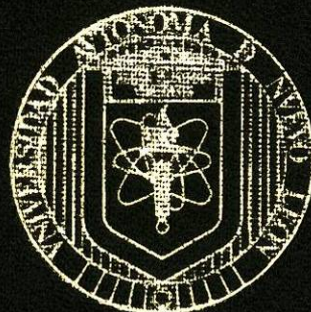


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



"EVALUACION DE DOS ANTITRANSPIRANTES  
QUIMICOS SOBRE LA PERDIDA DE AGUA EN  
PLANTAS DE TOMATE

(*Lycopersicon esculentum mill*)

PRIMAVERA-VERANO 1997 MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA:

RAUL VALERO LAZO

MARIN, N. L.

SEPTIEMBRE DE 1999

TL

SB349

.V36

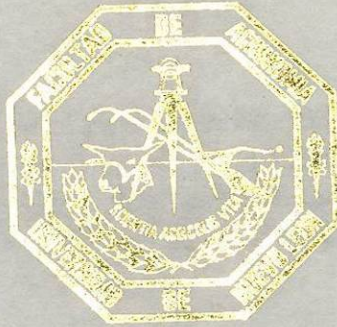
c.1



1080111096

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE DOS ANTITRANSPIRANTES  
QUIMICOS SOBRE LA PERDIDA DE AGUA EN  
PLANTAS DE TOMATE

(*Lycopersicon esculentum mill*)

PRIMAVERA-VERANO 1997 MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA:

RAUL VALERO LAZO



MARIN, N. L.

SEPTIEMBRE DE 1999

SB349  
.v36



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**T E S I S**

**“EVALUACION DE DOS ANTITRANSPIRANTES QUIMICOS SOBRE LA  
PERDIDA DE AGUA EN PLANTAS DE TOMATE  
(*Lycopersicon esculentum mill*)  
PRIMAVERA-VERANO 1997 MARIN, N. L.”**

**ELABORADA POR:**

**RAUL VALERO LAZO**

**ACEPTADA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA**

**COMITE SUPERVISOR DE TESIS**



**Ph. D. FRANCISCO ZAVALA GARCIA  
PRESIDENTE**

  
**LIC. MA. DE LA LUZ GONZALEZ LOPEZ  
SECRETARIO**  
**M.C. JOSE LUIS GUZMAN RODRIGUEZ  
VOCAL**

## **MENSAJE**

**Cosechar en el verano es de sabios; dormirse en la cosecha es de descarados (Proverbios 10.5).**

**La agricultura es la profesión propia del sabio, la más adecuada al sencillo y la ocupación más digna para todo hombre libre**

**Cicerón.**

**¿Por qué contentarnos con vivir a rastras, cuando sentimos el anhelo de volar?**

**Helen Keller.**

**Si te desanimas cuando estás en aprietos, no son muchas las fuerzas que tienes (Proverbios 24.24).**

## **DEDICATORIAS**

### **A DIOS**

Por estar siempre conmigo en el caminar de la vida, por guiar mis pasos y darme fuerza y fe.

Te doy gracias **Señor** por haberme permitido terminar mis estudios profesionales y sobre todo por darme una familia y un hogar.

### **A MIS PADRES**

**SR. RAMON VALERO REYES**  
**SRA. EMMA LAZO DE VALERO**

Por haber confiado siempre en mi, darme sus bendiciones, sus buenos consejos. su apoyo económico y moral.

Muchas Gracias.

### **A MIS HERMANOS:**

Juan Ramón, Marcelino, José, Edmundo Valdemar, Blanca Elena, Martha Elena, Héctor Alejandro, María del Rosario, María Isabel y Rogelio.

Con quienes he pasado tantos momentos agradables, gracias por darme su apoyo para seguir siempre hasta el final.

Especialmente a mi hermano Juan Ramón, que siempre me ha alentado a seguir adelante y nunca claudicar.

**Muchas gracias Juan**



## **AGRADECIMIENTOS**

### **A MIS ASESORES:**

#### **AL Ph.D. FRANCISCO ZAVALA GARCIA**

Por su amistad, su asesoría y motivación para la culminación de este trabajo de tesis, por todos los consejos que para mí siempre serán útiles.

“Gracias.”

#### **AL M.C. JOSE LUIS J. GUZMAN RODRIGUEZ**

Por su amistad y por su motivación que siempre me ha brindado, por su colaboración en la revisión de esta tesis.

“Gracias.”

#### **A LA LIC. MA. DE LA LUZ GONZALEZ LOPEZ**

Por todo su apoyo, sus buenos consejos, por la ayuda brindada en la interpretación de los resultados en el presente trabajo de tesis.

“Gracias”.

#### **A LA SRITA. ELISA RAMIREZ GARCIA**

Por su gran apoyo desinteresado en el escrito e impresión del presente trabajo.

Gracias, Elisa.

## **A MI ESCUELA**

A la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., que me permitió realizar mis estudios a nivel Licenciatura.

## **A MIS MAESTROS**

A ustedes que me brindaron su enseñanza para superarme día con día.

“Gracias.”

## **A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS**

Con quienes compartí los momentos difíciles y de alegría durante toda mi formación académica en especial mi agradecimiento al compañero Abel Hernández, por su gran ayuda en la toma de datos de este experimento.

“Gracias.”

## **A TODO EL PERSONAL DE LA BIBLIOTECA**

Que me dio todas las facilidades en cuanto a préstamo de libros se refiere.

“Gracias.”

## **A DON ARTURO, DOÑA TERE Y MALENA**

Gracias por su apoyo durante mi estancia en la F.A.U.A.N.L.

A todas aquellas personas que de alguna manera me ayudaron a culminar mis estudios de Licenciatura.

**¡Muchas Gracias!**

# INDICE

	<b>Página</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	<b>iv</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>vii</b>
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1. Descripción botánica .....	<b>4</b>
2.1.2. Importancia del tomate .....	<b>10</b>
2.2. Condiciones climáticas requeridas para el desarrollo del tomate .....	<b>13</b>
2.2.1. Factores ecológicos .....	<b>13</b>
2.2.1.1. Clima .....	<b>13</b>
2.2.1.2. Temperatura .....	<b>14</b>
2.2.1.3. Humedad .....	<b>16</b>
2.2.1.4. Luz .....	<b>17</b>
2.2.1.5. Viento .....	<b>18</b>
2.2.1.6. Suelos .....	<b>18</b>
2.3. El agua y el papel que desempeña en la planta .....	<b>19</b>
2.3.1. Importancia fisiológica del agua .....	<b>19</b>
2.3.2. Importancia ecológica del agua .....	<b>21</b>
2.4. Absorción del agua .....	<b>24</b>
2.5. Transpiración .....	<b>27</b>

2.5.1. Concepto.....	27
2.5.2. Importancia de la transpiración.....	31
2.5.3. Factores que influyen en la transpiración.....	34
2.5.3.1. Factores ambientales.....	34
2.5.3.2. Factores genéticos (Factores ligados a la misma planta).....	35
2.5.4. Reducción de la transpiración.....	37
2.6. Aspectos aplicados al metabolismo del agua.....	38
2.7. Antitranspirantes.....	40
2.7.1. Características del funcionamiento.....	41
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>45</b>
3.1. Ubicación del experimento.....	45
3.1.1. Clima de la región.....	45
3.2. Materiales.....	47
3.2.1. Material genético.....	47
3.2.2. Materiales químicos.....	48
3.2.3. Material de campo y laboratorio.....	48
3.3. Métodos.....	49
3.3.1. Tratamientos.....	49
3.4. Desarrollo del experimento.....	50
3.4.1. Variables a medir.....	51
3.4.1.1. Temperatura de la hoja.....	52
3.4.1.2. Resistencia estomatal.....	52
3.4.1.3. Transpiración.....	52

3.5. Diseño experimental.....	52
3.5.1. Análisis estadístico .....	54
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>54</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>62</b>

## INDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Valores nutritivos de una porción comestible de 100 gramos de tomates crudos y elaborados. Comparación de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua en plantas de tomate. Marín, N.L., 1997.....	9
Cuadro 2. Principales Estados de México productores de tomate en el ciclo Primavera-Verano de 1997. Comparación de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua en plantas de tomate Marín, N.L., 1997.....	12
Cuadro 3. Temperaturas críticas del cultivo del tomate. Comparación de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua en plantas de tomate. Marín, N.L., 1997 .....	16
Cuadro 4. Pérdida de agua por transpiración durante la estación de crecimiento de algunas especies vegetales. Comparación de dos anti-transpirantes sobre la pérdida de agua en plantas de tomate. Marín, N.L., 1997 .....	29
Cuadro 5. Datos climatológicos que se registraron durante el desarrollo del experimento. Comparación de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua en la planta de tomate. Marín, N. L., 1997.....	46
Cuadro 6. Antitranspirantes químicos utilizados durante la fase del desarrollo del experimento. Comparación de dos	

	antitranspirantes sobre la pérdida de agua en la planta de tomate. Marín, N. L., 1997. ....	50
Cuadro 7.	Cuadrados medios por muestreo para las variables analizadas durante el experimento. Comparación de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua en plantas de tomate. Marín, N.L., 1997. ....	54
Cuadro 8.	Tabulación de la comparación múltiple de medias de la variable: Resistencia estomatal del muestreo 4. Comparación de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua en plantas de tomate. Marín, N.L., 1997. ....	55
Cuadro 9.	Comparación de medias de la variable resistencia estomatal del muestreo 5. Comparación de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua en plantas de tomate. Marín, N.L., 1997. ....	56
Cuadro 10.	Resultados obtenidos de la comparación múltiple de medias de la variable resistencia estomatal del muestreo 1 y 2 para el factor dosis. Comparación de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua en plantas de tomate. Marín, N.L., 1997. ....	57
Cuadro 11.	Promedios correspondientes a la variable transpiración para los tratamientos del experimento. Comparación de dos antitranspirantes químicos sobre la pérdida de agua en plantas de tomate. Marín, N.L., 1997. ....	59

## INDICE DE FIGURAS

		<b>Página</b>
Figura 1.	Diagrama que muestra como son controladas la cantidad y calidad del crecimiento de la planta, por factores hereditarios y ambientales que operan mediante los procesos y condiciones internas de la planta, con referencia especial a los factores que afectan a la relaciones acuosas (tomado de Kramer, 1974).....	23
Figura 2.	Intensidades de transpiración y de absorción en gramos/planta en Pinus Toledo, Fresno, Girasol, y Opuntia durante un día de verano cálido y sin nubes. Fuente: Kramer (1974) .....	26
Figura 3.	A= Estoma abierto, B= Estoma cerrado. Obsérvese que la pared celular que rodea el poro estomático es mas gruesa que la que limita con las células vecinas, y que las células estomáticas contienen cloroplastos (tomados de Delvin, 1980).....	31
Figura 4.	Corte vertical de un fragmento de hoja de riupónico ( <i>Rheum officinate</i> ). A) parénquima en empalizada; b) parénquima lagunar; c) estomas que, en esta hoja. se encuentran en ambas caras; d) xilema de un pequeño haz de vasos, c) floema. Los cloroplastos se representan en negro macizo. Muy aumentado, (tomado de James. 1967).....	36



## RESUMEN

El tomate se ha convertido en una de las hortalizas más populares el mundo, reflejándose en un importante renglón de ingresos para el comercio de comestibles fresco y para la industria. En el Estado de Nuevo León, la demanda de tomate es muy superior a la que se produce, por lo que se requiere importarlo de otros estados, donde las condiciones climatológicas son más favorables para el desarrollo del cultivo.

En Nuevo León las condiciones climatológicas son extremosas, predomina el clima caliente y seco, las lluvias escasas y mal distribuidas, estos factores ocasionan pérdidas económicas, ya que se tiene que aumentar la demanda de humedad del cultivo, la cual en su mayoría se pierde por transpiración.

Conociendo la importancia del tomate, así como las condiciones climatológicas extremosas del Estado de Nuevo León, el presente trabajo experimental tiene la finalidad de: Evaluar el efecto de dos antitranspirantes químicos para tratar de reducir la pérdida de agua por transpiración en plantas de tomate.

La presente investigación se realizó durante el ciclo Primavera-Verano de 1997 en el campo Agrícola de la Facultad de Agronomía, ubicada en Marín, N.L., México. La investigación consistió en hacer aplicaciones foliares de dos antitranspirantes químicos (Sun-Shield y Van-Gard) en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en diferentes etapas de crecimiento.

Los objetivos de este trabajo experimental fueron:

- 1.- Determinar el efecto de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua por transpiración en plantas de tomate.
- 2.- Saber cual de las dosis aplicadas (Alta, Optima, y Baja) ha tenido mejor efecto anti-transpirativo.

El análisis estadístico se realizó siguiendo un arreglo factorial mixto. En total se utilizaron 56 macetas, siendo la parcela útil, una planta por unidad experimental.

Se utilizaron siete tratamientos con 4 repeticiones los cuales fueron:

- T<sub>0</sub> = Dosis Optima Sun-Shield (30 ml/2 L agua)
- T<sub>1</sub> = Dosis Alta Sun-Shield (45 ml/2 L de agua)
- T<sub>2</sub> = Dosis Baja Sun-Shield (15 ml/2 L de agua)
- T<sub>3</sub> = Dosis Optima Van-Gard (10 ml/1 L de agua)
- T<sub>4</sub> = Dosis Alta Van-Gard (15 ml/1 L de agua)
- T<sub>5</sub> = Dosis Baja Van-Gard (5 ml/1 L de agua)
- T<sub>6</sub> = Testigo (Sin aplicación del producto)

Las variables evaluadas durante el experimento fueron: Resistencia estomatal, temperatura de la hoja y transpiración.

El estadístico se realizó siguiendo un arreglo factorial mixto. Para el caso de la variable resistencia estomatal se encontró diferencia significativa ( $P < .05$ ) en los muestreos 4 y 5, para el efecto de interacción. (Dosis x Producto) por lo tanto se procedió a realizar una comparación múltiple de medias para ambos muestreos, utilizando el método de Dúncan. Se observó que para el caso del muestreo 4 los tratamientos (0, 1, y 3) no fueron estadísticamente diferentes con respecto al Testigo (Tratamiento 6). Sin embargo los tratamientos (0 y 5), mostraron una tendencia a mayor resistencia estomatal.

Para el muestreo 5, la comparación múltiple de medias mostró que el Testigo (Tratamiento 6), fue el que obtuvo la resistencia estomatal mas alta, y que los tratamientos 2, 0, 3, y 1, no son estadísticamente diferentes con respecto al Testigo. Además, se observó que al comparar con el muestreo 4, el tratamiento 0, se mantuvo entre los valores de mayor promedio, mientras que el tratamiento 5, exhibió los valores de menor promedio.

En lo referente a los efectos principales; de la variable resistencia estomatal, la dosis reportó diferencia significativa en los muestreos 1 y 2, por lo tanto se realizó una comparación múltiple de medias para ambos muestreos, de la cual se observó que en el muestreo 1, la Dosis

Alta fue estadísticamente diferente a las otras y además mostró la mayor resistencia estomatal promedio mientras que para el muestreo 2 se observó que tanto la Dosis Alta. como la Dosis Optima, obtuvieron resistencia estomatal estadísticamente iguales, con valores superiores de resistencia que en la Dosis Baja.

Por otra parte, los cuadrados medios de los análisis para la variable temperatura de la hoja, mostraron que no hubo diferencia significativa en el efecto de los factores de interacción (Dosis x Producto), ni el efecto de los factores principales (Dosis y producto), en ninguno de los seis muestreos.

De la misma manera se observó también que para la variable transpiración, tampoco se detectó diferencia significativa, entre las dosis, producto, ni en su interacción (Dosis x producto), en ninguno de los muestreos realizados.

**Por lo tanto, del presente trabajo se obtuvieron las siguientes conclusiones:**

- 1) Para las variables, transpiración y temperatura de la hoja no hubo diferencia significativa entre los efectos medios de los tratamientos.
- 2) De las dosis estudiadas (Dosis Alta, Dosis Optima y Dosis Baja) se concluye que la Dosis Alta, fue estadísticamente diferente ( $P < .05$ ) de la Dosis Baja, para los muestreos 1 y 2 en la variable resistencia estomatal.

**Se llegó a las siguientes recomendaciones:**

- 1) Realizar trabajos experimentales similares al presente para tratar de encontrar opciones que permitan incrementar la producción agrícola, considerando la variable rendimiento y relacionándola con las variables fisiológicas, principalmente transpiración y resistencia estomatal.
- 2) Probar otros antitranspirantes y/o estos mismos aplicando dosis mas altas a las aplicadas en este experimento, además, aumentar el tamaño de la parcela, así como el número de muestreos para tratar de mejorar la precisión de las variables cuantificadas.

## I. INTRODUCCION

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) se ha convertido en una de las hortalizas más populares en el mundo, reflejándose en un importante renglón de ingresos para el comercio de comestibles fresco y para la industrial.

En México el tomate esta considerado como la segunda especie hortícola más importante por la superficie sembrada que ocupa (35,846 Ha en 25 Estados del país) y como la primera por su valor en producción, ya que se estima producir 866,702 Ton, con un rendimiento promedio nacional estimado de 24.1 Ton/Ha (Armendáriz, 1997).

En el Estado de Nuevo León, la demanda de tomate es muy superior a la cantidad que se produce, por lo que se requiere importarlo de otros estados como Sinaloa, Guanajuato, Chihuahua, Puebla, Sonora, Baja California Sur, Michoacán, San Luis Potosí y Zacatecas, donde las condiciones climáticas son más favorables para el desarrollo del cultivo, implicando con esto un mayor costo por concepto de transporte. (Anuarios Estadísticos de la SAGAR, Citados por, González y Calleja, 1998).

El Estado de Nuevo León presenta condiciones climatológicas extremas, la mayor parte del año es muy caliente, sobre todo en las planicies ya que en las regiones montañosas la altura atenúa las altas temperaturas. En general predomina el clima caliente y seco. También presenta lluvias escasas y mal distribuidas, estos factores ocasionan pérdidas económicas ya que se tiene que aumentar el número de riegos para satisfacer la demanda de humedad del cultivo, la cual en su mayoría se pierde por transpiración (Benavides *et al.*, 1996).

Crofts *et al.* (1971) mencionaron que se han registrado casos en los que el 95% del agua perdida a partir del mesofilo de una hoja, es eliminada por las estomas y que una de las maneras para reducir la transpiración es la aplicación de antitranspirantes químicos; ya que estos reducen la transpiración y hacen que las plantas presenten una mejor eficiencia en el uso del agua.

## **OBJETIVOS**

- 1.-Determinar el efecto de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua por transpiración en plantas de tomate.
- 2.-Saber cuál de las dosis aplicadas (Dosis Alta, Dosis Optima y Dosis Baja) ha tenido mejor efecto antitranspirativo.

## **HIPOTESIS**

La aplicación de ciertos productos químicos, como los antitranspirantes, ayudan a reducir la pérdida de agua por transpiración en plantas de tomate.

## II.- REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Historia y origen del tomate

El tomate es una planta originaria de América del Sur, cuyo centro de origen se encuentra localizado en la región de los Andes, donde existe la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres. Su nombre se deriva de la lengua Náhuatl que los conocía como "tomatl" (Juscáfresa, 1969).

México está considerado como el centro más importante en la domesticación del tomate. debido a que sus frutos eran bien conocidos y utilizados en la alimentación indígena, desde antes de la llegada de los españoles a América. Posteriormente fue introducido a Europa por los conquistadores, siendo utilizado en un principio como planta ornamental, se consideró fruto comestible hasta el siglo XVIII por repugnar a ciertos paladares de la época y por superstición. Actualmente, se considera en la mayoría de los países como una de las especies hortícolas que ofrece mayores rendimientos económicos, dada su extraordinaria demanda (Según Ibarra y Rodríguez, 1983).

Algunos autores consideran que *Lycopersicon esculentum* var. *Cerasiforme* es el posible ancestro del jitomate cultivado. Este estuvo confinado originalmente a un área entre Perú y Ecuador y se piensa que de aquí fue dispersado a través de todas las áreas tropicales de América. con o sin la participación del hombre. El tiempo, el lugar y otros aspectos de su domesticación no son conocidos con certeza. aunque los estudios indican que México es

donde ocurrió la domesticación. Los Aztecas lo cultivaban y lo usaban en salsas y en diferentes guisos; le llamaban “Xictómatl” que significa “tomate con ombligo”. Anteriormente se consideraba que el jitomate era venenoso, lo cual limitaba su consumo. Actualmente se sabe que la planta contiene un alcaloide, la tomatina, el cual se encuentra en mayores concentraciones en el follaje y en el fruto verde, pero es degradado a compuestos no tóxicos cuando el fruto madura. Después de la conquista los españoles llevaron la planta a Europa y de ahí fue distribuida a través de todo el mundo, incluyendo los Estados Unidos, a donde llegó en el siglo XVIII (INIA, 1982).

### 2.1.1. Descripción botánica.

El tomate es una planta perteneciente a la familia Solanaceae. El nombre científico más comúnmente aceptado es el dado por Miller en 1940: *Lycopersicon esculentum mill.* Aunque después de 1970, Kartsen la consideró como *Lycopersicon Lycopersicon*. Pero la mas usada en la actualidad es la que publicó Miller en 1940 (Huerres, 1985).

El cultivo del tomate presenta la siguiente clasificación taxonómica (Serrano, 1978):

- Reino	Vegetal
- División	Tracheophyta
- Subdivisión	Pteropsidae
- Clase	Angiospermae
- Subclase	Dicotyledonae

- Orden	Personatae
- Suborden	Solaníneas
- Familia	Solanaceae
-Subfamilia	Soláneas
- Género	Lycopersicon
- Especie	esculentum

En base a Folquer, se describen las siguientes características (Serrano, 1996):

**Tallo.-** Tiene un crecimiento monopodial hasta la primer inflorescencia. El eje primario termina en la primera inflorescencia, la cual es desplazada lateralmente por el brote correspondiente a la yema axial de la hoja siguiente, que viene a ocupar la dirección de dicho eje; repitiéndose en cada inflorescencia. Este tipo de ramificación es simpódica. Su altura es de 1.5 m en cultivares de crecimiento determinado y de 2.5 m en cultivares de crecimiento indeterminado; el cuello del tallo tiene la propiedad de emitir raíces cuando se pone en contacto con la tierra o con la arena, característica muy importante ya que se aprovecha en las operaciones culturales de repicado, aporcado y en el rehundido de los cultivos enarenados e hidropónicos; los tallos que brotan en la parte interior del cuello de la guía principal suelen ser chupones que florecen poco; por lo tanto deben ser eliminados.

Los tallos son cilíndricos y erguidos en plantas jóvenes: pero se puede llegar a retorcer a causa del peso. En plantas maduras son tallos angulosos, provistos de pelos con glándulas capitadas y tricomas grandes y agudos que desprenden un líquido con olor característico, los cuales alcanzan una altura de 0.40 a 2.5 m.



El tallo del tomate es inicialmente erecto, pero al crecer, y debido a su poca consistencia, queda rastrero, siendo necesario entutorarlo; en cada axila de las hojas del tallo principal suele brotar un tallo hijo; a su vez, en las axilas de las hojas de estos tallos hijos brotan otros tallos nietos y así sucesivamente hasta que se detiene el desarrollo vegetativo. En invernadero es necesario controlar estas ramificaciones mediante la poda. En otro grupo de variedades, el racimo ya determinado en la última hoja desarrolla un brote en el que prosigue el crecimiento del tallo principal, a éstas variedades se les llama de tipo indeterminado y son de porte alto, inflorescencias más espaciadas y más tardías.

Hay variedades en las cuales el tallo principal y sus ramificaciones terminan en racimo. El crecimiento vertical de la planta es restringido y por eso se les llaman variedades de hábito determinado, son más precoces y de porte bajo.

**Hoja.-** Las dos primeras hojas son simples y después aparecen las compuestas hasta llegar a las típicas compuestas de los foliolos. Las hojas presentan glándulas aromáticas y un arreglo espiral, son imparipinnadas, de 15 a 30 cm de largo y de 10 a 25 cm de ancho; los pecíolos miden de 3 a 6 cm de largo y con 7 a 9 foliolos principales, opuesto y /o alternos, ovados a oblongos, de 5 a 10 cm de largo, irregularmente dentados y algunas veces pinnatificados en la base; hay un número variable de pequeñas pinnas entre los foliolos más grandes.

**Raíz.-** La raíz principal, en las plantas procedentes de trasplante, es corta y débil; en cambio, el sistema radicular secundario es muy ramificado y potente. Cuando se protege el suelo con alguno de los sistemas utilizados (acolchado, empajado, enarenado), el sistema radicular se extiende superficialmente en forma de retícula. En plantas de siembra directa, es pivotante con raíces secundarias y terciarias; cuando se siembra directa la raíz puede alcanzar hasta 60 cm de profundidad; el sistema de raíces es fibroso y profundo pudiendo llegar hasta 1.8 m de profundidad. En el desarrollo de la raíz principal se producen ramificaciones y raíces adventicias en porciones del tallo que está en contacto con el suelo o sustrato húmedo y suelto, lo que forma un sistema radicular muy extenso.

**Flor.-** Las flores son hermafroditas, hipogneas, regulares, de aproximadamente 2 cm de diámetro; los pedicelos miden de 1 a 2 cm; el tubo del cáliz es muy corto y generalmente, con seis lóbulos angosto y agudos, de 1 cm de largo, con vellos con o sin glándulas, los sépalos son persistentes; la corola es rotada, con seis pétalos de aproximadamente 1 cm de largo, de color amarillo, de forma estrellada, sin vellos glandulares; con seis estambres insertos sobre el corto tubo de la corola; los filamentos son cortos, la anteras miden 5 mm de largo, son de color amarillo brillante, conniventes alrededor del estilo; el pistilo tiene varios lóculos, generalmente de cinco a nueve, con una placenta carnosa central; el estilo ejerce presión sobre las anteras circundantes y puede o no ser excerto.

Se reúnen en racimos o inflorescencias llamados corimbos; cada racimo esta

formado por un número que varía entre seis y quince flores, según las diferentes variedades. El tiempo que transcurre, en una misma inflorescencia, desde que cuaja la primera flor hasta que lo hace la última es de tres a seis días. Desde la fecundación de la flor hasta que madura el fruto suelen pasar de 30 a 40 días, según las temperaturas medias y las variedades: cuando se fuerza el cuaje de la flor con hormona, se acorta este espacio de tiempo. El primer racimo de flores, en la mayoría de las variedades, suele aparecer después del nacimiento de la quinta hoja, contada a partir de los cotiledones; después de este primer racimo siguen dos hojas y a continuación aparece un nuevo racimo de flores; el resto de flores y hojas sigue la misma cadencia, dos hojas y un racimo de flores.

En un estudio realizado por Ahterton (citado por González, 1983), reportó que la ramificación de las inflorescencias se vio promovida cuando se expuso a las plantas a bajas temperaturas (15.6°C de día y 4.4°C de noche) incrementándose el número de flores en las primeras tres inflorescencias, comparado con tratamientos isotérmicos de 15°C continuamente.

Went (citado por Folquer, 1976), observó que al colocar plántulas de tomate con los cotiledones en expansión durante tres semanas a 10°C produjeron la primera inflorescencia en el octavo nudo en lugar del catorceavo.

Las flores del tomate son autofecundables en un 95%, la polinización se debe principalmente a que algunas variedades presentan el estilo más largo que los estambres (Folquer, 1979).

**Fruto.-** Es una baya formada por la piel (cutícula, epidermis e hipodermis), pericarpio, paredes radiales, corazón carnosos, lóculos (2 o más), placenta y semillas.

El color del fruto inmaduro es verde uniforme ó con “hombros verdes” y maduro es rojo, rosa y amarillo. Los pigmentos que dominan son licopeno (rojo) y betacaroteno (amarillo). Por su forma, los frutos pueden ser esféricos, aplanados, guajitos, aperados y medio globo (tipo saladette). Su uso puede ser fresco (en ensalada, salsas, guisos, etc.) y para la industria (jugos, pastas, salsas, etc.) (Villarreal, 1982).

En el Cuadro 1 se muestran los valores nutritivos de 100 g. de tomate crudo, así como elaborado.

**Cuadro 1. Valores nutritivos de una porción comestible de 100 gramos de tomates crudos y elaborados. Comparación de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua en plantas de tomate. Marín, N.L., 1997.**

Nutrimiento	Crudo	Enlatado*	Sopa	Jugo
Agua (%)	94	94	69	94
Calorías	19	21	106	19
Proteína (g)	0.7	0.8	1.8	0.8
Grasa (g)	trazas	trazas	0.4	Trazas
Hidratos de carbono (g)	4	4	25	4
Calcio (mg)	12	6**	22	7
Fósforo (mg)	24	19	50	18
Fierro (mg)	0.4	0.5	0.8	0.9
Potasio (mg)	222	217	363	227
Vitamina A (U.I)	822	900	1.399	798
Tiamina (mg)	0.05	0.05	0.09	0.05
Riboflavina (mg)	0.04	0.03	0.07	0.03
Niacina (mg)	0.7	0.7	1.6	0.8
Acido ascórbico (mg)	21	17	15	16

(\*) Sólidos y líquidos

(\*\*) Producto al que no se ha agregado sales de calcio

Fuente: USDA Home and Garden Bulletin. No. 72. (Citado por, Villarreal, 1982).

El fruto es también carnoso, pubescente cuando es joven pero glabra y brillante cuando madura. generalmente globoso o deprimida en cada extremo, se considera que el fruto de tomate está maduro. fisiológicamente, cuando por el ápice comienza a tomar brillo y color alimonado.

El fruto que se corta en estado de madurez fisiológica tarda en ponerse rojo, o en situación de madurez comercial, de cuatro a siete días, según las temperaturas ambientales. Si se emplean fitohormonas, este proceso se acorta sensiblemente.

**Semillas.-** Las semillas de tomate tienen forma oval. aplastadas lateralmente; sin embargo, su forma puede variar, ya que su longitud oscila de 3 a 5 mm y su anchura de 2 a 4 mm, son de color amarillo grisáceo, recubierta de pelos grises y escamas, que son los residuos de la piel o tegumento más externo que la revestía. En un gramo de semilla se encuentra aproximadamente de 300 a 350 semillas y su capacidad de germinación se mantiene de cinco a seis años. (Tamaro, 1981).

### **2.1.2. Importancia del tomate.**

La producción y la comercialización de hortalizas son actividades sumamente competitivas, que requieren de una gran visión empresarial y de un esfuerzo continuo para poder dominar todos los aspectos que se relacionan con el complejo mercado de los perecederos. En casi todos los medios comerciales, se reconoce el alto valor y la rentabilidad

de estos productos. Por ejemplo, en los reportes anuales de 1995, del Servicio Nacional de Información de Mercados, se observó un incremento anual del 7% en promedio entre un total de 28 productos hortícolas, que incluyen los de hojas, tallos, legumbres, frutos, bulbos y tubérculos. Consultando las estadísticas, se puede observar que hay productos que en una sola temporada, pueden triplicar sus precios, como ha sucedido en diferentes años, con el tomate, el tomate verde, el chile, la calabacita y el chícharo (Bringas, 1996).

Las principales hortalizas que se cultivan en México son las mismas que tienen importancia a nivel mundial. De los doce productos hortícolas principales de tomate se cosechan 1.41 millones de toneladas, de papa 1.21 millones de toneladas, de chile 0.87 millones de toneladas, de cebolla 0.67 millones de toneladas, de melón 0.49 millones de toneladas. Esos productos, por sí solos representan más de 60% de la producción hortícola total (INEGI, 1997).

En el Cuadro 2 se muestran los principales Estados productores de tomate en el ciclo Primavera-Verano de 1997. (Armendáriz, 1997).

**Cuadro 2. Principales Estados de México productores de tomate en el ciclo Primavera-Verano de 1997. Comparación de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua en plantas de tomate Marín, N.L., 1997.**

Entidad Delegación	Superficie (Ha)			Cosechada
	Sembrada	Siniestrada	Cosechada	
Aguascalientes	250			
Baja California	8.417	8.130		41
Baja California Sur	605	634		547
Campeche				
Chiapas	740			
Chihuahua	435	527		
Coahuila	4	744	8	413
Colima				
Distrito Federal				
Durango	137	5		
Guanajuato	735	225		58
Guerrero	402	381		
Hidalgo	858	336	6	
Jalisco	1.667	1.379	11	
México	2.275	1.713		
Michoacán	4.515	3.630		64
Morelos	4.733	3.881		9
Nayarit	220	55		
Nuevo León				
Oaxaca	662	469		
Puebla	2.275	1.971	263	920
Querétaro	10	43		
Quintana Roo				
Región Lagunera	1.829	1.143	2	784
San Luis Potosí	7.869	7.318	1.186	2.796
Sinaloa		197		
Sonora	282	1.238		1.167
Tabasco				
Tamaulipas	892	199		
Tlaxcala				
Veracruz	490	695	1	61
Yucatán				
Zacatecas	415	678	4	45
<b>Total</b>	<b>40,765</b>	<b>35,846</b>	<b>1,488</b>	<b>6,932</b>

Fuente: Delegaciones de la SAGAR en los Estados.

En Nuevo León, la superficie sembrada fluctúa entre las 100 y 250 Ha. Los principales Municipios productores son: Cadereyta, Gral. Terán y Linares.

El tomate contribuyó con el 22% de las divisas generadas por todo el sector agropecuario en 1991, superando en casi un 60% a las divisas generadas por las exportaciones de ganado y un 37% a las de café y porcentajes mayores al resto de los cultivos de exportación. Lo anterior del tomate hace que sea el cultivo más importante en este aspecto en nuestro país (INEGI, 1992).

## **2.2. Condiciones climáticas requeridas para el desarrollo del tomate.**

### **2.2.1. Factores ecológicos.**

Los principales factores que determinan los lugares y cantidades de producción son: el clima, el suelo, la ocupación legal del terreno, facilidades de mercadotecnia, el transporte y las políticas de gobierno (Anónimo, 1968).

#### **2.2.1.1. Clima.**

La planta de tomate se adapta bien a climas cálidos soleados. El cultivo al aire libre, como usualmente lo encontramos, se debe tener un período libre de heladas de aproximadamente 110 días, ya que esta planta es muy sensible a ellas. Durante la estación fría la temperatura no debe de descender de 9 a 10°C (Juscafresca 1969).

Bajo un calor extremo, el cultivo de tomate no dará frutos. En climas húmedos con



temperaturas altas y una humedad relativa superior al 75% es poco apropiada, debido a que favorece el ataque de enfermedades fungosas. por tal motivo se recomienda cultivar el tomate en zonas áridas y semiáridas pero con irrigación (Anónimo, 1981).

### 2.2.1.2. Temperatura

La magnitud de los daños causados por las heladas depende de la intensidad del frío, su duración y la rapidez con que se produce el congelamiento y descongelamiento de los tejidos (Folquer, 1979).

El rango de temperatura del suelo debe ser de 12 a 16°C y la temperatura ambiente para su desarrollo de 21 a 24°C siendo la óptima de 22°C; a temperaturas menos de 15°C y mayores de 34°C puede detenerse su crecimiento. Cuando se presentan temperaturas mayores de 39°C durante 5 a 10 días antes de la antesis hay poco amarre de fruto debido a que se destruye el polen. El amarre del fruto también es bajo cuando las temperaturas nocturnas son altas (25 - 27°C) antes y después de la antesis, a temperaturas menores de 10°C hay aborto de flores (Banliev, 1969).

Las altas temperaturas provocan la caída de las flores, afectan el color, la forma del fruto y el crecimiento exuberante. las bajas temperaturas retardan la floración y provocan una difícil fecundación de las flores (Folquer, 1979).

La floración y la polinización se producen en condiciones óptimas si las temperaturas

no bajan de los 12°C y las máximas no sobrepasen los 25°C (Serrano, 1978).

Para conseguir un desarrollo óptimo, el tomate necesita una determinada alternancia de temperaturas, siendo de especial interés el valor alcanzado por las temperaturas nocturnas, sobretodo durante la fructificación (Mortensen y Bullard, 1976).

Cuando las temperaturas son menores de 0°C. la planta de tomate tiene grave peligro de helarse; con 2°C ó 3°C bajo cero, durante más de un par de horas, la planta se hiela y no se recupera. En este proceso influye bastante el estado vegetativo de la planta y la humedad del ambiente (Serrano, 1978).

Tamaro (1981) mencionó que las líneas de tomate tolerantes al frío tienen altas concentraciones de ácidos insaturados, así como el total de ácidos grasos en el estado maduro.

En el Cuadro 3 se mencionan las temperaturas críticas para el crecimiento de la planta de tomate.

**Cuadro. 3. Temperaturas críticas del cultivo del tomate. Comparación de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua en plantas de tomate. Marín, N.L., 1997.**

Concepto		°C
Se hieía la planta		-2
Se detiene el desarrollo		10-12
No se desarrolla bien la planta		15-18
Mayor de desarrollo de la planta		24-29
Desarrollo normal (media mensual)		22
No prospera bien		>27
Germinación	Mínima	10
Germinación	Optima	20-30
Germinación	Máxima	35
Nacencia		18
Primeras hojas		12
Desarrollo	Día	18-26
Desarrollo	Noche	13-16
Cuaje	Día	23-16
Cuaje	Noche	15-18
Maduración del fruto	Rojo	15-24
Maduración del fruto	Amarillo	30
Maduración del fruto	Mínima	12
Maduración del fruto	Optima	20-24
Maduración del fruto	Máxima	24
Floración		12-25

Fuente: (Villarreal, 1982).

### 2.2.1.3. Humedad

El tomate necesita buen abastecimiento de agua durante el ciclo del cultivo sin llegar al exceso. debe tener una buena retención de agua. tanto el agua de riego como el suelo deben de presentar baja salinidad (Anónimo, 1981).

#### **2.2.1.4. Luz**

El fotoperíodo tiene gran importancia para el desarrollo vegetativo de la planta. El mejor fotoperíodo es de 12 horas luz: si es menor, el desarrollo es lento y si es mayor la síntesis de la proteína que dificultan los hidratos de carbono se acumulan en exceso (Edmond *et al.*, 1981).

La luz influye en la mayoría de los procesos fisiológicos vitales, cualitativos y cuantitativos sobre la calidad y rendimiento económico de los cultivos y del tomate en particular. Esto se dá por tres factores:

- Cantidad o intensidad de la luz.
- Duracion de los períodos luminosos en relación a la noche (fotoperíodos).
- Calidad de la luz.

La tasa fotosintética está relacionada con la intensidad de la radiación. En condiciones de baja intensidad luminosa no hay acumulación de materia seca por parte de la planta ya que no hay equilibrio entre los sintetizado y lo consumido (los carbohidratos sintetizados apenas alcanzan para la respiración y sobrevivencia de las plantas). Aquí la planta está en punto de compensación (Garza Citado por Serrano, 1996).

#### **2.2.1.5. Viento**

El viento presenta aspectos positivos y negativos. Cuando fluye con moderada intensidad, ayuda a fortalecer las fibras leñosas dando resistencia a tallos y ramas: es también un vehículo de sustancias minerales que sirve de nutrientes. Por el contrario si la intensidad del viento es muy fuerte, causa fracturas en tallos y ramas y en ocasiones desprendimiento de ramas y frutos. Puede resultar dañino en algunas regiones; se puede evitar este efecto negativo con cortinas rompevientos, los cuales se eligen de acuerdo a la zona donde se cultive (Anónimo, 1981).

#### **2.2.1.6. Suelos**

Puede prosperar en diferentes tipos de suelo; sin embargo, las tierras ricas y sueltas dan mayores cosechas, deben presentar un buen drenaje y ser de preferencia ligeramente ácidos (pH=5.5 a 6.8). Se desarrolla bien bajo diferentes condiciones del suelo, prefiriendo los francos arcillosos y francos, ricos en materia orgánica, si el pH se encuentra por debajo de 5.5 será necesario el encalado del suelo por lo menos dos meses antes de siembra o transplantes (Serrano, 1978).

## **2.3. El agua y el papel que desempeña en la planta**

### **2.3.1. Importancia fisiológica del agua**

En la fisiología vegetal, el agua es de suma importancia en muchos aspectos, ya que como principal solvente universal, disuelve todos los minerales contenidos en el suelo. Además constituye el medio por el cual los solutos entran en la planta y fluyen por los tejidos al permitir la solución y la ionización dentro de la planta, aumenta considerablemente la reactividad química tanto de los compuestos sencillos como de los elaborados. Asimismo, constituye el material de sustrato en la fotosíntesis y es esencial para el mantenimiento de la turgencia, sin la cual las células no podrían funcionar activamente. También es realmente necesaria para la simple existencia pasiva del protoplasma, ya que muy pocos tejidos pueden sobrevivir si su contenido de agua se reduce a un 10%. El hecho de que el agua puede absorber en gran medida el calor de los alrededores cálidos y que casi no hay cambio en la temperatura, tiende a atenuar a fase de cambios de temperatura en el protoplasma y, por lo tanto, hace que las condiciones de temperatura que afectan la tasa de reacciones bioquímicas sean uniformes (Sivori *et al.*, 1980).

Existe un flujo continuo del agua en el suelo con la planta y todo el sistema está en constante movimiento ascendente, ya que el brote pierde continuamente agua hacia la atmósfera. Casi toda esta agua en movimiento ascendente en la planta se pierde en la transpiración y solo alrededor del 0.1 al 0.3% de ella la retienen los compuestos químicos. Desde el punto de vista ecológico, el curso ascendente del agua a través de la planta es de

importancia relativamente menor; sin embargo, la absorción y la pérdida de agua constituyen un factor de gran interés. ya que estos procesos depende en gran parte del medio ambiente (Daubenmire. 1988).

Según Rojas (1972), Kramer (1974), Medina (1977) y Sivori *et al.* (1980), la importancia del agua en la planta puede resumirse de acuerdo a sus funciones mas importantes en los siguientes aspectos:

- a) Elemento esencial del protoplasma. El agua es importante tanto cualitativamente como cuantitativamente y que constituye del 80-90% del peso fresco de la mayoría de las partes de plantas herbáceas y mas del 50% del peso fresco de las plantas leñosas.
- b) Disolvente. La segunda función esencial del agua en las plantas es la de disolvente. Disuelve el azúcar formado de hojas y lo lleva a lugares donde lo gasta o lo almacena.
- c) Reactivo. El agua es el reactivo de muchos procesos importantes incluyendo la fotosíntesis y procesos hidrolíticos del almidón en azúcar.
- d) Mantenimiento de la turgencia. Otro papel esencial del agua es el de conservar la turgencia, tan esencial para el ensanchamiento y para el mantenimiento y forma de las plantas herbáceas. La turgencia es también importante para la abertura de los estomas y los movimientos de las hojas. La cantidad de agua insuficiente para conservar la turgencia tiene por resultado una reducción en el crecimiento vegetativo. Además, el agua realiza una variedad de funciones adicionales en las plantas, por ejemplo. constituye un medio para el movimiento de sustancias disueltas en el xilema y floema. Es el medio en que se efectúa la fecundación y participa de diversos métodos

en la diseminación de esporas, frutos y semillas. En plantas sumergidas o parcialmente sumergidas, el agua externa contribuye al soporte debido a la flotación del tallo y las hojas (Sutcliffe, 1979).

La importancia máxima corresponde al agua en su estado líquido. Las precipitaciones atmosféricas son la fuente más importante de agua dulce, no solamente en su totalidad sino también en lo que respecta a la frecuencia y distribución de las lluvias con relación a las diversas fases de desarrollo vegetativo. En la agricultura, las lluvias persistentes tienen más utilidad que las torrenciales o de tormenta, gran parte de las cuales se pierden por escurrimientos superficiales (Aguilera y Martínez, 1990).

### **2.3.2. Importancia ecológica del agua**

Kramer (1974) señaló que la distribución de la vegetación en la superficie de la tierra está más controlada por la disponibilidad de agua que por cualquier otro factor aislado, ya que en las regiones donde las lluvias se distribuyen con bastante uniformidad durante el período de crecimiento, tiene vegetación abundante (como en los trópicos) y donde las sequías veraniegas son frecuentes y graves, las selvas desaparecen (como en las estepas asiáticas y las praderas del Norte América). Un descenso más en la cantidad de agua de lluvia tiene por resultado un terreno semidesértico con vegetación dispersa y finalmente, el desierto.

Kramer (1974) indicó que la importancia ecológica del agua se debe a su importancia fisiológica. El único medio por el cual un factor ambiental tan como el agua puede afectar a



los procesos fisiológicos y condiciones tiernas de las plantas.

En la Figura 1, se muestra el control sobre la cantidad y calidad del crecimiento de la planta por factores hereditarios y ambientales que operan mediante los procesos y condiciones internas de la planta, con referencia especial a los factores que afectan las relaciones acuosas (Kramer, 1974).

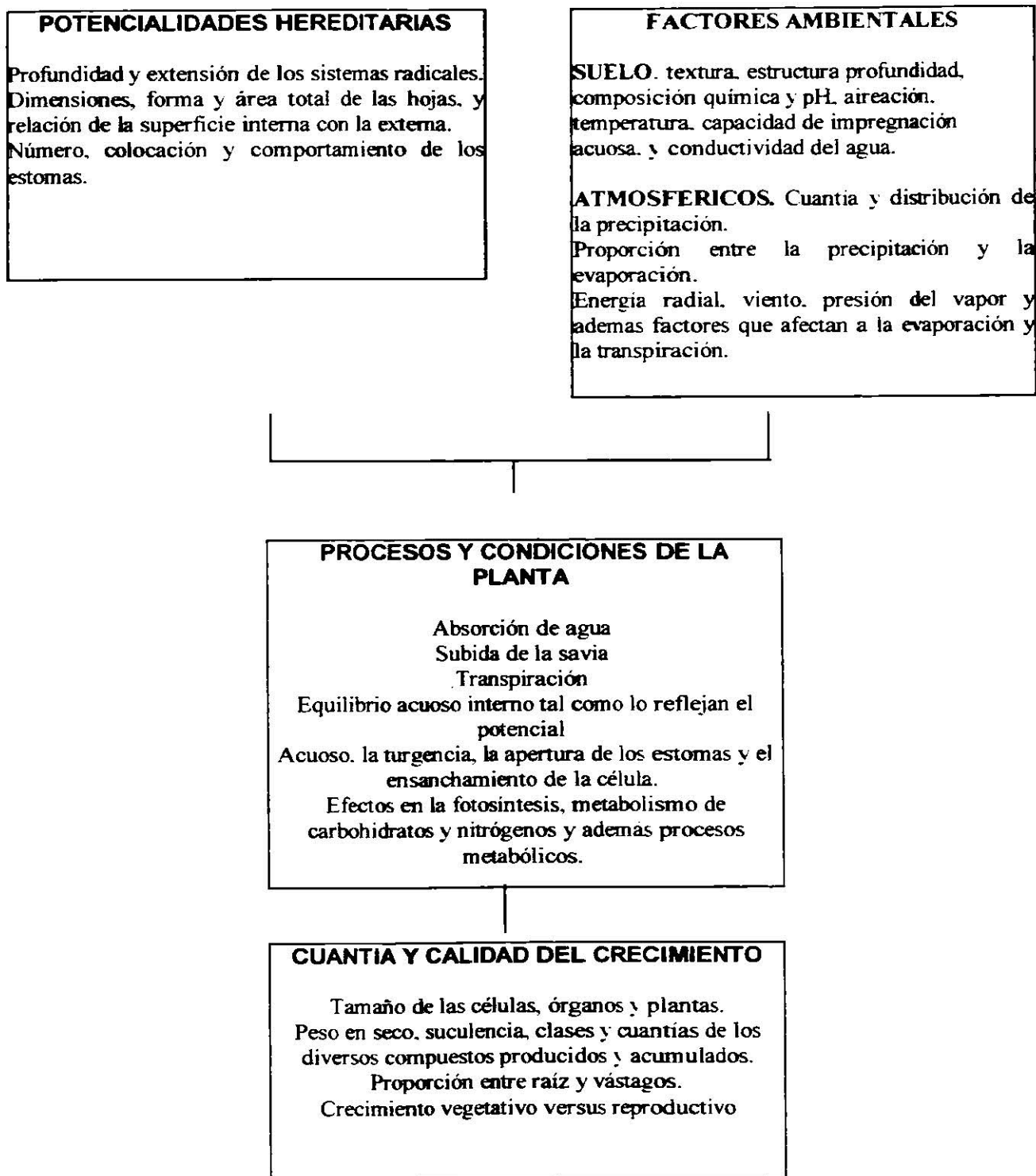


Figura 1.- Diagrama que muestra como son controladas la cantidad y calidad del crecimiento de la planta, por factores hereditarios y ambientales que operan mediante los procesos y condiciones internas de la planta, con referencia especial a los factores que afectan a la relaciones acuosas (tomado de Kramer, 1974).

## 2.4. Absorción del agua

La absorción de agua tiene lugar a través de la raíz, obedeciendo a mecanismos pasivos: difusión y flujo masal. Aunque el agua también puede penetrar a la planta por las hojas en forma líquida (niebla, rocío, o pulverizaciones), pero la mayor parte del agua es estomada del suelo a través de los tejidos radicales jóvenes, en particular los pelos radicales. (Sivori *et al.*, 1980).

Desde las raíces, el agua se dirige a las hojas por el xilema. La teoría más ampliamente aceptada sobre el movimiento del agua a través del xilema es la teoría de la cohesión-tensión. De acuerdo con esta teoría, el agua contenida en los vasos está bajo presión negativa porque las moléculas del agua se eslabonan en columnas continuas que son tiradas desde arriba por la evaporación.

El hecho de que el agua tenga suficiente fuerza tensora para soportar grandes presiones negativas se considera como una prueba para esta teoría. Otras pruebas a favor son las observaciones de que el agua, en el xilema, se halla bajo presión negativa, de que el movimiento del agua empieza en las ramas y de los troncos de los árboles se contraen ligeramente cuando comienza el movimiento del agua (Bidwell, 1983).

El agua puede entrar a las plantas a través de las hojas, los tallos, las raíces o las estructuras reproductoras (semilla), pero la mayor parte del agua absorbida por las plantas terrestres penetran por la raíz. En particular, los pelos absorbentes suministran una superficie

total de absorción muy grande en estrecho contacto con las partículas del suelo.

Se ha encontrado que una sola planta de centeno tiene sobre 14,000 millones de pelos absorbentes con una superficie total de 370 m<sup>2</sup> y la superficie de absorción del resto del sistema fue totalmente de 5 m<sup>2</sup> (Aguilera y Martínez, 1990).

En las raíces funcionan dos mecanismos de absorción de agua. En la absorción activa, el agua se difunde hacia el xilema radical debido a la dilución de la savia xilemática por los solutos. La absorción pasiva es el resultado de una diferencia en las presiones. La “tracción” de la transpiración, actuando mediante la cohesión, disminuye la presión de difusión del agua en el xilema por debajo de la presión del agua en el suelo (Rojas, 1972).

La absorción de agua por la planta puede sufrir un retraso respecto a la que se pierde por la transpiración durante un corto lapso de tiempo, sin que se observen efectos notables sobre planta. Pero si esta situación se prolonga, se originará un déficit de agua, y la planta ofrecerá un aspecto marchito. Por ello, la disponibilidad de agua del suelo por las raíces de una planta y la eficacia de su absorción tiene una influencia profunda sobre la velocidad de transpiración (Devlin, 1975).

La absorción de agua no es un proceso independiente sino que se relaciona con la transpiración. Es posible medir la tasa de absorción de agua por las raíces de una planta, al mismo tiempo que se mide la tasa de la pérdida de la misma por las hojas. Por este medio se ha encontrado (Figura 2), que la velocidad de transpiración es parecida a la velocidad de

absorción. En realidad como puede verse en dicha figura, los cambios en la velocidad de la absorción van retrasados respecto a los cambios en la velocidad de transpiración. De este modo resulta la absorción de agua por las raíces (Aguilera y Martínez, 1990).

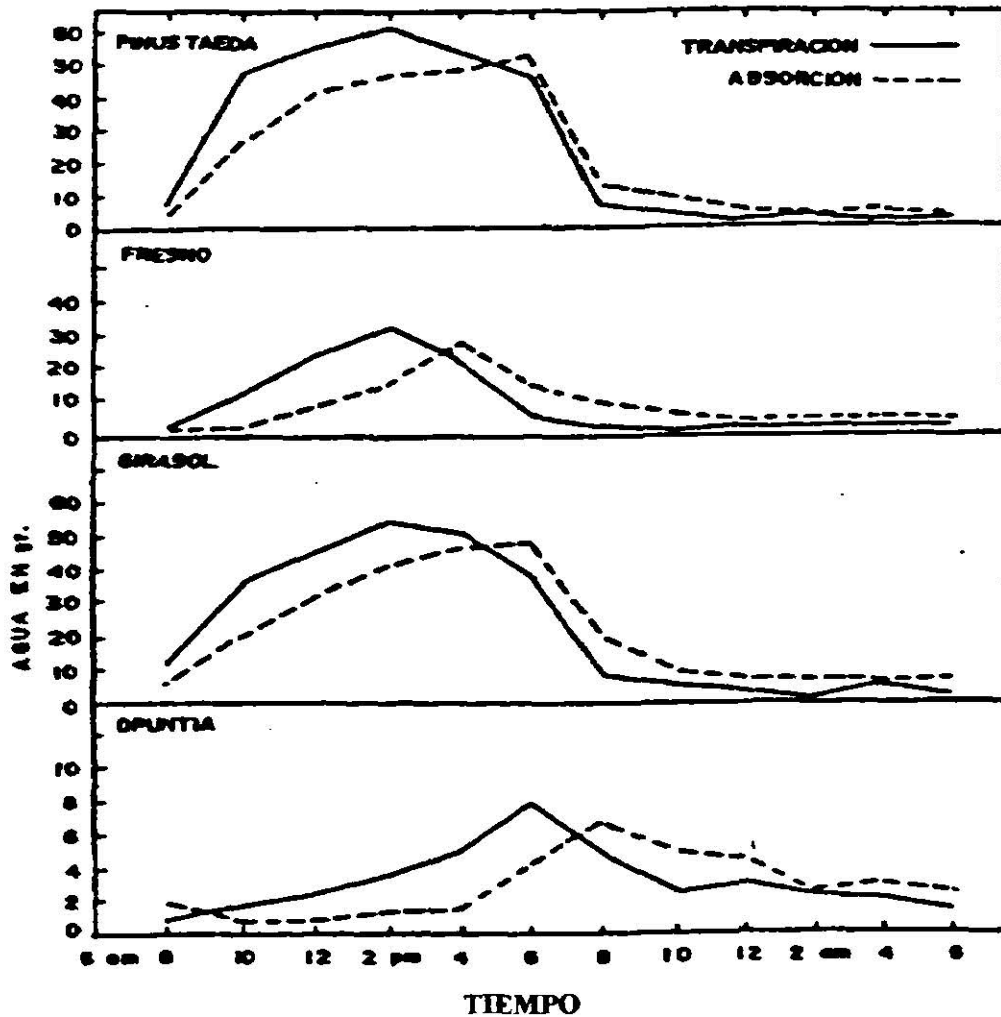


Figura No. 2. Intensidades de transpiración y de absorción en gramos/planta en *Pinus Toedo*, *Fresno*, *Girasol* y *Opuntia* durante un día de verano cálido y sin nubes. Fuente: Kramer (1974)

James (Citado por González, 1983), indicó que las medidas simultáneas de transpiración y absorción a lo largo del día han permitido observar que la curva de absorción sigue a la de transpiración hasta el atardecer, de la misma manera también concluyen Rojas (1972), Kramer (1974), Ray (1977) y Delvin (1975); y agregan que la absorción del agua no es un proceso independiente sino que se relaciona con el coeficiente de pérdida de agua por transpiración, y está ampliamente controlada por él.

## **2.5 Transpiración**

### **2.5.1. Concepto**

Delvin (1980) explicó la transpiración como el modelo de una cadena de agua continua que es bombeada del suelo a través de las raíces, a lo largo de los conductos del xilema hasta las células del mesófilo, para salir al exterior por los poros estomáticos.

Sivori *et al.* (1980) denominaron el proceso de transpiración como la pérdida de agua por las plantas en forma de vapor. Mientras que James (1967) y Rojas (1972) definieron a la transpiración como la cantidad de agua que, a través de la planta pasa del suelo al aire, lo cual determina siempre un proceso continuo.

Mediante el proceso de transpiración, las plantas dejan de captar grandes cantidades de agua; por lo que, se ve la necesidad de conocer estas cantidades para cada cultivo en particular y así, determinar los suministros óptimos de agua que requieren cada uno de ellos para su desarrollo (Desousa, 1974).

Rojas (1972) informó que en condiciones estándar, una planta de maíz absorbe durante su ciclo vital unos 300 litros de agua, de los cuales utiliza, en proceso metabólico, alrededor de un 2%. transpirando el resto.

La mayor parte de la pérdida de agua tiene lugar en la hoja a través de los estomas. La pérdida de agua está afectada por la temperatura, la humedad, el viento y, de manera principal, por el cierre a la abertura de los estomas. La abertura y el cierre estomáticos son controlados por la presión hidrostática (turgencia) de las células oclusivas que flanquean los estomas. Los estomas se cierran cuando las células pierden turgencia, como cuando las plantas empiezan a marchitarse (Raven y Curtis, 1975).

El hecho de poder disminuir la cantidad de agua transpirada por un cultivo es trascendental; ya que se desarrollaría una agricultura intensiva en aquellas regiones donde el agua es un factor limitante (Cortés, 1982).

Rojas (1972) y Cronquist (1997) mencionaron que se puede detectar dos clases de marchitez: temporal. ocurre cuando la transpiración es tan intensa que la planta no alcanza a reponerla y entra en déficit hídrico pasajero. Se ha calculado que en un día caliente y seco la planta puede alcanzar un déficit de agua del 15%; si se observan las plantas a media tarde, aparecerán, marchitas aunque el suelo esté húmedo, pero a la mañana siguiente estarán de nuevo turgentes, pues durante la noche absorben agua hasta restablecer la saturación normal. La marchitez permanente es que ella que persiste aunque la planta se coloque en una atmósfera saturada de humedad, siempre y cuando no se agregue agua al suelo.

Ray (1977) y Cronquist (1977), indicaron que cuando hay una deficiencia de agua, la turgencia se reduce o se pierde (como el marchitamiento) y los estomas se cierran de manera automática.

En el Cuadro 4 se mencionan algunas especies de plantas así como su pérdida de agua por transpiración.

**Cuadro 4. Pérdida de agua por transpiración durante la estación de crecimiento de algunas especies vegetales. Comparación de dos anti-transpirantes sobre la pérdida de agua en plantas de tomate. Marín, N.L., 1997.**

Clase de planta	Pérdida de agua por transpiración (Litros)
Vigna sinensis	59
Patata	113
Trigo de invierno	113
Tomate	154
Maíz	245

Fuente: Ferry (Citado por Aguilera y Martínez, 1990).

Según Rojas (1972), cuando la planta carece de agua entra en marchitez, reconocible por la flacidez de los tejidos, las hojas arrugadas y colgantes. De la misma manera coinciden Kramer (1974), Ray (1977), Devlin (1980) y Sivori *et al.* (1980).

Una de las principales maneras en que una planta conserva el agua es mediante el cierre de los estomas, pero al cerrarse impiden también la entrada de dióxido de carbono. Sin



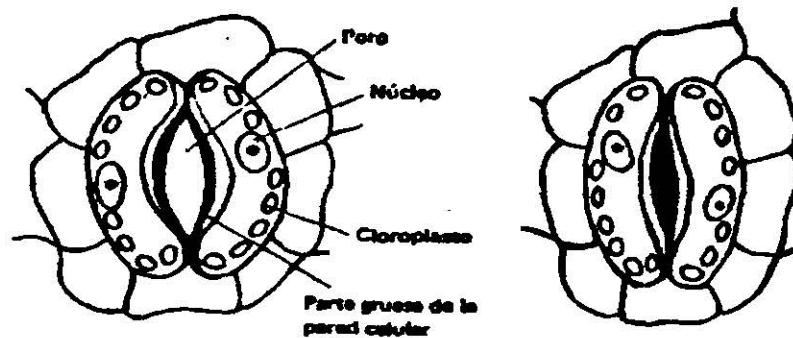
embargo, la planta produce una cierta cantidad de dióxido de carbono durante la respiración, del mismo modo que nosotros producimos dióxido de carbono mediante procesos respiratorios; mientras haya luz, este dióxido de carbono puede ser utilizado para mantener un nivel muy bajo de fotosíntesis, incluso cuando los estomas están cerrados.

En las plantas que viven en climas muy secos, la fotosíntesis a menudo transcurre a un nivel tan bajo debido a la necesidad de retener el agua y, de un modo característico estas plantas crecen muy lentamente.

Las hojas de las plantas, de estas regiones están cubiertas por una fina cutícula que hace muy impermeable su superficie, tanto al agua como al dióxido de carbono. Una pequeña fracción del agua transpirada por las plantas se pierde a través de su cubierta protectora externa, y otra pequeña fracción se pierde a través de las lenticelas de la corteza del tronco, pero la mayor parte del agua transpirada por una planta superior se pierde a través de los estomas.

Los estomas son pequeñas aberturas en la epidermis de la planta, que están controladas por la turgencia de las dos células (Figura 3) que las limitan. Los estomas se hallan en los tallos, particularmente los de las plantas jóvenes, pero son más abundantes en las hojas. El número de los estomas puede ser muy grande; por ejemplo, en la superficie de las hojas de tabaco hay 12,000 estomas por centímetro cuadrado. Los estomas comunican con una serie de cavidades llenas de aire en el interior de la hoja, que rodean las células de paredes finas del mesofilo. En estas cavidades, el aire, que compone de un 15 a un 40% del volumen total de la

hoja, está saturado con el vapor del agua que se ha evaporado de las superficies húmedas de las células del mesofilo. Aunque las aberturas estomáticas comprenden solamente alrededor del 1% de la superficie total de la hoja, mas del 90% del agua transpirada por la planta se pierde a través de ellas (Raven y Curtis, 1975).



**Figura 3.- A= Estoma abierto, B= Estoma cerrado, Observese que la pared celular que rodea el poro estomático es más gruesa que la que limita con las células vecinas, y que las células estomáticas contienen cloroplastos (tomado de Delvin, 1980).**

### 2.5.2. Importancia de la transpiración

Los fisiólogos están divididos en sus opiniones respecto a la importancia e la transpiración en las plantas. Un grupo quien sostiene que es tan importante como la fotosíntesis, la respiración y otras funciones. Otro grupo cree que la transpiración es un mal necesario, un hábito que conservan las plantas desde cuando eran acuáticas, donde tenían abundante agua en todo tiempo. Sostienen también que al abrirse los estomas para el intercambio de gases en la fotosíntesis, grandes cantidades de agua se pierden mientras estas

“puertas” están abiertas (Kramer, 1974).

Miller (1967), indicó que el proceso de transpiración desempeña los siguientes papeles:

- 1.- Movimiento del agua a todas las partes de la planta.
- 2.- Movimiento de sustancias minerales.
- 3.- Disipación de la energía radiante.

Maximov (Citado por Kramer, 1974) señaló que la transpiración es de gran importancia para el movimiento del agua a la hojas, además es indispensable cierta saturación de la planta para la producción de flores y frutos. Un grado de turgencia óptimo es mantenido por la transpiración.

Meyer *et al.* (citados por Miller, 1967) mencionaron que si bien es cierto que el movimiento del agua es mayor cuando la intensidad de la transpiración es alta. el movimiento (en el grado en que el agua es utilizada en procesos metabólicos) continua aunque la intensidad de la transpiración sea casi nula. Por ejemplo, agua suficiente para los procesos metabólicos es suministrada a las células por las noche, después que la transpiración ha cesado (Miller, 1967).

Según Raber (Citado por Kramer 1974), un alto contenido mineral está asociado al aumento de la transpiración: y el análisis de las hojas (órganos terminales en la transpiración) muestra mas calcio que en otras partes de la planta. Haas (Citado por Kramer, 1974) encontró un aumento en la cantidad de calcio en las hojas de *Citrus* cuando se ha intensificado la

transpiración al exponer las plantas al viento.

Meyer *et al.* (Citados por Miller 1967) señalaron que la mayor acumulación de sales, en circunstancias que favorecen mayor intensidad de la transpiración, ocurre solamente en ciertas condiciones metabólicas, y no existe una correlación constante entre la intensidad de la transpiración y la intensidad de la absorción de minerales.

Hoagland (Citado por Kramer, 1974) mencionó que el movimiento de agua y solutos no está gobernado por las mismas leyes; y en un tejido dado, durante cierto periodo, el solutos y el disolvente pueden moverse en direcciones opuestas.

Maximov (Citado por Kramer, 1974) indicó que el calentamiento de las hojas ocurre en invernaderos donde la intensidad de la transpiración se redujo por alta humedad. La temperatura de las hojas marchitas puede ser de 4°C a 6°C más alta que la de las hojas turgentes.

Por otra parte Meyer *et al.* (Citados por Miller, 1967) aceptaron que solamente el 50% de la energía radiante del sol es absorbida, ésta sería suficiente para elevar en un minuto la temperatura a 37°C, en un mediodía caluroso de verano. En pocos minutos, la temperatura llegaría a tal punto que causaría la muerte del protoplasma. Se necesitaría una evaporación de 6.6 g de agua  $\text{dm}^{-2} \text{hr}^{-1}$  para evitar este aumento de la temperatura. Esta cantidad no siempre llegan a transpirar las plantas en el desierto, y cuando las hojas tienen los estomas cubiertos con vaselina, raramente tienen temperaturas mayores que la atmósfera circundante. Es muy

posible que las hojas pierdan calor por emisión térmica. de una manera física. como sucede con los objetos inanimados (Miller. 1967).

Clements *et al.* (Citados por Wilsie, 1966), Kramer (1974) y Cronquist (1977) señalaron que la importancia de la transpiración está relacionada con el ascenso de la sabia. aumento de absorción de alimentos minerales y el efecto refrigerante en las hojas para no causar el daño de muerte por desecación.

Sin embargo. Bidwell (1983) mencionó que las plantas que crecen en condiciones en que la transpiración es despreciable, tampoco se sobrecalientan, lo que parece indicar que el efecto refrigerante de la transpiración no tiene una importancia real en la disipación del calor, en lo que refiere a la planta.

### **2.5.3. Factores que influyen en la transpiración.**

#### **2.5.3.1. Factores ambientales**

La velocidad de transpiración esta fuertemente influida por distintos factores del medio, los mas importantes son la luz, humedad del aire, temperatura, viento y la disponibilidad de agua del suelo. En base a esto, Miller (1967). Meyer *et al.* (1970). Rojas (1972). Kramer (1974). Ray (1977) y Sivori *et al.* (1980) coincidieron en dichos factores, indicando en cada uno lo siguiente:

- a) Luz. Los estomas de una planta expuesta a la luz están abiertos, permitiendo que tenga lugar la transpiración. En la obscuridad, los estomas están cerrados con lo cual prácticamente toda la transpiración cesa, por ello, el efecto de los demás factores del ambiente va ligado a la presencia de la luz.
- b) Humedad. Para caracterizar las condiciones en un ambiente determinado se usan varias unidades, una de ellas es la presión de vapor de la atmósfera. Como la velocidad de difusión y de vaporación sufren la influencia directa de la presión de vapor de la atmósfera, esta resulta ser la mejor unidad para la expresión de los valores de humedad con finalidades fisiológicas. Si los demás factores permanecen constantes, conforme la presión de vapor es mayor, mas lenta es la transpiración.
- c) Temperatura. La temperatura tiene un efecto directo sobre la tasa de evaporación del agua, además la temperatura influye en la abertura y cierre de los estomas.

#### **2.5.3.2. Factores genéticos (Factores ligados a la misma planta).**

- a) Relación entre raíz y parte aérea. Cuando se presentan condiciones necesarias para la realización normal de la transpiración, la eficiencia de la superficie absorbente (superficie radical) y la de la superficie de evaporación (superficie foliar) regulan las velocidad de transpiración.
- b) Area Foliar. Kramer (Citado por Devlin, 1975) demostró que a mayor área foliar mayor era la pérdida de agua, aunque no existió una concordancia perfectamente proporcional entre el área y la pérdida de agua.

c) Estructura Foliar. James (1967) mencionó que las células de membranas delgadas del mesófilo lagunar presentan una gran superficie de contacto con los espacios intercelulares que dejan entre ellas. Esta superficie está formada por membranas celulósicas finas, saturada por el agua de las células vivas que la envuelven. La evaporación se realiza con mucha facilidad por dicha superficie, debido a la luz solar absorbida, la cual va cediendo calor. Así, el aire de los espacios tiende a saturarse de vapor de agua, pero si el aire exterior es mas seco, el vapor pasa lentamente por difusión a través de los estomas, presentándose de esta manera el fenómeno de transpiración. Esto se ilustra en la Figura 4.

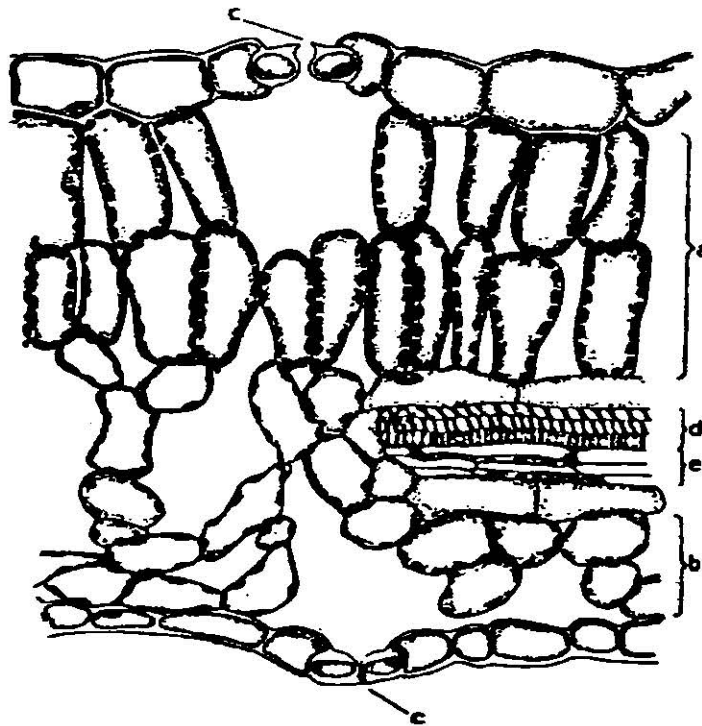


Figura 4.- Corte vertical de un fragmento de hoja de riopónico (*Rheum officinale*). a) parénquima empalizada; b) parénquima lagunar; c) estomas que, en esta hoja, se encuentran en ambas caras; d) xilema de un pequeño haz de vasos. e) floema. Los cloroplastos se representan en negro macizo. Muy aumentado. (tomado de James, 1967).

#### 2.5.4. Reducción de la transpiración.

Se han realizado estudios encaminados a reducir la transpiración, pero hasta la fecha los éxitos logrados han sido parciales y de poca o nula aplicación para la agricultura.

La reducción de la transpiración durante la sequía permitiría que los cultivos sobrevivan con un mínimo de daños, ya que se podría incrementar el uso del agua. Algunas posibilidades de lograr esto consiste en recubrir las plantas con una película impermeable que reduzca la pérdida de vapor de agua, otra consiste en aplicar sustancias químicas que provoquen el cierre de los estomas (Kramer, 1974).

Rojas (1972), Kramer (1974), Ray (1977), Larque (1980) y Sivori, *et al.* (1980), coincidieron con lo anterior y concluyen que en las regiones áridas se ha propuesto una reducción artificial de la abertura de los estomas, mediante la aplicación de sustancias químicas o retardadores del crecimiento, ya sea a la semilla o en aspersiones foliares que produzcan una película de plástico como un medio para mejorar la eficiencia en el uso del agua.

El empleo de películas no es muy prometedor, porque son relativamente impermeables al bióxido de carbono y reducen la fotosíntesis; además, es necesario efectuar aplicaciones repetidas para que mantengan cubierta la superficie transpirante de la planta (Wolley, citado por Kramer, 1974).



Por lo tanto la aplicación de sustancias químicas que provoquen el cierre de los estomas parece mas eficiente, porque un cierre parcial de los estomas reduciría mas la transpiración que la fotosíntesis (Shimshi citado por Kramer, 1974).

Otra forma en que las plantas pueden reducir la transpiración es modificando o desarrollando características morfológicas o fisiológicas que tienen por resultado el aplazamiento o la evasión de un nivel letal de desecación (Parker, 1968).

A continuación se mencionan algunos mecanismos protectores que la planta puede desarrollar naturalmente para reducir su transpiración (Según Parker, 1968).

- a) Reducción de la superficie de transpiración.
- b) Poseer protoplasmas que se pueden deshidratar hasta la condición de aire seco o casi sin morir.
- c) Reanudar el crecimiento después de un período de tensión hídrica
- d) Ajustar la estación de crecimiento.
- e) Desarrollar sistemas extensos de raíces.
- f) Modificación del tamaño y distribución de los estomas.

## **2.6. Aspectos aplicados al metabolismo del agua**

Miller (1967) señaló que el marchitamiento de las plantas por sequía se debe fundamentalmente a que la planta pierde mayor cantidad de agua de la que absorbe.

Henchel (citado por Vázquez, 1971) estudió los efectos de la sequía con referencia a las altas temperaturas y deshidratación del protoplasma sobre la fisiología de las plantas desde el punto de vista de la química coloidal del protoplasma, encontrando que el efecto de la sequía en las plantas es muy complejo y que estas responden a una adaptación inmediata a dicho ambiente, al provocarse la deshidratación de células y tejidos, así como la de lograr un considerable aumento en la temperatura de su cuerpo.

Rojas (1972), Kramer (1974) y Sivori *et al.* (1980) coincidieron en que la fotosíntesis disminuye en intensidad o cesa por completo cuando la planta está sometida a un desequilibrio hídrico severo debido fundamentalmente al cierre de los estomas que impiden el paso del CO<sub>2</sub> hacia los cloroplastos. Sin embargo, el cierre estomático es más eficiente para impedir el paso del vapor de agua que el del CO<sub>2</sub>.

McCree (Citado por Kramer, 1974) señaló que una deficiencia de humedad afecta el crecimiento de una planta por dos causas: por la pérdida de turgor de las hojas y por el decremento de la fotosíntesis, ambos influenciados por el cierre estomatal.

Los estomas pueden parcialmente morir o perder sus funciones por efectos de la sequía. En *Cetaurea orientalis* Iijin (citado por Nuñez, 1976), encontró que el 8% mantuvieron su capacidad para abrir, 73% cerraron y 19% perecieron.

Crofts *et al.* (1971) explicaron que los efectos de la reducción en la velocidad de la fotosíntesis en periodos de desequilibrios hídricos, pueden ser considerables como la causa

principal de los bajos rendimientos de los cultivos en las zonas semiáridas; además, agregar que estos desequilibrios hídricos, al reducir la velocidad de la fotosíntesis, reducen la velocidad de asimilación neta junto con los efectos de altas temperaturas.

Los requerimientos de agua en la planta se deben principalmente a necesidades metabólicas, que incluyen un gradiente por evaporación un gradiente de difusión osmótico. Basándose en lo anterior, Wilsie (1966) y Rojas (1972) manejaron dos conceptos: 1) el coeficiente de transpiración, el cual mide la intensidad con que la planta transpira, y que varía con las condiciones ambientales y 2) la eficiencia de transpiración, la que explica la habilidad de la planta para utilizar el agua en procesos metabólicos, y que se establece midiendo la cantidad de materia seca sintetizada por litro o gramo de agua absorbida.

## **2.7. Antitranspirantes**

Los antitranspirantes son productos químicos capaces de reducir la transpiración, aplicados al follaje la reducen de tres maneras: 1) el uso de materiales reflejantes reduce la absorción de energía y por lo tanto la temperatura de la hoja, que a su vez altera los rangos de transpiración; 2) las emulsiones de cera, látex o plástico forman una delgada película transparente impidiendo el escape del vapor de agua de las hojas; 3) los componentes químicos pueden prevenir la completa apertura del estoma reduciendo la pérdida de vapor de agua (Davenport citado por González, 1983).

Rojas (1972). Mansfield (citado por De León, 1979) y Larqué (1980), mencionaron

que existen dos tipos de antitranspirantes: físicos (o mecánicos) y químicos (o metabólicos). Los antitranspirantes físicos son películas muy delgadas que se depositan en las hojas y reducen la transpiración, comportándose como una barrera física a nivel de estomas, de ésta manera se evita que moléculas de agua se evaporen de la superficie de la hoja. Los antitranspirantes químicos, son productos activos que actúan en el metabolismo de la planta, los cuales tiene la función de cerrar los estomas bajo condiciones de humedad deficiente y que pueden ser aplicados a la semilla o en aspersiones foliares.

Diversos antitranspirantes químicos son aplicados a la planta para reducir la transpiración y hacer con ello que las plantas presentan una mejor eficiencia en el uso del agua. Entre los mas comunes son el *Cycocel*, bióxido de carbono, cloruro de calcio ácido abscisico (Rojas, 1972; Weaver, 1976 y Henckel citado por Vázquez, 1971).

Davenport (1969) mencionó que los antitranspirantes son mas efectivos bajo condiciones en que se realiza el cierre del estoma y que no esté restringido a la pérdida de agua por hoja. Algunos factores del medio ambiente inducen a tal cierre, como baja luminosidad o alta demanda evaporativa.

### **2.7.1. Características del funcionamiento**

Aún no se conoce con seguridad el mecanismo de acción de los antitranspirantes (reguladores o retardadores del crecimiento), pero los efectos de estos compuestos sobre las plantas se oponen a los de las giberelinas, lo cual es lógico que actúen como antigiberélicos (Rojas, 1972

citado por González, 1983).

Según Shimishi (Citado por Kramer, 1974), mencionó que estos productos químicos (antitranspirantes) ocasionan un cierre parcial de los estomas y esto hace que se reduzca mas la transpiración que la fotosíntesis.

Esta suposición se basa en la afirmación pronunciada originalmente por Gaastra, quién señaló que el movimiento de bióxido de carbono adentro de las células mesofílicas y los cloroplastos introducen una resistencia adicional relativamente grande a la entrada de bióxido de carbono, que no afecta la salida del vapor de agua. Gaastra, afirmó que esta resistencia mesofílica a la entrada del bióxido de carbono, es considerablemente mas elevada que las resistencias del aire y los estomas que afectan a la salida del vapor de agua. De ese modo, un gran cambio en la resistencia de los estomas tendría menor efecto sobre la fotosíntesis que sobre la transpiración (Citado por Kramer, 1974).

Rojas (1972), Weaver (1976), Devlin (1980) y Sivori *et al.* (1980) coincidieron en que los efectos fisiológicos provocados por dichos compuestos sobre los cereales son: disminución en el crecimiento, retraso de la floración, como en trigo, avena, maíz y además reducen el área foliar.

## Trabajos relacionados

Davenport (Citado por Kramer, 1974) mencionó que la aplicación de un anti-transpirante en un suelo donde ya no existe humedad disponible, tendría poco o ningún provecho porque los mecanismos protectores de la planta ya habrán entrado en funcionamiento mucho antes, por lo tanto, un anti-transpirante no es remedio para plantas que están marchitas, pero puede ser una medida preventiva o retardante si se aplica cuando todavía existe humedad disponible en el suelo.

Davies *et al.* (1974) al realizar un estudio sobre el efecto de dos antitranspirantes químicos (Vapor-Gard y Folicote) con relación al tiempo transpirativo, encontraron que tanto Vapor-Gard como Folicote presentaron un prolongado efecto en relación con tiempo, ya que éstos redujeron la transpiración por ocho días en *Fraxinus americana* y durante 15 días (Folicote) en *Pinus resinosa*, mientras que Vapor-Gard en manzano *Malus domestica* cv. Golden Delicious la redujo por siete días (Weller, *et al.* 1978). La duración del efecto en los antitranspirantes oscila de 7 a 35 días, la cual varía también con la especie (Davies *et al.* 1974).

Olofinboba, *et al.* (1974) al asperjar los antitranspirantes Agua Gro 5%, Clear Spray 33%, CS - 6432, 2.5%, Folicote 5%, Keykote 5%, Vapor Gard 5% y Wilt Pruf 20% sobre plántulas de *Pinus resinosa* Ait., para determinar su efecto sobre la captación de CO<sub>2</sub> encontraron que Clear Spray obtuvo el mayor efecto inhibitorio sobre la captación de CO<sub>2</sub> mientras que con Folicote, Keycote y Vapor Gard fue menor dicha captación. Sin embargo, Agua Gro y CS - 6432 mostraron un efecto contrario, al observarse que la captación fue mayor que en los testigos a las 24 Hrs., después de la aplicación: a los 11 días todos los

antitranspirantes inhibieron la fotosíntesis excepto Clear Spray que no tuvo ningún efecto. mientras que el CS - 6432 mostró efecto en éste lapso de tiempo. Por otro lado, Davenport (1969) al medir la transpiración y el peso seco del pasto *Festuca rubra*. observó que estas son reducidas por fenil mercurio acetato a una concentración de  $10^{-3.5}$  M. (Rodríguez, 1977).

Uno de los compuestos mas prometedores para provocar el cierre de los estomas es el acetato fenil mercurio. Se ha demostrado que reduce en forma significativa la transpiración de varias especies. Wagoner y Bravdo (1967), informaron que reducía en forma significativa la pérdida de agua de una comunidad de pinos (Citado por Kramer, 1974).

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Ubicación del experimento**

El presente trabajo se realizó durante el ciclo primavera - verano de 1997 en el Campo Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el municipio de Marín, Nuevo León. Su ubicación geográfica corresponde a 25°53' latitud Norte y 100°03' Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, teniendo una altitud de 367 msnm. Sus límites políticos son: al Norte con el municipio de Higuera, al Sur con el de Pesquería, al Este con Dr. González y al Oeste con Gral. Zuazua, municipios del Estado de Nuevo León (INEGI, 1978).

##### **3.1.1. Clima de la región.**

Según García (1973) el clima de la región se clasifica como  $BS_1(h_1)hx(e')$ ; siendo de tipo semiárido con temperaturas medias anuales de 22 °C; en los meses más fríos (Diciembre y Enero), las temperaturas son menores de 18° C, pudiendo ser extremas, pues la oscilación entre el día y la noche es mayor de 14° C, mientras que las temperaturas más altas (Julio y Agosto) son mayores de 28° C.

Las heladas tempranas se establecen en el mes de Noviembre y las tardías hasta Marzo; las más severas (3 ó 4 en promedio) se registran normalmente en Enero. La precipitación pluvial es de 500 mm anuales con una máxima de 600 mm y una mínima de 200 mm. La mayor parte de esta se distribuye de Agosto a Octubre: la otra porción de lluvias son eventuales que caen en los meses restantes. Los días nublados van de 90-110, correspondiente al periodo de los meses húmedos o lluviosos.



En lo referente a granizo, la intensidad anual media es de un día, manifestándose durante el periodo de lluvias; el fenómeno de las nevadas pocas veces se presenta en la planicie de esta zona. Los vientos dominantes son masas de aire marítimo tropical provenientes del noreste, cuyas intensidades son del alrededor de 20 km/hr<sup>-1</sup>.

Las condiciones climatológicas, como promedio mensual de temperaturas, humedad relativa y evaporación así como la precipitación mensual acumulada que se presentaron durante la época del desarrollo del experimento se presentan en el Cuadro 5.

**Cuadro 5. Datos climatológicos que se registraron durante el desarrollo del experimento. Comparación de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua en la planta de tomate. Marín, N. L., 1997.**

Temperaturas	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
T <sub>max</sub> °C.	22.30	27.60	26.50	31.60	35.20
T <sub>min</sub> °C.	8.60	13.10	13.40	18.30	22.70
T <sub>mens</sub> °C.	15.50	20.40	20.00	25.00	28.90
O <sub>mens</sub> °C.	13.70	14.40	13.10	13.20	12.50
T <sub>max</sub> °C.	34.00	38.00	38.00	41.00	40.00
T <sub>min</sub> °C.	3.00	6.00	7.00	15.00	21.00
H <sub>rp</sub> %	75.87	70.80	65.72	65.70	64.60
Et (mm.)	76.62	135.17	88.48	159.10	196.99
E <sub>pd</sub> (mm.)	2.70	4.36	2.94	5.10	6.50
Pt (mm.)	28.00	121.00	80.00	72.00	28.00
Dp (días)	5.00	6.00	8.00	7.00	1.00
P <sub>max</sub> (mm.)	12.00	56.00	24.00	24.00	28.00
R <sub>smen</sub> (cal)	2,101.80	00.00	3,103.44	3,500.59	3,022.21
P <sub>dr</sub> (cal)	75.06	00.00	103.44	112.92	100.74
I <sub>m</sub> (Hrs)	90:15	151:10	111:35	147:20	129:50
P <sub>di</sub> (Hrs)	3:21	5:00	3:71	4:74	4:31

Fuente: Estación climatológica de la FAUANL.

Especificaciones: T<sub>max</sub>= Temperatura media máxima. T<sub>min</sub>= Temperatura media mínima. T<sub>mens</sub>= Temperatura media mensual. O<sub>mens</sub>= Oscilación media mensual. T<sub>max</sub>= Temperatura extrema máxima. T<sub>min</sub>= Temperatura extrema mínima. H<sub>rp</sub> %= Humedad relativa promedio diaria. Et= Evaporación total. E<sub>pd</sub>= Evaporación promedio diario. Pt= precipitación total. Dp= Días de precipitación. P<sub>max</sub>= Precipitación máxima. R<sub>smen</sub>= Radación solar mensual. P<sub>dr</sub>= Promedio diario de radiación. I<sub>m</sub>= Insolación mensual. P<sub>di</sub>= Promedio diario de insolación.

## 3.2. Materiales

### 3.2.1. Material genético

El material genético que se utilizó para este experimento fue la semilla de tomate de piso, variedad Río Grande, la cual se adquirió de la casa comercial Asgrow en la Ciudad de Monterrey, N. L.

Algunas características propias de la variedad son las siguientes:

- Adaptación climatológica a esta región (Nuevo León).
- Tolerancia a enfermedades como: *Fusarium oxysporum* (marchitez de fusarium) *Alternaria solani* (tizón temprano). *Phytophthora infestans* (tizón tardío); también tiene resistencia al virus del mosaico del tabaco y a la marchitez por verticillium.
- Es tipo Saladette, de crecimiento determinado.
- 125 días a maduración desde la siembra a la cosecha.
- Sus frutos son:  
Medianos, uniformes en tamaño y forma, lisos, brillantes con hombros uniformes y pared gruesa.

### **3.2.2. Materiales químicos**

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizaron dos antitranspirantes químicos, los cuales son productos activos que pueden actuar en el metabolismo de la planta y tienen la función de cerrar los estomas bajo condiciones de humedad deficiente y que pueden ser aplicados a la semilla ó en aspersiones foliares (Rojas, 1972). En el presente experimento se utilizó el Sun-Shield y el Van-Gard.

### **3.2.3. Material de campo y laboratorio**

Se utilizaron 56 botes de plástico con capacidad de 20 L, los cuales sirvieron como contenedores de las plantas de tomate.

Para realizar las aspersiones foliares de los antitranspirantes químicos se utilizó una aspersora manual con capacidad de 1 L. Para llevar a cabo la toma de datos, se utilizó: Un libro de campo, plumas, marcadores y para los datos de temperatura de la hoja, resistencia estomatal y transpiración se utilizó un porómetro L1-1100, (LI-COR. USA).

### 3.3. Métodos

#### 3.3.1. Tratamientos

Los tratamientos se formaron por la combinación del producto químico y tres dosis diferentes (Dosis alta, dosis óptima y dosis baja). Las dosis fueron establecidas en base a las recomendaciones de sus fabricantes.

T0= Dosis óptima del antitranspirante químico (Sun-Shield) recomendada por el fabricante.

T1= Dosis alta del antitranspirante químico (Sun-Shield)

T2= Dosis baja del antitranspirante químico (Sun-Shield)

T3= Dosis óptima del antitranspirante químico (Van-gard) recomendada por el fabricante.

T4= Dosis alta del antitranspirante químico (Van-gard)

T5= Dosis baja del antitranspirante químico (Van-gard)

T6= Testigo (sin aplicación de antitranspirantes químicos)

**Nota:** La dosis alta = es aplicar la dosis óptima, mas una mitad de ésta misma.

La dosis baja = es aplicar la mitad de la dosis óptima.

La dosis óptima = es aplicar la dosis recomendada por el fabricante.

Los productos químicos, así como su ingrediente activo y sus dosis utilizados en el desarrollo de este experimento se muestran en el Cuadro 6.

**Cuadro 6. Antitranspirantes químicos utilizados durante la fase del desarrollo del experimento. Comparación de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua en la planta de tomate. Marín, N. L., 1997.**

PRODUCTO	I.A.	DOSIS
Sun-Shield	* Polímero orgánico	D.O = 30 ml/2 L de agua D.A. = 45 ml/2 L de agua D.b = 15 ml /2 L de agua
Van-Gard	di-1-p-Menthene 96%	D.O. = 10 ml/1 L de agua D.A. = 15 ml/1 L de agua D.b. = 5 ml/1 L de agua

Especificaciones:

I.A. = Ingrediente Activo

D.O. = Dosis Optima

D.A. = Dosis Alta

D.b. = Dosis baja

\* = La etiqueta no identifica el ingrediente activo

### 3.4. Desarrollo del experimento

Para el establecimiento de este experimento se utilizó semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill ) de la variedad Río Grande, la cuál se sembró el día 30 de Marzo en un almácigo de 1 m de ancho por 3 m de longitud, este a la vez estaba protegido con hule de polietileno calibre 3.5, con el objetivo de acelerar la germinación y evitar daños por posibles heladas tardías. Posteriormente, cuando la plántula alcanzó una altura de 20-25 cm y mostró sus primeras hojas verdaderas, se procedió al transplante el cuál se realizó el día 13 de Mayo entre las 8:00 y 9:00 A.M. y las plántulas se transplantaron en botes de plástico de 20 L, a los cuales se le hicieron seis orificios en la parte inferior y en su interior contenían arena de río, estiércol de vaca y tierra común de Marín, en una proporción de ( $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{3}$ ) finamente cribadas y mezcladas las tres partes. Posteriormente se aplicó el riego.

Dos días después del trasplante se realizó la primera aplicación de los tratamientos. inmediatamente después se hicieron las mediciones de las variables temperatura de la hoja, resistencia estomatal y transpiración con un porómetro LI-1100 (LI-COR, USA). El registro de los datos se llevo cabo alrededor del mediodía, ya que es cuando se tiene la mayor demanda transpirativa .

Se realizaron cinco aplicaciones más de los tratamientos a intervalos de cuatro a cinco días, éstas se llevaron a cabo con una aspersora manual con capacidad de 1 L, asperjando el follaje a una distancia aproximada de 20-25 cm.

Los riegos se realizaron con una regadera manual jardinera y la frecuencia de estos era cada tercer día, procurando que el suelo estuviera de 70 a 80% de capacidad de campo.

Durante el desarrollo del experimento las principales plagas detectadas fueron: Diabrotica y gusano del cuerno del tomate, los cuales se combatieron manualmente ya que solo fueron cinco las plantas afectadas; por lo tanto no se aplicaron insecticidas.

El día 26 de Mayo se observó una planta con signos de enrollamiento de las hojas, característico de enfermedades virosas, por lo cual fue eliminada del experimento.

#### **3.4.1 Variables a medir**

Las variables a medir en el presente trabajo fueron: Temperatura de la hoja, resistencia estomatal, y transpiración de la hoja. las cuales se midieron en forma conjunta. con un

porómetro LI-100 (LI-COR, USA). La toma de datos se realizó alrededor del medio día ya que es cuando existe un mayor índice transpirativo de la planta.

#### **3.4.1.1. Temperatura de la hoja.**

Para medir ésta variable se tomaron como bases dos hojas que se encontraban a una altura intermedia con respecto a la altura total de la planta, las unidades se registraron en °C.

#### **3.4.1.2. Resistencia estomatal**

En esta variable se verificaban el efecto de los antitranspirantes químicos sobre la abertura o cierre de los estomas, para realizar esta medición también se tomo como base las mismas hojas que en la variable anterior. Las unidades fueron en  $\text{mol seg}\cdot\text{cm}^{-1}$

#### **3.4.1.3. Transpiración**

Para medir la transpiración se tomaron las mismas hojas, teniendo la precaución que estas no estuvieran dañadas por plagas o enfermedades, tampoco que fueran brotes nuevos, u hojas viejas; las unidades registradas fueron en  $\text{mol cm}^{-2} \text{seg}^{-1}$

### **3.5. Diseño experimental**

Para la distribución de los siete tratamientos en las macetas se utilizó el diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, donde las unidades experimentales fueron 2 botes de plástico, en total fueron 14 botes por repetición los cuales se agruparon de dos en dos

para su evaluación en la aplicación de los tratamientos. El número de unidades experimentales fueron veintiocho.

### 3.5.1. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó siguiendo un arreglo factorial mixto.

El modelo utilizado fue el siguiente:

$$y_{ijk} = M + P_i + D_j + (PD)_{ij} + B_k + E_{ijk}$$

Donde:

M = Media general

P<sub>i</sub> = Producto anti-transpirante

D = Dosis del producto

PD = Interacción producto por dosis

B<sub>k</sub> = Bloques

E<sub>ijk</sub> = Error experimental

i = 0,1,.....5. (Tratamientos)

j = 1,2,3,4. (Repeticiones)

En los casos donde se encontró diferencia significativa se procedió a realizar una comparación múltiple de medias, utilizando la prueba de Dúncan, con un nivel de significancia de 0.05.



#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del Cuadro 7 corresponden a los cuadrados medios del arreglo factorial, por muestreo para las variables analizadas durante el experimento.

**Cuadro 7. Cuadrados medios por muestreo para las variables analizadas durante el experimento. Comparación de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua en plantas de tomate. María, N.L., 1997.**

Variable	Fuente de variación	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5	Muestreo 6
Tem-Hoja	Producto (D)	0.7668	0.4231	0.6357	0.4263	0.5307	2.5094
	Dosis (D)	2.1448	0.6680	0.5967	0.3115	0.3204	5.4326
	P x D	0.4716	0.1756	0.1089	0.1784	0.8451	4.0338
	C.V.(%)	74	73	76	74	75	75
Res-Estomatal	Producto (P)	3.8846	0.3019	0.3927	7.6900	43.8997	29.8761
	Dosis	43.6117*	20.6730*	6.8987	3.6787	14.4239	2.3821
	P x D	26.1077	4.6717	33.9422	20.2297*	58.1423*	10.2021
	C.V. (%)	95	66	87	89	76	92
Transpiración	Producto (P)	6.0533	0.0326	10.3406	4.9294	48.8022	40.6907
	Dosis (D)	23.6402	14.7303	33.0803	2.8174	29.9357	3.5308
	P x D	2.5586	12.0933	56.9559	21.5706	15.2183	31.5480
	C.V. (%)	63	56	70	60	76	71

\* = Diferencia Significativa ( $P < 0.05$ ), C.V. = Coeficiente de Variación, Tem-Hoja = Temperatura de la Hoja, Res-Estomatal = Resistencia Estomatal

En este Cuadro (Cuadro 7) se puede observar que para la variable resistencia estomatal en los muestreos 4 y 5, se mostraron significancia estadística ( $P < 0.05$ ) para el efecto de interacción, debido a esto se procedió a efectuar una comparación múltiple de medias para

ambos muestreos, utilizando el método de Dúncan. Los resultados obtenidos para el muestreo 4, se muestran en el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Tabulación de la comparación múltiple de medias de la variable: Resistencia estomatal del muestreo 4. Comparación de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua en plantas de tomate. Marín, N.L., 1997.**

No. de Tratamiento	Nombre	Media
0	Dosis Optima Sun-Shield	3.19 a
5	Dosis Baja Van-Gard	2.98 a b
6	Testigo	2.42 a b c
1	Dosis Alta Sun-Shield	2.09 a b c
3	Dosis Optima Van-Gard	1.85 a b c
2	Dosis Baja Sun-Shield	1.73 b c
4	Dosis Alta Van-Gard	1.45 c

Del Cuadro 8 se puede deducir que los tratamientos (0,5,1, y 3) no son estadísticamente diferentes con respecto al testigo (6); sin embargo, los tratamientos (0 y 5) (Dosis Optima Sun-Shield y Dosis Baja Van-Gard) mostraron una tendencia a mayor resistencia estomatal. Los tratamientos 2 y 4 mostraron un comportamiento estadísticamente diferente al tratamiento 0.

Para el caso del muestreo 5, la comparación múltiple de medias se presenta en el Cuadro 9.

**Cuadro 9. Comparación de medias de la variable resistencia estomatal del muestreo 5, del experimento. Comparación de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua en plantas de tomate. Marín, N.L., 1997.**

No. de Tratamiento	Nombre	Media		
6	Testigo	7.61	a	
2	Dosis Baja Sun-Shield	7.51	a	
0	Dosis Optima Sun-Shield	6.54	a	b
3	Dosis Optima Van-Gard	5.46	a	b
1	Dosis Alta Sun-Shield	4.86	a	b
5	Dosis Baja Van-Gard	4.33		b
4	Dosis Alta Van-Gard	4.26		b

Del Cuadro 9 se puede observar que el tratamiento 6 (Testigo) fue el que obtuvo la resistencia estomatal más alta y que los tratamientos 2,0,3 y 1 no son estadísticamente diferentes con respecto al testigo. Además, se observa que al comparar con el muestreo 4, el Tratamiento 0 (Dosis Normal Sun-Shield), sigue manteniéndose entre los valores de mayor promedio y que el Tratamiento 5 (Dosis Baja Van-Gard) ahora se exhibe entre los valores de menor promedio.

En base a los resultados de estos muestreos (4 y 5), se puede observar que no hay una tendencia bien definida en los tratamientos, pues contrario a lo que se esperaba, los tratamientos no mostraron tendencias altas en la resistencia estomatal comparada con el testigo por lo que su efecto no fue muy importante en reducir la resistencia al grado de reducir la transpiración. Además, su comportamiento fue muy errático entre los muestreos,

probablemente debido a los valores altos del coeficiente de variación ocasionados posiblemente por un número bajo de observaciones.

En lo referente a los efectos principales; dosis, de la variable resistencia estomatal, se encontró diferencia significativa, en los muestreos 1 y 2, procediendo a efectuar una comparación múltiple de medias, por el método de Duncan. Estos resultados se muestran en el Cuadro 10.

**Cuadro 10. Resultados obtenidos de la comparación múltiple de medias de la variable resistencia estomatal, del muestreo 1 y 2 para el factor dosis. Comparación de dos antitranspirantes sobre la pérdida de agua en plantas de tomate. María, N.L., 1997.**

<u>MUESTREO 1</u>			<u>MUESTREO 2</u>		
DOSIS	MEDIA		DOSIS	MEDIA	
Alta	4.33	a	Alta	3.83	a
Optima	2.93	b	Optima	3.12	a b
Baja	2.28	b	Baja	2.39	b

En este Cuadro, se observa que en el muestreo 1, la Dosis Alta resultó estadísticamente diferente a las demás y mostrando la mayor resistencia estomatal promedio; en el muestreo 2 se sigue observando que tanto la Dosis Alta, como la Dosis Optima obtuvieron resistencia estomatal estadísticamente iguales con valores superiores de resistencia que en la Dosis Baja.

Del Cuadro 10, se deduce que el factor dosis alta están más relacionadas con el cierre

de los estomas, ocasionando una alta resistencia en éstos a la pérdida de agua, posiblemente por un efecto mecánico del producto sobre el estoma.

Según Martínez (Citado por González. 1983), quien aplicó diversos tratamientos para inducir resistencia a la sequía en maíz, encontró que al aplicar Cycocel a 800 ppm a la semilla, el rendimiento fue significativamente mayor que al aplicar Cloruro de Calcio a una concentración de 0.025 molar.

En el presente experimento, de forma similar a los resultados obtenidos por Martínez, las dosis altas del producto, producen un cierre de los estomas aunque no necesariamente eviten la pérdida de agua por parte de la planta, lo cual está demostrado al no encontrar diferencia significativa en la transpiración.

Lo resultados del Cuadro 7 con respecto a la temperatura de la hoja y la transpiración, los productos químicos y sus dosis, no fueron de tal manera, para provocar una respuesta diferencial, pero si lo fueron para provocarlos en la variable resistencia estomatal.

Estos resultados no coinciden con los encontrados por Shimshi (1963), quien mencionó que los antitranspirantes químicos ocasionan un cierre parcial de los estomas reduciendo la transpiración.

Probablemente la reducción de la transpiración no fue significativa debido a causas climatológicas, o tal vez que la dosis no fue suficientemente alta para ocasionar una disminución en la transpiración.

Esto se puede corroborar con los datos del Cuadro 11, donde se muestran los promedios de los tratamientos en los muestreos realizados.

**Cuadro 11. Promedios correspondientes a la variable transpiración para los tratamientos del experimento. Comparación de dos antitranspirantes químicos sobre la pérdida de agua en plantas de tomate. Marín, N.L., 1997.**

Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5	Muestreo 6
T <sub>2</sub> = 14.07	T <sub>5</sub> = 8.87	T <sub>2</sub> = 10.35	T <sub>2</sub> = 10.64	T <sub>4</sub> = 7.73	T <sub>4</sub> = 14.54
T <sub>5</sub> = 12.59	T <sub>2</sub> = 7.16	T <sub>4</sub> = 10.18	T <sub>4</sub> = 9.88	T <sub>2</sub> = 7.01	T <sub>2</sub> = 13.95
T <sub>1</sub> = 11.54	T <sub>1</sub> = 6.91	T <sub>1</sub> = 6.97	T <sub>3</sub> = 9.36	T <sub>1</sub> = 6.91	T <sub>6</sub> = 11.23
T <sub>6</sub> = 11.18	T <sub>6</sub> = 6.88	T <sub>6</sub> = 6.87	T <sub>6</sub> = 8.15	T <sub>5</sub> = 6.37	T <sub>5</sub> = 11.23
T <sub>5</sub> = 10.30	T <sub>0</sub> = 6.23	T <sub>5</sub> = 6.69	T <sub>0</sub> = 7.94	T <sub>6</sub> = 5.45	T <sub>5</sub> = 10.95
T <sub>0</sub> = 10.22	T <sub>3</sub> = 5.36	T <sub>0</sub> = 6.65	T <sub>1</sub> = 7.64	T <sub>0</sub> = 4.70	T = 10.50
T <sub>4</sub> = 9.08	T <sub>4</sub> = 5.33	T <sub>3</sub> = 5.36	T <sub>5</sub> = 7.64	T <sub>3</sub> = 4.27	T <sub>0</sub> = 10.08

Especificaciones:

- T = Tratamiento,
- T<sub>0</sub> = Dosis Optima Sun-Shield
- T<sub>1</sub> = Dosis Alta Sun-Shield
- T<sub>2</sub> = Dosis Baja Sun Shield
- T<sub>3</sub> = Dosis Optima Van-Gard
- T<sub>4</sub> = Dosis Alta Van-Gard
- T<sub>5</sub> = Dosis Baja de Van-Gard
- T<sub>6</sub> = Testigo ( Sin aplicación del producto)

En dicho Cuadro, se observa que el T<sub>2</sub> (Dosis Baja Sun-Shield) y el T<sub>5</sub> (Dosis Baja Van-Gard) mostraron los promedios mas altos de la variable transpiración, esto demuestra que probablemente las dosis, independientemente del producto, no fue lo suficientemente para hacer notar la diferencia estadísticamente entre los tratamientos.

Lo cual puede concluirse que si se desea reducir la transpiración para evitar la pérdida de agua a través de la aplicación de productos químicos, se debería de considerar dosis mas altas a las evaluadas en el presente trabajo.

## CONCLUSIONES

- 1.- Para las variables: transpiración y temperatura de la hoja no hubo diferencia significativa entre los efectos medios de los tratamientos.
- 2.- Se detectó diferencia significativa entre los efectos medios de los tratamientos para la variable resistencia estomatal en los muestreos 4 y 5 para el efecto de interacción (Dosis x Producto), también en los muestreos 1 y 2 para el efecto del factor principal dosis.
- 3.- De las dosis estudiadas (Dosis Baja, Dosis Optima y Dosis Alta) se concluye que la Dosis Alta fue estadísticamente diferente ( $P < .05$ ) de la Dosis Baja para los muestreos 1 y 2 en la variable resistencia estomatal.

## **RECOMENDACIONES**

- 1.- Se recomienda realizar trabajos experimentales similares al presente para tratar de encontrar opciones que permitan incrementar la producción agrícola.
- 2.- Probar otros antitranspirantes y/o estos mismos aplicando dosis mas altas a las aplicadas en este experimento.
- 3.- Aumentar el tamaño de la parcela experimental, así como el número de muestreos, para tratar de mejorar la precisión de la variable a cuantificar.
- 4.- Se recomienda para trabajos futuros considerar la variable rendimiento para relacionarla con las variables fisiológicas, principalmente transpiración y resistencia estomatal.



## LITERATURA CITADA

- Aguilera C., M. y E. Martínez R.. 1990. Relaciones Agua-Suelo-Planta y Atmósfera. 4ª Edición. Departamento de Enseñanza Investigación y Servicio en Irrigación. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. pp. 199-201.
- Anónimo, 1968. El mundo del agricultor. Agricultura Mundial. Centro Regional de Ayuda para el Desarrollo Internacional.. México, pp. 61-62.
- Anónimo, 1981. Tomates. Manuales para la educación agropecuaria. Area de Producción Vegetal. Edición Trillas. México. pp. 26.
- Armendáriz A; H. 1997. Tomates. Estadísticas y Tendencias. Hortalizas, Frutas. y Flores. Editorial Año Dos Mil S.A., Vol.10 (10). pp.18.
- Banliev, J. 1969. Elaboración de Conservas Vegetales, Frutas y Legumbres. Tercera Edición. Editorial Síntesis, S.A. Barcelona. pp. 9.
- Benavides J., A., R. Mier A., y M. Rovalo M. 1996. Bellezas Naturales de Nuevo León, Edición y Publicación. CEMEX. Impresora Monterrey, S.A. de C.V. pp. 8.
- Bidwell, R. 1983. Fisiología Vegetal. Tr. Guadalupe Gerónimo Cano; Primera Edición en España. A.G.T. Editor. S.A., México. D.F. pp. 293-303.
- Bringas, L. 1996. Tiempos extras en la guerra del tomate. Productores de Hortalizas V. 5 No. 8 pp. 9.
- Cáceres, J.R., Y M. Rojas G. 1980 a. Response a drought-resistant and drought-suseptible maize cultivars to clormequat. application. Turrialba. 30 (1): 25-28.

- Cortés O., D. 1882. Efecto de inhibidores del crecimiento y antitranspirantes sobre algunas características físicas y fisiológicas de naranjo agrio (*Citrus aurantium*). Tesis de Maestría. Chapingo, México. pp. 23.
- Crofts, F.C. Jackson, L.A., P. Martín M. y Patick W.J., 1971. Los Vegetales y sus Cosechas. Tr. Rafael Morán. AEDOS. Barcelona., 239 p.
- Cronquist, A. 1977. Introducción a la Botánica. Tr. Antonio Marino Ambrosio. Segunda Edición. Ediciones, CECSA. México 848 p.
- Daubenmire, R. F. 1988. Ecología Vegetal. Tratado de autoecología de plantas. Tercera Edición. Noriega Editores. Editorial Limusa. pp. 97.
- Desousa, F. A. 1974. Efecto de cuatro anti-transpirantes de origen vegetal sobre la eficiencia del uso del agua en el cultivo del frijol. Tesis Licenciatura Instituto Tecnológico de Estudios Superiores. Campus Monterrey, N.L. México.. pp. 9.
- Devlin, M. R. 1975. Fisiología Vegetal. Ediciones Omega, S.A. de C.V., Casanova, 220- Barcelona. pp. 68.
- Edmond, J. L. Senn y S. Andrews. 1981. Principios de Horticultura. Quinta impresión. Editorial CECSA, S.A., México. pp. 487-492.
- Folquer F., 1979. El Tomate. Estudio de la Planta y su Producción Comercial. Primera Reimpresión. Edición Hemisferio Sur. S.A., Argentina pp. 5-14-35.
- González H. y M. Calleja. 1998. La Exportación de Frutas y Hortalizas a Estados Unidos de Norteamérica. Primera Edición. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo. Subsecretaría de Planeación. Av. Insurgentes Sur 476. Col. Roma., México, D.F., pp. 16.

- González R., H. 1983. Efecto de la aplicación a la semilla de 2 productos químicos sobre el crecimiento, floración y componentes del rendimiento en maíz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín N.L., México. pp. 8.
- Huerres P., C. y N. Carvalho Y. 1985. El Cultivo de Tomate y el Pimiento. Cuba, Universidad Central de las Villas, Facultad de Ciencias Agrícolas. pp. 3-30.
- Ibarra J., L. y A. Rodríguez P., 1983. Acolchado de Cultivos Agrícolas. Editorial Limusa. Balderas 95, Primer Piso, México, D.F., pp. 1-4.
- INEGI 1978. Carta Temática Topográfica. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática.
- INEGI, 1992. Cultivos Anuales de México. Instituto Nacional de Estadísticas Geográfica e Informática. II Censo Agropecuario. pp. 258.
- INEGI, 1997. Cultivos Anuales de México. Instituto Nacional de Estadísticas Geográfica e Informática. VII Censo Agropecuario. pp. 356.
- INIA, 1982. Ciclos de Cultivo. Departamento de Difusión Técnica pp. 50.
- James, W. O. 1967. Introducción a la Fisiología Vegetal. Sexta Edición. Ediciones-Omega, S.A. de C.V., Barcelona. 328 p.
- Juscafresa B., H. 1969. Como Cultivar Fresas y Tomates. Ed. Aedes Barcelona pp. 6-159-160.
- Kramer P., J., 1974. Relaciones Hídricas de Suelos y Plantas. Una Síntesis Moderna. Editorial EDUTEX. S.A. de C.V., México, D.F., pp. 4-5-380-381 y 583.

- Larque S., A. 1980. El Agua en las Plantas. Colegio de Post-Graduados. Rama de Botánica. Chapingo, México. 171 p.
- Medina. R. 1977. Introducción a la Ecofisiología Vegetal. Programa Regional de Desarrollo Científico Y Tecnología. Secretaría general de la Organización de los Estados Americanos. Monografía No. 16. Caracas pp. 122.
- Meyer, B. S. D. Anderson B. y R. Bohning H.. 1966. Introducción a la Fisiología Vegetal. Editorial Universitaria de Buenos Aires. pp. 107-119.
- Miller, E. V. 1967. Fisiología Vegetal. Primera Edición. Ediciones-UTEHA. S.A. de C.V. México. D.F., pp. 30-31.
- Mortensen. E. y E. Bullard. 1967. Horticultura Tropical y Subtropical. Dirección de Agricultura USAID/Haití. Centro Regional de Ayuda Técnica. Primera Edición en Español. pp. 123-167-172.
- Nuñez S., J. 1976. Supervivencia en plantas de maíz bajo diversos tratamientos a resistir sequías. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L., México. pp. 19.
- Parker, A. 1968. Mecanismos de Resistencia a la Sequía. En T. Tr. Kozłowski (recop.). "Water Deficits and Planta Growth". Tomo 1. Academic Press Inc. New York. pp. 195-234.
- Raven. H.P. and H. Curtis. 1975. Biología Vegetal. Tr. por Xavier Llimona. Ediciones Omega. S.A. de C.V.. Barcelona. pp. 246-248.
- Ray, P. M. 1977. La Planta Viviente. Tr. Antonio Marino Ambrosio. Segunda Edición. CECSA. México. pp. 272.

- Rojas G., M. 1972. *Fisiología Vegetal Aplicada*. Departamento de Biología Vegetal. Ediciones en español por libros Mc-Graw de México, S.A. de C.V., Naucalpan Juárez. Edo. de México. pp. 9-11-21-22.
- Serrano C., Z. 1978. *Tomate, Pimiento y Berenjena en Invernadero*. Publicaciones de Extensión Agraria. Bravo Murillo. Madrid. pp. 81-89.
- Serrano P., J. 1996. *Deficiencias minerales en tres etapas del desarrollo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo, México. pp. 3-4-15.
- Sivori, M.E., R.E. Montaldi, y H.O.Caa. 1980. *Fisiología vegetal*. Editorial Hemisferio Sur. S.A., 1<sup>er</sup> Edición.. pp. 322-337.
- Sutcliffe, J. 1979. *Las Plantas y el Agua*. Ediciones Omega. S.A. de C.V., Barcelona, España. pp. 246-248.
- Tamaro, D. 1981. *Manual de Horticultura*. Novena Edición. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona-España. pp. 21-92.
- Vázquez A., R. 1971. *Inducción de resistencia a la sequía en trigo*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León, Marín, N.L. México. pp. 14.
- Villarreal R., L. 1982. *Tomates*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Serie de Investigación y Desarrollo N. 6., San José, Costa Rica. pp. 61-82.
- Wilsie, C. 1966. *Cultivos Aclimatación y Distribución*. Tr. Manuel Serrano García. Editorial. Acribia. Zaragoza. España. p. 491.

