



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

CAMPUS " I Z T A C A L A "

EVAPOTRANSPIRACION Y RELACIONES HIDRICAS  
DE UN CULTIVO HORTICOLA INTEGRADO  
A UN SISTEMA DESALADOR COSTERO

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**B I O L O G O**

P R E S E N T A

**ALEJANDRA NIETO GARIBAY**



LA PAZ, B.C.S.

1994

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A veces tan suave como brisa y a veces tan dura como tormenta, agua que buscas tu cause y nada te detiene, ni aún el hombre por grande que sea, rompes sus barreras, limitas sus posibilidades si no estas presente, te vuelves mas valiosa en el desierto y sacias la sed de todos los seres vivos, impulsas la vida y la guardas tan celosamente que sin ti no existiría, en cualquier lugar donde estes todo se torna colorido, se reúnen en tu presencia animales y plantas como si juntos cantasen la alegría de verte y quisieran con su canto mantenerte ahi siempre. Ojalá el hombre se una a ese canto, si sigue callado mantenerte no podrá más, ni para él ni para los que si te cantaron.

**A MIS PADRES MA.ELENA Y HECTOR**

Por enseñarme el significado de lo más grande de este mundo, el AMOR con su amor.

**A MIS HERMANOS HECTOR Y OCTAVIO**

Por su apoyo, ejemplo, amistad y pero sobre todo por su amor.

**A FRANCISCO**

**A LA MEMORIA DE PATY**

**A DIOS POR SU CREACION**



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco la dirección del presente trabajo al M.en C. Enrique Troyo Diéguez, por compartir sus conocimientos y disposición de ayuda que siempre tuvo, por su amistad.

Al Dr. Alfredo Ortega por la invitación a participar en el grupo de Impacto Ambiental, y todas las experiencias que gracias a eso viví, así como haber representado un apoyo para mi estancia en La Paz.

Al Dr. José Luis Fernández por la beca otorgada del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Al M.en C. Ricardo Rodríguez por la preocupación de nuestro bienestar en La Paz, por sus valiosas opiniones y consejos.

A la Dra. Laura Arriaga por la facilidad de material logístico y su apoyo para la presentación de mi exámen profesional.

Al Ingeniero Federico Salinas Z. por su orientación y apoyo manual, a todos aquellos que de alguna manera tuvieron que ver en el trabajo de campo o laboratorio del presente trabajo: Amado Cota, Héctor Tiburcio, Marcos Acevedo.

A Cármen Mercado y Ma.Carmen Blázquez por la gran amistad que hemos forjado y su apoyo moral.

A Alejandra Naranjo por elaborar alegremente el análisis de suelo correspondiente a la parcela de experimentación, por su amistad.

A todos mis compañeros y amigos de Biología Terrestre, con quienes compartí ideas, conocimientos, opiniones y amistad, Ricardo Aguilar, Rosalía Servín, Serafina Arguelles, Patricia Cortés y a todos aquellos que se me escapan de la memoria en este momento.

A mis amigos Mónica y Mario en especial a Tania y Enrique por su ayuda incondicional en la realización de todos los trámites para mi exámen profesional, pero sobre todo por su valiosa e incondicional amistad que aunque lejos significa mucho.

A Sergio Ticul por sus valiosas correcciones y opiniones.

A la maestra Cristina Mapes y Benjamín del Jardín Botánico por la determinación de la especie de Chile.

La Realización del presente trabajo se llevó a cabo gracias al apoyo financiero y logístico del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste y a la beca otorgada por el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

## INDICE

I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS	
2.1 Objetivo General.....	5
2.2 Objetivos Particulares.....	5
III. ANTECEDENTES	
3.1 Importancia del agua en ecofisiología vegetal.....	7
3.2 Importancia del cultivo de chile en México.....	10
3.3 Aprovechamiento de aguas de origen alterno.....	13
IV. FUNDAMENTOS TEORICOS	
4.1 Evaporación y Transpiración.....	17
4.2 Relación suelo-planta-atmósfera.....	18
4.3 Resistencia Estomática.....	22
V. METODOLOGIA	
5.1 Descripción del área de estudio.....	24
5.2 Obtención del germoplasma.....	28
5.3 Preparación de la parcela experimental y características del suelo.....	28
5.4 Método de riego y características del agua.....	30
5.5 Diseño experimental y métodos de muestreo.....	30
5.6 Definición de variables de respuesta.....	34
5.7 Análisis estadísticos.....	49
VI. RESULTADOS	
6.1 Cantidad de riegos efectuados.....	50
6.2 Construcción y Resultados de las curvas volumen-presión.....	50
6.3 Resultados de variables ecofisiológicas en el ciclo diurno.....	65
6.4 Resultados de las variables ecofisiológicas a la hora crítica..	74
6.5 Estimación de la evapotranspiración real.....	78
6.6 Resultados de las variables morfológicas y de crecimiento.....	83
6.7 Resultados de producción y rendimiento.....	85
VII. DISCUSION.....	87
VIII. CONCLUSIONES.....	98
IX. RECOMENDACIONES.....	100
X. BIBLIOGRAFIA.....	101
XI. ANEXO.....	110

## INDICE DE FIGURAS

1.- Desalador costero.....	16
2.- Area de estudio.....	26
3.- Temperaturas mínima,media y máxima, Precipitación y Evaporación durante el período de estudio.....	27
4.- Diseño experimental.....	32
5.- Curva volúmen-presión.....	40
6.- Resultados de la curva voumen-presión.....	57
7.- Potencial de turgencia y potencial hídrico.....	63
8.- Potencial hídrico diurno.....	70
9.- Variables ecofisiológicas diurnas.....	71
10.- Potencial hídrico a la hora crítica.....	76
11.- Variables ecofisiológicas a la hora crítica.....	77
12.- Evapotranspiración.....	81
13.- Porcentaje de humedad del suelo.....	82
14.- Variables morfológicas.....	84

## INDICE DE CUADROS

1.-Porcentaje de déficit hídrico donde Potencial hídrico es igual al Potencial osmótico.....	52
2.-Potenciales hídricos máximos y mínimos.....	53
3.-Contenido de agua apoplástica y simplástica.....	54
4.-Potencial osmótico a turgencia total y turgencia cero.....	55
5.-Potencial del turgencia.....	56
6.-Resistencia estomática y transpiración.....	67
7.-Relación de variables ecofisiológicas en las mediciones diurnas.....	69
8.-Evapotranspiración mensual.....	80
9.-Peso de las cosechas de chile.....	86
10.-Número de frutos obtenidos de las cosechas.....	86

## I. INTRODUCCION

La sequía y salinidad son fenómenos que representan dos de las más importantes presiones ambientales en la producción agrícola en todo el mundo. Ambos son fenómenos que pueden ser naturales o inducidos, pero su impacto y severidad son exacerbados por las actividades del hombre. Con el constante crecimiento de la población en el mundo, y la demanda de nuevas tierras para la agricultura, las tierras secas representan frecuentemente la única opción para el alivio de tal necesidad. Sin embargo, la sequía como fenómeno natural de las zonas áridas y semiáridas es un problema a enfrentar y constituye el factor más importante que afecta la producción alimenticia del mundo (McWilliam, 1986).

México es uno de los países que se han visto en la necesidad del uso de tierras áridas para la agricultura debido a que el 60% de su extensión superficial corresponde a zonas áridas y semiáridas, en las que habita el 30 % de la población (León, 1984; Torres, 1992). En el país no sólo se ha enfrentado a problemas ordinarios en la agricultura, sino que se han tenido que resolver otros como la escasés de agua. El promedio de precipitación pluvial anual en las zonas áridas y semiáridas mexicanas varía de los 200 mm a 500 mm de agua, y existen estados como Baja California Súr donde la precipitación media anual oscila entre los 100 y 200 mm. De acuerdo con los registros pluviométricos disponibles, la precipitación en Baja California Sur se ubica entre las más bajas

precipitación en Baja California Sur se ubica entre las más bajas registradas en la República Mexicana (SARH, 1982). Lo anterior es una de las limitantes más críticas para las actividades agrícolas.

Para aliviar lo anterior, existen alternativas que representa esperanzas para los habitantes de las zonas secas; la búsqueda de nuevas fuentes de agua es actualmente un hecho palpable como solución. Diferentes métodos se han probado en el Estado de Baja California Sur para la obtención de agua, uno de ellos consiste en aprovechar el agua marina que se encuentra disponible, ya que rodea toda la península, para a partir de ella obtener agua dulce mediante desalación. De los métodos disponibles, se pretende optar por aquél que optimice el gasto de combustible y de insumos produciendo el mayor rendimiento posible de agua dulce con una mínima inversión. Así, se han implementado desaladores desde aquellos que trabajan con diesel hasta los que utilizan energía solar. Este último presenta un gran interés, ya que además de ser el más económico no produce efectos nocivos al ambiente.

El desarrollo de métodos para evaluar la disponibilidad de agua dulce para los cultivos, y la búsqueda de especies capaces de optimizar tal recurso representan alternativas viables para mejorar la agricultura de la región, y compatibilizarla con la conservación de agua.

Por lo anterior el conocimiento de la fisiología de las plantas cultivadas en zonas áridas es esencial. No sólo para entender su resistencia y mecanismos de sobrevivencia, sino para el desarrollo de nuevas prácticas agrícolas utilizando una tecnología adecuada para aliviar los efectos producidos por las condiciones de presión en que viven las plantas.

Las relaciones hídricas y la evapotranspiración en las plantas cultivadas son dos de los parámetros más adecuados que deben estudiarse para el conocimiento de su fisiología. El estado hídrico diurno o estacional en una planta arroja información que permite el entendimiento del desarrollo de una planta con diferente disponibilidad de agua y su adaptación al medio (Pozos, 1991). De hecho, la importancia ecológica de las relaciones hídricas y sus componentes (potencial osmótico, presión de turgencia, contenido de agua simplástica y apoplástica) está demostrada. En numerosas experiencias se ha observado que de dichas relaciones depende su sobrevivencia (Tyree y Jarvis, 1982; Pozos, 1991).

Por otro lado la evapotranspiración es un factor importante tomando en cuenta que por medio de este proceso la planta cede a la atmósfera entre 95 y 98% del agua que toma del suelo, mientras que el agua utilizada para su metabolismo y crecimiento es una mínima parte (2-5%) (Kramer, 1989).

La estimación de tales procesos con la medición simultánea de las variables microclimáticas es indispensable para un entendimiento mejor de la respuesta de la planta, más aún, de su integración con la producción, en el caso de un cultivo básico, de importancia económica y cultural como lo es Chile en nuestro país. En tal cultivo hortícola así como en otros deben esclarecerse incógnitas cuyos resultados brinden la oportunidad de nuevas posibilidades para mejorar la planeación y el aprovechamiento integral de los recursos cultivables.

Por lo expuesto anteriormente, en el presente trabajo se estudiaron las relaciones hídricas y la producción de Chile (*Capsicum frutescens* L.) ecotipo "caribeño" en una zona semiárida costera de Baja California Sur. Las variables ecofisiológicas evaluadas fueron el potencial hídrico, potencial osmótico, potencial de turgencia, contenido de agua simplástica y apoplástica, y evapotranspiración. También se evaluó el rendimiento y variables de crecimiento del mencionado ecotipo integrado a un desalador costero, con el fin de contribuir al conocimiento fisiológico de la especie y a la producción hortícola en zonas rurales costeras, donde sea factible la desalación solar de agua de mar.



## II. OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Evaluar las respuestas ecofisiológicas del chile caribeño (*Capsicum frutescens* L.), cultivados en diferentes tipos de acolchado y obtener un modelo de uso de agua, para la especie seleccionada, integrado a un sistema desalador de agua costero.

### OBJETIVOS PARTICULARES

- A. Aplicar mediante un sistema de desalación agua dulce a un cultivo hortícola obtenida de un desalador costero, para determinar su efectividad en el mismo, bajo tratamientos de acolchado.
- B. Evaluar el Potencial hídrico, la Transpiración, la Evapotranspiración y Resistencia Estomática de las plantas de chile para cada tratamiento.
- C. A partir del Potencial hídrico, obtener los parámetros siguientes: potencial osmótico, potencial de turgencia, contenido de agua simplástica y apoplástica, bajo diferentes tratamientos de acolchado.

- D. Conocer los cambios morfológicos y de producción mediante el registro de parámetros morfofisiológicos y de variables de producción de las plantas de Chile.
  
- E. Analizar de manera integral los datos obtenidos, para aportar un conocimiento del modelo microclimático de uso de agua por la planta en zonas áridas costeras.

### III. ANTECEDENTES

#### 3.1 Importancia del agua en la ecofisiología vegetal.

El agua es un componente determinante y esencial en lo que a las plantas se refiere ya que constituye de un 80 a un 90 % del protoplasma de las células herbáceas y un 50 % en las leñosas. Su importancia obedece a los siguientes aspectos:

- Es un disolvente esencial para el transporte de nutrientes que se encuentran de forma iónica tales como el  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $H_2PO_4$ ,  $NO_3^-$ , por ejemplo, uniéndose a ellos para hacerlos más solubles, facilitando así su paso a través de las membranas celulares y por lo tanto de todo el tejido vegetal (Lenhinger, 1985). Además de los iones, puede transportar gases tales como el  $O_2$  y el  $N_2$  que son indispensables para procesos fisiológicos de la planta, ya que se pueden adecuar dentro de los vacíos de la estructura abierta del agua líquida (Lenhinger, 1985).

- Es considerada la materia prima que las plantas toman en mayor cantidad para llevar a cabo su metabolismo (Rost *et. al.*, 1985), es decir, constituye un reactivo para aquellos procesos importantes tales como la fotosíntesis y procesos de hidrólisis (Kramer, 1989).

- El agua mantiene la forma relativamente rígida de las plantas a través de la turgencia que provoca el ensanchamiento de las células

(Kramer, 1989).

Todas las plantas requieren de una determinada cantidad de agua para mantenerse vivas y la disponibilidad de dicho elemento determina entonces su forma de vida.

### **3.1.1 Relaciones hídricas y evapotranspiración.**

La preocupación por estudiar el papel del agua dentro de la planta y la pérdida de la misma por el proceso de transpiración no ha sido preocupación exclusiva de unos cuantos, ni únicamente de nuestro país y nuestro tiempo. Desde el siglo pasado científicos como Traube (1867), Pfeffer (1877) y Uries (1889) estudiaron el papel del agua de las plantas a nivel celular, más adelante Ursprung y Owen (1916) entre otros, estudiaron el potencial hídrico y su importancia en el desarrollo vegetal, autores como Miller (1938), experimentaron la pérdida de tan gran cantidad de agua mediante el proceso de transpiración, dándose cuenta que la pérdida de agua por el mismo es más o menos del 95 % y que el restante 5 % es el que se utiliza por la planta (Kramer, 1989).

En base a los mencionados estudios y otros reportes anteriores, en la actualidad se ha venido incrementando la preocupación por este tipo de trabajos, siendo las razones principales, la carencia de agua en las zonas áridas. De aquí surgen estudios como los de Tallak, et. al. (1983 y 1984), Monson

y Smith, 1982) que abordan el tema de las relaciones hídricas de árboles y plantas en el Desierto Sonorense. Otros estudios similares son los realizados por Barradas y Fanjul (1985) en la costa de Jalisco (México) acerca del equilibrio hídrico y la evapotranspiración en una selva baja subcaducifólfia, y en lo referente a la evapotranspiración, el trabajo realizado por Black y Kelliehe (1989), entre otros.

Para conocer la respuesta de las plantas al agua disponible, a lo largo del día, se han llevado a cabo estudios que miden patrones diarios y estacionarios en las relaciones hídricas de árboles y plantas, como el de Goldstein, et. al. (1986), y en México el de Fanjul y Barradas (1987). Los trabajos realizados por Pozos (1991) en el Pedregal de San Angel, Distrito Federal, y por León de la Luz (1984), quien estudió el comportamiento estomático de la jojoba en el noroeste de México son claros ejemplos de estudios realizados sobre este tema.

Con respecto a los antecedentes referentes a cultivos que se hayan integrado a un sistema desalador costero, Clawson y Lansberg (1972) mencionan la importancia que tiene el agua obtenida de un desalador para el uso agrícola.

Como se mencionó anteriormente, el proceso de evapotranspiración lleva consigo una serie de conceptos que es necesario evaluar para entender su papel en las plantas,

relacionados con el potencial hídrico, osmótico, de turgencia, módulos de elasticidad, conductividad estomática y variables climáticas; referente a lo anterior pueden mencionarse los trabajos de Nonami y Boyer (1989) acerca de la turgencia y crecimiento a bajos potenciales hídricos; de turgencia y ajuste osmótico por Turner y Jones (1980); de respuesta estomática e intercambio gaseoso realizados por Turner et. al. (1984) y respuesta estomática a variables ambientales de plantas de café en México por Fanjul y Barradas (1985).

En el contexto anterior, son importantes también aquellos estudios que abordan los temas referentes a la manera en que las plantas responden al estrés por falta de agua y que aportan un conocimiento al mecanismo que utilizan para el mejor aprovechamiento de la misma; entre ellos están los estudios realizados por Hale y Orcutt (1987).

### **3.2 Importancia del cultivo de chile en México.**

La importancia económica del chile se hace evidente dada la diversidad de condiciones bajo las cuales se cultiva, desde el nivel del mar, en las costas del Golfo y Pacífico, hasta los 2,500 m en la Mesa Central, cubriendo diferentes características ecológicas por lo que se produce todo el año. (Pozo, 1983; Bolaño 1991).

Su distribución es mundial y se le consume fresco o en seco como condimento, en productos industrializados, y más recientemente en encurtidos y deshidratados (Bolaño, 1991). Además, en los últimos años el estudio de los metabolitos secundarios llamados capsaicinoides contenidos en el fruto, ha cobrado gran auge, con el objeto de producirlos a nivel industrial para su posible uso como fármaco en tratamientos de enfermedades cardiacas y manufactura de insecticidas de plagas agrícolas (Salgado, 1989).

Sin embargo, la importancia de este cultivo no está solamente determinada por el aspecto económico, o por la gran aceptación del mismo, sino que también juega un papel relevante en la dieta como fuente de energía, vitaminas A, C, complejo B, y minerales (Bolaño, 1991), así como su importancia cultural.

En México, el chile ha sido cultivado y usado como alimento en la dieta diaria de la población desde tiempos precolombinos. El maíz, el frijol, la calabaza y el chile fueron la base de la alimentación de las diferentes culturas que poblaron Mesoamérica. A la mencionada región se le considera como uno de los principales centros de origen del género *Capsicum*. En el país se observan diferentes tipos que tienen forma, tamaño, color y sabor muy diversos (Pozo, 1983).

### 3.2.1 Origen y características taxonómicas del chile.

El chile es una planta considerada como una de las más importantes contribuciones de América al mundo de las especies. Las especies y variedades que se engloban bajo el nombre común de chile, recibieron el nombre botánico de *Capsicum*, de Tournefort en 1719, el cuál fué confirmado subsecuentemente por Linneo (Bolaño, 1991).

El chile es una planta herbácea o arbustiva que pertenece a la familia Solanaceae. Maistre (1969) citado por Bolaño (1991), menciona que el género *Capsicum* es homogéneo aunque los botánicos no están de acuerdo en lo referente a la division de las especies, de ahí que algunas escuelas reconocen 90 especies, en tanto que otras solamente dos, mientras que y hay autores que proponen unirlas en una sola especie.

Aunque algunos autores sostienen que el género *Capsicum* se divide en dos especies *frutescens* L. y *annuum* L., otros consideran tres especies las dos anteriormente mencionadas más la especie chinense.



### **3.2.2 Características principales de Capsicum frutescens L.**

La planta presenta hábitos de crecimiento erecto. La altura promedio es de 2 m. con una forma de vida arbustiva. El ciclo de vida promedio va de 2 a 3 años. A partir del inicio de la floración se mantiene produciendo flor y fruto simultáneamente, hasta que muere la planta. Los frutos en racimo están dispuestos en las partes terminales de cada rama en forma erecta, de color verde y rojos en la etapa madura.

Las plántulas de chile que se obtuvieron para el experimento emergieron continuamente después de 14 días y hasta los 28 días de haber sido sembradas en semilleros.

Alcanzaron el tamaño para su trasplante (15 cm) un mes después de haber emergido.

### **3.3 Aprovechamiento de aguas de origen alterno.**

#### **3.3.1 Desalador costero.**

##### **Principio Operacional del Desalador Costero.**

El principio del destilador solar consiste en agua de mar contenida en un recipiente de color negro cubierta con un vidrio inclinado que permite que la radiación solar caliente el agua en el recipiente. El cristal transparente a los rayos solares retiene

el calor, "reirradiándolo" al recipiente. El agua que se evapora de éste se condensa en el cristal, donde se desliza por su inclinada superficie hacia un canal colector y de ahí al almacenamiento.

En este tipo de destilación el agua no alcanza su punto de ebullición pero sí se vaporiza lentamente, y el vapor alcanza la superficie del vidrio enfriándose por convección (Salinas, 1991).

El principio de destilación solar es aplicado a la fecha con éxito en la desalación del agua de mar, es la aplicación del ciclo hidrológico en un aparato relativamente pequeño en cuyo interior se lleva a cabo dicho evento (Howel, 1974) (Fig 1).

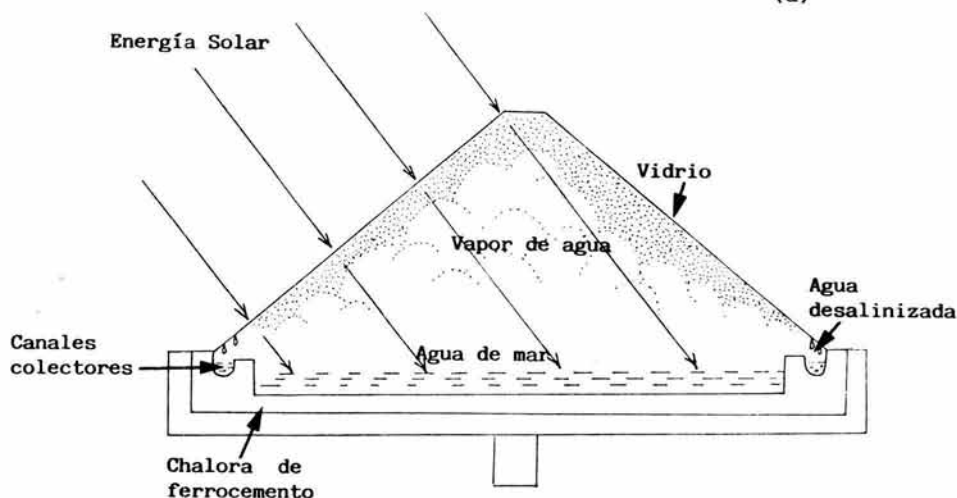
### **3.3.2 Experiencias Locales.**

#### **Descripción.**

En el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur A.C. se desarrolló por parte de la División de Diseño Tecnológico, en colaboración con el Instituto de Ingeniería (UNAM), un destilador solar que consiste en 35 charolas o recipientes de 1.7 m por 1.17 m construidas con ferrocemento, unidas entre sí y cubiertas por placas de vidrio inclinadas; los cristales están unidos únicamente con pasta de silicón sin ninguna otra estructura.

Cada recipiente es llenado con agua de mar que es obtenida directamente de un pozo a la orilla de la playa y que es bombeada a dos tinacos de 1000 litros cada uno, por medio de una bomba eólica (aerobomba). De los tinacos el agua pasa al destilador solar mediante una llave que controla la entrada del agua desalada. El desnivel del destilador provoca un flujo constante, evitando con ello la formación de cristales de sal dentro del destilador, ya que constantemente se está lavando, descargando la salmuera nuevamente al mar. El agua dulce que se produce, que es alrededor de 180 litros diarios, es almacenada en un depósito al pie del destilador y de ahí es bombeada a otro depósito a dos metros de altura por medio de una bomba eléctrica de 12 voltios cuya fuente de energía es una batería que constantemente es cargada por fotoceldas instaladas para tal efecto en el lugar (Salinas,1991).

(a)



(b)



Fig. 1 (a) Partes del desalador costero y forma en que funciona. (b) Diagrama del sistema de desalación, donde primero es bombeada el agua de mar, pasa a un tanque elevado, y de ahí al destilador. El agua obtenida cae en un depósito subterráneo, se sube por medio de una bomba al tanque elevado, donde ya es útil para el riego de la parcela.

#### IV. FUNDAMENTOS TEORICOS

##### 4.1 Evaporación y Transpiración.

El término evapotranspiración se define como el proceso de evaporación y de transpiración que se lleva a cabo en el sistema suelo-planta en una comunidad vegetal; sin embargo, si bien los dos términos se refieren a la pérdida de agua en forma de vapor, la diferencia entonces puede encontrarse en la definición de los mismos. La transpiración se define como un proceso que consiste esencialmente en la evaporación del agua de las superficies celulares y su pérdida a través de las estructuras anatómicas de la planta, principalmente por los estomas en un 80 a 90% (Torres, 1983; Rost, et al., 1985). Por su parte la evaporación es el proceso de la pérdida de agua en forma de vapor a partir de una superficie acuosa (Kramer, 1989).

La **transpiración** es un factor clave para las relaciones hídricas de la planta (Kramer, 1989), ya que origina el gradiente de energía interno y a través del tejido conductor.

La fuerza impulsora de la vaporización del agua que emerge de la superficie foliar está dada por la diferencia de presiones de vapor entre el interior de la hoja (en teoría saturada de vapor de agua) y la atmósfera (con menor contenido de agua y menor potencial hídrico).

La diferencia de potencial hídrico entre el suelo y la planta promueve el flujo de agua hacia el interior de las raíces. El movimiento del agua está dado por la diferencia de potencial hídrico que se establece entre las hojas (en contacto con la atmósfera) y la raíz. El flujo desde esta última es a su vez modificado por las resistencias establecidas por los tejidos conductores y la resistencia de los estomas. Las resistencias que se establecen están dadas por: la gravedad, la filtración hacia paredes transversales, la fricción en vasos estrechos y otras ejercidas en el mesófilo de la hoja (León, 1984).

#### **4.2 Relación suelo - planta - atmósfera.**

Para entender el proceso de evapotranspiración, es necesario recordar que la planta se encuentra como la continuidad de un camino que recorre el agua para viajar del suelo a la atmósfera, para posteriormente regresar al suelo vía condensación-precipitación, formando un reciclamiento continuo. Para que el agua a través del sistema suelo-planta-atmósfera llegue finalmente a la atmósfera es necesario que se mueva a través de la raíz, tallo y hojas de la planta, y esto lo logra en parte gracias a la energía solar que llega a las hojas. La energía radiante provoca la evaporación del agua que se encuentra en la superficie de las hojas (Pozos, 1991). La pérdida de esta agua debe remplazarse lo que significa que la cantidad de agua en la planta temporalmente se reduce; consecuentemente su potencial hídrico se reduce y el agua

disponible en el suelo se difunde hacia el interior de las raíces obedeciendo el gradiente del potencial así producido (Bidwell, 1979). Así, la planta en crecimiento puede considerarse como una unidad interpuesta en el flujo de agua del suelo a la atmósfera.

#### **4.2.1 Explicación del mecanismo transpiratorio.**

Se ha mencionado anteriormente que el agua se mueve desde el suelo hasta la atmósfera pasando por la planta en el proceso de transpiración, pero para llevar a cabo este movimiento se necesita energía que esté disponible y que se encuentre dentro de un sistema para producir un trabajo útil. En este contexto, el **potencial químico** de una sustancia en un sistema, es la medida de la capacidad de esa sustancia para realizar un trabajo y generalmente se considera igual a la **energía libre de Gibbs**, a temperatura y presión constante, (Kramer, 1989). Para el caso del agua pura, el **potencial químico** se define como **potencial hídrico** teniendo el mismo concepto que el anterior; de esta manera se explica como el agua va de la raíz a la parte superior de la planta, porque existe una diferencia de **energía libre** o **potencial hídrico** siendo en la atmósfera muy bajo con respecto al del suelo y por tanto genera la fuerza que eleva el agua de la raíz de la planta a las hojas. Es decir, mantiene el microflujo del agua hacia arriba por la tensión que así se crea y a este fenómeno se le denomina **potencial de succión** (Bidwell, 1979).

#### 4.2.2 Distribución del agua en las células.

Debido a que gran parte del agua de una planta se encuentra en las células, se hace indispensable la comprensión de la estructura de la célula y las relaciones hídricas de ella para el entendimiento de las relaciones del agua en los vegetales.

Las características generales de una célula permiten el almacenamiento y transporte del agua en toda la planta, gracias a que más de la mitad del volúmen de la **pared celular** es agua (Kramer, 1989), esta agua forma parte de la matriz de la pared, que además contiene hemicelulosa, pectina y una pequeña cantidad de proteínas. En resúmen, la pared celular es un gel altamente hidratado por lo cual el agua, los gases y las moléculas hidrosolubles penetran fácilmente (Lenhinger, 1985) y que además da rigidez a la planta evitando así el estallamiento de las células a causa de la presión de sus contenidos, gracias a las fibras de celulosa que también la forman (Pozos, 1991).

El **citoplasma** se considera también importante en el almacenamiento y transporte del agua, dado que el contenido hídrico del mismo puede sobrepasar hasta un 90 % en regiones meristemáticas y demás tejidos. En ellos el volúmen vacuolar es pequeño, y además de tener delgadas paredes, la mayor parte del agua puede encontrarse en el citoplasma (Kramer, 1989).



Otras secciones importantes donde se encuentra distribuida el agua en las células son en el **apoplasto** y en el **simplasto**, para lo cual ubicaremos primero en que consiste cada uno:

El **apoplasto** consta de todo el espacio libre, es decir, las paredes de células y los espacios intercelulares, más el tejido de la estela que da libre acceso al agua, principalmente los vasos del xilema. Lo importante de destacar es que el apoplasto es discontinuo y está separado en dos regiones, una es la corteza y los tejidos por fuera de la endodermis; la otra es el tejido de la estela, incluyendo los contenidos de los vasos conductores no vivos localizados dentro de la epidermis.

El **simplasto** consta de todos los protoplastos de la célula incluyendo los vasos de floema, es decir, la porción de las células en el interior de los límites de la membrana diferencialmente permeable externa de la célula (Bidwell, 1979).

La relación de los dos sistemas conductores está dado en el hecho de que el agua tendrá que fluir a través de un compartimento intercelular (apoplasto) y otro intracelular (simplasto) que a su vez se encuentran conectados por pequeños puentes de citoplasma llamados plasmodesmos, de tal manera que todas las células en las plantas se encuentran intercomunicadas formando una red por cuyos canales pasa el agua.

#### **4.2.3 Movimiento del agua a través de las células.**

Las plantas obtienen las cantidades de agua que necesitan de la solución del suelo. El agua entra a las plantas a través de las células epidérmicas del extremo de sus raíces. Posteriormente se desplaza a través de la corteza, la endodermis, el periciclo y finalmente en los conductos apoplásticos (xilema), los vasos y traqueidas. La solución acuosa del xilema se desplaza hacia los órganos aéreos de las plantas que necesitan un abastecimiento de agua, hacia los vástagos y frutos en crecimiento, donde el agua es almacenada en las vacuolas de las células en procesos de elongación y hacia las hojas, donde el agua se utiliza en la fotosíntesis y se pierde mediante evaporación.

En las hojas, el agua pasa de los vasos y traqueidas xilemáticas a las células del mesófilo, donde se evapora desde sus espacios intercelulares, finalmente sale de las hojas en forma de vapor de agua a través de sus estomas (Rost *et.al.*, 1985).

#### **4.3 Resistencia estomática y transpiración.**

La superficie de conducción o su inverso (resistencia) es una medida de la capacidad de la planta para abastecer de agua a sus órganos; esta es generalmente grande en plantas que transpiran grandes volúmenes de agua (como en las zonas semiáridas y

subtropicales) las cuales poseen de 2 a 3 mm/g de tejido del tallo, a comparación de otras leñosas que tienen alrededor de 0.5 mm/g (Larcher, 1977). Generalmente la absorción de agua por las raíces se inicia al amanecer y alcanza sus valores máximos antes del medio día, el flujo disminuye durante el atardecer y cae a un mínimo durante la noche. La explicación principal radica en que el potencial hídrico del aire baja drásticamente al disminuir su presión de vapor.

El agua se evapora por las superficies internas y externas de la planta en contacto con el aire, incluidos los espacios intercelulares del mesófilo. Ahí, el agua pasa al estado gaseoso y sale al espacio aéreo circundante de la hoja a través de los estomas. Si el gradiente de presión de vapor entre la superficie de la hoja y el aire se acentúa, se incrementa la difusión, siempre y cuando exista gran disponibilidad de agua en el suelo. Lo mismo sucede cuando se incrementa la temperatura. La planta puede regular la pérdida de agua mediante mecanismos de ajustes estomáticos.

El movimiento de los estomas está regulado en parte por factores ambientales, y otros propios de la planta relacionados con la presencia de hormonas, como el ácido abscísico. El grado de apertura estomática puede determinarse midiendo la resistencia al flujo de vapor de agua ( $r$ , en cm/s) o bien su conductividad (León, 1984), parámetros que son recíprocos uno de otro ( $g = 1/r$ ).

## V. METODOLOGIA

### 5.1 Descripción del área de estudio.

El presente trabajo forma parte del proyecto "Nuevos Cultivos" (T2) que se realiza en la División de Biología Terrestre del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIB), El CIB, forma parte de los terrenos costeros del Comitán que se localiza en la porción meridional de la Península de Baja California, a 24° 08' latitud Norte y 110° 24' longitud oeste, 17 Km al oeste de la ciudad de la Paz en el extremo Suroccidental de la Bahía de La Paz B.C.S., México (Cruz, 1992) (Fig. 2).

Las parcelas utilizadas para el cultivo se encuentran en terrenos costeros ubicados en la parte posterior de la División de Biología Terrestre.

#### **Suelo.**

Predomina el tipo Yermosol Háplico, que se distingue por tener una capa superficial de color claro, muy pobre en material orgánica y una clase de textura medio-gruesa (franco-arenosa), con fase química ligeramente salina en algunos sitios.

#### **Clima.**

De acuerdo con la fórmula de Köppen modificada por García

(1981), El Comitán presenta un clima de tipo Bw (h') hw (e) que es extremo, con una oscilación entre 7 y 14°C. La temperatura media del mes más cálido (agosto) es de 29.3°C y la del mes más frío, enero, es de 17.9°C, con una temperatura media anual de 24-26°C (S.P.P., 1980).

El promedio de la precipitación total del mes más lluviosos (septiembre) es de 62.2 mm y la del mes más seco (abril-mayo) es de 0.2 mm (S.P.P., 1981) (Fig.3).

#### **Vegetación.**

El tipo de vegetación principal corresponde al matorral sarcocaulé, que se caracteriza por la presencia de especies de tallo grueso y voluble, generalmente retorcido y algunos con corteza papirácea; dominan arbustos que portan hojas micrófilas y plantas anuales, que crecen sólo en temporadas de lluvia (Torres, 1992).

Se han registrado en el área 143 especies repartidas en 44 familias y 197 géneros. Las familias más representativas, sin incluir las anuales son: Euphorbeaceae, Cactaceae y Leguminosae. Otras familias está representadas por una o dos especies y la mayoría de los géneros por una sola especie; característico de floras insulares (León y Coria en prensa).

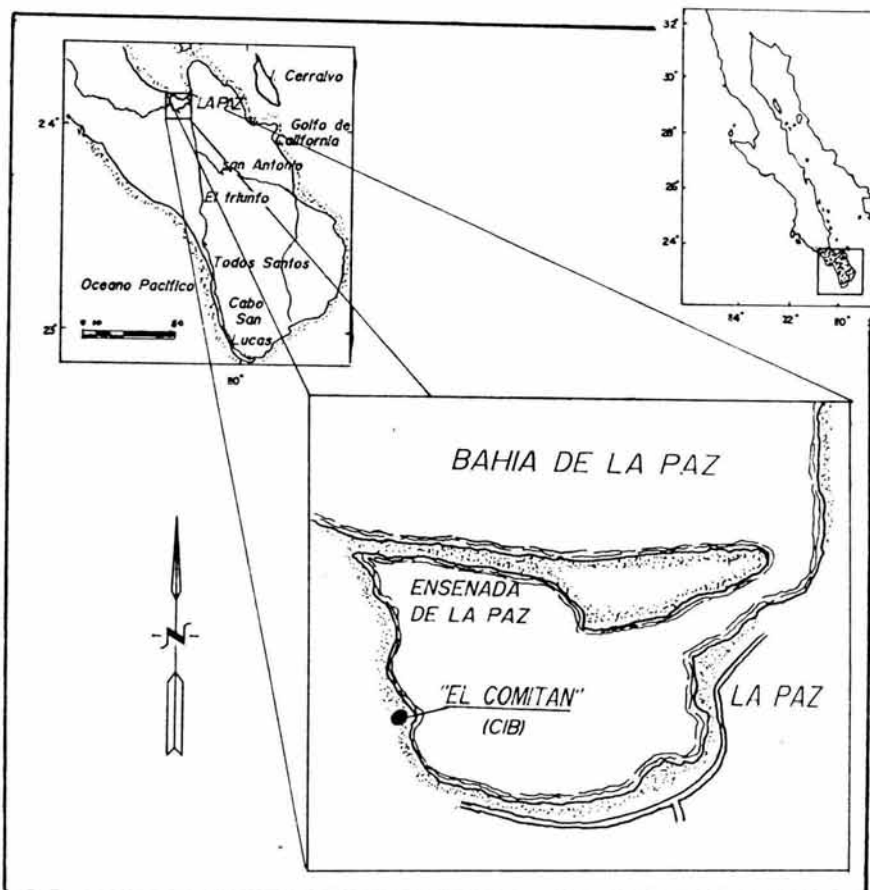


Fig. 2. El estudio se realizó en parcelas experimentales dentro del Centro de Investigaciones Biológicas de La Paz B.C.S. (CIB).

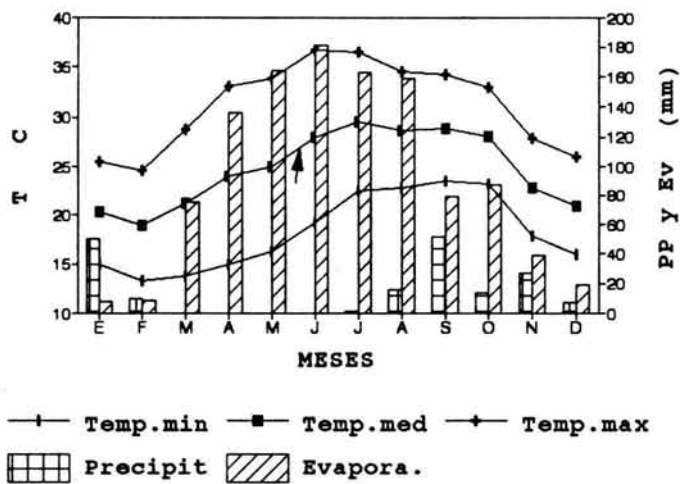


Fig. 3. Temperaturas máximas, mínimas y medias, Precipitación y Evapotranspiración durante 1993. Obtenidas de la estación climatológica del Centro.

## **5.2 Obtención del germoplasma.**

Las semillas se obtuvieron de algunas plantas que se encuentran en la población del Centenario, La Paz, B.C.S. Es importante hacer notar que dichas plantas no se encuentran en forma de cultivo, sino que se siembran de forma esporádica en los huertos familiares. También se sabe que existen pequeñas parcelas de la especie en estudio (*Capsicum frutescens* L.) hacia el sur del Estado con fines de autoconsumo.

Se sembraron tres semilleros de 13 cm de largo por 26 cm de ancho. De estos semilleros se obtuvieron 614 plantulas. Al alcanzar aproximadamente 15 cm de altura fueron transplantadas a la parcela experimental.

## **5.3 Preparación de la parcela experimental y características del suelo.**

La parcela experimental se encuentra en un terreno adyacente a la División de Biología Terrestre, en el Centro de investigaciones Biológicas, a una altitud de 2 m. El desalador costero de cuya agua se surtió a la parcela para su riego, se ubicó perpendicular a la línea costera, a 5 m del pleamar, localizándose en el flanco sur de la parcela experimental.



Se realizaron análisis químicos del suelo, en el laboratorio de suelos de la División de Biología Terrestre (Naranjo 1993), para determinar sus características físicas y químicas.

El suelo, de acuerdo a su textura se clasificó como **areno - migajosos**, con un contenido medio de arena de 80.52 %, 14.94 % de limo y 4.52 % arcilla. Otras de sus propiedades físicas y químicas son:

Porcentaje de saturación :	81.44 %
Conductividad eléctrica :	.00133 (0.01 mmhols)
Sulfatos :	0.83855 miliequivalentes/litro
Calcio-magnesio :	13.6 (me/lt)
pH :	6.51 a 22 °C.

Con el fin permitir la aereación y facilitar la penetración del agua de riego, se removió la capa superficial de suelo en sus primeros 30 cm.

Las dimensiones de la parcela fueron 6 m de largo y 5 m de ancho, por lo que se formaron 8 surcos del mismo largo con 40 cm de ancho. Los surcos se dividieron de tal forma que se formaran tres bloques en la parcela conteniendo los tres tratamientos (Fig. 4).

#### **5.4 Método de riego y características del agua.**

Una vez formados los surcos se implementó el riego por goteo en toda la parcela, con tubo de plástico flexible para este fin, procurando que la gota quedara en el lugar correspondiente a la base de la planta.

Con el fin de conocer las características del agua del desalador, se midió la Conductividad eléctrica (CE) la cual fue de 0.1 mmhos/cm a 25°C, en el laboratorio de suelos. El agua se clasifica como C1-S1 (Richards, 1977), correspondiendo a aguas de baja salinidad, que gracias a sus características puede ser usada para riego de la mayor parte de cultivos, en casi cualquier tipo de suelo con poca probabilidad de que se desarrolle salinidad.

Para conocer la efectividad del uso de agua desalada, se registró la cantidad de riegos efectuados durante la experimentación, tanto en la parcela experimental como en otra parcela con un cultivo de la misma especie irrigada con agua salobre y se multiplicó el número de riegos por la cantidad de agua usada.

#### **5.5 Diseño experimental.**

##### **5.5.1 Distribución, aplicación de los tratamientos y método de muestreo.**

Se aplicaron tres tratamientos:

(a).- Plantas con acolchado de plástico opaco.

(b).- Plantas con acolchado de plástico negro.

(c).- Plantas sin acolchado.

Los tratamientos anteriores se distribuyeron en la parcela mediante la aplicación de un diseño experimental en Cuadro Latino (Fig. 4).

Los surcos se dividieron de tal forma que se formaron tres bloques, en cada uno de los cuales estuvieran representados los tres tratamientos. Una vez determinados los bloques se colocaron plásticos de color negro y opaco, tales plásticos son utilizados en algunas parcelas agrícolas de la región con el fin de aminorar la evaporación del agua. Así, cada unidad experimental constó de tres surcos con cuatro plantas sembradas en el lomo de cada surco, a excepción de los primeros tres cuadros, que constan solamente de dos surcos, debido al espacio limitado de la superficie experimental.

La distancia entre plantas fue de 50 cm, para una densidad de 9' plantas por metro cuadrado.

I	II	III												
c	b	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="746 621 851 661">*</td> <td data-bbox="851 621 956 661">*</td> <td data-bbox="956 621 1060 661">*</td> <td data-bbox="1060 621 1054 661">*</td> </tr> <tr> <td data-bbox="746 661 851 701">*</td> <td data-bbox="851 661 956 701">* a *</td> <td data-bbox="956 661 1060 701">*</td> <td data-bbox="1060 661 1054 701">*</td> </tr> <tr> <td data-bbox="746 701 851 741">*</td> <td data-bbox="851 701 956 741">*</td> <td data-bbox="956 701 1060 741">*</td> <td data-bbox="1060 701 1054 741">*</td> </tr> </table>	*	*	*	*	*	* a *	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*											
*	* a *	*	*											
*	*	*	*											
b	a	c												
a	c	b												

Fig. 4 Los tratamientos se distribuyeron en la parcela formando un Diseño Experimental tipo Cuadro Latino. Se formaron tres bloques con los tres tratamientos en cada bloque, acolchado con plástico opaco (a), plástico negro (b) y grupo control o sin acolchado (c). En el cuadro superior derecho se muestra la forma en que se trazaron los surcos y la disposición de las plantas en cada bloque.

### **5.5.2 Labores culturales.**

Se aplicó al cultivo el insecticida fungocep a una dosis de 1.5 lt/Ha, con el fin de evitar el ataque de la mosquita blanca, lo cual se requirió solamente en dos ocasiones.

Las mangueras de riego fueron revisadas continuamente para reparar las fugas posibles, evitando alteraran los resultados en la medición de las variables.

De igual manera se eliminaron las malezas, que se desarrollaron principalmente bajo el tratamiento con acolchado de plástico opaco.

### **5.5.3 Método de muestreo.**

En cada tratamiento se etiquetaron 9 hojas de 9 diferentes plantas respectivamente (1 hoja por planta), correspondientes al surco central. De cada planta se muestreó la séptima hoja, contando de la parte superior hacia abajo, evitando así la posible diferencia en resultados por la edad de las hojas (Fanjul, 1987). Las mediciones de los parámetros se realizaron en los meses de enero, marzo y mayo, (excepto para el potencial de laboratorio que abarcaron marzo y mayo nada más) tratando de barcar todo el ciclo biológico de la planta que correspondieron a las siguientes etapas:

I. Cuando la planta alcanzó unos 30 cm. de altura para lo cuál se consideró un período de adaptación al transplante y condiciones de la parcela (Enero, 1993)

II. Etapa de floración (Marzo, 1993)

III. Durante la fructificación (Mayo, 1993)

#### **5.6 Definición de variables de respuesta.**

En cada una de las etapas fenológicas mencionadas, las variables ecofisiológicas que se midieron fueron las siguientes.-

1.- Potencial Hídrico y sus componentes:

1a.-Potencial osmótico.

1b.-Contenido de agua Simplástica y Apoplástica.

1c.-Potencial de turgencia.

2.- Transpiración

3.- Resistencia estomática

4.- Evapotranspiración

##### **5.6.1 Potencial Hídrico**

El potencial hídrico se evaluó de forma estacional, diurno y a la hora crítica del día.

##### **5.6.2 Potencial Hídrico Estacional.**

Se midió mediante la técnica de la bomba de presión (PMS

Instrument Company, Corvallis, Oregon) de Dixon (1914) y mejorada por Scholander y cols. (1964) (Kramer, 1989). Consiste en un envase construido de paredes metálicas gruesas y sellado con una tapa que cierra herméticamente. El envase está conectado a un tanque de nitrógeno el cual le sirve para incrementar la presión dentro de la bomba. La cámara posee un manómetro que mide la presión interna (Pozos, 1991).

El principio en que se basa dicha cámara es el siguiente: La cantidad de presión que debe ejercerse para impulsar el agua de las células foliares nuevamente xilema adentro se considera igual al potencial hídrico de las células foliares (Kramer, 1989). Para determinar el potencial hídrico mediante la utilización de la cámara de presión se efectuó el siguiente método secuencial.-

a).- Corte de la hoja con todo y pecíolo con una navaja o bisturí.

b).- Transporte de las hojas al laboratorio dentro de bolsas de plástico para minimizar la transpiración.

c).- Imbibición de las hojas en vasos de precipitado con agua destilada durante 24 horas hasta que se saturan de agua. (Pozos, 1991; Fanjul y Barradas, 1987). El tiempo de inmersión del pecíolo fue determinado en base a un ensayo previo en donde se midieron los pesos de las hojas cada dos horas

después de haber sido sumergidas en el agua. El peso constante de la hoja se logró a las 24 horas. A partir de este peso se empezaron a tomar las lecturas del potencial hídrico.

d).- Pasado el tiempo se pesa la hoja, y se coloca en la cámara de presión cuidando que quede el pecíolo fuera y que el tapón selle herméticamente. Se colocó en la cámara antes de cerrarla un papel absorbente humedecido con el fin de evitar el abatimiento del potencial hídrico debido a una disminución drástica de la humedad relativa.

e).- Se aumenta la presión dentro de la cámara hasta que aparezca en el pecíolo una gota de agua, anotando la presión a la que salió la gota.

f).- Una vez registrada esta medida, se saca la hoja de la cámara y se vuelve a pesar. De esta manera se tendrán dos pesos cuyos promedios servirán para calcular el contenido relativo de agua y déficit hídrico (Robichaux, 1984).

g).- Posteriormente se permite que transcurran dos minutos para permitir el equilibrio del potencial hídrico dentro de la hoja, y volver a repetir el método desde el paso c) continuamente hasta llegar a un potencial hídrico de -6.5 a -7.0 MPa (Fanjul y Barradas, 1987) o hasta que la turgencia sea mínima o tienda a cero (Pozos, 1991).



h).- Las hojas se secan en el horno a una temperatura entre 70 - 80°C durante 24 horas, lo anterior para completar los datos de los pesos y calcular el contenido relativo de agua.

### 5.6.3 Curvas Volúmen-Presión

Este tipo de curva es conocida como **curva de volúmen-presión** y se grafica con el inverso del potencial hídrico en el eje de las ordenadas contra el contenido relativo de agua o déficit hídrico en el eje de las abcisas.

El déficit hídrico para la realización de la curva se calculó mediante la siguiente ecuación.-

(Ecuación 1)

$$\text{Déficit hídrico} = \frac{\text{Peso turgente} - \text{peso de campo}}{\text{Peso turgente} - \text{peso seco}} \times 100$$

Donde el peso turgente se consideró como el peso constante que se obtuvo de mantener las hojas en agua destilada durante 24 hora. El criterio utilizado para determinar este tiempo se basó en ensayos previas realizadas con las hojas hasta alcanzar su peso constante.

Las hojas se secaron en el horno durante 24 horas a 70°C (Torres, 1983) para obtener su peso seco.

Obtenidos los datos de potencial hídrico y los pesos frescos en cada paso, así como el peso seco se graficaron empleando ejes cartesianos de la siguiente manera:

Dicha curva consta de dos partes principales como lo muestra la Figura 5, en la primera sección de la curva (a) la relación  $1/Pot$  hídrico con respecto al contenido relativo de agua (CRA) , está determinada por  $P_t$  (potencial de turgencia) y  $P_o$  (potencial osmótico), y es descrita generalmente por una función exponencial negativa. Cuando  $P_t$  es igual a cero, al alcanzar el punto de pérdida de turgencia, la relación depende solamente de los valores de  $P_o$  y se observa una relación lineal, que constituye la segunda sección de la curva (b). Dada la relación directa entre  $1/P_h$  y  $1/P_o$ , se pueden conocer los valores de  $P_o$  a cualquier CRA, por la extrapolación con la línea recta. La intersección de la ordenada proporciona el potencial osmótico a turgencia total ( $P_o 100$ ). La intersección de la curva con la abscisa, proporciona una estimación del volumen de agua en el simplasto y apoplasto (Turner, 1981; Pozos, 1991).

De acuerdo con el procedimiento anterior, puede estimarse gráficamente el **Potencial osmótico ( $P_o$ )** del tejido, dado que si el potencial hídrico se mide como una función de la pérdida de peso de agua, entonces ello implica que el potencial osmótico se calcule como una función del peso en el rango total del contenido de agua. Así  $P_o$  se obtiene ajustando por mínimos cuadrados los puntos

experimentales que describen una recta en la parte (b) de la curva P-V.

El **Potencial de turgencia** del tejido se calcula como un valor promedio de peso a partir de la gráfica descrita (Fig 5), y considerando el valor del potencial hídrico observado, se emplea usando la siguiente ecuación:

(ec.2)

$$Pt = Psi - Po$$

donde Pt= potencial de turgencia

Psi= potencial hídrico

Po= potencial osmótico

**Falta página**

**N° 40**

El empleo de la fórmula anterior está fundamentado en que el valor de  $\Psi$  es la suma del valor de  $P_t$  más el valor de  $P_o$  (Pozos, 1991).

Otro parámetro importante que se consideró es el **agua simplástica y apoplástica** a partir de la primera gráfica descrita, anotando el valor al cual la curva se intercepta con el eje de las abscisas. El contenido relativo de agua indicado por el intercepto, es el valor promedio del agua simplástica del tejido, el % faltante para completar el 100 % es el valor del agua apoplástica (Tyree y Jarvis, 1982).

#### **5.6.4 Potencial Hídrico Diurno.**

En cada tratamiento se midió el potencial hídrico en campo desde que salió el sol (alba) hasta el ocaso ( ciclo diurno), con intervalos de 2 horas.

Los datos diurnos obtenidos se analizaron mediante una gráfica de potencial hídrico contra las horas del día para conocer el comportamiento hídrico de la planta.

#### **5.6.5 Potencial Hídrico a la Hora crítica.**

Las mediciones de Potencial Hídrico a la hora crítica se realizaron considerando el intervalo en el cual se presentaron las temperaturas más altas del día. Se muestreó diariamente durante una semana a finales del mes de junio y principios de julio. Las plantas se irrigaron a capacidad de campo solamente el primer día de mediciones, pretendiendo conocer la tendencia del potencial hídrico a través del abatimiento en la disponibilidad de agua.

#### **5.6.6 Variables ecofisiológicas y microambientales.**

Se registró la Transpiración (TR), Resistencia estomática (RE), Temperatura de la hoja (TH), Humedad relativa (HR) y Temperatura del aire (TA) por medio de un porómetro LI-1600 LICOR inc. Lincoln Nebraska USA. Simultáneamente a las mediciones de potencial hídrico diurno, y a la hora crítica. Las mencionadas variables se concentraron en cuadros para su análisis e interpretación posterior (anexo).

El uso del porómetro consiste en colocar una muestra del tejido vegetal en contacto con la cubeta (receptáculo con los sensores integrados) afianzándolo sobre la apertura que tiene la pared de la cubeta. Cuando la hoja es afianzada, entra en contacto con un termopar que mide la temperatura foliar; un termistor es

usado para medir la temperatura del aire y otro para medir la humedad relativa. En resumen, el porómetro proporciona la medición instantánea de las siguientes variables:

- Temperatura del aire, en °C.
- Temperatura foliar, en °C.
- Humedad relativa, en %
- Conductividad estomática, en  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
- Transpiración, en  $\mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$

Los resultados se registraron en tablas (anexo).

#### 5.6.7 Evapotranspiración

Se puede determinar gravimétricamente por diferencia de consumo, en intervalos de riego y en el intervalo del último riego hasta la fecha de madurez fisiológica. Para determinar la Evapotranspiración Total (Et) se suman finalmente los consumos parciales para obtener la lámina total consumida durante el ciclo vegetativo (Torres, 1983). Para llevar a cabo el procedimiento anterior se realiza la siguiente ecuación :

(ec. 3)

$$ET(\text{diaria}) = \text{Lámina calculada} / \text{Intervalo de riego}$$

La lámina calculada de evapotranspiración es la lámina teórica de riego que un suelo puede retener a una determinada profundidad

de humedecimiento para satisfacer los requerimientos de evapotranspiración:

(ec. 4)

$$\text{Lámina calculada ET} = (\text{CC} - \text{PMP}) \times \text{DA} \times \text{PR}$$

Donde:

CC = capacidad de campo

DA = Densidad aparente (gr/cm<sup>3</sup>)

PR = Profundidad (cm)

PMP = Punto de Marchitamiento permanente

La capacidad de campo (CC) de un suelo es el contenido de humedad que queda en el suelo, hasta 24 horas poosterior a un riego óptimo, después de haberse drenado el exceso de agua. Para la determinación de la capacidad de campo, deben colectarse muestras del suelo húmedo cuando se considere que se tienen las condiciones apropiadas. El muestreo se puede hacer en una capa de suelo a partir de la profundidad de 30 cm. CC se calcula mediante la siguiente ecuación:

(ec. 6)

$$\text{CC} = \frac{(\text{Peso húmedo a cc (gr)} - \text{peso seco (gr)})}{\text{peso seco (gr) de una determinada muestra de suelo.}}$$

CC = -----  
peso seco (gr) de una determinada muestra de suelo.

El punto de marchitamiento permanente (PMP) de un suelo es el contenido de humedad de un suelo en el cual algunas plantas indicadoras se marchitan y no se recuperan al trasladarse a una



cámara húmeda. Para fines prácticos se puede calcular con una olla de presión, donde se somete una muestra de suelo a una presión de 15 atm. durante un determinado tiempo, según el fabricante (15 min generalmente). Sin embargo, el dato se obtuvo dividiendo la capacidad de campo correspondiente entre 2.2 como valor establecido para suelos arenosos (Torres, 1983).

La densidad aparente (DA) del suelo es el peso del suelo seco por unidad de volúmen en condiciones de campo y se calcula con la siguiente ecuación.-

(ec. 7)

$$DA = \text{peso del suelo seco (gr)} / \text{Volúmen total (cm}^3\text{)}$$

Para la determinación de DA se muestreó un volumen determinado de suelo, se secó al horno a 110 °C durante 24 horas y se obtuvo su peso seco, dividiéndolo entre el volúmen total. (Aguilera y Martínez, 1980).

#### **5.6.7 Porcentaje de humedad basado en el peso del suelo seco (%).**

El porcentaje de humedad (%H) del suelo se determinó gravimétricamente, pesando las muestras húmedas antes de secarse a la estufa a 110 °C durante 24 horas. Después del secado se pesó nuevamente y se calculó el contenido de humedad con la siguiente ecuación (Torres, 1983; Aguilera y Martínez, 1980):

(ec. 8)

$$\% H = \frac{\text{peso del suelo húmedo} - \text{Peso del suelo seco}}{\text{Peso del suelo seco}} \times 100$$

Las muestras de suelo se colectaron antes y después del riego de la parcela 2 veces por semana.

Los datos obtenidos se concentraron en hojas de registro (anexo).

#### **5.6.8 Variables morfológicas.**

Un día antes de cada medición de potencial hídrico diurno, se estimaron las variables fisiológicas de las plantas:

a)- Número de Hojas (N.H.).- Se contaron todas las hojas de las plantas representativas de cada tratamiento.

b)- Area Foliar (Af).- Se determinó con las hojas de los mismos individuos muestreados para los potenciales hídricos, con un integrador L1-COR L1-300, que mide el área directamente, en cm<sup>2</sup>.

c)- Area Foliar Total (Aft).- Se estimó multiplicando el área foliar promedio estimada para una hoja representativa, por el número total de hojas presentada en cada planta, descartando las hojas significativamente más pequeñas para evitar el sesgo en la

estimación.

d).- Índice de área foliar (Iaf).- Se calculó a partir de los diferentes promedios de las áreas foliares y su relación con el área del círculo que proyecta la cobertura aérea.

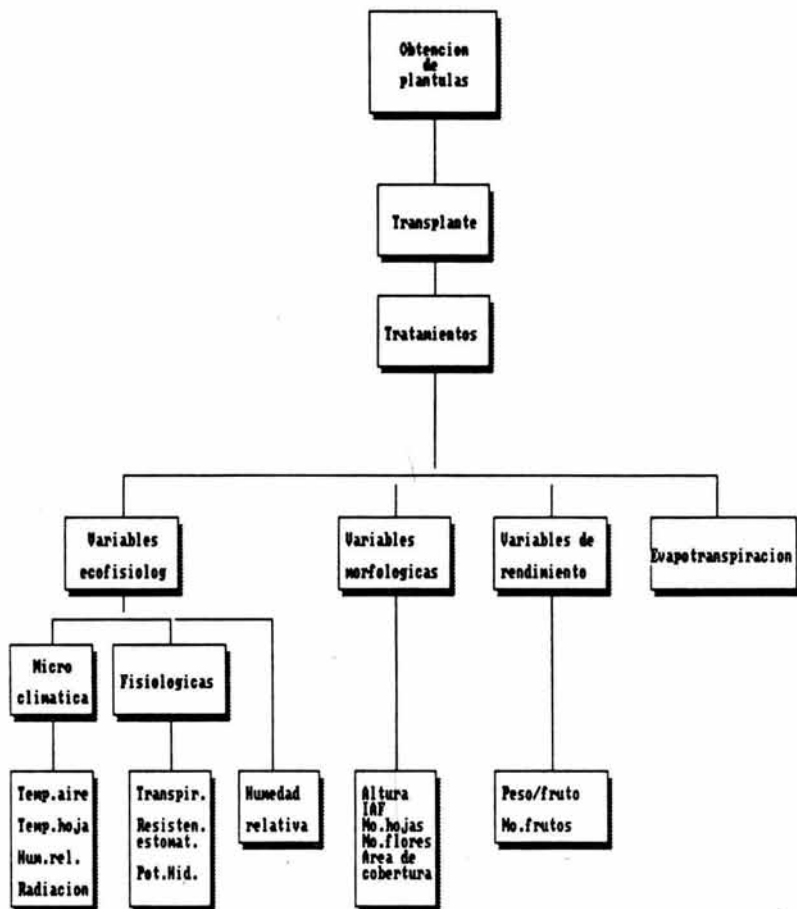
e).- Altura Total (At).- Se determinó con un flexómetro (cinta métrica), desde la base del tallo en contacto con la superficie del suelo hasta la porción vegetativa más alta.

f).- Área de cobertura (Ac).- Se calculó promediando el diámetro mayor con el diámetro menor de la planta. El área se estimó aplicando la fórmula del círculo ( $A = \pi d^2$ ).

#### **5.6.9 Variables de producción y rendimiento.**

El cálculo de rendimiento obtenido se basó en la producción del número de plantas totales del cultivo (96 plantas) en el área de la parcela (30 m<sup>2</sup>); la producción obtenida se extrapola a la superficie correspondiente a una hectárea (Ha), como tradicionalmente se realiza (Torres, 1992).

Se determinó el número de frutos producido por planta, así como el peso correspondiente de los mismos por planta, para cada cosecha. Se estimó la producción total por tratamiento en cada



Esquematzación de los pasos seguidos en la metodología, así como las variables de respuesta medidas a lo largo de la experimentación.

cosecha, así como la producción global de todas las cosechas.

De la misma manera que las variables anteriores los datos se concentraron en hojas de registro (anexo).

### **5.7 Análisis estadístico.**

Los datos obtenidos de cada variable fueron sometidos a análisis de varianza de un factor (ANOVA) con prueba de Tukey, con el fin de determinar las diferencias significativas entre tratamientos, e inferir el comportamiento de cada uno de estos.

Para el caso de las curvas volúmen y variables morfológicas diurnas, se realizaron pruebas de regresión lineal, para determinar la relación causal entre las variables analizadas.

## **VI. RESULTADOS**

### **6.1 Cantidad de riegos efectuados.**

El total de riegos efectuados en la parcela durante el tiempo de experimentación fue de 99 riegos de 20 litros cada riego para un total de 96 plantas. El total de litros gastados de agua desalada fue un total de 19,800 litros.

La cantidad de riegos cuantificados en la parcela comparativa con irrigación salobre fue de un total de 20 riegos de 5,000 litros cada riego para 300 plantas.

Se calculó el gasto de agua para cada planta de ambas parcelas dando para la de irrigación con agua desalada un total de 206.25 lt/planta y para la parcela irrigada con agua salobre un total de 332.33 lt/planta. Por lo que la diferencia de gasto en éste último caso es de 127.08 lt/planta en comparación con el gasto de agua desalada.

### **6.2 Resultados de las tendencias de la curva volumen-presión.**

Las Figuras 6 a 11 (a) muestran las curvas volumen-presión, ajustadas por mínimos cuadrados, para las cuales se obtuvieron coeficientes de correlación ( $r$ ) de 0.9 el cual sugiere una estrecha asociación y elevado ajuste de las mismas. Como se mencionó anteriormente, mediante estas curvas se puede obtener el valor del

contenido de agua simplástica, apoplástica, potencial osmótico a turgencia cero y potencial osmótico a turgencia total.

La sección (b) de las mismas figuras muestra en cada uno los valores que corresponden al potencial de turgencia, potencial hídrico y potencial osmótico, obtenido para cada tratamiento en los meses de marzo y mayo.

De los resultados obtenidos en los tres tratamientos se pueden establecer las siguientes consideraciones: 1) el potencial osmótico se mantuvo por debajo del potencial hídrico, 2) los tres potenciales (hídrico, osmótico, y de turgencia) mostraron una tendencia similar en cuanto a que disminuían conforme aumentaba el déficit hídrico y 3) El potencial hídrico disminuyó gradualmente hasta que el potencial de turgencia desapareció en un determinado déficit hídrico en el cual el único componente del potencial hídrico fue el potencial osmótico ( $\Psi = P_o$ ), al reducirse la turgencia a un valor mínimo no significativo.

En cada caso analizado la suma del valor de potencial osmótico y de turgencia proporcionó su correspondiente valor de potencial hídrico. Lo anterior confirma la ecuación del potencial hídrico (Ec.3), presentando los datos obtenidos un margen de error mínimo.

$$\Psi = P_t + P_o \quad (\text{Ec.3})$$

Fue notorio que el punto de déficit hídrico donde el único componente del potencial hídrico fue el potencial osmótico, difirió notablemente en los tres tratamientos (cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentajes de déficit hídrico en los cuales ocurre plasmólisis incipiente ( $\Psi_i = P_o$ ) para cada tratamiento.

<u>Tratamiento</u>	<u>Plást.opaco</u>	<u>Plást.negro</u>	<u>Sin plást.</u>
marzo	2.78	14.9	6.5
mayo	8.5	6.8	19.0

Como se observa en el cuadro anterior, el porcentaje mayor de déficit hídrico correspondió al acolchado de plástico negro en marzo y al tratamiento sin acolchado en mayo; es decir, mostraron un comportamiento contrario en los dos meses. Lo contrario sucedió para el mes de mayo.

El valor mínimo lo presentaron las plantas de plástico opaco en el mes de marzo, el cual mostró un intervalo menor en sus valores. La importancia del déficit hídrico al cual los potenciales hídricos y osmóticos se igualan, nos indica el contenido hídrico de la planta en donde la turgencia se reduce a cero y se presenta una plasmólisis incipiente (Kramer 1989).

Si las plantas sin plástico presentaron un valor de déficit hídrico más alto en mayo, que correspondió al mes más caluroso,



presumiblemente se puede decir que se debió al incremento en la temperatura y a la evaporación directa del suelo. El preacondicionamiento de las plantas en el tratamiento testigo pudo haber causado que representaran una mayor resistencia al déficit hídrico.

### 6.2.1 Potencial Hídrico.

Los potenciales hídricos para todos los tratamientos en marzo fueron similares, oscilando de -0.4, el más alto, a -2.2 el más bajo; lo anterior sugiere que las plantas mantuvieron potenciales hídricos bajos, debido a la pérdida de agua (Cuadro 2).

Cuadro 2. Potenciales hídricos (MPa) máximos y mínimos para cada tratamiento en los meses de marzo y mayo.

Mes	Marzo		Mayo	
<u>Trat.</u>	<u>Máx.</u>	<u>Mín.</u>	<u>Máx.</u>	<u>Mín.</u>
P.opaco	-0.7	-1.55	-1.45	-1.9
P.negro	-0.8	-1.6	-0.4	-1.05
Sinplas.	-0.7	-1.06	-2.2	-3.4

En mayo, el comportamiento hídrico de las plantas se presentó diferente; los valores más negativos se presentaron para las plantas sin acolchado. Si se observa el valor máximo de las plantas con acolchado negro, la diferencia con el mínimo presentado por las plantas sin acolchado es de 3 unidades de MPa, lo cual es significativamente diferente.

### 6.2.2 Contenido de agua apoplástica y simplástica.

El contenido de agua simplástica (AS) se calculó a partir del intercepto de las curvas de las abcisas y el de agua apoplástica (AA) como la diferencia hasta llegar a cien por ciento de déficit hídrico (Pozos, 1991). No obstante en marzo los tres grupos presentaron el mayor porcentaje de agua en el apoplasto, las plantas sin acolchado contenían menos de la mitad de agua simplástica de la que contenían las plantas con plástico opaco. En lo que respecta a las del tratamiento de plástico negro, presentaron un valor intermedio entre estos dos casos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de contenido de agua apoplástica (AA) y simplástica (AS), para cada tratamiento en los meses de marzo y mayo.

Mes	Marzo		Mayo	
	AS	AA	AS	AA
P.opaco	32.7	67.3	44.7	55.3
P.negro	25	75	17	83
Sin plas.	12.8	87.2	66.1	33.9

En mayo en las plantas del tratamiento de acolchado opaco, el contenido de agua foliar parece haber estado repartido casi equitativamente entre el apoplasto y el simplasto. Sin embargo, las plantas sin acolchado presentan el doble de agua contenida en el simplasto que en el apoplasto, y las de plástico negro presentaron la mayor parte del agua en el apoplasto (Cuadro 3).

Las plantas sin acolchado presentaron un cambio drástico de marzo a mayo, donde después de contener la mayor parte del agua fuera de la célula, ésta incrementa su contenido en mayo, hasta alcanzar el valor doble del contenido de agua en el xilema.

### 6.2.3 Potencial osmótico.

En el cuadro 4, se presentan los valores de potencial osmótico obtenidos del ajuste de las curvas volúmen presión por mínimos cuadrados.

Cuadro 4. Potencial osmótico (MPa) a turgencia cero  $p(0)$  y turgencia total  $p(100)$ , correspondiente a los meses de marzo y mayo.

Mes	Marzo		Mayo	
	$p(0)$	$p(100)$	$p(0)$	$p(100)$
Trat.				
Plást. opaco	-0.66	-1.01	-0.55	-1.42
Plást. negro	-0.67	-1.07	-1.13	-1.96
Sin plástico	-1.00	-0.81	-0.32	-2.36

En el mes de marzo el grupo control, sin acolchado, presentó un comportamiento contrario a los dos tratamientos con plástico, su valor más bajo correspondió al potencial osmótico a turgencia cero ( $p_0$ ) y el más alto al potencial osmótico a turgencia total ( $p_{100}$ ). Lo anterior contrasta con los tratamientos con plástico cuyos valores máximos correspondieron al potencial osmótico a turgencia cero y los mínimos a turgencia total.

En mayo, el potencial osmótico en los tres tratamientos se

observó más positivo a turgencia cero que a turgencia total. El valor más negativo correspondió a las plantas sin plástico.

#### 6.2.4 Potencial de turgencia.

El potencial de turgencia se obtuvo a partir de la ecuación del potencial hídrico (Ec.3). El cuadro 5 muestra los valores de potencial de turgencia para cada tratamiento durante los meses de marzo y mayo.

Cuadro 5. Potencial de turgencia (MPa) de los tratamientos bajo estudio para el mes de marzo y mayo.

<u>Tratamiento</u>	<u>Plást.opaco</u>	<u>Plást.negro</u>	<u>Sin plást.</u>
marzo	0.24944	0.249748	0.075
mayo	0.264	0.2102	0.3203

La tendencia de la reducción del potencial de turgencia con la disminución del potencial hídrico es la misma en todos los casos (Figuras 6-11). Sin embargo, el potencial de turgencia presentado por las plantas sin acolchado en marzo, fue notablemente menor (cuadro 5).

El comportamiento de este parámetro con respecto al potencial hídrico en los dos meses para los tratamientos y grupo control, fue como se esperaba, mientras más positivo se presentó el potencial hídrico, más turgente se mostró la célula, disminuyendo, conforme disminuyó el potencial hídrico (Figura 12-13).

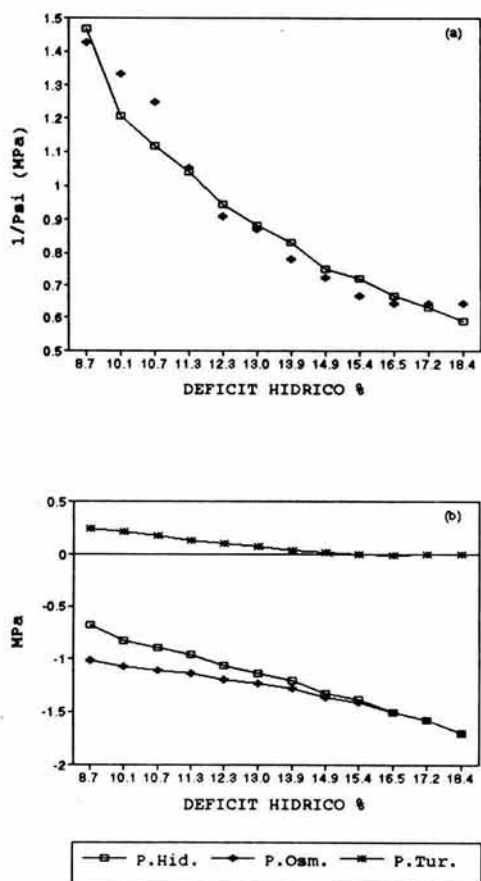


Fig. 6. Curva volumen-presión (a) Potencial Hídrico, (b) osmótico y de turgencia. Los datos corresponden al mes de marzo. **Tratamiento con acolchado opaco.**

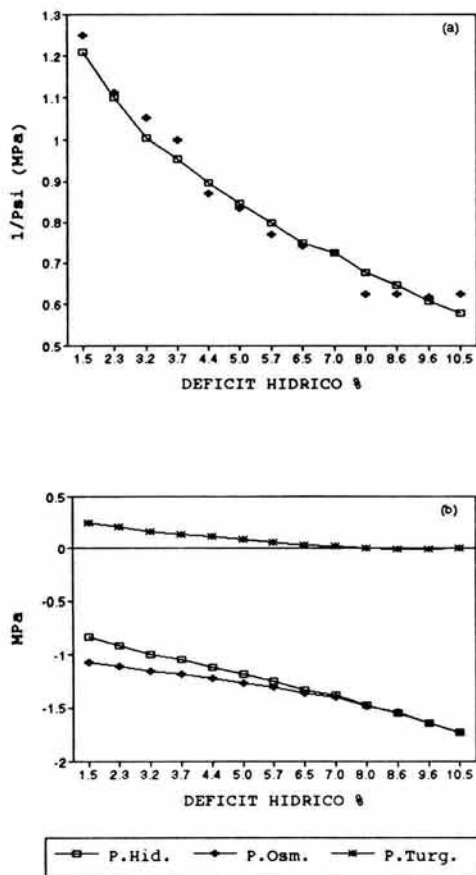


Fig. 7. Curva volumen-presión (a) Potencial Hídrico, (b) osmótico y de turgencia. Los datos corresponden al mes de marzo. Tratamiento con acolchado negro.

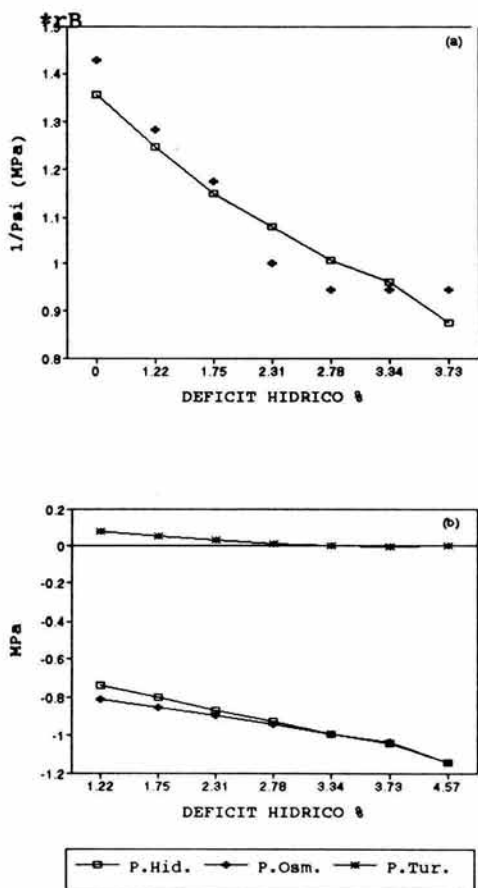


Fig. 8. Curva volumen-presión (a) Potencial Hídrico, (b) osmótico y de turgencia. Los datos corresponden al mes de marzo. Tratamiento sin acolchado.

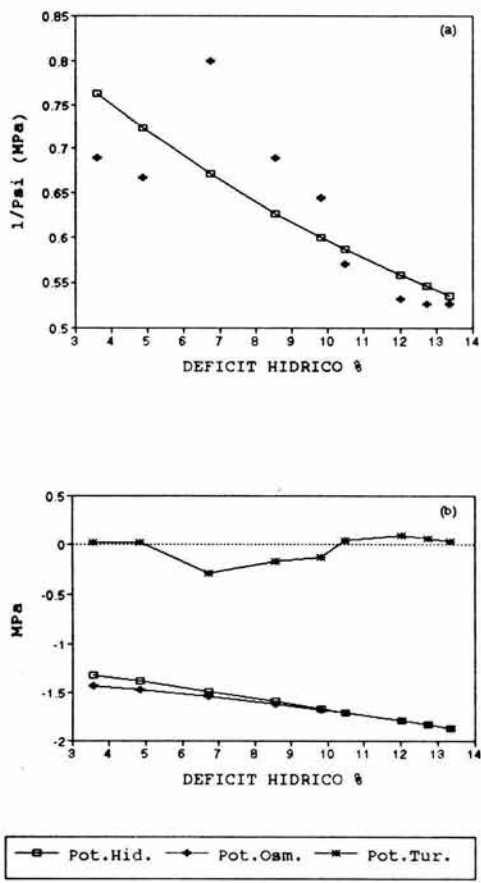


Fig. 9. Curva volumen-presión (a) Potencial Hídrico, (b) osmótico y de turgencia. Los datos corresponden al mes de mayo. **Tratamiento con acolchado opaco.**



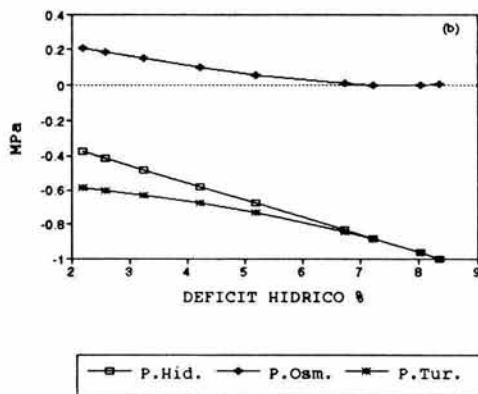
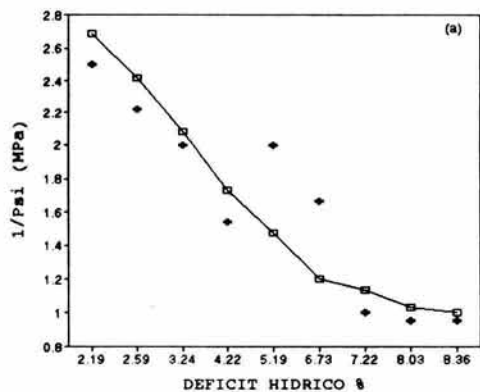


Fig. 10. Curva volumen-presión (a) Potencial Hídrico, (b) osmótico y de turgencia. Los datos corresponden al mes de mayo. Tratamiento con acolchado negro.

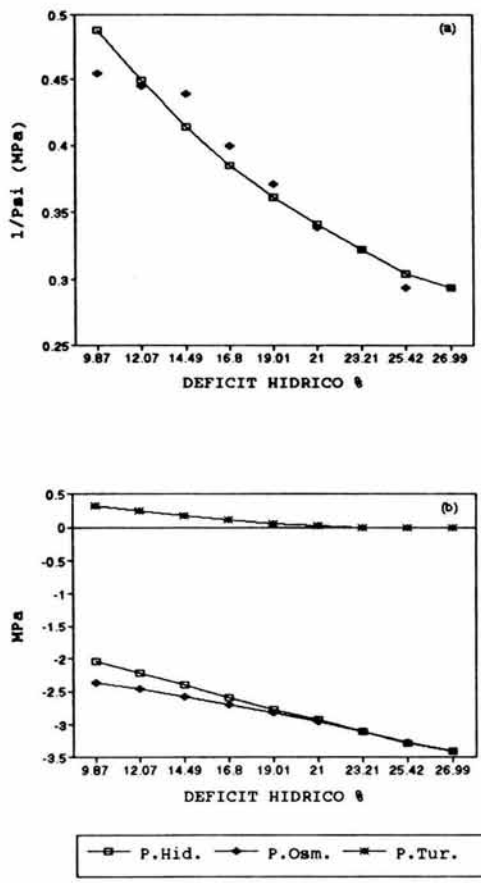


Fig. 11. Curva volumen-presión (a) Potencial Hídrico, (b) osmótico y de turgencia. Los datos corresponden al mes de marzo. **Tratamiento sin acolchado.**

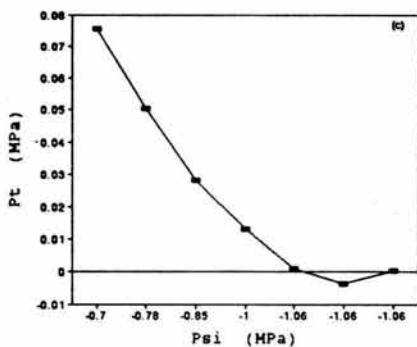
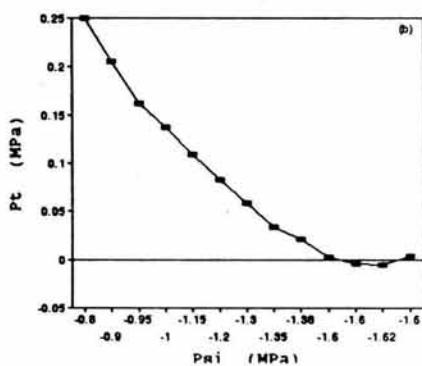
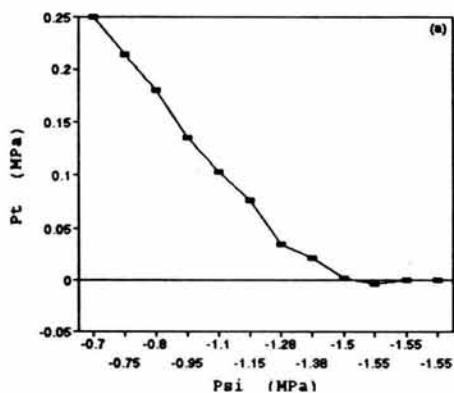


Fig. 12. Comportamiento del potencial de turgencia (Pt) en relación con los valores de potencial hídrico (Psi) en marzo, para los tratamientos con acolchado opaco (a), acolchado negro (b), y grupo control (c).

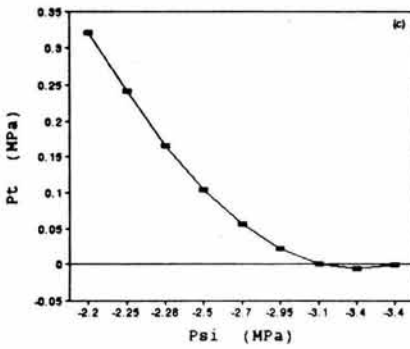
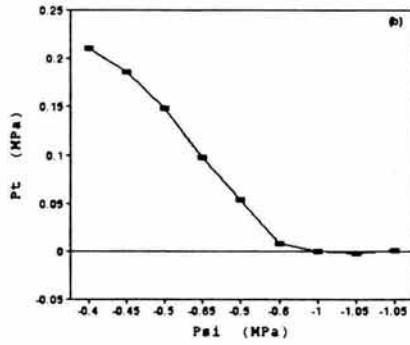
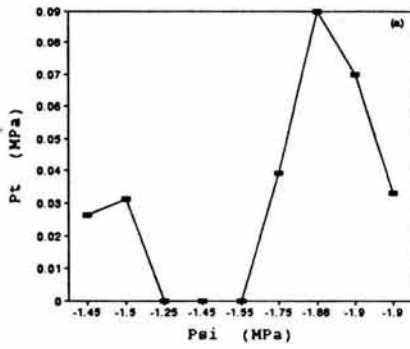


Fig. 13. Comportamiento del potencial de turgencia (Pt) en relación con los valores de potencial hídrico (Psi) en mayo, para los tratamientos con acolchado opaco (a), acolchado negro (b), y grupo control (c).

### 6.3 Resultados de los datos diurnos registrados para las variables ecofisiológicas.

Los análisis estadísticos no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos para las variables fisiológicas (potencial hídrico, transpiración, resistencia estomática y temperatura de la hoja) y microclimáticas (temperatura del aire, humedad relativa y radiación) diurnas (anexo cuadro 1 al 3).

Las tendencias que se obtuvieron para las plantas en los tres meses de mediciones, se mostraron de la siguiente manera:

Los potenciales hídricos ( $\Psi$ ) más bajos se presentaron para enero entre las 13.5 y 15.5 horas, para marzo a las 13.5, y para mayo entre las 11.5 y 13.5 horas del día (Fig.14, a, b, c). Aunque las horas a las que se mostraron los valores más bajos de potencial hídrico varió con una diferencia de 2 horas, el intervalos en que estos valores se mantuvieron fue el mismo en enero y mayo. A las mencionadas horas les denominamos *horas críticas* debido a que se presentaron los valores extremos de las variables ecofisiológicas (Fig. 15-17).

En general las variaciones del  $\Psi$  se presentaron conforme lo esperado, de acuerdo a las tendencias de las variables fisiológicas (transpiración, resistencia estomática y temperatura de la hoja)

y variables microclimáticas (temperatura del aire, humedad relativa y radiación) (Figs.15-17).

En los dos tratamientos y grupo control, la temperatura foliar, humedad relativa, temperatura del aire y radiación, coincidieron en sus valores máximos a las horas correspondientes a los mínimos de potencial hídrico en los tres meses (Fig.15-17, a,b,c,f). En el caso de la radiación solar se observó una anomalía, ya que presentó un descenso a las 11.5 horas, que se debe a que el porómetro no se podía poner de tal manera que le diera el sol al sensor por la posición de la hoja.

La resistencia estomática fue muy variable (Fig.15-17, (f)), aparentemente, presentaron un patrón en donde los valores máximos parecen estar más relacionados con la radiación y transpiración que con cualquiera de las demás variables, aunque no se pudo detectar un patrón plenamente establecido. La resistencia difirió del esquema planteado en el párrafo anterior.

Dentro de las mediciones diurnas de transpiración, se presentó una hora para los tres meses cuyos valores fueron extremos, a comparación de los valores de las demás horas (Figs. 15-17, (e)), dicha hora coincidió con los valores más bajos del  $\Psi$ . En mayo y enero la transpiración se comportó de manera inversa al  $\Psi$ , aunque los valores que se presentaron para ambos meses fue muy diferente (cuadro 6). A diferencia de estos dos meses, la transpiración en

enero bajo a la misma hora en que lo hizo el  $\bar{\psi}$ . Los valores fluctuaron desde los mínimos de marzo hasta poco menos de los valores máximos observados (cuadro 6).

Cuadro 6. Valores máximos y mínimos de Resistencia estomática  $s\ cm^{-1}$  (RE) y transpiración  $g\ cm^{-2}\ s^{-1}$  (TR), en los tres meses de mediciones.

Meses	Enero		Marzo		Mayo	
	RE	TR	RE	TR	RE	TR
	máxima	0.24	77.47	8.9	123.6	2.49
mínimo	0	11.94	0	4.7	1.14	3.81

Con el fin de encontrar las relaciones más estrechas entre las variables, se realizaron regresiones lineales, cuyos datos y parámetros se presentan en el cuadro 7, para cada mes con los valores de correlación más significativos.

Las letras en negrillas representan las relaciones coincidentes para los tres tratamientos.

Las relaciones que no se presentan en el cuadro, tuvieron valores de correlaciones muy bajos, por lo que sólo se muestran los más significativos.

El  $\bar{\psi}$  en los en los meses de medición para los tres tratamientos parece estar relacionado de forma significativa con

la temperatura de la hoja, y del aire en enero y marzo. Es lógico que se haya presentado una relación entre la temperatura del aire y la hoja, y es importante así mismo hacer notar que la temperatura foliar se mantuvo casi siempre cuando mucho 1°C bajo la del aire (Tallak, 1983).

Las demás correlaciones entre las variables estuvieron relacionadas en mayor o menor grado, como se observa el cuadro 7 los resultados muestran una fluctuación que sugiere una amplia flexibilidad plástica de la planta responder al ambiente.

Nota: TH = Temperatura de la hoja

TA = Temperatura del aire

HR = Humedad relativa

RAD = Radiación

Psi = Potencial hídrico

RE = Resistencia estomática

TR = Transpiración

\* = Correlación estadísticamente significativa ( $r > 0.7$ ;

$P_e = 0.05$ )



Cuadro 7. Relaciones de variables entre tratamientos en los tres meses de mediciones. Incluye los valores del coeficiente de correlación (r).

Enero	P.opaco	r	P.negro	r	Sin plas.	r
	Psi-RAD	.444	-	-	Pi-RAD	.354
	Psi-TH	.619	Psi-TH	.619	Psi-TH	.448
	Psi-TA	.633	Psi-TA	.633	Psi-TA	.462
	TH-TA	.979*	TH-TA	.97*	TH-TA	.979 *
	TH-RAD	.526	-	-	TH-RAD	.585
	-	-	TR-RAD	.46	-	-
	-	-	TR-TA	.389	-	-
	-	-	TR-RE	.373	-	-
	-	-	RE-HR	.332	-	-
	-	-	RE-TA	.463	-	-
	-	-	RE-RAD	.630	-	-
	-	-	RE-TR	.373	-	-

Marzo	P.opaco	r	P.negro	r	Sin plas.	r
	Psi- TH	.736*	Psi-TH	.415	Psi-TH	.663
	Psi-HR	.379	-	-	Psi-HR	.702*
	Psi-TA	.721*	Psi-TA	.412	Psi-TA	.659
	TR-TA	.409	TR-TA	.335	-	-
	TR-TH	.385	-	-	-	-
	-	-	TR-RES	.417	-	-
	TH-TA	.987*	TH-TA	.98 *	TH-TA	.994*
	TH-HR	.723*	TH-HR	.746*	TH-HR	.869*
	TH-TR	.385	-	-	-	-
	TH-RAD	.388	-	-	TH-RAD	.467
	RE-TR	.407	RE-TR	.417	-	-

Mayo	P.opaco	r	P.negro	r	Sin plas.	r
	Psi-TH	.630	Psi-TH	-	Psi-TH	.687
	Psi-HR	.553	-	-	Psi-HR	.713*
	Psi-TA	.416	-	-	Psi-TA	.652
	Psi-RAD	.755*	-	-	Psi-RAD	.467
	Psi-TR	.37	-	-	Psi-TR	-
	-	-	Psi-RE	.412	Psi-RE	.369
	TR-HR	.446	TR-HR	.544	-	-
	TR-TA	.473	TR-TA	.583	-	-
	TH-RAD	.635	TH-RAD	.601	-	-
	TH-TA	.951*	TH-TA	.984*	TH-TA	.97*
	-	-	TH-HR	.798*	-	-
	-	-	-	-	RE-TR	.459
	-	-	-	-	RE-TH	.559
	-	-	-	-	RE-TA	.436
	-	-	-	-	RE-HR	.376

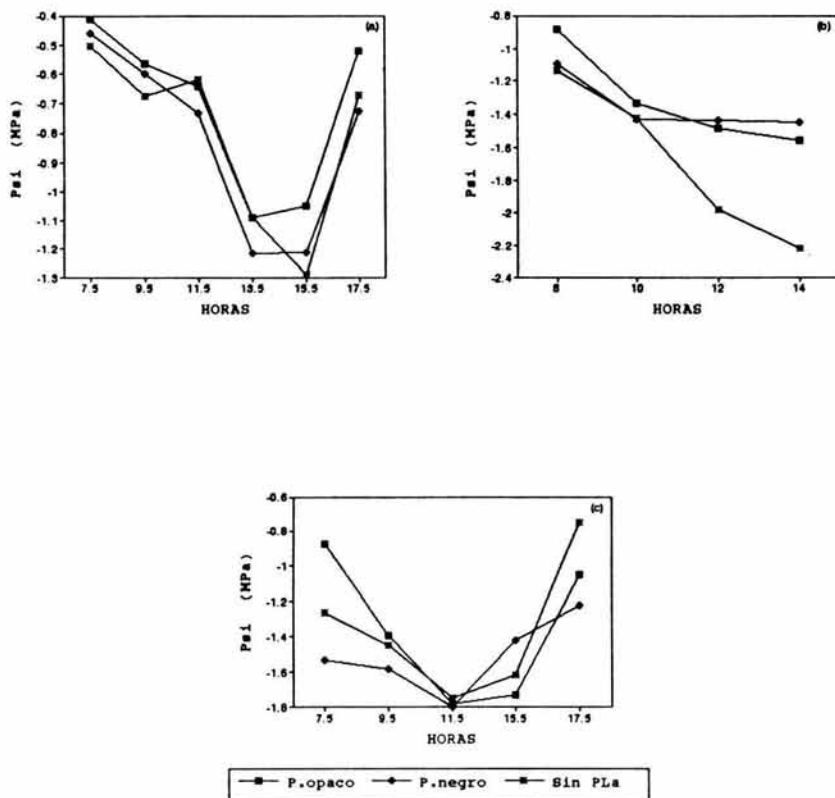


Fig. 14. Potencial Hídrico (Psi) medido a lo largo del día (diurno) en enero (a), marzo (b) y mayo (c) para cada tratamiento (P.opaco, P.negro) y grupo control (Sin plast.). Cada punto representa el valor de la media de  $n = 27$ . Para valores de desviaciones estándar ver anexo.

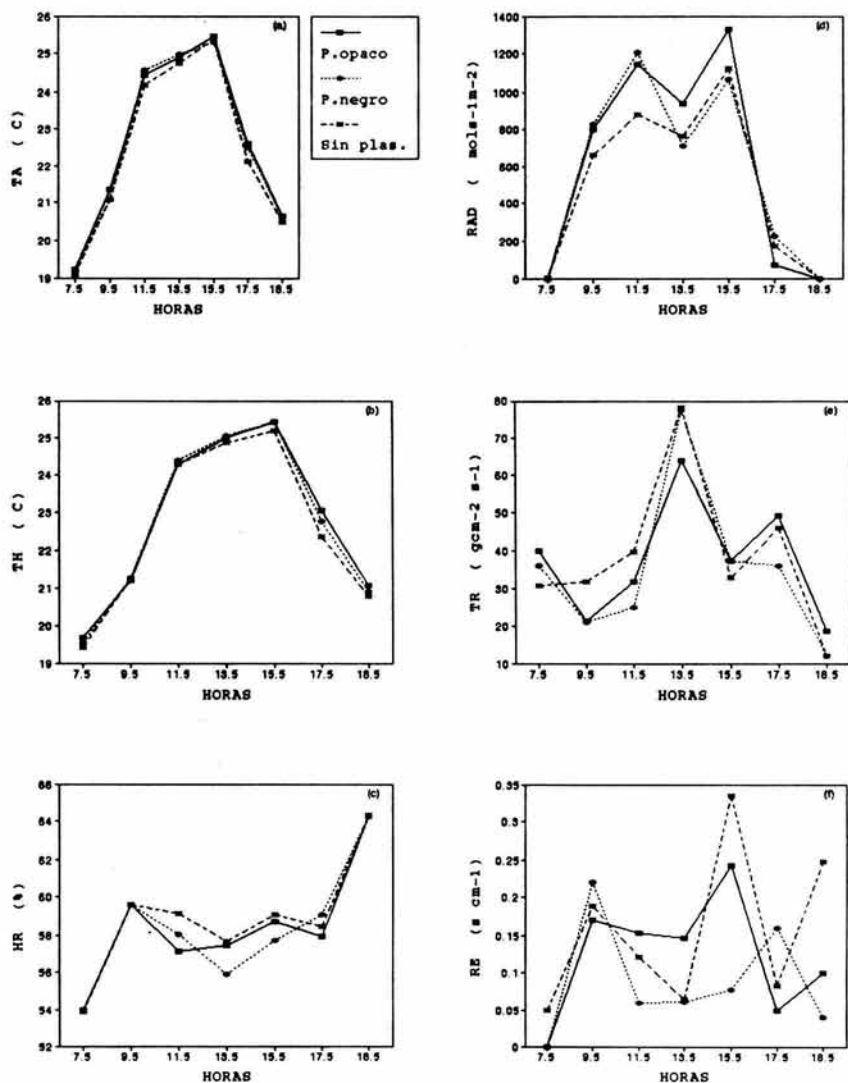


Fig. 15. Variables ecofisiológicas diurnas, Temperatura del aire (TA a), Temp. de la hoja (TH b), Humedad Relativa (HR c), Radiación (RAD d), Transpiración (TR e) y Resistencia Estomática (RE f) de enero, para cada tratamiento y grupo control. Para valores de desviaciones estándar ver anexo.

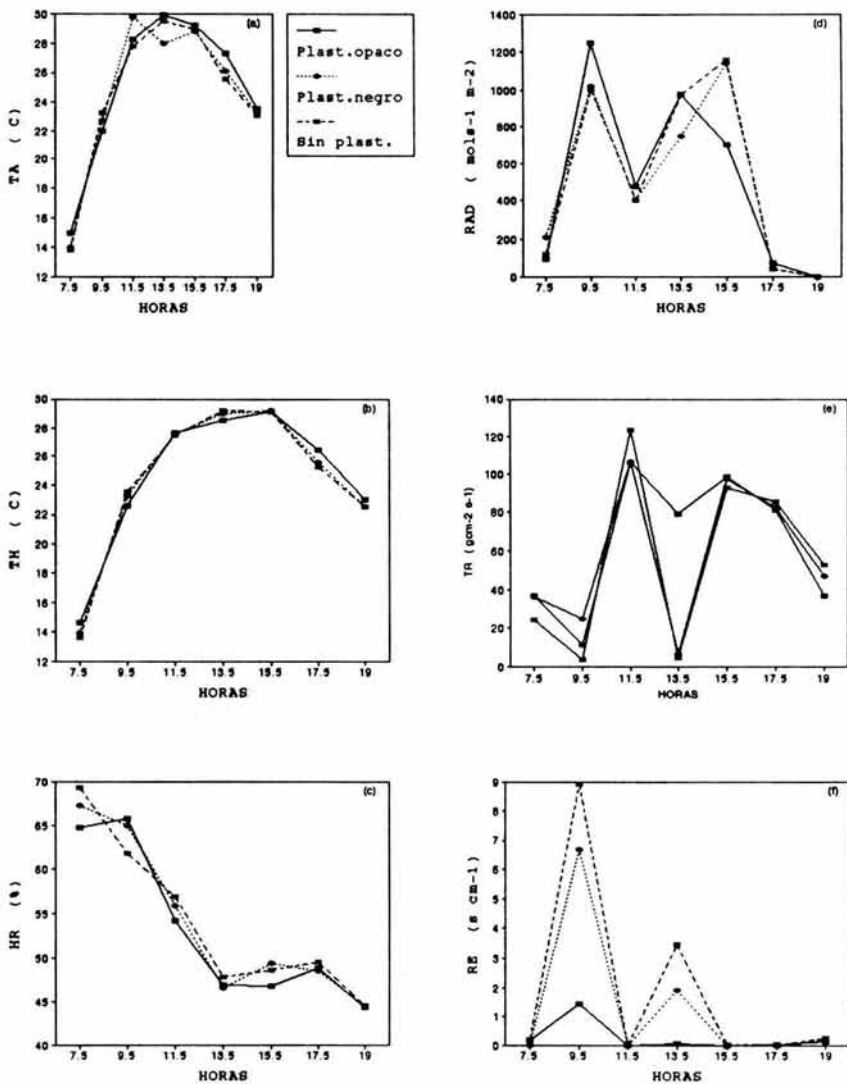


Fig. 16. Variables ecofisiológicas diurnas, Temperatura del aire (TA a), Temp. de la hoja (TH b), Humedad Relativa (HR c), Radiación (RAD d), Transpiración (TR e) y Resistencia Estomática (RE f) de marzo, para cada tratamiento y grupo control. Para valores de desviaciones estándar ver anexo.

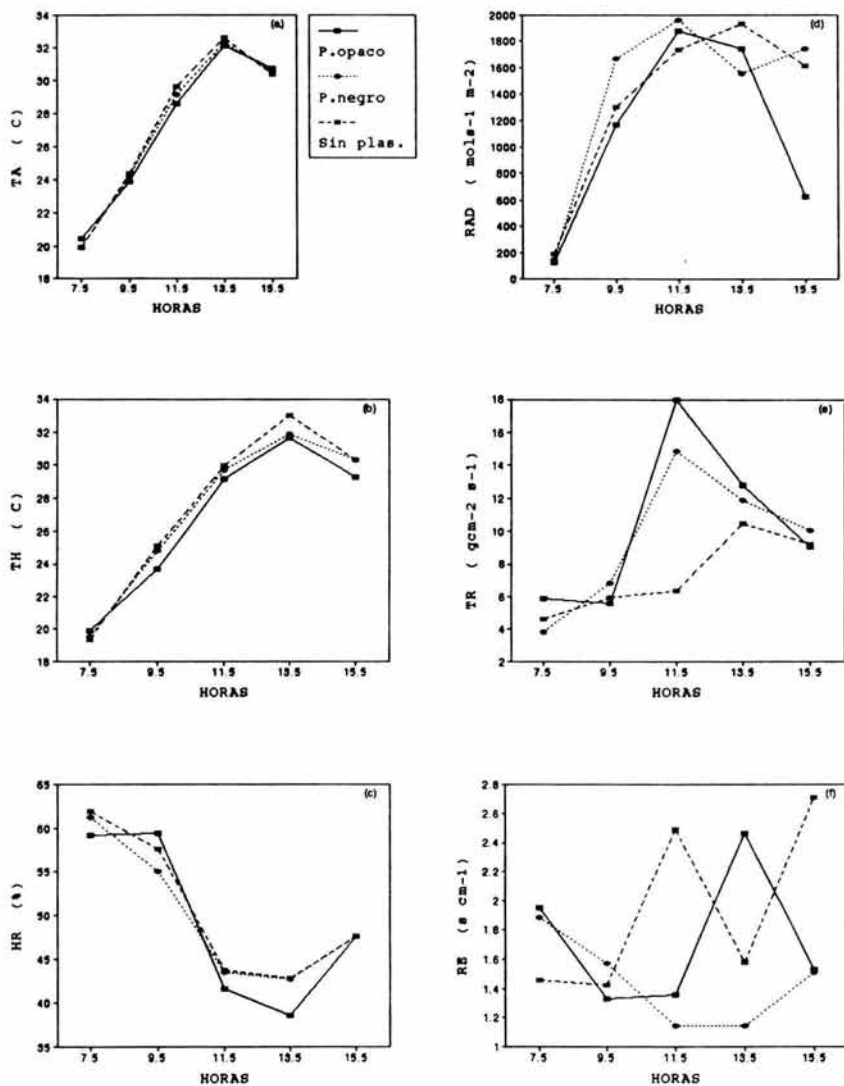


Fig. 17. Variables ecofisiológicas diurnas, Temperatura del aire (TA a), Temp. de la hoja (TH b), Humedad Relativa (HR c), Radiación (RAD d), Transpiración (TR e) y Resistencia Estomática (RE f) de mayo, para cada tratamiento y grupo control. Para valores de desviaciones estándar ver anexo.

#### 6.4 Resultados de las variables ecofisiológicas a la hora crítica.

Pozos (1991) encontró en *Senecio praecox* que a las 13 horas, el  $\Psi$  presentó sus valores mínimos. Esta tendencia fue atribuible a dos aspectos; 1) se presentó en el día de la medición la temperatura máxima y, 2) la cantidad de agua disponible fue menor que en las mediciones anteriores. De igual manera, en las mediciones diurnas en el presente trabajo se presentó una *hora crítica* en los tres tratamientos, donde los valores de  $\Psi$  fueron los más bajos; efectivamente, dichos datos correspondieron a la temperatura foliar y del aire más altas en cada medición (Figs. 14-17); sin embargo, no se puede concluir lo mismo con respecto al contenido de agua, ya que este factor fue controlado por los riegos.

En base a lo anterior, se decidió medir el  $\Psi$ , y otras variables ecofisiológicas, durante 6 días a la hora crítica; en este caso las plantas fueron irrigadas solamente el primer día de medición en el mes de junio.

Los resultados no mostraron diferencias significativas entre tratamientos, en cuanto a las variables ecofisiológicas evaluadas (anexo cuadro 4 a 9) el  $\Psi$  se mostró bajo como en los ciclos diurnos; sin embargo, las plantas del tratamiento de plástico opaco mostraron en los seis días los potenciales más bajos con respecto a las plantas con plástico negro y plantas sin acolchado.

La tendencia de las variables medidas a lo largo de los 6 días se muestra en las gráficas de la Figura 19, así como el  $\Psi$  (Fig. 18).

Una caída drástica en los valores de las variables se muestra en el día 4o. de medición. Es importante mencionar que a partir del tercer día las condiciones climáticas difirieron de los primeros días, y precisamente el cuarto día estuvo muy nublado y diferencialmente más fresco. Lo anterior se manifestó en la radiación, en el aumento de la humedad del ambiente, la temperatura foliar y del aire. En general, las variables registradas descendieron considerablemente; en el caso de las temperaturas, disminuyeron 6°C en relación con las obtenidas el día anterior.

La relación que se observó entre las variables a través de las mediciones sugirió claramente el mecanismo ecofisiológico que estaba operando en la planta: El incremento de la humedad en el ambiente favoreció el descenso de la transpiración por medio de un cierre parcial de los estomas (aumento relativo en la resistencia estomática). Pasadas esta anomalía o interferencia y conforme las condiciones climáticas volvían a ser las características del lugar, se reflejó nuevamente en las variables fisiológicas la presión a la que la planta fue sometida los seis días sin riego. El  $\Psi$  se abatió drásticamente al igual que la resistencia estomática (los estomas empiezan a abrirse más), debido al aumento en la demanda de agua evaporativa.

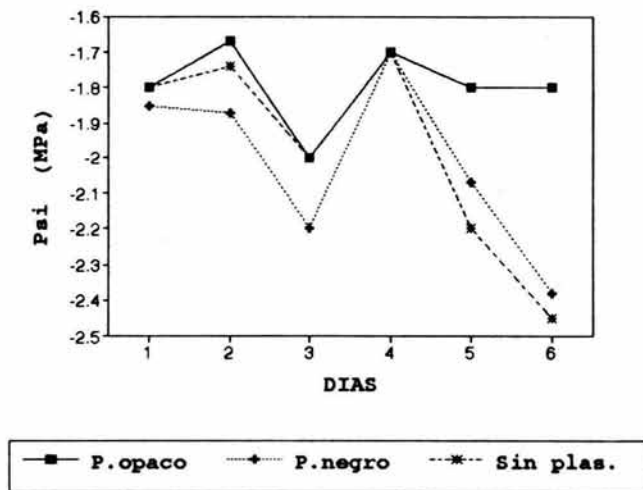


Fig. 18. Potencial hídrico de los tratamientos y grupo control medidos a la hora crítica durante la última semana de junio. Cada punto representa el promedio de n=9.



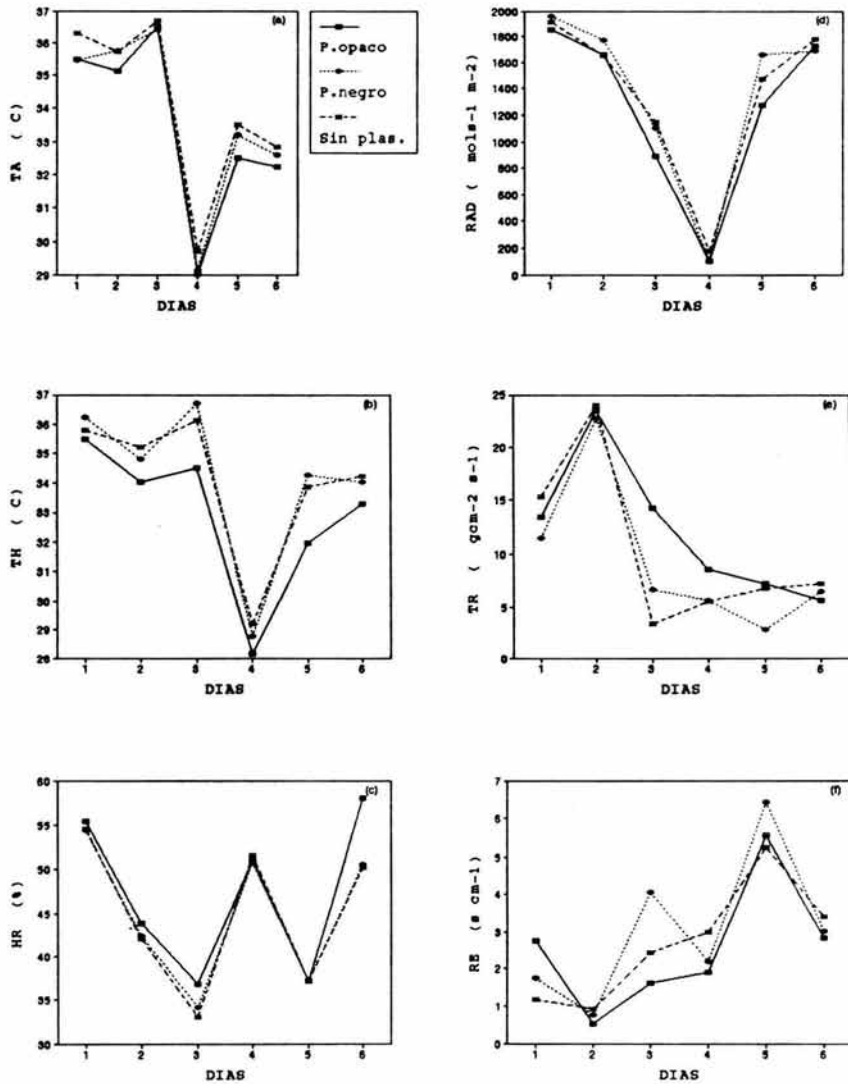


Fig. 19. Temperatura del aire (TA a), Temperatura de la hoja (TH b), Humedad Relativa (HR c), Radiación (RAD d), Transpiración (TR e), Resistencia estomática (RE f), de los tratamientos y grupo control a la hora crítica del día, tomados durante la última semana de junio. Cada punto es la media de n=9.

### 6.5 Estimación de la evapotranspiración real.

La evapotranspiración se midió del mes de enero al mes de junio de 1993. Se obtuvo la evapotranspiración diaria para cada tratamiento por el método gravimétrico (Torres, 1983). Los datos se analizaron por medio de una prueba de varianza con prueba de Tukey, para conocer posibles diferencias, tanto entre tratamientos como entre meses (Fig.20).

Estadísticamente no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (anexo cuadro 11), sin embargo, se observó una clara tendencia, en donde los valores más bajos de evapotranspiración (0.225511 mm/día) correspondieron al tratamiento con acolchado de plástico negro para todos los meses. Los valores del tratamiento con acolchado de plástico opaco están por arriba de los del grupo control en los meses de enero, marzo y abril (Cuadro 8).

Los resultados indicaron que las plantas del grupo control en el mes de mayo y junio presentaron la más alta evapotranspiración con valores máximos de 2.5 mm/día en los dos casos (Cuadro 8). Los mencionados meses corresponden a las máximas temperaturas registradas para la zona (Fig.3).

### **6.5.1 Resultados de humedad edáfica.**

Las plantas de chile con la cubierta de plástico opaco, mostraron en los meses de medición una humedad mayor a las dos profundidades medidas. Las plantas control mostraron la humedad más baja a la profundidad de 30 cm en los tres meses y las de plástico negro a una profundidad de 15 cm (Fig.21).

Cuadro 8. Evapotranspiración diaria (mm/día) de chile caribeño bajo tratamientos de acolchado de plástico, en el Comitán, B.C.S. 1993.

Mes	Tratamiento	Evapotranspiración (mm/día)
Enero	a	.8428
	b	.32857
	c	.4714
Febrero	a	.3079
	b	.22551
	c	.4620
Marzo	a	2.1435
	b	1.5498
	c	1.9647
Abril	a	2.122
	b	1.91
	c	1.46
Mayo	a	1.4
	b	.9
	c	2.5
Junio	a	2.11
	b	1.92
	c	2.52

Tratamiento a = Acolchado con plástico opaco  
 b = Acolchado con plástico negro  
 c = Sin acolchado (control)

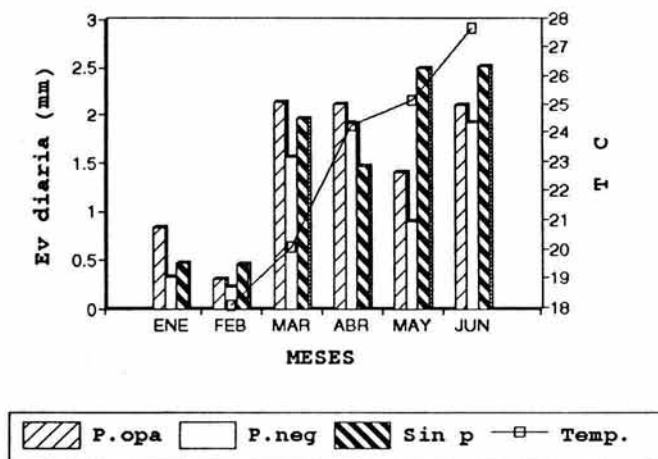


Fig. 20. Evapotranspiración registrada durante los meses de muestreo, calculada por el método gravimétrico (Torres, 1983). n= 9.

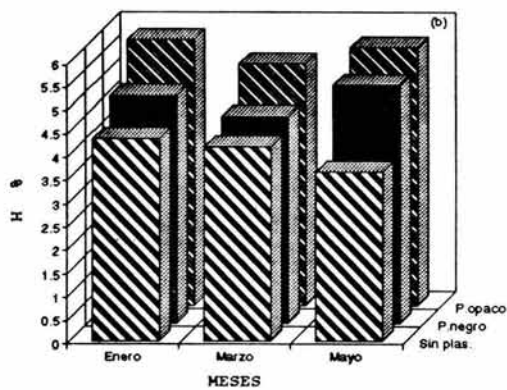
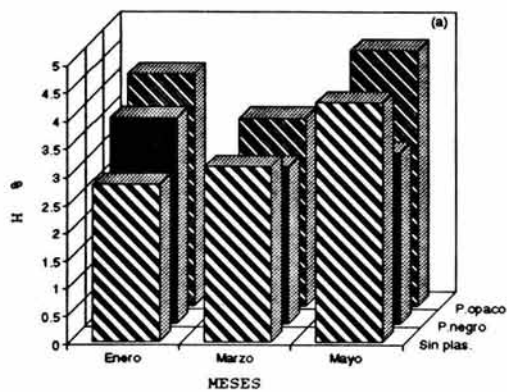


Fig. 21. Porcentaje en la humedad de suelo para cada tratamiento durante los meses de medición, Tomada a 15 (a) y 30 cm (b) de profundidad.

## 6.6 Resultados de variables morfológicas

El desarrollo de las plantas bajo los dos tratamientos y el grupo control en el mes de enero, fue muy similar (anexo cuadro 12). El número de hojas, flores, altura, área foliar total e índice de área foliar, fue similar, sobresaliendo muy ligeramente el grupo control o sin acolchado (Fig. 22).

Aunque en marzo las variables morfológicas aumentaron notablemente para los tratamientos y el grupo control, este último fue quien presentó el menor desarrollo de enero a marzo, incluso el número de flores disminuyó en este mes (Fig 22)(anexo cuadro 13).

El número de flores, de hojas, y la altura en mayo aumentó nuevamente en los dos tratamientos y grupo control, donde sobresalió significativamente la altura y número de flores en las plantas con plástico opaco (anexo cuadro 14). A diferencia de estas variables el índice foliar y el área foliar total disminuyó presentándose similar en los tres casos. En general, todas las plantas mantuvieron la producción de hojas, pero éstas disminuyeron de tamaño, lo que era notorio a simple vista.

Por otro lado el desarrollo de las plantas sin acolchado de plástico fue notoriamente más lento y tardío (Fig. 22), asimismo la producción de flores fue menor, el de las plantas con plástico opaco fue constante y las de acolchado negro intermedio.

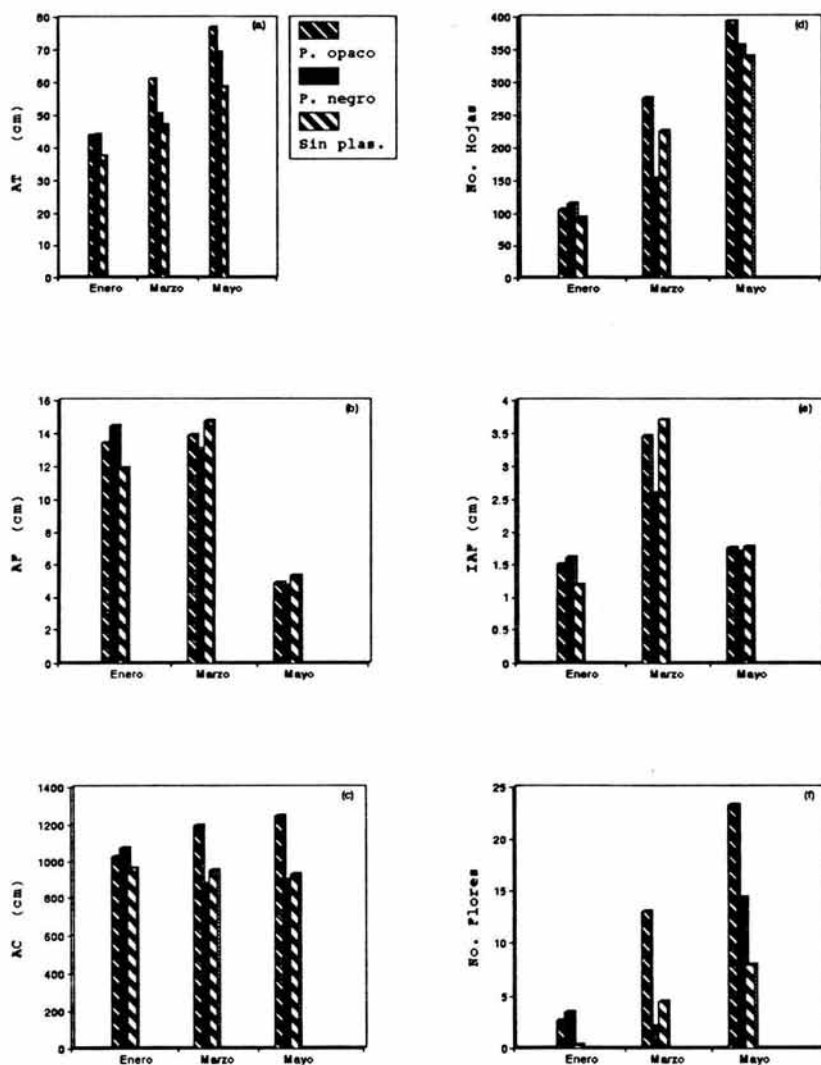


Fig. 22. Resultados obtenidos de variables morfológicas altura total (AT a), área foliar (AF b), área de cobertura (AC c), No. de hojas (d), índice de área foliar (IAF e), No. de flores (f). En los meses de medición, para cada tratamiento y gpo. control, n=9. Para valores de desviaciones estándar ver anexo.



## **6.7 Resultados de producción y rendimiento.**

Se obtuvieron a largo de la experimentación un total de 4 cosechas, de las cuales se tomó el número de frutos y peso total de los mismos en cada tratamiento.

Las plantas con acolchado de plástico opaco y plástico negro presentaron una producción significativamente mayor que el grupo control (anexo cuadro 15). Las cosechas 1 y 2 presentadas en el cuadro 7 corresponden a principios y finales de marzo, respectivamente; la 3a. cosecha se efectuó a mediados de abril y la 4 a finales de mayo.

La producción entre cosechas presentó diferencias significativas para un mismo tratamiento (anexo cuadro 16). En el cuadro 7 se observa que las plantas con acolchado de plástico negro y sin plástico fueron disminuyendo su producción, a diferencia del tratamiento restante, que aunque disminuyó en la cosecha 2 y 3, volvió a aumentar en la última (Cuadro 9).

Al analizar la cantidad de frutos por planta de los tratamientos y grupo control en las cuatro cosechas se obtuvieron diferencias significativas entre el tratamiento control y el de plástico opaco (anexo cuadro 17). De acuerdo a lo anterior el tratamiento con plástico opaco favoreció una producción significativamente más alta de frutos que el control, mientras que

el de plástico negro presentó valores de producción y rendimiento intermedios (Cuadro 10).

Cuadro 9. Resultados del peso total (grs) y por planta de cada tratamiento y grupo control en cada cosecha.

TRATAMIENTO	COSECHA	PESO/TRAT	TOTAL	GRS /PLANTA	
				(gramos)	Trat
Plástico Opaco (a)	1	1,638	5,781	54.60	192
	2	1,334		44.46	
	3	1,476		49.22	
	4	1,333		44.45	
Acolchado Plástico Negro (b)	1	1,375	4,660	45.84	150.32
	2	1,122		37.24	
	3	1,032		33.29	
	4	1,131		36.40	
Sin Acolchado Control (c)	1	1,553	3,643	51.77	120.9
	2	549		17.73	
	3	728		23.51	
	4	812		27.08	

Cuadro 10. Número de frutos producidos por tratamiento y planta en cada cosecha.

TRATAMIENTO	COSECHA	#FRUTO/TRAT	TOTAL	#FRUTO/PLANTA	
				Trat	Total
Acolchado Plástico Opaco (a)	1	1,212	5,570	40.15	6
	2	1,320		42.6	
	3	1,486		47.9	
	4	1,552		50.06	
Acolchado Plástico Negro (b)	1	1,081	4,421	32.19	4.6
	2	1,209		39.12	
	3	1,007		32.48	
	4	1,124		38.19	
Sin Acolchado Control (c)	1	1,163	3,727	32.19	4.5
	2	720		39.12	
	3	836		32.48	
	4	1,008		38.19	

## VII. DISCUSION

La producción mayor de chile la presentaron las plantas del tratamiento de acolchado con plástico opaco lo cual sugiere que el estado hídrico interno de ellas fue el menos crítico, al compararlo con los dos tratamientos restantes. El mayor desarrollo de flores, hojas y área de cobertura, en cuanto a las mediciones de variables morfológicas, también sugiere respuestas más favorables, en comparación con las plantas con plástico negro y grupo control; lo anterior coincide con los resultados obtenidos por Hall (1979).

El porcentaje de humedad edáfica del suelo cubierto con plástico opaco, fue el mayor durante la experimentación, por lo que la planta parece haber tenido suficiente agua para ofrecer una producción de chile sostenida y elevada, en comparación con el tratamiento de cobertura de plástico negro y el grupo control. En el testigo (grupo control), se reflejó la ausencia de la cubierta de plástico, mostrando la menor producción, asociada a una menor humedad edáfica en el perfil del suelo (Fig 21), por lo que con respecto a las plantas con plástico tuvieron una mayor presión ambiental.

Los resultados del presente trabajo coinciden con los de Foth (1980), quien estableció que la diferencia de producción entre tratamientos con acolchado de plástico negro se debe a que los plásticos de color oscuro ejercen los siguientes efectos directos

sobre la parcela (1) absorben la mayor parte de la radiación solar, (2) reducen las pérdidas de calor del suelo por radiación y (3) disminuyen la evaporación del agua de la superficie del suelo. Dichas propiedades son benéficas en lugares fríos donde se necesitan aumentar las temperaturas del suelo para fomentar el crecimiento de la plantas, sin embargo, en lugares con temperaturas altas como lo es la región de Baja California Sur, al llegar los meses más cálidos puede elevar la temperatura a tal grado que puede convertirse en una presión agobiante adicional para las plantas, como presumiblemente sucedió en el presente trabajo experimental.

El plástico opaco a diferencia del plástico negro, permitió una absorción de radiación y una temperatura más moderada, y sobre todo evitó la evaporación de la humedad, permitiendo un mejor estado hídrico de la planta (Foth, 1980).

El hecho de que las plantas con plástico opaco presentaron una evapotranspiración mayor a las demás plantas, excepto en los meses de mayo y junio donde los valores máximos de evapotranspiración correspondieron a las plantas sin acolchado (Fig. 20), se le puede atribuir a que fue el tratamiento de mayor humedad edáfica durante toda la experimentación (Fig 21). Lo anterior se debió a que existió una mayor disponibilidad de agua para que se llevara a cabo el proceso de evapotranspiración. Con respecto a las plantas sin acolchado, como se esperaba, mostraron los valores máximos de evapotranspiración en los meses de mayo y

junio, mientras que la demanda de agua del perfil superficial fue notoriamente menor de enero a mayo. La respuesta observada en los meses de mayo y junio se debió a la carencia del acolchado favoreció la rapidez de la pérdida de agua.

La estrategia fisiológica utilizada por las plantas de Chile se acercó a un mecanismo de ajuste osmótico con potenciales hídricos bajos que les permitió mantener parcialmente la turgencia. El potencial de turgencia en los tres tratamientos y durante las tres mediciones, disminuyó en igual magnitud que el potencial hídrico. De acuerdo con Turner (1980) y Velázquez (1990), aunque la turgencia no pareció haberse mantenido constante al descenso del potencial hídrico, dicho parámetro no cayó abruptamente, lo cual amortiguó la disminución del potencial osmótico y potencial de turgencia, permitiendo el desarrollo y crecimiento de las plantas.

El fenómeno anterior fue descrito por Turner (1980) quien menciona que no todas las plantas cultivadas muestran un ajuste de potencial osmótico como estrategia para sobrevivir, manteniendo un valor constante de turgencia total a bajos potenciales hídricos, sino que pueden mantener parcialmente la turgencia creando así una tolerancia a la sequía. Lo anterior se lo atribuye principalmente a la velocidad de desecación de la planta: plantas con una mayor tasa de desecación tendrán menos oportunidad de mantener de alguna manera su turgencia que aquellas con una baja tasa de desecación.

Dadas las condiciones del sistema de riego continuo, pudiera inferirse, que las plantas bajo estudio no fueron sometidas a un verdadero estrés. Sin embargo, el comportamiento hídrico cuando las plantas se sometieron a un estrés de seis días sin agua, y donde las variables ecofisiológicas fueron medidas diariamente (ver punto 6.4), corroboran que la disminución del potencial de turgencia fue proporcional al descenso del potencial hídrico.

En especies cultivadas sometidas a sequía como el sorgo (*Sorghum bicolor*), maíz (*Zea mays*) y trigo (*Triticum dicoccum* y *Triticum aestivum* cv. Heron), presentan un intervalo de potenciales hídricos en el cual la turgencia se mantiene constante con la disminución del potencial hídrico (Turner y Jones 1980). Los potenciales hídricos máximos y mínimos de las plantas de Chile entran en dicho intervalo. Las plantas sin acolchado de plástico presentaron el potencial hídrico menor (-3.4 MPa) durante la experimentación, y fue muy cercano al mínimo presentado por el trigo (*Triticum aestivum* cv. Heron) (-4.0 MPa). Sin embargo, la diferencia entre las plantas de Chile y las mencionadas, no mantuvieron constante una turgencia total, sino parcial.

De la misma manera las tendencias de abatimiento del potencial hídrico coinciden con las mostradas por plantas propias de Baja California Sur y el desierto de Sonora como la jojoba (*Simmondsia chinensis*), *Larrea tridentata*, *Baccharis sarothroides*, *Atriplex polycarpa*, *Encelia farinosa*, *Erodium cicutarium*. Aunque en ellas

el umbral de potencial hídrico es más bajo (León de la lúz 1984). Lo anterior sugiere que el ecotipo en estudio puede cultivarse en regiones semiáridas (Monson y Smith 1982).

El potencial de turgencia y osmótico están en relación con el contenido de agua apoplástica y simplástica. El comportamiento de tales contenidos de agua en marzo fue que las plantas conservaron la mayor parte del agua fuera de las células, lo que se tradujo en una concentración de solutos dentro de la misma. Posteriormente en el mes de mayo aumentó el contenido de agua dentro de la célula, lo que se tradujo en una disminución de solutos, y un posible aumento en el tamaño de las células. De esta manera, aunque la planta no mantuvo una turgencia constante aún a bajos potenciales hídricos la salida y entrada de agua a la célula se presentó como un mecanismo para mantener la turgencia parcial y así responder a las presiones ambientales.

El microambiente definitivamente repercutió en las variables fisiológicas (transpiración, resistencia estomática y potencial hídrico) de la planta. En todos los tratamientos se presentó una *hora crítica* donde los valores máximos y mínimos de las variables ecofisiológicas correspondieron principalmente a la hora en que la temperatura del aire fue la máxima en el día, lo cual coincide con Pozos (1991) quien menciona haber encontrado una diferencia significativa en dichas variables con *Senecio praecox* D.C. cuando la temperatura del aire fue mayor durante el día.

Los resultados de resistencia estomática y transpiración mostraron una relación con el cierre estomático. Los valores más bajos de transpiración correspondieron a los más altos de resistencia estomática a la hora donde se registró la mayor temperatura del día (Figs. 15-18). Aunque la resistencia estomática entre los tres meses haya sido tan variada, baja en enero, alta en marzo e intermedia en mayo, proporciona una explicación de como la planta adopta un mecanismo para responder al medio. En enero la humedad relativa fue constante a lo largo del día y la resistencia estomática fluctuó con valores altos y bajos de manera inversa a la transpiración, lo que muestra que los estomas estuvieron abriéndose y cerrándose durante el día modificando así el proceso de transpiración. De acuerdo a Barradas y Fanjul (1985), el cierre de los estomas cuando existe una mayor demanda evaporativa (a consecuencia de una alta temperatura) disminuye la transpiración, mientras que en la mañana, cuando la demanda evaporativa es menor, los estomas se encuentran abiertos. Esto implica una mayor eficiencia en el uso de agua. Si la especie en estudio tiene una considerable capacidad de resistencia a la sequía, es de esperarse que en el mes de mayo (que correspondió al incremento mayor de temperatura Fig.3) redujera notablemente su transpiración, manteniendo el comportamiento de la resistencia estomática de enero y marzo.

La relación estadísticamente más significativa que se estableció entre las plantas y el medio ambiente para todos los



tratamientos y grupo control, fue la temperatura del aire y variables ecofisiológicas. Por lo anterior se infiere que el proceso que se llevó a cabo fue el siguiente: Al incrementarse la temperatura del aire la humedad relativa disminuyó y como consecuencia la presión de vapor también, esto a su vez llevó a un descenso del potencial hídrico y osmótico, así como un aumento en la transpiración. Para evitar la desecación, la planta manejó la apertura y cierre de sus estomas. León de la Luz (1984), menciona que existen trabajos previos donde el potencial hídrico es un parámetro de escasa importancia para explicar la resistencia estomática de forma diurna, ya que el estado hídrico parece estar influenciado por la transpiración; sin embargo, ésta a su vez se ve afectada por la presión de vapor que simultáneamente está determinada por la temperatura del aire. Concepto que apoya una alta relación entre la planta y la temperatura del aire.

Si las hojas reducen significativamente las cantidades de agua transpirada durante las horas de mayor demanda evaporativa, cerrando sus estomas y abriéndolos a las horas del día cuando la demanda evaporativa es menor, podemos inferir que el ecotipo de Chile estudiado posee gran capacidad de adaptación a características ambientales desfavorables. Además la planta redujo los valores de transpiración a sus mínimos cuando se presentó el incremento mayor de temperatura .

La manifestación más evidente, por medio de la cual las

plantas mantuvieron una tolerancia al ambiente adverso, estuvo más estrechamente relacionado con su morfología.

La disminución en el área foliar e índice foliar que se obtuvo en las plantas en mayo, de magnitud similar en el caso de los dos tratamientos y grupo control, sugiere claramente que la disminución en la exposición foliar tiende a reducir la superficie de evaporación para evitar mayores pérdidas de agua. Además, se observó un engrosamiento en las hojas (sobre todo en las más pequeñas) que aunque no fue cuantificado, se observó cualitativamente al registrar las mediciones con el porómetro en la época de sequía.

La reducción del área foliar y el engrosamiento de la hoja son medidas por las que algunas de las planta muestran tolerancia a su ambiente; éste fenómeno fue observado por Velázquez (1990) en plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) y son características propias de plantas árido-activas y xerófilas. La respuesta de reducir la parte aérea bajo una presión hídrica es consistente con aquella que presentan numerosas plantas árido-activas, en las cuales hay una continua reducción de la superficie metabólicamente activa de la parte aérea durante la estación seca, y una reducción del área de evaporación y por ende de la pérdida de agua (Velázquez, 1990).

La disminución del tamaño de la hoja puede también contribuir

a un enfriamiento significativo en la temperatura de la hoja en condiciones extremas de temperatura y altas intensidades luminosas características de las zonas áridas y semiáridas (Bidwell, 1979).

La altura mayor en las plantas de los tratamiento con plástico con respecto a las del grupo control, confirma también el mecanismo anteriormente mencionado. En los resultados de evapotranspiración se muestra que las unidades experimentales de las plantas testigo fueron las que mayor pérdida de agua tuvieron en los meses de mayo y junio en que se presentaron las máximas temperaturas. Por tanto para tales plantas no fue suficiente la reducción en área foliar para evitar la pérdida de agua, sino que se vió en la necesidad de reducir también su tamaño, expresado como altura total.

Sin embargo, la menor altura en las plantas control (sin plástico) pueden ser un indicio de que la presión de los factores climáticos está siendo mayor en este grupo de plantas, lo que puede reflejarse en este tipo de adaptaciones morfométricas para su sobrevivencia.

La producción menor de chile en las plantas sin acolchado de plástico, es posiblemente la principal respuesta de las plantas ante las variables climáticas prevalecientes a lo largo del cultivo. La disminución de la pérdida de agua a través de las respuestas morfológicas presentadas por las plantas de chile, como lo menciona Tijerina (1990) lleva en forma paralela, una

disminución de la pérdida en el intercambio gaseoso ( $H_2O$  y  $CO_2$ ) y la captación de luz, lo que disminuye el proceso productivo de fotosíntesis de la planta, que repercute en la producción final de sus frutos.

Todo parece indicar que las plantas con plástico opaco fueron favorecidas bajo este tratamiento, por lo que el hecho de que las plantas control hayan presentado una mayor tolerancia al déficit hídrico (pag.48) no determina el estado final de la misma en cuanto a su adaptación. Sin embargo, es importante mencionar que al igual que plantas de la misma especie de Chile que se tenía en otra parcela sin acolchados y cuyo tratamiento era la irrigación con agua salobre (pertenecientes a otra investigación), presentaron un ciclo de vida 8 meses más largo que las plantas irrigadas con agua desalada, y aunque su producción fue la mitad de las mismas, se volvió sostenida hasta el término de su ciclo.

El gasto de agua de las plantas irrigadas con agua desalada fue menor y su producción mayor que las plantas irrigadas con agua salobre durante el tiempo de la experimentación, sin embargo, como se mencionó en el párrafo anterior el ciclo de vida de éstas últimas fue mayor y su producción sostenida. Esto quiere decir que las plantas necesitaron tiempo para adaptarse a las condiciones de sequía y salinidad; una vez adaptadas sostuvieron su producción, que fue menor que las sometidas a las mejores condiciones.

Lo anterior proporciona una pauta para profundizar en el estudio de la tolerancia a la sequía y salinidad de la especie de chile (*Capsicum frutescens* L.) sometido a condiciones de estrés.

## VIII. CONCLUSIONES

### 8.1 Conclusiones.

1.- *Capsicum frutescens* tuvo una alta eficiencia en el uso de agua a través del cierre y apertura de sus estomas que regularon la pérdida de agua por transpiración.

2.- La producción mayor de chile correspondió al tratamiento con acolchado de plástico opaco por la mayor disponibilidad de agua y menor evapotranspiración.

3.- El potencial de turgencia disminuyó proporcionalmente a la disminución del potencial hídrico, lo que para la planta representó una estrategia fisiológica para su desarrollo.

4.- El cambio en la morfología de las plantas se manifestó reduciendo el tamaño de la hoja a lo largo de los meses de medición y en todos los tratamientos, y aumentando en su grosor en el mes de mayo y junio (máximas temperaturas registradas). Características adaptativas propias de plantas árido activas (Velázquez 1990).

5.- Por su estrategia fisiológica y morfológica, *Capsicum frutescens* es una alternativa para obtener una cosecha abundante en poco tiempo, en condiciones de alta tecnología, o bien para

mantener una cosecha aceptable a largo plazo en condiciones marginales propias de las zonas áridas y semiáridas.

6.- Los potenciales hídricos en los tres tratamientos fueron similares a plantas cultivadas con tolerancia a la sequía y a plantas propias de las regiones semiáridas. Lo que convierte a *Capsicum frutescens* en un candidato para ser considerado como cultivo en estas regiones.

7.- A diferencia de algunas plantas cultivadas como el sorgo, avena y maíz, el chile mantuvo su turgencia parcial y no total a bajos potenciales hídricos para lograr su ciclo biológico.

8.- Las respuestas fisiológicas y morfológicas de las plantas sugiere una forma de ahorro en el uso de agua. El consumo de agua por planta bajo un sistema de desalación fue menor al de la parcela irrigada con agua salobre. De acuerdo con los resultados obtenidos, puede afirmarse que el uso del agua dasalada es efectiva para el cultivo del ecotipo de chile estudiado, recomendándose éste como una opción rentable para obtener una producción mayor a un corto plazo con el sistema empleado.

9.- De acuerdo con los resultados obtenidos puede afirmarse que el uso de agua desalada es efectiva para un cultivo de la especie de chile estudiada, recomendandose éste como una opción rentable para obtener una producción mayor a un corto plazo.

## IX RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda la comparación de plantas en condiciones ambientales controladas con el fin de conocer su comportamiento en condiciones óptimas.
- 2.- En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo, una línea interesante de profundizar en el estudio de la especie de Chile (*Capsicum frutescens* L.) son los mecanismos fisiológicos, bioquímicos y morfológicos, de resistencia a sequía que presenta.
- 3.- El potencial hídrico del suelo y la raíz de la planta forma parte del sistema por medio del cual existe un flujo continuo de agua desde el suelo a la atmósfera, por lo que en posteriores estudios se podría tomar en cuenta.
- 4.- El estudio del módulo de elasticidad como componente del potencial hídrico y su relación con la adaptación de la planta al medio.



## IX. BIBLIOGRAFIA.

- Aguilera, C. M. y Martínez R. E. 1980. **Relaciones agua suelo planta atmósfera.** UACH. Chapingo México.
- Barradas, V. y L. Fanjul. 1985. **Equilibrio hídrico y Evapotranspiración en una Selva Baja Caducifolia de la Costa de Jalisco, México.** Biótica, 10(2):199-210 pp. México.
- . 1991. **Radiation Regime in a Tropical Dry Deciduous Forest in Western México.** Theor Appl. Climatol., 44:57-64 pp. Centro de Ecología UNAM. México.
- Bidwell, R.G.S. 1979. **Fisiología Vegetal.** AGT EDITOR,S.A. 784 pp.
- Black, T. A. y F. M. Kelliher. 1989. **Processes Controlling Understorey Evapotranspiration.** Phil. Trans, R. Soc. Lond., 324:207-231. Great Britain.
- Bolaño, A. R. E. 1991. **Estudio de Aspectos Biológicos y Fisiológicos de Anthonomus eugenii Cano (Coleoptera:curculionodae) en Relación con la Fenología de su Hospedero Capsicum annuum L.** Tesis de doctorado Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey. 112 pp.

Cruz- Estrada, M. 1992. **Ecología y evaluación del efecto de la temperatura en la germinación de plantas anuales en un area arido-tropical de Baja California Sur, México.** Tesis Univ. Mich. de San Nicolas de Hidalgo. Morelia Michoacan, México.70 pp.

Fanjul, L. y V. Barradas. 1987. **Diurnal and seasonal variation in the water relations of some deciduos and evergreen turees of Deciduous Dry forest of the Western Coast of México.** Journal of Applied Ecology, 24:289-303 pp.

----- y Philip, H. Rosher.1984. **Efects of Water Stress on Internal Water Relations of Apple Leaves.** Physiol. Plant., 62: 321-328 pp. Copenhagen.

-----, H. G. Jones y K. L. Treharne.1980. **A portable System for simultaneous Mejasurement of Transpiration and CO2 Exchange.** Photosynthesis Research, 1:83-92 pp. Netherlands.

Fennell, L. H. P. y Markhart. 1990. **Influence of air and Soil temperatuure on water relations and freezing tolerance of spinach (Spinacia oleracea).** Physiologia Plantarum, 78:51-56 pp. Copenhagen.

Foth, H.D. 1980. **Fundamentos de la Ciencia del Suelo.** Continental, S.A., México. 526 pp.

Goldstein G., G Sarmiento y F Meinzer. 1986. **Patrones diarios y estacionarios en las relaciones hídricas de árboles siempre verdes de la Sabana Tropical.** Acta Ecológica Plant., 7(21): 107-119. Univ. de los Andes Venezuela.

Hale, M. G. y D.M. Orcutt. 1987. **The physiology of plants under stress.** Drought Resistance. John Wiley and Sons.

Hall, A.E., K.W. Foster, y J.G. Wainnes. 1979. **Agriculture in Semi-Arid Environments.** Ecological Studies, volume 34. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York.

Howel, E.D. 1974. **Fundamental of water desalination.** Ed. Dekker 344 pp.

Jones, H. G., Flowers T. J. y Jones M. B.1989. **Plants under stress.** Society for Experimental Biology. Seminar Series 39, 249 p. Cambridge University Press.

-----, 1980. **Interaction and integration of adaptative responses to water stress: The implications of on unpredictable enviroment.** En Adaptation of plants to water and high temperature stress. Edit. Turner and Kramer.

- Jenkins, S. David. 1978. **Obtener agua dulce de agua desalada. oceanografía selecciones de Scientific American introducciones de Robert Moore. 1a. edición Ed. Blum 377-386 pp.**
- Koide, R.T., Robichaux H.R., Morse R. S. and Smith M.C. 1989. **Plant water status, hydraulic resistance and capacitance. in Plant Physiological Ecology: Field methods and Instrumentation. London.**
- Kramer, P.J. 1989. **Relaciones hídricas de suelos y plantas. Harla. México. 533 pp.**
- Larcher, W. 1977. **Physiological Plant Ecology. Springer-Verlag. Berlin-Heilderberger-N.Y. 303 p.**
- Lenhinger A. 1985. **Principios fundamentales de bioquímica. Omega, España, 1013 pp.**
- León de la Luz, J.L. 1984. **Aspectos fisiológicos de la jojoba Simmondsia chinensis (Link) SCH, en el noroeste de México. Tesis de maestría. INIREB. Xalapa, Veracruz.**
- Loa-Vega, A. 1991. **Curso especial de titulación Suelo-Agua-Atmósfera-Planta. Tesis Ing. Agrónomo, UABS, La Paz BCS. 22-236.**

- López-García, R. 1990. **Curso especial de titulación Suelo-Agua-Atmósfera-Planta**. Tesis Ing. Agr., UABS, la Paz, B.C.S. 192-198 pp.
- McWilliam, J.R. 1986. **The international importance of drought and salinity effects on agricultural production**. En Plant Growth, Drought and Salinity. Turner N. y Passioura. CSIRO. Australia.
- Monson, K.S. y S. D. Smith. 1982. **Seasonal water potential components of sonoran desert plant**. Ecology, 63 (1). Tempe Arizona. E.U.A. pp.113-123.
- Mooney, H. A. 1980. **Seasonality and gradients in the study of stress adaptation**. En Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress. Edit by Turner and Kramer.
- Myers y Lansberg. 1989. **Water stress and seedling growth of two eucalypt species from contrasting habitats**. Tree Physiology, 5:207-218.
- Nonami, H. J.S. Boyer . 1989. **Turgor and growth at low water Potentials**. Plant Physiol, 89:789-804. Delaware.
- Pozos, B.A. 1991. **Relaciones hídricas en Senecio praecox D.C. y Buddelia cordata H.B.K. de la reserva del Pedregal de San Angel**. Tesis. UNAM, México. 77 pp.

- Pozo, C.O. 1983. **Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo del cile.** SARH. México, D.F. 5-20 pp.
- Ramírez, L. F. 1991. **Curso especial de titulación Suelo-Agua-Atmósfera-Plantas.** Tesis. Ing. Agr., UABS, La Paz.
- Richards, L.A. 1977. **Suelos salinos y sodicos.** Ed. LIMUSA México.
- Robichaux, R. H. 1984. **Variation in the tissue water relations of Two Sympatric Hawaiian Dubautia Species and their Natural Hybrid.** Univ. of California U.S.A. Oecología, 65:75-81.
- Rodríguez, C. A. 1991. **Curso especial de titulación Suelo -agua-atmósfera-planta.** Tesis. Ing. Agrónomo, UABS, La Paz, B.C.S.
- Rost, T.L., M.G. Barbour, R.M. Thorton, T.E. Weier y C.R. Stocking. 1985. **Botánica.** Limusa México. 457 pp.
- Russell, K. Monson y S.D. Smith. 1982. **Seasonal water potencial components of Sonoran Desert plantas.** Ecology, 63(1):113-123. Univ. de Arizona.
- Salgado, G.R. 1989. **Aislamiento y caracterización de líneas celulares de chile (Capsicum frutescens L.) resistentes a p-fluorofenilalanina: implicaciones en la producción de capsaicina.** Tesis de maestría en ciencias. Irapuato,

Guanajuato, Méx.

Salinas-Zavala, F. 1991. **Producción de hortalizas con agua destilada.** Manuscrito no publicado. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A.C. División de Biología Terrestre.

SPP. 1980. **Carta de Temperaturas Medias Anuales.**

SPP. 1981. **Carta de HUmidad del Suelo.**

SARH. 1982. **Plan de desarrollo agropecuario y forestal 1982-1988.**  
La Paz, Baja California Sur.

Tallak, Nielsen, E., M. Rasoul., Philip W., W. M. Jarrell y R. A. Virginia. 1983. **Diurnal and seasonal water relations of the desert phreatophyte Prosopis glandulosa (honey mesquite) in the Sonoran of California.** Ecology, 64(6):1381-1393.

-----, R. Rasoul y P. Rundel. 1984. **Comparative water relations of phreatophytes in the Sonoran Desert of California.**

Tijerina, L. Ch. 1990. **Efecto de la sequía en el desarrollo del algodón.** En El Agua en las Plantas Cultivadas. UACH Colegio de Postgraduados, Motencillos México. 117 pp.

Torres Martínez, M. 1992. **Efectos del déficit de humedad sobre diferentes parámetros hídricos en el frijol yorimon (Vigna unguiculata L.) en un área árido-tropical de Baja California Sur, México.** Tesis de licenciatura. Universidad de San Nicolás de Hidalgo. Centro de Investigaciones Biológicas de La Paz. Morelia Michoacán.

Torres-Ruiz, E. 1983. **Agrometeorología.** Diana. 149 pp.

Troyo D.E., De Lachica B.F. y Fernández Z. J.L. 1990. **A simple aridity equation for agricultural purposes in marginal zones.** Journal of Arid Environments 19, 353-362 pp.

Turner, N.C. y M.M. Jones. 1980. **Turgor Maintenance by Osmotic Adjustment: A Review and Evaluation.** En Adaptation of plants to water and high temperature stress. Turner N.C. y Kramer P.J. Australia.

\_\_\_\_\_, E.D. Schulze, y T. Gollan. 1984. **The Responses of Stomata and Leaf Gas Exchange to Vapour Pressure Deficits and Soil Water Content.** Oecologia 63:338-342 Berlin.

Tyree, M.T. y Jarvis P.G. 1982. **Water in tissues and cells.** En Pirson A. y Zimmerman M.H. eds. Encyclopedoa of Plant Physiology, New Series Vol 12B. pp. 35-77. Springer-Verlag, Berlín.



Velázquez, J. M. 1990. **Algunos aspectos morfológicos, fisiológicos y bioquímicos de Phaseolus vulgaris L. bajo sequía.** El Agua en las Plantas Cultivadas, Simposio Realizado en el Colegio de Postgraduados. Centro de Botánica. Chapingo Montecillo México. 105 pp.

## X. ANEXO

Cuadro 1. Concentración de resultados de análisis de varianza entre tratamientos de las variables diurnas medidas para enero.

Variable	G.L. tra,er	Cuadrado medio	Fobs.	Ftablas	Signif.
Pot.hídrico	2,24	.1654398-.148900	1.11	3.40	n/s
Transp.	2,24	2607.261-868.387	3.002	3.40	n/s
Res.est.	2,24	.1509778-.046613	3.239	3.40	n/s
Temp.aire	2,24	.1137037-.596574	.191	3.40	n/s
Temp.hoja	2,24	.148148-.306296	.484	3.40	n/s
Radiación	2,24	171061.45-422358	.405	3.40	n/s
Humedad Rel	2,24	.005959-.0459259	.129	3.40	n/s

Cuadro 2. Concentración de resultados de análisis de varianza entre tratamientos de las variables diurnas medidas para marzo.

Variable	G.L. tra,er	Cuadrado medio	Fobs.	Ftablas	Signif.
Pot.hídrico	2,9	.1693857-.122524	1.382	3.40	n/s
Transp.	2,24	2737.649-1621.02	1.689	3.40	n/s
Res.est.	2,24	1692.757-547.622	3.091	3.40	n/s
Temp.aire	2,24	.3244444-.220740	1.470	3.40	n/s
Temp.hoja	2,24	.915925-1.342037	.682	3.40	n/s
Radiación	2,24	2053995-268398.7	7.653	3.40	n/s
Humedad Rel	2,24	.005959-.0459259	.129	3.40	n/s

Cuadro 3. Concentración de resultados de análisis de varianza entre tratamientos de las variables diurnas medidas para mayo.

Variable	G.L. tra,er	Cuadrado medio	Fobs.	Ftablas	Signif.
Pot.hídrico	2,24			3.40	n/s
Transp.	2,24	12.0329-71.15240	.169	3.40	n/s
Res.est.	2,24	70.94144-102.438	.693	3.40	n/s
Temp.aire	2,24	.5970370-.867407	.688	3.40	n/s
Temp.hoja	2,24	22.25777-38.9862	.571	3.40	n/s
Radiación	2,24	306181.5-144131	2.124	3.40	n/s
Humedad Rel	2,24	.005959-.0459259	.129	3.40	n/s

Cuadro 4. Resultados de análisis de varianza entre tratamientos para la primera medición de variables a la hora crítica en el mes de junio.

Variable	G.L. tra,er	Cuadrado medio	Fobs.	Ftablas	Signif.
Pot.hídrico	2,6	.036477-.071100	.513	5.40	n/s
Transp.	2,24	30.9139-51.1382	.605	3.40	n/s
Res.est.	2,24	5.81989-7.243105	.804	3.40	n/s
Temp.aire	2,24	2.64148-.637777	4.142	3.40	n/s
Temp.hoja	2,24	.482592-2.057500	.235	3.40	n/s
Radiación	2,24	23492.5-29731.48	.790	3.40	n/s
Humedad Rel	2,24	304000-.866666	3.508	3.40	n/s

Cuadro 5. Resultados de análisis de varianza entre tratamientos para la segunda medición de variables a la hora crítica en el mes de junio.

Variable	G.L. tra,er	Cuadrado medio	Fobs.	Ftablas	Signif.
Pot.hídrico	2,6	.03314-.0600111	.552	5.4	n/s
Transp.	2,24	54.466-119.7557	.455	3.40	n/s
Res.est.	2,24	23.391-36.5588	.640	3.40	n/s
Temp.aire	2,24	1.2133-.665555	1.823	3.40	n/s
Temp.hoja	2,24	3.1937-2.323981	1.374	3.40	n/s
Radiación	2,24	43377.7-61421.29	.706	3.40	n/s
Humedad Rel	2,24	10.2103-11.05925	.923	3.40	n/s

Cuadro 6. Resultados de análisis de varianza entre tratamientos para la tercera medición de variables a la hora crítica en el mes de junio.

Variable	G.L. tra,er	Cuadrado medio	Fobs.	Ftablas	Signif.
Pot.hídrico	2,6	.018977-.0721667	.263	5.4	n/s
Transp.	2,24	128.432-75.54498	1.700	3.40	n/s
Res.est.	2,24	1928.64-1748.860	1.103	3.40	n/s
Temp.aire	2,24	3.20148-3.659629	.875	3.40	n/s
Temp.hoja	2,24	13.7633-3.400833	4.047	3.40	n/s
Radiación	2,24	2853659-2882896	.990	3.40	n/s
Humedad Rel	2,24	33.8725-26.89481	1.259	3.40	n/s

Cuadro 7. Resultados de análisis de varianza entre tratamientos para la cuarta medición de variables a la hora crítica en el mes de junio.

Variable	G.L. tra,er	Cuadrado medio	Fobs.	Ftablas	Signif.
Pot.hídrico	2,6	.030400-.0756333	.402	5.4	n/s
Transp.	2,24	5.81078-5.695424	1.020	3.4	n/s
Res.est.	2,24	1698.18-1337.91	1.269	3.4	n/s
Temp.aire	2,24	1.23259-.3348148	3.681	3.4	*
Temp.hoja	2,24	2.46777-.5176852	4.767	3.4	*
Radiación	2,24	16388.47-1992.95	8.223	3.4	*
Humedad Rel	2,24	.85333-.1066667	8.000	3.4	*

Cuadro 8. Resultados de análisis de varianza entre tratamientos para la quinta medición de variables a la hora crítica en el mes de junio.

Variable	G.L. tra,er	Cuadrado medio	Fobs.	Ftablas	Signif.
Pot.hídrico	2,6	.163244-.1283667	1.272	5.4	n/s
Transp.	2,24	24.6316-32.90675	.749	3.4	n/s
Res.est.	2,24	41.811-192.1479	.218	3.4	n/s
Temp.aire	2,24	2.99703-1.687404	1.776	3.4	n/s
Temp.hoja	2,24	13.4011-1.391852	9.628	3.4	*
Radiación	2,24	350114.8-62952.7	5.562	3.4	*
Humedad Rel	2,24	144.213-72.10667	2.000	3.4	n/s

Cuadro 9. Resultados de análisis de varianza entre tratamientos para la sexta medición de variables a la hora crítica en el mes de junio.

Variable	G.L. tra,er	Cuadrado medio	Fobs.	Ftablas	Signif.
Pot.hídrico	2,6	.332311-.1125000	2.954	5.4	n/s
Transp.	2,24	20.3680-62.10337	.328	3.4	n/s
Res.est.	2,24	52.2544-250.4875	.209	3.4	n/s
Temp.aire	2,24	.819259-.6818519	1.202	3.4	n/s
Temp.hoja	2,24	2.24777-.8976852	2.504	3.4	n/s
Radiación	2,24	16803.70-69753.7	.241	3.4	n/s
Humedad Rel	2,24	171.7037-73.7081	2.330	3.4	n/s

Cuadro 10. Análisis de varianza entre meses de evapotranspiración.

Variable	G.L.	Cuadrado medio	Fobs.	Ftablas	Signif.
Meses	5	8.8437005	10.11	3.11	n/s
	12	2.1184294			

Cuadro 11. Análisis de evapotranspiración por tratamientos durante los meses de muestreo.

Variable	G.L. tra,er	Cuadrado medio	Fobs.	Ftablas	Signif.
Evapotranspir.	2,15	.308688-.68965	.448	3.68	n/s

Cuadro 12. Análisis de variables morfológicas de enero entre tratamientos.

Variable	G.L. tra,er	Cuadrado medio	Fobs.	Ftablas	Signif.
IAF	2,24	0.4594084-0.23729	1.93	3.40	n/s
AT	2,24	123.164-39.9738	3.08	3.40	n/s
AC	2,24	27737.97-84293.02	.329	3.40	n/s
AF	2,24	14.3239-4.5689	3.13	3.40	n/s
No.H	2,24	17646.25-26950.96	.655	3.40	n/s
No.F	2,24	23.59259-11.24074	2.09	3.40	n/s
AFT	2,24	579673.28-215428.8	2.69	3.40	n/s

Cuadro 13. Análisis de variables morfológicas de marzo entre tratamientos.

Variable	G.L. tra,er	Cuadrado medio	Fobs.	Ftablas	Signif.
IAF	2,24	.0054964-.45567	.012	3.40	n/s
AT	2,24	763.282-248.553	3.07	3.40	n/s
AC	2,24	336994-192073.56	1.75	3.40	n/s
AF	2,24	534.33-250.66	2.13	3.40	n/s
No.H	2,24	1821667-718077	2.53	3.40	n/s
No.F	2,24	534.33-250.66	2.13	3.40	n/s
AFT	2,24	167642-1966015	.085	3.40	n/s

Cuadro 14. Análisis de variables morfológicas de mayo entre tratamientos.

Variable	G.L. tra,er	Cuadrado medio	Fobs.	Ftablas	Signif.
IAF	2,24	.43533-3.02658	.144	3.40	n/s
AT	2,24	531.19-140.115	3.79	3.40	*
AC	2,24	85.564-49.7731	1.71	3.40	n/s
AF	2,24	4.6095- .374	3.40	3.40	n/s
No.H	2,24	12586.2-13853	.909	3.40	n/s
No.F	2,24	118.48-74.2685	1.59	3.40	n/s
AFT	2,24	6375696-3022260	2.11	3.40	n/s

Cuadro 15. Análisis del peso obtenidos de las cosechas por tratamiento.

Variable	G.L. tra,er	Cuadrado medio	Fobs.	Ftablas	Signif.
Peso	2,33	1438.60-314.63	4.73	3.32	*

Cuadro 16. Resultados de análisis de varianza de los pesos de los frutos para las 4 cosechas obtenidas para parcela del desalador costero.

Variable	G.L. tra,er	Cuadrado medio Trat. Error	Fobs.	Ftablas	Signif.
Frutos	2,33	073.77-214.6054	5.003	4.17	*

Cuadro 17. Análisis del número de fruto obtenidos de las cosechas por tratamiento.

Variable	G.L. tra,er	Cuadrado medio	Fobs.	Ftablas	Signif.
No. de frutos	2,33	1073.77-1214.60	5.0	4.17	*



Desviaciones estándar correspondientes a las mediciones diurnas de las variables fisiológicas y microambientales del mes de enero.

Trat.	HR	TA	TH	RAD	RE	TR	Psi
7.5							
P.opac.	0	0.43	0.60	2.12	1.77	28.5	0.55
P.neg.	0	0.23	0.22	3.67	4.05	27.7	0.50
S/plas	0	0.35	0.12	4.52	9.11	27.4	0.45
9.5							
P.opac.	0	0.58	0.32	538.4	11.41	15.2	0.53
P.neg.	0	0.38	0.26	539.0	0.10	5.2	0.38
S/plas	0	0.37	0.27	575.4	0.16	5.5	0.38
11.5							
P.opa.	0	0.73	0.48	533.2	0.24	35.9	0.68
P.neg.	0	0.50	0.45	533.1	1.75	33.9	0.43
S/plas	0	0.46	0.44	685.8	0.25	36.8	0.66
13.5							
P.opac.	0	0.46	0.44	685.8	0.25	36.8	0.66
P.neg.	0	0.64	0.39	658.9	0.17	26.8	0.55
S/plas	0	0.53	0.43	490.6	0.14	32.9	0.75
15.5							
P.opac.	0	1.01	0.82	617.9	0.25	27.9	0.21
P.neg.	0	0.64	0.36	702.7	0.12	29.9	0.79
S/plas	0	0.61	0.31	625.5	0.23	30.5	0.53
17.5							
P.opac.	0	1.07	1.17	25.2	7.96	57.6	0.14
P.neg.	0	0.62	0.68	248.3	14.39	31.8	0.55
S/plas	0	0.39	0.33	244.1	0.07	27.3	0.66
18.5							
P.opac.	0	0.50	0.59	0.7	6.60	12.2	
P.neg.	0	0.22	0.18	0.4	0.59	5.0	
S/plas	0	0.21	0.18	0.5	0.62	5.3	

**Desviaciones estándar correspondientes a las mediciones diurnas de las variables fisiológicas y microambientales del mes de marzo.**

<b>Trat.</b>	<b>HR</b>	<b>TA</b>	<b>TH</b>	<b>RAD</b>	<b>RE</b>	<b>TR</b>	<b>Psi</b>
<b>7.5</b>							
P.opac.	1.6	4.87	1.88	0.31	19.8	0.78	0.78
P.neg.	0.4	5.57	0.47	3.14	20.6	0.17	0.17
S/plas	0.2	14.9	0.36	0.32	18.2	0.73	0.73
<b>9.5</b>							
P.opac.	2.9	2.25	1.81	477.5	8.6	17.4	0.38
P.neg.	4.4	1.65	1.73	633.9	24.1	46.1	0.40
S/plas	4.2	1.19	1.31	704.0	17.7	7.4	0.72
<b>11.5</b>							
P.opac.	4.2	0.74	0.88	314.7	0.44	38.7	0.11
P.neg.	1.5	0.84	0.98	305.6	0	15.9	0.39
S/plas	2.3	0.84	1.22	315.2	0	2.9	0.46
<b>13.5</b>							
P.opac.	2.6	0.44	1.25	684.2	0.66	43.3	0.43
P.neg.	2.2	0.51	0.86	661.1	1.57	37.5	0.40
S/Plas	3.2	0.43	1.30	537.9	482.1	39.6	0.39
<b>15.5</b>							
P.opac.	3.01	0.44	0.91	571.2	0.021	7.9	
P.neg.	2.7	1.01	0.64	396.5	.009	8.92	
S/Plas	1.2	1.32	0.61	500.5	0.061	18.26	

Desviaciones estándar correspondientes a las mediciones diurnas de las variables fisiológicas y microambientales del mes de mayo.

Trat.	HR	TA	TH	RAD	RE	TR	Psi
7.5							
P.opac.	3.07	0.98	0.83	78.9	2.28	3.56	0.28
P.neg.	1.61	0.32	0.31	88.3	0.97	2.02	0.17
S/Plas	0.49	0.21	0.24	227	0.68	3.22	0.39
9.5							
P.opac.	3.44	0.93	0.96	534.1	93.7	3.22	0.39
P.neg.	12.5	1.05	0.45	96.0	1.4	5.13	0.65
S/Plas	11.2	0.62	0.55	663.4	0.84	4.51	0.54
11.5							
P.opac.	4.64	1.49	1.31	298.0	0.97	10.0	0.82
P.neg.	0.91	0.71	0.48	92.9	2.36	6.5	0.83
S/Plas	1.13	1.07	0.45	361.7	2.22	5.8	0.30
13.5							
P.opac.	12.66	1.43	0.60	373.3	2.00	9.37	0.23
P.neg.	0	1.68	1.03	537.3	11.0	8.03	0.18
S/Plas	0.24	1.83	1.07	65.3	13.4	7.83	0.20
15.5							
P.opac.	0	0.80	0.76	340.4	5.00	5.51	
P.neg.	0.2	1.34	0.68	517.9	3.87	6.24	
S/Plas	0	1.03	0.43	627.7	4.61	5.77	

Desviaciones estándar de las variables ecofisiológicas durante una semana en julio.

Trat.	HR	TA	TH	RAD	RE	TR	Psi
Día							
1							
P.opac.	1.6	0.94	1.30	166.1	4.13	8.61	0.29
P.neg.	0.13	0.87	1.23	29.3	0.74	7.93	0.25
S/plas	0.2	1.40	0.48	74.8	0.73	4.90	0.24
2							
P.opac.	5.75	1.93	1.17	310.6	37.4	12.8	0.22
P.neg.	0.2	1.32	0.56	204.2	8.32	8.53	0.27
S/plas	0.24	1.13	0.53	214.5	6.33	10.9	0.22
3							
P.opac.	4.44	2.94	1.49	141.6	21.6	9.46	0.14
P.neg.	5.35	1.89	1.18	380.5	9.33	7.39	0.29
S/plas	5.39	0.87	1.35	300.1	5.61	9.23	0.28
4							
P.opac.	0.4	0.76	0.74	29.19	7.72	4.68	0.33
P.neg.	0	0.85	0.50	23.10	11.6	3.41	0.29
S/plas	0	0.50	0.28	67.59	1.76	2.15	0.16
5							
P.opac.	10.4	0.86	1.79	353.0	14.1	7.20	0.26
P.neg.	10.4	1.22	1.07	105.0	17.6	3.04	0.09
S/plas	0	1.33	0.85	222.2	8.38	6.24	1.01
6							
P.opac.	5.96	1.26	1.24	289.91	7.57	9.19	0.33
P.neg.	9.88	0.61	0.6	297.21	19.9	4.20	0.38
S/plas	9.36	0.85	0.38	192.02	33.9	9.16	0.26

## Desviaciones estandar de las variable morfológicas.

MES	TRAT	NF	NH	AC	IAF	AT	AF
Ene.	P.opac.	1.5	14.8	333.7	0.52	0.7	309.4
	P.neg.	5.5	22.3	298.4	0.55	0.7	775.6
	S/Plas	0.44	17.4	229.0	0.35	0.5	382.1
Marzo	P.opac.	17.6	94.75	365.0	1.97	9.8	1089.1
	P.neg.	4.24	83.43	240.0	2.12	0.7	1237.4
	S/plas	0.70	113.8	96.49	2.80	2.8	3015.2
Mayo	P.opac.	18.3	147.5	424.14	0.80	16.6	1628.9
	P.neg	17.85	92.9	428.02	0.65	17.51	1336.9
	S/Plas	9.87	149.2	461.65	0.54	12.70	1207.0

TABLA DE CONCENTRACION DE DATOS DE LAS VARIABLES FISIOLÓGICAS.

FECHA:

HORA DEL ALBA (OCASO):

HORA:

SITIO:

PARTICIPANTES:

No. DE REGISTRO:

OBSERVACIONES:

B.	T.	H.R.	T.A.	T.H.	FLUJO	RAD.	R. EST.	TRANS.	P.HID.
I	a1								
	a2								
	a3								
	b1								
	b2								
	b3								
	c1								
	c2								
	c3								
II	a1								
	a2		*						
	a3								
	b1								
	b2								
	b3								
	c1								
	c2								
	c3								

TABLA DE CONCENTRACION DE DATOS DE LAS VARIABLES MORFOLOGICAS.

FECHA:

HORA:

PARTICIPANTES:

NUMERO DE REGISTRO:

SITIO:

OBSERVACIONES:

B.	T.	Eti.P	# Flor.	A.F./H	# Hojas	A.de C.	I.A.F.	AltT	AF T
I	a	Ia1							
		Ia2							
		Ia3							
I	b	Ib1							
		Ib2							
		Ib3							
I	c	Ic1							
		Ic2							
		Ic3							
II	a	IIa1							
		IIa2							
		IIa3							
II	b	IIb1							
		IIb2							
		IIb3							
II	c	IIc1							
		IIc2							
		IIc3							
III	a	IIIa1							
		IIIa2							
		IIIa3							
III	b	IIIb1							
		IIIb2							
		IIIb3							
III	c	IIIc1							
		IIIc2							
		IIIc3							

CONCENTRACION DE DATOS DE LOS PESOS HUMEDO Y SECO DE LAS MUESTRAS DE SUELO TOMADAS DESPUES DEL RIEGO Y PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA.

FECHA:  
HORA:

OBSERVACIONES:

BLOQUE	TRAT.	PROF (cm)	PSH (g)	PSS (g)	% HUMEDAD
I	a	15 30			
	b	15 30			
	c	15 30			
II	a	15 30			
	b	15 30			
	c	15 30			
III	a	15 30			
	b	15 30			
	c	15 30			