástico y se sella en sus bordes apisonando con el suelo, el cual debe estar húmedo de preferencia, para asegurarse de que no escape el gas. El tiempo que debe permanecer sellado es de 48 horas.

El destapado debe ser rápido y en contra del aire, así las corrientes de aire arrastrarán los primeros gases que salgan, para evitar el contacto directo con ellos, pues son muy venenosos y pueden ocasionar la muerte por quemaduras en las vías respiratorias. Después de destapar el material, por lo menos se debe dejar 24 horas ventilando antes de usarlo. Es recomendable que el sustrato tratado se utilice lo más rápidamente posible, con la finalidad de que no se contamine. Si no es posible usarlo inmediatamente y está a la intemperie, debe protegerse de la lluvia (la cual puede contaminarlo con suelo no desinfectado al provocar el salpique), del agua que escurre y de los animales.

En el mercado existen charolas de poliestireno o de plástico de diferentes tamaños y de forma rectangular. Se recomiendan las charolas de poliestireno ya que son muy resistentes a la acción de degradación de los rayos UV del sol

y al uso de agroquímicos, conservan buena humedad en el sustrato y en general son de buena durabilidad, ya que pueden utilizarse por varios años, aunque son un poco más caras que las de plástico. Las medidas de las charolas de poliestireno y de plástico son de 30 x 65 cm, de 7 cm, de fondo y 3 cm, del contorno de la parte superior.

Las charolas de plástico presentan una superficie totalmente lisa, lo cual facilita la extracción de las plantas, conservan un poco menos la humedad en el sustrato y son más económicas que las de poliestireno, pero debe observarse si el plástico es resistente a la acción de los rayos UV del sol y al manejo rústico; esto garantiza que su vida útil sea prolongada.

Las charolas utilizadas más frecuentemente son las de 200 cavidades, ya que producen plantas más vigorosas, comparadas con las de mayor número de celdas; sin embargo, las de 288 o incluso 338 celdas, permiten plantas muy aceptables con un sustancial ahorro en sustrato, mano de obra y espacio de invernadero.

Para evitar la necesidad de desbaratar los grumos o grupos compactos que se forman al llenar las charolas el sustrato deberá estar lo suficientemente suelto, con la finalidad de obtener una buena distribución y penetración en las cavidades, evitando que queden espacios con aire en ellas. Para lograrlo debe dársele una ligera sacudida a la charola y una vez llena, se marcan los puntos donde se va a colocar la semilla; pueden utilizarse una tabla de las mismas dimensiones que la charola, con una buena cantidad de pequeños picos igual al número de las cavidades de la charola.

La tabla se acopla y presiona ligeramente para dejar pequeños hoyos de aproximadamente 0.5 cm. de profundidad; hecho lo anterior, se coloca en cada celda el número de semillas determinado por la densidad de siembra a utilizar; este sistema requiere de 0.4 a 0.6 Kg. de semilla por Ha.

Posteriormente, la semilla se tapa con una capa de sustrato o vermiculita, después de la siembra, las charolas se riegan lentamente y con mucho cuidado, sobre todo si el sustrato está muy seco. De preferencia, el primer riego debe ser ligero, de tal forma que quede húmeda la capa superficial; luego, a los 30 minutos se aplica un segundo riego, con el cual se dejará bien húmedo todo el sustrato. Finalizado el riego, se recomienda estibar las charolas del tamaño que lo permita el espacio disponible con la finalidad de producir mayor calor y acelerar el proceso de germinación (Hernández, 2000).

Cualquier falta de agua durante la germinación y emergencia, ocasiona fuertes pérdidas de plántula, por lo que especialmente deberá atenderse las charolas que queden en la parte superior y en los bordes de todas las estibas, donde se pierde con mayor frecuencia el agua; una manera de evitarlo, es cubrir con plástico cada una de las estibas de charolas, lo cual evita pérdidas de agua, además de que la humedad tiene una mejor distribución.

En condiciones de temperaturas mayores de 30 ° C las charolas deberán separarse y colocarse en el lugar definitivo a los cinco días de la siembra, esto es cuando las plántulas comienzan a emerger y si no se separan, se corre el riesgo de que la parte terminal de la plántula se inserte en el orificio de salida del agua de la charola situada en la parte superior, lo cual provocara daños al remover las charolas situadas en la parte superior, adicionalmente, si se tarda

demasiado en separar las charolas, se propician en el tallo una elongación mayor, las plántulas no resisten el golpe del agua de los primeros riegos y son derribadas.

Es fundamental un control total de la humedad, la radiación solar y la temperatura ambiente del invernadero. El riego deberá ajustarse a las condiciones de temperatura y humedad prevalecientes en el mismo. Normalmente en condiciones soleadas se requiere regar la planta dos veces por día, mientras que en días nublados o frescos, un riego diario es suficiente. Al regar sólo debe mojarse el sustrato y evitar usar agua de más, para prevenir el lavado de nutrientes del sustrato. Lo anterior es sumamente importante, si se desea obtener plantas de buena calidad y sobre todo en el tiempo programado ; cuando se excede en la frecuencia y cantidad de agua de riego, el sustrato que sirve de sostén a la planta, se pierde rápidamente e induce el desarrollo de plantas débiles.

Además , el abuso en el riego puede crear condiciones apropiadas para el incremento de enfermedades radiculares como el ahogamiento.(Hernández, 2000).

Como la mayoría de los sustratos son materiales muy pobres en elementos mayores y menores, a partir de los primeros 10 días de la emergencia de las plántulas es necesario apoyar su desarrollo con aplicaciones de fertilizantes sólidos, disueltos en agua, o fertilizantes foliares. La concentración de fertilizantes sólidos a aplicar en 200 litros de agua son: 100 gr. de nitrato de amonio, 35 gr. de 18-46-00 (fosfato diamonico) y 90 gr. de sulfato de potasio. (Palacios,1980)

Pueden utilizarse fertilizantes foliares como Bayfolán sólido, en dosis de 1.0 Kg. por cada 100 litros de agua , Nitrofoska 10+4+7+0.2 ó Greenzit, en dosis de 1 litro por cada 100 litros de agua, Maxi-grow Exel un centímetro cúbico por litro de agua (Hernández ,2000).

Ambos tipos de fertilizantes pueden aplicarse hasta en dos ocasiones, durante el tiempo que las plántulas permanecen en las charolas.

Si no es posible trasplantar cuando las plantas cuenten con el tamaño apropiado, es necesario reducir la cantidad de agua de riego, de tal forma que permita su mantenimiento, pero sin estimular un abundante crecimiento vegetativo; de lo contrario se obtendrán plantas con poca consistencia en el tallo y con tendencia a postrarse.

Si se observan ataques de alguna plaga o enfermedad en los almácigos o áreas donde se produce planta, deberá usarse los productos recomendados en sus respectivas secciones. Adicionalmente, conviene recordar que cuando en lugares donde se va a producir la planta se encuentra alta incidencia de insectos vectores de enfermedades virales, el invernadero deberá cerrarse totalmente en su contorno con tela plástica anti-insectos, o en su defecto tela tricot, y solo deberán dejarse espacios en la parte superior, para que circule el aire.

Si aún se detecta la presencia de insectos vectores (sobre todo mosquita blanca), pueden usarse trampas amarillas impregnadas con pegamento o grasa transparente, las cuales funcionan como atrayente visual permitiendo un rápido control sobre todo dicha plaga (Mc Hugh, 1991).

Las plantas con síntomas de alguna enfermedad viral, deben destruirse para evitar llevar la fuente de inóculo a la huerta. Esto es sumamente importante, si se considera que la mosquita blanca es más eficiente para transmitir el virus, cuando lo adquiere de plantas de tomate (Arcos, 1993).

### **Producción de planta en almácigo de piso**

Es la forma más rústica de producir plántulas; el principal inconveniente, es que los tallos y las raíces sufren maltratos y daños durante su arranque y preparación para el trasplante, además existe una fuerte competencia por espacio y luz, lo cual origina plantas raquíticas; esto ocasiona un menor porcentaje de prendimiento, comparándolo con otros métodos más avanzados; por esta forma de establecer el cultivo es cada vez menos usada (Hernández,2000).

### **Preparación del Terreno.**

La preparación del terreno varía de acuerdo a su topografía y al método de establecimiento a utilizar, ya sea siembra directa o trasplante. Conviene resaltar que el respetar los tiempos para cada una de las actividades de preparación, permitirá eliminar una o más generaciones de malas hierbas, lo cual da como resultado una menor competencia con el cultivo durante los primeros 50 días después de la siembra o transplante, y un menor número de jornales para su control.

Si el terreno se prepara en forma continua, sin respetar los tiempos se impedirá el beneficio anteriormente mencionado. El dejar el terreno bien mullido

o desmenuzado ayuda a una mejor distribución del agua, lo cual a su vez repercute en un desarrollo mas uniforme del cultivo. Para terrenos planos , y en todos aquellos donde se pueda usar maquinaria, se sugieren efectuar las siguientes prácticas:

### **Chapeo.**

Esta labor se realiza cuando hay maleza abundante o restos de cultivo de difícil destrucción. La trituración de los residuos debe ser lo suficientemente fina para permitir una adecuada incorporación y rápida descomposición, de otra manera hay que quemarlos.

### **Barbecho.**

La finalidad de esta labor es: 1) romper y voltear la capa arable del suelo y así eliminar la mayor cantidad de larvas, pupas y adultos de insectos dañinos que viven en el, 2) enterar las malas hierbas y restos del cultivo anterior, 3) permitir que el aire penetre y circule libremente dentro del suelo y 4) favorecer la penetración del agua .

Se sugiere barbechar a 30 cm. de profundidad o tanto como el suelo lo permita. Esta labor deberá efectuarse preferentemente cuando el suelo tenga humedad suficiente, para evitar el máximo la formación de terrones. Normalmente el tiempo que debe transcurrir entre el chapeo y el barbecho es de dos a tres semanas.

**Rastreo.**

Se recomienda efectuar un primer paso de rastra de 20 a 30 días después del barbecho, con el fin de desmenuzar los terrones y eliminar las malas hierbas presentes en el terreno, si fuera necesario, deben darse antes de establecer el cultivo, para dejar lista la cama de siembra, e invariablemente se efectúan de manera cruzada.

**Nivelación.**

Es necesario nivelar el terreno, con el fin de lograr una buena distribución del agua de lluvia y /o del riego y evitar los encharcamientos, ya que los excesos de humedad incrementan el ataque de pudriciones a la raíz de las plantas y provoca la asfixia radicular.

**Surcado.**

La práctica del surcado es opcional, sólo se justifica bajo condiciones de riego por gravedad, suelos pesados o presencia de alta humedad en el terreno; se evita normalmente en suelos ligeros con un considerable contenido de arena, para disminuir el riesgo de que el lomo del surco se desbarate por la acción de las lluvias y las semillas o plántulas queden sepultadas.

Así también, cuando se siembra o transplanta en el lomo del surco y se presenta un déficit de humedad considerable, las plantas padecen más que cuando están en el fondo del mismo. Sin embargo, para facilitar la siembra o el transplante, es posible formar pequeños surcos.

### **Acolchado Plástico.**

Esta práctica se considera parte integral de la preparación del suelo y está muy extendida en las regiones agrícolas tecnificadas del mundo.

Consiste en colocar bandas de plástico sobre el suelo enterando sus extremos para sujetarlas. Según Ibarra y Rodríguez (1991), el acolchado, específicamente el que se realiza con plástico negro, cumple con varios objetivos, entre los que destacan:

1. Reducir la compactación y erosión del suelo, permitiendo una mayor aireación y actividad microbiana.
2. Evitar el crecimiento y desarrollo de la maleza bajo la zona cubierta. A excepción del *coquillo* *Cyperus rotundus L.*, el cual puede perforar el plástico, por lo cual es inconveniente establecerlo en terrenos con altas poblaciones de esta maleza.
3. Conservar la humedad del suelo, permitiendo un mejor aprovechamiento de los fertilizantes y de más agroquímicos (alrededor de la raíz), al mantenerlos donde los necesita la planta y evitando su pérdida por evaporación o lavado por lluvias excesivas.
4. Incrementar la temperatura del suelo en dos o tres grados, lo cual permite a la raíz de las plantas una mayor rapidez de crecimiento, sobre todo en épocas invernales.
5. Actuar como repelente de muchos de los principales insectos, especialmente de insectos vectores de virus; lo cual retrasa la aparición y dispersión de enfermedades virales, por su capacidad de reflejar luz solar, durante las primeras etapas del cultivo

6. Evitar el contacto del fruto con el suelo en zonas donde azotan vientos fuertes que provocan la inclinación de la planta en producción, esto ayuda a disminuir pudriciones de fruto y quemaduras.

### **Establecimiento del Cultivo.**

Una de las principales causas de los bajos rendimientos promedio en algunos estados es la reducida y heterogénea población de plantas por unidad de superficie que se logra establecer en las huertas. Las fuertes lluvias, provocan el arrastre de la semilla y compactan el suelo, impidiendo que emerjan las frágiles plántulas. Así también, el exceso de humedad durante la emergencia provoca pudriciones en la raíz y cuello de las plántulas, mientras que la falta de esta causa desecación.

Todo ello resulta en una densidad de población menor a la deseada y en una mala distribución de las plantas en la parcela. Este problema se acentúa en la medida en que las lluvias son más intensas y las pendientes más pronunciadas.

El productor debe considerar estos factores para definir con toda anticipación, cuál de los métodos descritos a continuación se adapta mejor a sus condiciones agroecológicas y financieras.

## **Siembra Directa**

### **Manual**

Dependiendo de las características del suelo, se puede efectuar con los dedos o con el auxilio de un esqueje o estaca. En suelos ligeros y bien preparados, se puede hacer con los dedos, enterando la semilla entre dos y tres cm. de profundidad. En suelos pesados, tanto planos como con pendientes significativas, el esqueje de madera de aproximadamente dos metros de largo con punta en uno de sus extremos, permite formar huecos de dos a tres cm de profundidad en donde se coloca la semilla con un poco de tierra.

La cantidad de semilla pura y viable utilizada por Ha. En este sistema, varía de 3 a 6 Kg.

### **Mecánica**

Para realizar este tipo de siembra, se pueden utilizar sembradoras del tipo Planet Junior. Estas se calibran para tirar de 8 a 10 semillas por golpe. A diferencia de la siembra manual, en donde las semillas se concentran en un solo punto, con la sembradora quedan un tanto dispersas, razón por la cual en la siembra mecanizada se presentan más problemas de nacencia a medida que las condiciones climáticas son más adversas.

Para reducir este riesgo, se debe incrementar la cantidad de semilla por golpe; la cual puede llegar hasta los 10 Kg. por Ha. lo cual no es recomendable para híbridos por el alto costo de la semilla.

### **Siembra por Trasplante.**

Para este tipo de siembra es necesario desarrollar la planta en charolas. Las semillas se siembran en un sustrato especial en donde germinan. Las plántulas desarrollan hasta alcanzar una altura de 10 a 15 cm. , la cual se logra entre los 20 y 30 días de la siembra, se preparan y se pasan al terreno definitivo, en donde terminan su ciclo de desarrollo y producción. El trasplante presenta grandes ventajas comparativas con respecto a la siembra directa, algunas de las más importantes son :

Un ahorro del 90 al 95 por ciento en semilla lo cual permite optimizar su uso cuando se trata de híbridos, variedades mejoradas o criollos seleccionados, en donde el valor de la semilla es elevado.

Los cuidados fitosanitarios que se le brindan a las plantas durante su estancia en el almácigo, son mas efectivos y económicos que los recibidos por sus similares en campo cuando se establecen directamente. Esto se traduce en plantas más sanas y libres de virus durante los primeros 20 a 30 días de vida.

El tiempo que duran las plantas en el almácigo o invernadero puede aprovecharse para que un cultivo previo complete su ciclo en el terreno donde se va a establecer la huerta, mejorar la preparación del suelo.

El porcentaje de establecimiento de plantas mediante el trasplante, en condiciones de buena humedad, supera el 95 %, mientras que en la siembra directa en los mejores casos promedia sólo el 70 %. Esto significa que, el productor que recurre al trasplante, tiene más posibilidades de tener la población programada uniformemente distribuída en el terreno.

El costo del control de la maleza durante los primeros 45 días se reduce drásticamente, ya que el trasplante se efectúa sobre el terreno recién preparado y libre de maleza; cuando ésta emerge, las plantas de tomate ya tienen un tamaño considerable, lo cual facilita el control con herbicidas, cultivadora o cualquier otro método empleado para destruirla.

El trasplante también tiene algunas desventajas. Las más significativas son : 1) cantidad mayor de mano de obra, 2) capacitación oportuna y efectiva al personal, para la producción de plantas y su trasplante al campo y 3) infraestructura y equipo requerido que implican una fuerte inversión inicial. Sin embargo estos inconvenientes son mínimos si se comparan con las ventajas .

### **Trasplante.**

Una vez que la planta tenga 15 cm. de altura o de 25 a 30 días de edad, deberá trasplantarse

Las plantas producidas en charolas germinadoras, deberán regarse antes de extraerse o despegarse de sus celdas. Si las plantas tienen buen tamaño y sistema radicular, es suficiente jalar con cuidado, desde la base del tallo para extraerlas sin lastimar sus raíces.

Extraídas las plantas se colocan en cajas de plástico o rejas tomateras foradas con papel periódico, de tal forma que puedan colocarse verticalmente y posteriormente cubrirse con el papel periódico, para que el sol y el viento no deshidraten y dañen sus pelos absorbentes.

Las charolas también pueden llevarse directamente al terreno a sembrar, pero previamente deberá procederse a aflojar las plantas de las celdas sin extraerlas.

Para sembrar, es necesario formar hoyos en el suelo con un esquepe, ajustados al tamaño del cepellón.

Una vez colocada la planta en el hoyo, deberá apretarse ligeramente el suelo a su alrededor con los dedos de la mano, poniendo especial cuidado de no apretar el suelo pegado al tallo, para que evite su estrangulamiento.

### **Resiembra y retrasplante**

Es frecuente que tanto en siembras directas como de trasplante se tengan pérdidas de plantas por deficiencias en la siembra y ataque de plagas o enfermedades, lo cual disminuye considerablemente el rendimiento. Una forma de corregir este problema, es volver a sembrar o trasplantar.

Si el cultivo está establecido en áreas sin problema fuerte de virosis, se cuenta con riego o tiene buen temporal que le asegura no tener problema de agua, puede volverse a sembrar o trasplantar dentro de los 15 ó 20 días después de la primera. Si se hace posteriormente, es mayor probabilidad de tener fuertes pérdidas por enfermedades virales o escasez de agua en las fases finales del cultivo.

Al momento de programar la siembra, deberá considerar un 10 por ciento más de plantas, con el objeto de compensar las posibles pérdidas en invernadero y campo (durante los primeros 15 a 20 días posteriores al trasplante).

## **Aclareos**

En siembras directas, frecuentemente se depositan más de 10 semillas por mata con la finalidad de asegurar la emergencia de las plántulas. Lo anterior propicia una cantidad mayor de plantas que la densidad óptima, debido a lo cual el desarrollo de la planta y sobre todo el tamaño del fruto se ve fuertemente afectado, por la competencia entre plantas por luz, nutrimentos y agua; ello obliga a aclarar y dejar la densidad que propicie un desarrollo óptimo de la planta.

## **Estacado**

En siembras donde cuya tecnología permita obtener producciones de tomate superiores a las 40 toneladas, es necesario estacar para dar sostén a la planta cuando esté con la mayor carga. Para dicha actividad es necesario colocar estacas de manera alterna en la parte lateral del surco, con espaciamiento de aproximadamente 2 plantas por vara. Una vez enteradas en el suelo las estacas deben tener una altura de 50 a 70 cm. después se les coloca un primer tendido de hilo de rafia todo esto conviene hacerlo cuando la planta aun esta pequeña para ir dandole una buena forma, en total se ponen de 3 a 5 tendidas de hilo.

## **Riegos**

Deben contemplarse tres periodos o etapas de la planta para obtener una mejor calidad de los frutos y mayor producción debido a que las

necesidades varían de acuerdo con la tecnología de la planta, dichas etapas son las siguientes:

1. Esta etapa comprende desde el trasplante hasta el inicio de la formación de los frutos
2. Etapa abarca desde la formación de los frutos hasta el primer corte.
3. Esta etapa es la más importante, debido a que requiere de más agua y comprende desde los primeros hasta los últimos cortes.

Los riegos se aplican cada 15 días en promedio hasta los primeros cortes, en la tercera etapa o en la cosecha los riegos se aplican cada 10 días, dependiendo de las condiciones climáticas y del suelo, efectuando un total de 10 a 14 riegos, por lo que en promedio resulta una lamina de agua total aplicada de 90 cm. aproximadamente, debido a los riegos tan ligeros que se aplican.(Valadez, 1996).

### **Riego por surcos**

Es una serie de zanjas regaderas paralelas, a distancias que están en función de la pendiente general, la clase de suelo y cultivo (Rojas, 1981).

Se recomienda surcar el suelo cuando tenga entre un 25 y 50 por ciento de humedad, con una dirección a favor de la pendiente sin ocasionar erosión, la cual puede controlarse facilmente en suelos con pendientes menores a 12 por ciento. De preferencia la forma de los surcos debe ser ancha y poca profunda, sobre todo en suelos arenosos, en los que funciona el sistema de camas meloneras con pendiente controlada.

El riego por surcos tiene algunas desventajas con respecto a los de aspersión y goteo como son: grandes volúmenes de agua, con los cuales no se cuenta en la mayoría de las áreas sembradas con tomate; reducción de la fertilidad en los suelos por lixiviación; condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades como marchitez o secadera *Phytophthora infestans* Leonian y nemátodos en suelos pesados; problemas con sales ; gran cantidad de mano de obra y asfixia radical cuando se hacen riegos pesados.

### **Riego por goteo**

El riego por goteo ha tomado gran importancia durante los últimos años, debido a sus grandes ventajas, además de que puede combinarse eficientemente con el uso de acolchados plásticos. Hernández et al. (citados por Nuez et al. ,1996) definen al riego por goteo como la aplicación restringida del agua al suelo a la zona radicular.

Los sistemas de riego por goteo consisten generalmente de : 1) centro de control, el cual a su vez se conforma por la fuente de presión o bomba ; filtros, controles de presión, sistema automático y el equipo de fertirrigación; 2) red de distribución, la cual puede constituirse por tubos y mangueras de diferente grosor, de acuerdo a las necesidades y 3) emisores, los cuales son dispositivos que regulan y dosifican el flujo del agua y los fertilizantes en forma de gotas (Nuez et al., 1996).

En el caso de tomate como en cualquier planta, deberá aplicarse el agua que reponga el agua evaporada, la transpirada por las plantas y la que invariablemente se desplaza fuera de la zona radical. A continuación se

enumeran algunas ventajas y desventajas del riego por goteo (Nuez et al. 1996).

### **Ventajas**

Reduce el gasto de energía de las plantas para absorber el agua, debido a que mantiene un nivel óptimo de humedad, de nutrientes y aire en el suelo.

Permite la aplicación de fertilizantes y plaguicidas en el agua de riego, aumentando la eficiencia de los mismos y reduciendo los costos para su aplicación.

Propicia una mayor eficiencia en la distribución del agua.

Permite el uso de aguas con mayor contenido de sales, las cuales no serían recomendables con otro tipo de riego debido a los menores volúmenes empleados.

Posibilita la automatización de todo el sistema de riego, además permite un ahorro de mano de obra y energía.

Facilita el control de la maleza, al evitar distribuir agua en áreas, donde no existe raíz de tomate y disminuye considerablemente los riesgos de la incidencia de P. Infestans, nemátodos, otros problemas causados por hongos y bacterias, así como la asfixia radical.

Aumenta los rendimientos de manera más constante que los otros métodos de riego.

### **Desventajas**

Requiere una gran inversión económica inicial, para adquirir el equipo necesario.

Exige una gran preparación de parte del productor, para un manejo eficiente del sistema y máximos rendimientos.

Existe el riesgo de que al usar aguas con alto contenido de sales, puedan obstruir los emisores.

### **Frecuencia de riego**

Existen varios métodos para determinar el momento en que deben hacerse los riegos y son los siguientes: a) determinación del coeficiente del cultivo; b) calculo del potencial hídrico en la hoja; c) gravimétricos, d) empleo de bloques de yeso y e) uso de tensiómetros, éste ultimo es el más usado y práctico.

Nuez et al. , en 1996, indicarán que para determinar el momento del riego es necesario usar dos tensiómetros; el bulbo de uno de ellos tiene que colocarse entre 15 y 20 cm. de profundidad , manteniéndolo a una presión de 10 a 30 centibares y el segundo a una profundidad de 40 a 60 cm. el cual proporcionará información sobre el movimiento del agua . Clark et al., (1992) citarán que invariablemente, los tensiometros deberán colocarse en donde se encuentre la raíz de la planta.

## **Nutrición**

Para conocer las necesidades nutrimentales de un suelo a cultivar con tomate , es necesario considerar varios factores como: las características químicas del suelo; disponibilidad de los nutrientes en el suelo; tipo de riego y volúmenes de cosecha que se espera obtener. En los primeros casos es necesario recurrir a un análisis de suelo y sobre a todo a un análisis foliar, que permita en caso de faltar o sobrar elementos, determinar la cantidad aplicable y la fuente más recomendable a utilizar. Es necesario recordar que los dos métodos de análisis se complementan para un mejor diagnóstico de las necesidades de fertilización.

### **Análisis de suelo**

Es una alternativa para conocer en forma general las características físico-químicas del suelo que se va a trabajar ; esta técnica deberá hacerse con suficiente anticipación a la siembra o trasplante , sirve como indicador del grado de fertilidad del suelo, su pH y la capacidad de intercambio catiónico, lo cual permite diseñar tratamientos de fertilización, encalado y tomar criterios al seleccionar las fuentes utilizables y su oportunidad de aplicación.

### **Análisis foliar**

Este tipo de análisis puede indicar con mayor precisión y rapidez la situación real del balance entre elementos, ya que indica el contenido de los mismos en el follaje de la planta al momento de obtener la muestra. Sobre todo, permite conocer si algún microelemento está en bajas o altas

cantidades, antes de que se manifiesten sus síntomas y por lo tanto afecten severamente a la planta.

## **Fertilización**

La fertilización es una parte integral al proceso de producción además de tener una gran importancia en el desarrollo de las plantas, así mismo en la calidad, volumen y sabor de los frutos, la mayor parte de los suelos donde se siembra tomate aquí en México, son ligeramente pobres en nitrógeno y fósforo, pero con buena disponibilidad de potasio, siendo la fertilización una actividad de suma importancia en el ciclo productivo de la planta.

El nitrógeno interviene en todos los procesos de crecimiento, de tal forma que una deficiencia del mismo, induce a coloraciones amarillentas y a un pobre desarrollo de las hojas; en cambio, un exceso provoca abundante e improductivo crecimiento de la planta además de aumentar el número de frutos chicos no comerciables.

El fósforo asociado con los procesos de respiración, germinación de semillas, flores, frutos y desarrollo de raíces, también influye marcadamente en el tamaño de los frutos. Una aplicación excesiva de este elemento puede acarrear problemas en la asimilación de elementos menores.

En el cuadro número tres se presentan algunas dosis de fertilización realizadas por productores de diferentes regiones, analizadas por Valadez, 1996

## Fertilización por Regiones

Región	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Bajío	140	80	00
B.C.(N.Y S.)	150	80	00
Morelos	150	90	00
Valles			
De Culiacán	400	400	200
Del Fuerte	450	450	250

Cuadro 3. Fuente: INIFAP, 1985 y productores de Tomate

La primera fertilización deberá incluir una tercera parte del nitrógeno junto con todo el fósforo y potasio, durante el rayado de las camas antes del trasplante, es colocado de 10 a 15 cm. de profundidad, y separadas 10 a 15 cm. del centro de la cama.

El nitrógeno restante, se aplica fraccionando durante la época de desarrollo hasta que la planta continúe formando frutos, comúnmente la aplicación se realiza a intervalos de 3 a 4 semanas.

### Control de malezas

Las malas hierbas compiten fuertemente con el cultivo por luz, humedad y nutrientes, además de ser hospederas de enfermedades y plagas; se

considera que es la etapa crítica de competencia, es desde la siembra o plantación, hasta la floración e inicio de la fructificación y existen tres métodos de control:

### **Control manual**

Este método consiste en eliminar la maleza mediante el azadón y puede utilizarse desde la emergencia del cultivo hasta antes de cosecha. Es el método más caro, pero el más eficiente para destruir todo tipo de malezas sobre todo en las primeras etapas fenológicas del cultivo.

### **Control mecánico**

Puede hacerse por medio de tracción mecánica ó animal; la primera opción se utiliza fundamentalmente para la preparación del terreno, aunque puede usarse para la destrucción de maleza, si se cuenta con la maquinaria que permita entrar en la plantación sin dañarla.

### **Control químico**

Consiste en la aplicación de herbicidas, los cuales inhiben el desarrollo de la maleza, alternativa de gran utilidad sobre todo si se combina con las otras formas de manejo. De acuerdo a su época de aplicación, los herbicidas pueden ser agrupados en preemergentes ó postemergentes.

Herbicidas preemergentes Son productos que actúan al aplicarse después de la siembra, pero antes de la emergencia de la maleza y del cultivo.

Herbicidas post emergentes Son los productos que se aplican después de la nacencia del cultivo y la maleza, ya que no tienen efecto en plántulas no emergidas.

### **Plagas y Enfermedades**

Según Valadez (1994), el tomate es una de las hortalizas que más características presenta para el estudio entomológico y fitopatológico, ya que es una de las hortalizas que más insectos plaga, enfermedades patológicas y fisiológicas presentan, desde la plántula hasta cosecha del fruto. De los insectos plaga es difícil definir cuál es más problemático, debido a que todos se presentan en altas poblaciones cuando no se tiene un control adecuado de aplicaciones de pesticidas. Sin embargo destacan en este rubro los insectos plaga gusano del fruto (*Heliothis zea*), gusano alfiler (*Keiferia lycopersicella*), minador (*Lyriomiza munda*), los cuales han presentado un serio problema debido al uso indiscriminado de insecticida, provocando la muerte natural de muchos parásitos naturales de los insectos plaga, creando resistencia genética a los insectos.

Por otro lado las enfermedades patológicas están presentes desde plántula (damping-off por *Pythium spp*, *Rhizoctonia spp*, *Phytophthora spp*, *Sclerotium spp*), en el follaje (mancha bacteriana por *Xanthomonas versicatoria*, tizón temprano por *Alternaria solani*, tizón tardío por *Phytophthora infestans*, mancha gris por *Stemphyllium solani*, mancha sureña por *Sclerotium rolfsii*, cáncer bacteriano por *Corynebacterium michiganese*, etc.) raíces (nematodos), en los tallos (*fusarium*) y hasta en los frutos (pudrición apical por

*Pythium debryyanum*, pudrición por *Alternaria tenuis*, etc.), por lo que es necesario considerar las causas que las originan y tomar las medidas preventivas necesarias tanto para éstas enfermedades como para las fisiológicas. No obstante, en algunas de éstas últimas, como son la pudrición y decoloración interna del fruto, definitivamente no se puede establecer un control por estar sujeto a las condiciones del clima (Valadez, 1996).

Las acciones para lograr un control técnico de las plagas agrícolas, se han agrupado en diferentes estrategias según estudios realizados por diferentes autores, Metcalf (1965) menciona los siguientes:

- a) Combate químico.
- b) Combate físico mecánico.
- c) Combate natural.
- d) Combate biológico
- e) Combate legal.

Pacheco (1985) de una manera más general y sencilla los enumera de la siguiente manera:

### **Control Biológico**

Se puede definir como el conjunto de métodos que tiene como objetivo que las plagas bajen su potencial de ataque mediante el empleo razonable de sus enemigos naturales (animales, vegetales o enfermedades) que actúan sobre estas depredándolas o enfermándolas.

### **Control Químico**

Consiste en el empleo de productos químicos nocivos que disminuyen la actividad destructiva de las plagas mediante la muerte o el alejamiento de éstas. Dichos productos son clasificados de diferentes formas según su acción química y de acuerdo a su composición química (Pacheco, 1985).

### **Control Mecánico**

Este método consiste en disminuir las poblaciones de plaga mediante la utilización de mano de obra o instrumentos que atraen o repelen los insectos.

### **Control Cultural**

Es el método de más bajo costo, ya que consiste en la utilización de prácticas comunes agrícolas conocidas por el agricultor sin asegurar la efectividad del mismo.

Las prácticas culturales que se utilizan como medidas para contrarrestar m las poblaciones de insectos son: rotación de cultivos, barbecho del suelo, destrucción de residuos y basura de las cosechas anteriores, control de maleza, uso de variedades resistentes, etc. (Pacheco,1985).

### **Control Legal**

Consiste en la utilización de leyes previamente establecidas para evitar la entrada y establecimiento de plagas de insectos en un país o región, y erradicar, contener o suprimir las plagas que se han establecido en áreas limitadas.

Dentro de estas legislaciones podemos mencionar las leyes cuarentenarias, leyes de inspección, leyes sobre el empleo de insecticidas y otras.

### **Control Genético**

No es otra cosa que el empleo de variedades resistentes.

### **Cosecha**

Practica realizada cuando el fruto de la planta de tomate ha alcanzado su máximo desarrollo y se encuentra listo para ser comercializado, la decisión de la cosecha depende del productor y las exigencias del mercado, para realizar esta operación es necesario considerar el sistema de producción y el tipo de frutos que se desea obtener por lo general se recomiendan tres estados de maduración, esto con el fin de cubrir lo que demanda el mercado, por lo tanto, si la cosecha se realiza en forma manual, el primer corte se realiza cuando un 70 – 80 por ciento de los frutos poseen color rojo, mientras que aquellos que se encuentren muy verde son cosechados unos 20 – 30 días después.

La cosecha que se hace en forma mecánica, normalmente se efectúa una cosecha manual previa para recolectar los primeros frutos y evitar sobre maduración, para luego cosechar mecánicamente cuando el grueso de la producción se halla maduro.

El tomate debe de cosecharse en un estado de madurez que esté acorde de la lejanía del lugar de consumo, es decir, varía según se envíe a mercados

distantes, cercanos o locales. De acuerdo ha esto, el tomate es posible cortarlo “verde sazón” ó tres cuartos, rosado ó rayado y maduro.

Todo tomate que se destine a mercados distantes y de exportación se debe cosechar en estado verde sazón o tres cuartos, que es cuando el fruto a redondeado bien los hombros o lomos y ha llegado a su mayor desarrollo, el corte se hace cuando el fruto ha perdido su color verde brillante ya que en estas condiciones puede aguantar hasta una semana para madurar totalmente.

El fruto que se va a enviar a mercados cercanos debe cortarse en estado de madurez rosado o rayado, el cual es fácil reconocerlo porque el fruto apenas inicia su coloración, el fruto cortado en este estado puede tardar dos o tres días para madurar.

Cuando el tomate es destinado a mercados locales se puede cosechar maduro; es decir, se puede dejar en la planta hasta que tome su color rojo.

Los tomates destinados a la industria son cosechados en un grado de madurez avanzado, mediante la utilización de cultivares apropiados, con un adecuado manejo del agua de riego y en algunos casos mediante la aplicación de reguladores de crecimiento se obtiene una madurez muy uniforme y concentrada.

## **CONCLUSIONES**

El tipo de compuestos no húmicos, es determinante para inducir las características de los ácidos húmicos y fúlvicos.

A los grupos funcionales libres (carboxilos, carbonilos y oxidrilos), unidos a iones, se debe el funcionamiento de las sustancias húmicas, en las mejoras a las propiedades físicas y químicas del suelo, así como su intervención en la nutrición vegetal.

## BIBLIOGRAFIA

1. Albuzio, A., and Ferrari, g. 1989. Modulation of the molecular size of humic substances by organic acids of the root exudates. *Plant and Soil*. 113: 237-241.
2. Albuzio, A., Ferrari, G., and Nardi, S. 1986. Effects of humic substances on nitrate uptake and assimilation in barley seedlings. *Can. J. Soil Sci.* 66: 731-736.
3. Aleksandrova, I. V. 1988. Problems of biochemistry of humus formation in the works of M. M. Kononova (dedicated to the 90<sup>th</sup> birthday anniversary). *Pochvovedeniye*, N°10.
4. Amalfitano, C., Quezada, R. A., Wilson, M. A., and Hanna, J. V. 1995. Chemical composition of humic acids: a comparison with precursor "lighth fraction" litter from different vegetations using spectroscopy techniques. *Soil Sci.* 159: 391-401.
5. Arcos, C. G. 1993. Identificación y distribución de los principales hospederos de mosca blanca y del geminivirus que ataca al chile jalapeño. Sexta Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal del Estado de Veracruz. Veracruz, Ver.
6. Baes, A. U., and Bloom, P. R. 1989. Diffuse reflectance and transmission Fourier transform infrared (DRIFT) spectroscopic of humic and fulvic acids. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 695-700.

7. Baes, A. U., and Bloom, P. R. 1990. Fulvic acid ultraviolet-visible spectra: influence of solvent and pH. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54(5), 1248-1254.
8. Bidwell, r. G. S. 1979. *Fisiología Vegetal*, Primera edición. AGT, Editor, S. A. Impreso en México.
9. Bonner y Galston. 1973. *Principios de Fisiología Vegetal*. Editorial MADRID. España.
10. Boyd, S. A., Sommer, L. E., Nelson, D. W., and West, D. X. 1981. The mechanism of a copper (II)-humic acid complex and some adducts with nitrogen donors. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 745-749.
11. Celi, L., Schnitzer, M., and Négre, M. 1997. Analysis of carboxyl groups in soil humic acids by a wet chemical method. Fourier-transform infrared spectrophotometry, and solution-state carbon-13 nuclear magnetic resonance. A comparative study. *Soil Sci.* 162: 187-197.
12. Characteristics of the soil humic extracts obtained by some organic and inorganic solvents and purified by HCl-HF treatment. *Soil Sci.* 146: 418-426.
13. Chefetz, B., Hatcher, P. G., Hadar, Y., and Chen, Y. 1998. Characterization of dissolved organic matter extracted from composted municipal solid waste. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 326-332.
14. Chen, Y., and Schnitzer, 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.
15. Chen, Y., and Schnitzer, M. 1976. Scanning electron microscopy of a humic acid and of a fulvic acid and its metal and clay complexes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 682-686.

16. Chen, Y., Senesi, N., and Schnitzer, M. 1977. Information provided on humic substances by E4/E6 ratios. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41: 352-358.
17. Chen, Y., Senesi, N., and Schnitzer, M. 1978. Chemical and physical characteristics of humic and fulvic acids extracted from soils of the Mediterranean region. *Geoderma* 20: 87-107.
18. Chen, Y., Senesi, N., and Schnitzer, M. 1977. *Soil Science Soc. Am. J.* 41: 352-358.
19. Christensen, B. T. 1986. Straw incorporation and soil organic matter in microaggregates and particle size fractions. *J. Soil Science* 37, 125-135.
20. Dell'Angola, G., and Ferrari, 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.
21. Diné, H., Lévesque, P. E. M., Jambu, P., and Righi, D. 1992. Microbial activity and long-chain aliphatics in the formation of stable soil aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 1455-1463.
22. Diné, H., Schnitzer, M., and Sculten, H-R. 1998. Chemical and spectroscopic characterization of colloidal fractions separated from liquid hog manures. *Soil Sci.* 163: 665-673.
23. Dormaar, J. F. 1972. Chemical properties of organic matter extracted from a number of Ah horizons by a number of methods. *Can. J. Soil Sci.* 52: 67-77.
24. Duchaufour, Ph. 1984. *Edafología. 1. Edafogénesis y Clasificación.* Ed. Masson, S. A. Barcelona.
25. Felbeck, G. T. 1965. *Structural Chemistry of Soil Humic Substances.* *Advances in Agronomy*, volume 17. Academic Press.

26. Flaig, W., Beutelspacher, H., and Rietz, E. 1975. Chemical Composition and Physical Properties of Humic Substances. In J. Gieseking, Soil Components, Springer-Verlag, New York.
27. Frund, R., Guggenberger, G., Haider, K., Knicker, H., Kogel-Knaber, I., Ludemann, H-D., Luster, J., Zech, W., and Spiteller, M. 1994. Recent advances in the spectroscopic characterization of soil humic substances and their ecological relevance. *Zusammenfassung Pflanzenernahr Bodenk.* 157: 175-186.
28. Ghosh, K. And Schnitzer, M. 1980. Macromolecular structures of humic substances. *Soil Science.* 29: 266-276.
29. Hatcher, P. G., Schnitzer, M., Dennis, L. W. , and Maciel, G. E. 1981. Aromaticity of humic substances in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 1089-1094.
30. Hill, A. T. 1977. *Hormonas Regulatoras del Crecimiento Vegetal.* Cuaderno de Biología. Editorial OMEGA.
31. Holtzclaw, K. M. , and Sposito, G. 1979. Analytical properties of the soluble, metal complexing fractions in sluge-soil mixtures: IV. Determination of carboxil groups in fulvic acid. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43: 318-323.
32. Hugh, B. J. 1991. Monitoring the first line of defense. In: *Yes, you can win the war on whitefiles.* Meister Publishing Company. Willoughby.
33. Khan, S. U., and Schnitzer, M. 1971. Sephadex gel filtration of fulvic acid: The identification of major components in two low molecular weigt fractions. *Soil Sci.* 112:231-238.
34. Kilbertus, L. 1991. *Microbiologie des Sols.* Apuntes de Clase. D. E. A. De Pedologie. INA-PG, Paris, France.

35. Kogel-Knaber, I., Hatcher, P.G., and Zech, W. 1990. Decomposition and humification in forest soils: implications from structural characterization of forest soil organic matter. *Trans. 14<sup>th</sup> Congress Soil Sci. Vol. V*, 218-223.
36. Kononova, M. M. 1972. Current problem of organic matter. *Organicheskoe Veschestvo Tselinnykh i Osvoennykh Pochv.*, Moscow, Russia.
37. Kononova, M. M., and Bel'chikova, N. P. *Sov. Soil Sci.* 1963. 1112-1121.
38. Krosshavn, M., Kögel-Knaber, I., Southon, T. E., and Steinnes, E. 1992. The influence of humus fractionation on the chemical composition of soil organic matter studied by solid-state <sup>13</sup>CNMR. *Journal of Soil Sci.* 43: 473-483.
39. Kumada, K. 1965.
40. Lira, S. R. H. *Fisiología Vegetal*. Editorial Trillas, UAAAN. México.
41. Loison y Niogret. 1990. L'Evolution de la Matière Organique dans le Sol.
42. Lowe, L. E. 1978. Carbohydrates in soils. In *Soil Organic Matter* (M. Schnitzer and S. U. Khan, eds.). Elsevier, Amsterdam.
43. Manunza, B., Deiana, S., Maddav, V., Gessa, C, and Seeber, R. 1995. Stability constants of metal-humate complexes: Titration data analyzed by bimodal Gaussian distribution. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 1570-1575.
44. Matallana, G. A., y Montero, c. J. I. 1993. *Invernaderos: diseño, construcción y ambientación*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
45. Muñoz, V. T. 1998. Respuesta productiva a la aplicación de reguladores de crecimiento en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot). UAAAN. Buenavista, Saltillo. Coahuila, México.

46. Navosha, Y. Y., Prokhorov, S. G., Strigutskiy, V. P., and Tomson, A.E. 1992. Interaction of humic substances with metal ions. *Pochvovedeniye*, N°1, 109-113. Soil Chemistry.
47. Neaver, R. J. 1976. *Reguladores de Crecimiento en las Plantas en la Agricultura*. Editorial TRILLAS, México.
48. Nuez, Rodriguez, F., Tello, R. A., Cuartero, J., y Segura, J. 1996. *El Cultivo del Tomate*. Editorial Aedos. S. A. Primera edición. Barcelona España.
49. Piccolo, A. 1988.
50. Piccolo, A., and Mbagwu, J. S. C. 1990. Effects of different organic waste amendements on soil microaggregates stability and molecular size of humic substances. *Plant and Soil*, 123: 27-37.
51. Piccolo, A., and Stevenson, F. J. 1982. Infrared spectra of  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ , and  $\text{Ca}^{2+}$  complexes of soil humic substances. *Geoderma*, 27: 195-208.
52. Preston, C. M., and Blackwell, B. A. 1985. Carbon-13 nuclear magnetic resonance for a humic acid and fulvic acid: Signal-to-noise optimization, quantitation, and spin-echo techniques. *Soil Sci.* 139: 88-96.
53. Preston, C. M., and Schnitzer, M. 1987. Carbon-13 NMR of humic substances: pH and solvent effects. *Journal of Soil Sci.* 38: 667-678.
54. Rojas, G. M. 1995. *Manual de Herbicidas y Fitorreguladores. Aplicados y Uso de Productos Agrícolas*. Editorial UTEHA. Tercera edición. México, D. F.
55. Rosa de la, I.M. 1997. *Apuntes de Clase de Fisiología Vegetal*. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
56. Salisbury, L. F. B., y Clean, w. R. 1991. *Fisiología Vegetal*. Utah State University y Colorado State Univrsity. Editorial Iberoamericana.

57. Schnitzer, M. 1978. Humic Substances: Chemistry and Reactions: in Soil Organic Matter (Ed.) Schnitzer y Khan. Soil Organic Matter. Elsevier, Amsterdam.
58. Schnitzer, M. 1986. Binding of humic substances by soil colloids. In Interactions of soil minerals with natural organics and microbes (P. M. Huang and M. Schnitzer, eds.) Spec. Publ. N° 17. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI.
59. Schnitzer, M. A life time perspective on the chemistry of soil organic matter. D. L. Sparks (Ed.) Advances in Agronomy, volume 98: 3-58 Academic Press.
60. Schnitzer, M. And Khan, S. U. 1972. Humic Substances in the Environment. Dekker, New York.
61. Schnitzer, M. And Khan, S. U. 1978. Soil Organic Matter. Elsevier, Amsterdam.
62. Schnitzer, M. And Schulten, H-R. 1995. Analysis of organic matter in soil extracts and whole soils by pyrolysis-mass spectrometry. (Ed.) D.L. Sparks. Advances in Agromomy, volume 55: 167-217. Academic Press.
63. Schnitzer, M., and Schulten, H. R. 1992. The analysis of soil organis matter by pyrolysis-field ionization mass spectrometry. Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 1811-1817.
64. Schnitzer, M., and Skinner, S. I. M. 1962. Organo-Metallic interactions in soil: 1. Reactions between a number of metal ions and the organic matter of a podzol Bh horizon. Can. J. Of Soil Sci. Oct. 22: 86-93.
65. Schnitzer, M., Kodama, H., and Schulten, H.R. 1994. Mineral effects on the pyrolysis-field ionization mass spectrometry of fulvic acid. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 1100-1107.

66. Schulten, H.-R., and Leinweber, P. 1995. Dithionite- Citrate- Bicarbonate- Extractable Organic Matter in Particle-Size Fractions of a Haplaquoll. *Soil Sci. Am. J.* 59: 1019-1029.
67. Schulten, H.-R., and Schnitzer, M. 1997. Chemical model structures for soil organic matter and soil. *Soil Sci.* 162: 115-130.
68. Senesi, N. 1994. Spectroscopic studies of metal ion-humic substance complexation in soil. 15<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Vol. 3<sup>a</sup>. Commission II. Acapulco, México.
69. Senn, T. L., and Godley, W. C. 2000. A review of humus and humic acids. Horticulture Department Research Series N° 165. The South Carolina Agricultural Experiment Station. Clemson University. Clemson, South Carolina.
70. Senn, T. L., and Kingman, A. R. 1973. A review of humus and humic acids. Research Series N° 145, S. C. Agricultural Experimental Station, Clemson, South Carolina.
71. Sorge, C., Schnitzer, M., Leinweber, P., and Schulten, H.-R. 1994. Molecular-chemical characterization of organic matter in whole soil and particle-size fractions of a Spodosol by pyrolysis-field ionization mass spectrometry. *Soil Sci.* 158: 189-203.
72. Sposito, G., Holtzclaw, K. M., and Bahan, J. 1976. Analytical properties of the soluble, metal-complexing fractions in sludge-soil mixtures: II. Comparative structural chemistry of fulvic acid. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 691-698.
73. Stevenson, F. J. 1982. *Humus Chemistry*. Wiley, New York.

74. Stevenson, F. L., and Schnitzer, M. 1981. Transmission electron microscopy of extracted fulvic and humic acids. *Soil Sci.* 133: 197-185.
75. Stevenson, I. L., and Schnitzer, M. 1982. Transmission electron microscopy of extracted fulvic and hmic acids. *Soil Sci.* 133: 179-185.
76. Studies on the color of humic acids. Part 1. On the concepts of humic substances and humification. *Soil Sci. Plant Nutrition* 11, 11-16.
77. Valadez, L. A. 1994. *Producción de Hortalizas*. Editorial LIMUSA., México, D. F.
78. Valadez, I. A. 1996. *Producción de Hortalizas*. Editorial LIMUSA.
79. Wilson, M. A., Heng, S., Goh, K. M., Pugmire, R. J., and Grant, D. M. 1983. Studies of litter and acid insoluble soil organic matter fractions using <sup>13</sup>C-cross polarization nuclear magnetic resonance spectroscopy with magic angle spinning. *Journal of Soil Sci.*, 34: 83-97.

