

00376

8



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

RELACIONES SUELO-PLANTA-ATMOSFERA DE UNA  
LINEA SEMIDOMESTICADA DE CHILE (*Capsicum frutescens*)  
BAJO TRATAMIENTOS DE  
ABONO ORGÁNICO Y FERTILIZANTE QUÍMICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
(ECOLOGIA Y CIENCIAS AMBIENTALES)

P R E S E N T A

ALEJANDRA NIETO GARIBAY

206760

DIRECTOR DE TESIS: DR. ENRIQUE TROYO DIEGUEZ

MEXICO, D.F.

2000



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## **DEDICATORIA**

**A mis padres Héctor y Mariquita**

**A mis hermanos Héctor y Octavio**

**A Roberto C. Morales**

**A mis amigos**

**A la memoria de Paty**

**A Dios por su creación**

**A todos ellos quienes más admiro, quienes más amo, gracias.**

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido posible gracias al apoyo logístico, material, intelectual y moral que cada una de las personas me ofrecieron durante su realización. Asimismo al CIBNOR, por darme la oportunidad de trabajar en una de las profesiones más hermosas en la vida, la investigación de la misma.

Agradezco al Dr. Enrique Troyo por el apoyo laboral que siempre me ha brindado y por su amistad.

A Bernardo Murillo por su paciencia y disposición siempre desinteresada para orientarme a lo largo de este trabajo y por su amistad.

A Don Amado Cota por su ayuda y experiencia invaluable en el hermoso arte de la agricultura.

A mis sinodales Dra. Alma Orozco, Dra. Clara Tinoco, Dr. Victor Barradas, Dr. Macario Jiménez por la pronta revisión de mi tesis y su interés por mi obtención del grado. En especial a la Dra. Margarita Collazo por su disposición e invaluable ayuda más allá de lo que le corresponde como parte de mi comité tutorial.

A todos mis compañeros de trabajo que siempre me tendieron la mano para la realización de mi proyecto de tesis, Fina, Vero, José Luis, Lidia, Silvia, Federico y aquellos que por el momento escapan de mi mente pero no por eso menos importantes.

A Carmen Blazquez, Vico, Alex, Ricardo, Carmen Mercado, Sandra, Roberto, Héctor, Tania, Enrique, Mario, Mónica, Zaira, y los que se me escapan por compartir la experiencia de desarrollarnos en este ámbito que es la investigación, por ser mi otra familia en La Paz.

La realización de este trabajo fue posible gracias a los financiamientos a través de los proyectos fiscales del CIBNOR, y propios de SIMAC y Fundación PRODUCE de La Paz.

*Después de seis años insisto:*

*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 más valiosa en el desierto y sacias la sed de todos los seres vivos, impulsas la vida y la guardas tan celosamente que sin tí no existiría, en cualquier lugar donde estés 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 ahí 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. Nieto

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, el objetivo general fue evaluar el efecto de composta y un fertilizante químico aplicados al suelo en el desarrollo y fisiología de plantas de chile tipo caribeño (*Capsicum frutescens*), a través del continuo suelo-planta-atmósfera. Las plantas de chile fueron sometidas a tratamientos con composta (C), mezcla de suelo-composta (SC), suelo-fertilizante (SF), suelo-composta-fertilizante (SCF) y el grupo control con suelo (S), todas establecidas en macetas. Se evaluó el efecto de los tratamientos en variables fisiológicas, potencial hídrico, conductividad estomática, transpiración y crecimiento. Se analizó la relación entre los factores microclimáticos y las variables fisiológicas en cada tratamiento y se evaluó el efecto de los tratamientos en las características físicas y químicas del sustrato. Se presentó una mortalidad de plantas a lo largo del experimento quedando al final las plantas de los tratamientos SCF y SF. La mortalidad se atribuye a la alta cantidad de sales en el caso de las plantas de C y a la compactación de la tierra en la maceta en los tratamientos restantes. Sin embargo, se observó una mayor retención de humedad en los tratamientos con aplicación de composta. No se presentaron diferencias significativas entre tratamientos en las características físicas del suelo. El pH y conductividad eléctrica disminuyó en todos los tratamientos hacia el final del experimento. El efecto del déficit de presión de vapor y temperatura de la hoja fueron las variables microclimáticas con mayor efecto sobre las fisiológicas. El efecto del fertilizante químico fomentó una mayor producción de hojas. El efecto de la composta no fue evidente en las variables fisiológicas de las plantas. La sobrevivencia de las plantas SCF permite visualizarse como una alternativa para que en un mediano plazo el agricultor adopte hábitos de una agricultura para la conservación del suelo y el agua.

# CONTENIDO

I. INTRODUCCION .....	1
II. OBJETIVOS.....	3
3.1 Objetivo General .....	3
3.2 Objetivos Particulares .....	3
III. ANTECEDENTES.....	4
3.1 Relación suelo-planta-atmósfera.....	4
3.2 Uso de fertilizantes y abonos orgánicos .....	6
3.3 La agricultura en Baja California Sur .....	8
3.4 Estudios sobre el ecotipo de chile ( <i>Capsicum frutescens</i> ) .....	11
IV. METODOLOGIA .....	12
4.1 Sitio de estudio .....	12
4.2 Descripción fitotécnica de <i>Capsicum frutescens</i> L.....	13
4.3 Diseño Experimental .....	16
4.4 Tratamientos de fertilizante.....	16
4.5 Variables de respuesta evaluadas.....	19
4.5.1 Suelo .....	19
4.5.2 Planta.....	24
4.5.3 Clima .....	28
4.6 Análisis Estadístico .....	31
V. RESULTADOS.....	33
5.1 Variables climáticas .....	33
5.2 Variables edáficas .....	41
5.3 Variables fisiológicas .....	47
5.4 Variables morfológicas .....	69
5.5 Análisis de nutrimentos en sustrato y hojas .....	73
VI. DISCUSION .....	76
VII. CONCLUSIONES.....	83
IX. BIBLIOGRAFIA.....	85
X. ANEXO .....	95

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Meses muestreados y variables de respuesta evaluadas .....	32
Cuadro 2. Valores iniciales y finales de pH y conductividad eléctrica. ....	41
Cuadro 3. Porcentajes de arena, limo y arcilla presentados por los tratamientos. ....	42
Cuadro 4. Densidad aparente, porosidad total, porosidad de retención y porosidad efectiva. ....	42
Cuadro 5. Porcentajes de humedad total del suelo. ....	43
Cuadro 6. Humedad del suelo en cada mes de medición .....	43
Cuadro 7. Promedios de la temperatura del suelo entre tratamientos. ....	43
Cuadro 8. Porcentaje de saturación, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y humedad aprovechable para los tratamientos.....	45
Cuadro 9. Evapotranspiración, evapotranspiración total, requerimiento de riegos por día y requerimiento de riego total por tratamiento.....	46
Cuadro 10. Conductividad estomática de tratamientos .....	47
Cuadro 11. Transpiración en cada tratamiento.....	50
Cuadro 12. Temperatura de hoja en cada tratamiento .....	53
Cuadro 13. Potencial hídrico en cada tratamiento .....	55
Cuadro 14. Regresiones múltiples, factores microclimáticos y conductividad estomática.....	58
Cuadro 15. Regresiones múltiples, factores microclimáticos, conductividad estomática y transpiración .....	66
Cuadro 16. Número de hojas producidas por mes en cada tratamiento.....	69
Cuadro 17. Altura total de planta por mes en cada tratamiento .....	70
Cuadro 18. Suma de área foliar por mes en cada tratamiento .....	70
Cuadro 19. Análisis químico inicial de la composta y suelo. ....	73
Cuadro 20. Resultados de nutrimentos encontrados en compostas por diferentes autores.....	73
Cuadro 21. Resultados de diferentes compostas. ....	74
Cuadro 22. Resultados de Nitrógeno Total de plantas por tratamiento.....	75



# INDICE

I. INTRODUCCION .....	1
II. OBJETIVOS.....	3
3.1 Objetivo General .....	3
3.2 Objetivos Particulares .....	3
III. ANTECEDENTES.....	4
3.1 Relación suelo-planta-atmósfera.....	4
3.2 Uso de fertilizantes y abonos orgánicos .....	6
3.3 La agricultura en Baja California Sur.....	8
3.4 Estudios sobre el ecotipo de chile ( <i>Capsicum frutescens</i> ).....	11
IV. METODOLOGIA .....	12
4.1 Sitio de estudio .....	12
4.2 Descripción fitotécnica de <i>Capsicum frutescens</i> L. ....	13
4.3 Diseño Experimental. ....	16
4.4 Tratamientos de fertilizante.....	16
4.5 Variables de respuesta evaluadas.....	19
4.5.1 Suelo .....	19
4.5.2 Planta.....	24
4.5.3 Clima .....	28
4.6 Análisis Estadístico .....	31
V. RESULTADOS.....	33
5.1 Variables climáticas .....	33
5.2 Variables edáficas .....	41
5.3 Variables fisiológicas.....	47
5.4 Variables morfológicas .....	69
5.5 Análisis de nutrimentos en sustrato y hojas.....	73
VI. DISCUSION .....	76
VII. CONCLUSIONES.....	83
IX. BIBLIOGRAFIA.....	85
X. ANEXO .....	95

## I. INTRODUCCION

La agroecología de nuevos recursos vegetales para el desarrollo rural sostenible, constituye una línea de investigación de gran importancia para estudiar la ecología de las plantas útiles (Aguilera y Martínez, 1996). El estudio de la fisiología, la erosión del suelo (cambios físicos, químicos y de fertilidad) y la influencia del microambiente en la planta, proporcionan la pauta para un entendimiento integral y ecológico de nuevos cultivos. Los cultivos en zonas áridas y semiáridas merecen especial atención debido a que las condiciones edáficas y ambientales hacen difícil su desarrollo (Hall *et al.*, 1979). Baja California Sur enfrenta actualmente una grave problemática en la práctica de la agricultura. Debido a que forma parte de la amplia extensión de zonas áridas y semiáridas del país (60% del territorio nacional) (Rzedowski, 1978), presenta escasa precipitación anual (que oscila de 100 a 200 mm), una evaporación de 2,838 mm (INEGI, 1996), y una baja o inexistente fertilidad del suelo, debido al escaso contenido de materia orgánica y a la salinidad. Además de los anterior, la progresiva salinidad de los suelos agrava aún más la problemática que debe enfrentarse a lo largo del Estado en la práctica de la agricultura.

Las características climáticas en las que se desarrolló la agricultura en el estado se convirtieron en un grave problema en los años 40's, debido al desmonte y apertura de grandes extensiones para la siembra, a la mayor explotación de pozos profundos y el incremento en el uso de agroquímicos. Aún cuando los fertilizantes químicos, plaguicidas y uso de agua subterránea, ayudaron a la mayor y más rápida obtención de productos agrícolas para su comercialización, su uso inmoderado e inadecuado ha llevado a dos principales consecuencias que hay que enfrentar: la escasez de agua y el empobrecimiento del suelo (infertilidad y salinidad, entre otros aspectos).

Para enfrentar la escasez de agua, se han implementado en algunas partes de Baja California Sur, sistemas de riego presurizados con una alta tecnología para la optimización del recurso agua. En el caso del empobrecimiento del suelo, la mayor parte de los

agricultores ha optado por la aplicación de agroquímicos como aporte de nutrimentos. Ambas medidas han contribuido a resolver parcialmente la problemática mencionada; sin embargo, su efecto es limitado y no contribuyen a la sostenibilidad del uso del agua y suelo. En primer término, porque la accesibilidad de los sistemas avanzados de riego implica elevadas inversiones, y segundo, porque no existe una solución real para mitigar o corregir el empobrecimiento del suelo (Pimentel, *et al.*, 1989; Soule y Jackson, 1990).

Bajo los antecedentes mencionados, se ha visto que en Baja California Sur, la práctica de una agricultura con uso de insumos naturales resulta más rentable y en mayor armonía con el ambiente. Por lo anterior, el uso de abonos y fertilizantes orgánicos ha ido en aumento (Toyes, 1992). Sin embargo, la escasez de evidencia científica y la falta de alternativas de transición impiden inducir y convencer al agricultor convencional, para que adopte la práctica de una agricultura con uso de insumos naturales.

La presente investigación aborda el estudio agroecológico de un ecotipo semidomesticado de chile tipo "caribeño", a través del estudio del continuo suelo-planta-atmósfera que involucra el conocimiento de las características físico-químicas y nutritivas del suelo, de las condiciones ambientales (humedad, temperatura y radiación) y de las tendencias de variables ecofisiológicas seleccionadas (relaciones hídricas internas). Las variables ecofisiológicas evaluadas reflejan los mecanismos por medio de los cuales la planta se adapta a su medio (Kramer, 1983; Fricke *et al.*, 1989). De manera particular, en este estudio se espera aportar conocimiento sobre las repuestas de plantas de chile "caribeño" a tratamientos de composta como fertilizante natural, a fertilizante químico y a la combinación de ambos. Mediante la aplicación de métodos estadísticos apropiados, se pretende identificar al mejor tratamiento de fertilizante para su uso adecuado en una transición hacia una agricultura con mayor interés por la conservación del suelo y agua en la región. El presente trabajo forma parte del proyecto "Cultivos Experimentales en Apoyo a la Reconversión Agrícola" (AGEC-4), que se realiza en el Programa de Agroecología y Biotecnología Vegetal del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR).

## II. OBJETIVOS

### ***3.1 Objetivo General***

Analizar y evaluar el efecto de composta y un fertilizante químico aplicados al suelo en el desarrollo y fisiología de plantas de chile tipo caribeño (*Capsicum frutescens*), a través del continuo suelo-planta-atmósfera.

### ***3.2 Objetivos Particulares***

- 1) Evaluar el efecto de los tratamientos de composta y fertilizante químico en las variables fisiológicas, potencial hídrico, conductividad estomática y transpiración y en el crecimiento de plantas de chile caribeño.
- 2) Analizar la relación entre los factores microclimáticos del cultivo y las variables fisiológicas de las plantas de chile caribeño bajo los diferentes tratamientos.
- 3) Evaluar el efecto de los diferentes tratamientos de fertilización (composta y fertilizante químico) en las características físicas y químicas del suelo y su efecto en el desarrollo de las plantas de chile caribeño.

### III. ANTECEDENTES

#### 3.1 *Relación suelo-planta-atmósfera*

El estudio del flujo del agua a través del continuo suelo-planta-atmósfera puede abordarse evaluando las interacciones entre los factores bióticos y abióticos que regulan y modifican la respuesta fisiológica de las plantas según el ambiente en el que se desarrollan. Nobel (194) menciona que en el medio ambiente interactúan la temperatura, la radiación total global y la humedad relativa, estos factores primarios afectan la transpiración y el balance energético de las plantas. Por otro lado, las propiedades físicas del suelo como la textura y estructura, su potencial total de agua y temperatura, influyen de manera importante en la disponibilidad de agua y nutrimentos para la planta. Sólo en función de dichos factores se realiza la difusión de agua a las raíces, al igual que la absorción y translocación de nutrimentos a través del tejido conductivo del tallo y las hojas. Uno de los factores bióticos relacionados con las características morfofisiológicas de las plantas es la estructura de la raíz, del tallo y de la hoja, partes fundamentales en todos los procesos de absorción, transporte de agua y transpiración, que incide directamente sobre la respuesta fisiológica y su comportamiento.

Hsiao (1982) y Pozos (1991) explican cómo ocurren las interacciones de los factores mencionados por Nobel (1977) en el continuo suelo-planta-atmósfera. Para que el agua llegue finalmente a la atmósfera es necesario que se mueva a través de raíz, tallo y hojas de la planta y esto se logra en parte gracias a la energía solar y a la temperatura del aire que frecuentemente es mayor que la temperatura de la hoja. El déficit de presión de vapor provoca la evaporación del agua que se encuentra en la superficie de las hojas. La pérdida de esta agua por transpiración debe ser remplazada 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 a un gradiente de potencial así producido. La transpiración ocurre como una consecuencia inevitable de la apertura de los estomas de la planta para asimilar el dióxido

- de carbono que necesitan en el proceso fotosintético. Con lo anterior se explica el hecho de que el estado hídrico de una planta está determinado por el suelo, la planta y los factores atmosféricos.

En el caso de las zonas áridas y semiáridas la demanda evaporativa de la atmósfera es significativa, el contenido de agua en el suelo es mínimo y las precipitaciones son escasas y erráticas por lo que las plantas adoptan mecanismos que les permiten desarrollarse bajo estas condiciones adversas (Hale y Ocutt, 1987).

Las respuestas fisiológicas de las plantas a dichos ambientes áridos y semi-áridos han sido ampliamente estudiadas a través de sus relaciones hídricas (contenido relativo de agua, potencial hídrico, potencial osmótico, potencial de turgencia, principalmente) y del continuo que sigue el agua desde el suelo pasando por la planta hasta formar nuevamente parte del ambiente (continuo suelo-planta-atmósfera). La importancia del potencial hídrico como el parámetro que describe el estado de energía del agua en las hojas y a partir del cual se infiere la capacidad del tejido para guardar y liberar el agua en un sistema de estado no estable ha sido ampliamente documentado, tanto en plantas silvestres como en cultivadas (Fanjul y Barradas, 1987; Golstein, *et al.*, 1986; Koide *et al.*, 1989; Pozos, 1991; Hsiao, 1982; Nilsen *et al.*, 1983; Kramer, 1989; Maki, 1991). Igual importancia se le ha dado a estudios que integran el comportamiento estomático en la regulación de la transpiración de las plantas y sus respuestas a los factores ambientales, principalmente la temperatura del aire, humedad relativa y déficit de vapor de agua (Monson y Smith, 1982; Caron *et al.*, 1998; McIntyre *et al.*, 1995; Correia *et al.*, 1989; Fennell y Markhart, 1990; Nilsen *et al.*, 1983; Golstein *et al.*, 1986; Nilsen *et al.*, 1984; Westgate y Boyer, 1985; Fanjul y Rosher, 1984; Sala *et al.*, 1982; Fanjul y Barradas, 1987; Saruwatari y Davis, 1989; Fanjul y Barradas, 1985; Ludlow 1991; Mooney y Chu, 1983).

Anteriormente Rodríguez *et al.* (1995), Carlson *et al.* (1994) y Jackson y Bliss (1984) estudiaron la relación suelo-planta y sus relaciones hídricas agregando también el análisis

### III. ANTECEDENTES

#### 3.1 *Relación suelo-planta-atmósfera*

El estudio del flujo del agua a través del continuo suelo-planta-atmósfera puede abordarse evaluando las interacciones entre los factores bióticos y abióticos que regulan y modifican la respuesta fisiológica de las plantas según el ambiente en el que se desarrollan. Nobel (194) menciona que en el medio ambiente interactúan la temperatura, la radiación total global y la humedad relativa, estos factores primarios afectan la transpiración y el balance energético de las plantas. Por otro lado, las propiedades físicas del suelo como la textura y estructura, su potencial total de agua y temperatura, influyen de manera importante en la disponibilidad de agua y nutrimentos para la planta. Sólo en función de dichos factores se realiza la difusión de agua a las raíces, al igual que la absorción y translocación de nutrimentos a través del tejido conductivo del tallo y las hojas. Uno de los factores bióticos relacionados con las características morfofisiológicas de las plantas es la estructura de la raíz, del tallo y de la hoja, partes fundamentales en todos los procesos de absorción, transporte de agua y transpiración, que incide directamente sobre la respuesta fisiológica y su comportamiento.

Hsiao (1982) y Pozos (1991) explican cómo ocurren las interacciones de los factores mencionados por Nobel (1977) en el continuo suelo-planta-atmósfera. Para que el agua llegue finalmente a la atmósfera es necesario que se mueva a través de raíz, tallo y hojas de la planta y esto se logra en parte gracias a la energía solar y a la temperatura del aire que frecuentemente es mayor que la temperatura de la hoja. El déficit de presión de vapor provoca la evaporación del agua que se encuentra en la superficie de las hojas. La pérdida de esta agua por transpiración debe ser remplazada 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 a un gradiente de potencial así producido. La transpiración ocurre como una consecuencia inevitable de la apertura de los estomas de la planta para asimilar el dióxido

- de crecimiento de las plantas y algunas variables morfológicas, de manera que obtuvieron mayores elementos para el análisis de las respuestas de las plantas a su ambiente.

Los resultados de tales estudios han permitido no sólo conocer los mecanismos de adaptación de las plantas silvestres en zonas semiáridas y áridas, sino que los modelos obtenidos han servido para generar predicciones en el estudio de las plantas cultivadas (Hall, 1990). Lo anterior ha permitido identificar plantas mejor adaptadas a los sitios con escasez de agua y conocer la capacidad de aquellas que forman parte de los cultivos con mayor importancia en el mundo (Velázquez, 1989 ; Tijerina, 1989 ; Livera *et al.* 1989)

Sin embargo, aún y cuando ha sido ampliamente estudiada la respuesta de las plantas cultivadas a través del continuo suelo-planta-atmósfera, Noroeste de México poco se ha trabajado en el efecto que los abonos y fertilizantes orgánicos tienen sobre la fisiología de la planta en él.

### ***3.2 Uso de fertilizantes y abonos orgánicos.***

Al igual que las plantas silvestres, la respuesta fisiológica de las plantas cultivadas dependerá de la interrelación de los factores bióticos y abióticos mencionados al inicio de este texto. Sin embargo, el manejo que le da el hombre al suelo es otro factor determinante en su adaptación y desarrollo. Las labores culturales como la labranza, fertilización, irrigación y el control de plagas es un buen ejemplo de actividades que influyen en un mejor desarrollo del cultivo (Labrador, 1996).

Entre los efectos del manejo del suelo en la agricultura convencional destaca la pérdida de materia orgánica, cuyas principales consecuencias son la pérdida de fertilidad y la disminución de la capacidad de retención de agua, agravándose por las condiciones características de las regiones áridas y semiáridas (altas tasas evaporativas y precipitaciones escasas y erráticas). Otro efecto que se prevé como consecuencia de un inadecuado uso del agua en zonas áridas es la salinización del suelo (Labrador, 1996,



• Giamprieto, *et. al.*, 1992).

El manejo de los fertilizantes orgánicos ha sido tradicionalmente utilizado por los agricultores de pequeñas extensiones de tierra, incorporando directamente materiales orgánicos (estiércoles, desechos agrícolas verdes y secos) a su agrosistema, o bien transformándolo mediante el proceso de compostaje. Con ello se pretende obtener un abono o producto fertilizante orgánico natural, manejable y adecuado en contenido de nutrimentos. Sin embargo, con fines de biorremediación de suelos agrícolas, la incorporación de biorremediación de suelos agrícolas, la incorporación de fertilizantes y abonos orgánicos (estiércoles y compostas) es una práctica que ha recuperado importancia en los últimos años (Pansu *et al.*, 1998; Ruíz, 1996 y Abdel *et al.*, 1994). A diferencia del uso de estiércoles y desechos agrícolas, la composta ofrece ventajas en su incorporación al suelo, mejorando sus propiedades físicas.

La composta es el resultado de un proceso de descomposición aeróbico que involucra tres etapas principales: fermentación, síntesis y mineralización. Dicho proceso se promueve bajo condiciones específicas de aireación, humedad, temperatura y nutrimentos, con la intervención de bacterias, hongos e insectos detritívoros (Paul y Clark, 1996; Labrador, 1996). Al final del proceso, se obtiene un producto llamado humus o [composta], alto en materia orgánica y adecuado en contenido de nutrimentos para las plantas (FAO, 1991).

Según estudios de la FAO, (1991), Trueba (1996) y Ruíz (1996) la composta mejora la fertilidad del suelo, controla la erosión, aumenta la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, aumenta la mineralización del nitrógeno, el fósforo y potasio, ayuda a mantener valores de pH óptimos para la agricultura, ayuda a reducir la temperatura del suelo y fomenta la actividad microbiana. De manera que los suelos con características propias de los suelos de zonas áridas y semiáridas como pH básico, pobres en materia orgánica, nutrimentos y baja capacidad de retención de agua se ven mejorados con la incorporación de fuentes de materia orgánica como la composta.

El estudio del efecto del uso de composta en la agricultura ha predominado en el cultivo de hortalizas, como el tomate, brocoli y chile. Los resultados muestran un incremento en el rendimiento y la calidad de los cultivos (Valdtighi *et al.* 1996; Vogtmann y Fricke, 1989), una mayor disponibilidad de nutrimentos como el nitrógeno, fósforo y potasio (Bernal *et al.* 1998; Minna y Jorgensen, 1996) y una mejora en las características físicas del suelo. Por lo anterior se esperaría entonces que la planta reflejara un estado fisiológico mejor con el uso de la composta que sin la aplicación de la misma.

### **3.3 La agricultura en Baja California Sur.**

En los últimos cinco años la superficie anual promedio cultivada en Baja California Sur ha sido de 52,600 hectáreas, donde los granos constituyen el 58.3% (maíz, trigo, garbanzo), las hortalizas el 8% (tomate, cebolla chile, etc.), los cultivos perennes el 17.5% (frutales y forrajes) y el 16.3% restante otro tipo de cultivos. Esta superficie sembrada incluye la practicada como agricultura convencional y orgánica (Gobierno del Estado, 1999).

La agricultura predominante en Baja California Sur ha sido la agricultura convencional de riego (89.4% del total de la superficie sembrada) (INEGI, 1994) debido a la baja precipitación y altas tasas evaporativas que se presentan como características climáticas predominantes en el Estado (INEGI, 1996). Las labores culturales consisten en el uso de agroquímicos, sistemas de riego presurizado, monocultivos y uso de maquinaria. De las 3,489 unidades de producción, 2,896 utilizan maquinaria para labranza intensiva, lo que implica un desmonte de una superficie importante de tierra para aprovecharla en agricultura (SIMBAD, 1991).

Si bien la agricultura de riego es la que predomina, en los últimos años la práctica de la agricultura orgánica ha cobrado mayor importancia debido a dos causas principales: 1) a la gran rentabilidad que tienen los cultivos ya que la mayor parte de ellos son hortalizas y su destino es prácticamente en su totalidad de exportación y, 2) a que la práctica de la

- agricultura orgánica conlleva toda una serie de principios para hacer de la agricultura una actividad en armonía con el ambiente lo que permite un mejor aprovechamiento de los insumos y recursos invertidos en la misma.

Estas dos causas han hecho que la agricultura orgánica resulte para algunos agricultores en pequeño, en una nueva y mejor alternativa que la agricultura convencional de riego, lo que era de esperarse según lo encontrado por diferentes autores. Urciaga (1993) en un análisis de la agricultura en Baja California Sur concluye que la principal vocación de la tierra es hortícola, conclusión que se ha visto real no sólo en la agricultura orgánica, sino también en la agricultura de riego. Por otro lado Trápaga y Torres (1994), mencionan que dentro de las ventajas de la agricultura orgánica destaca el uso de insumos de origen natural para todas las labores culturales, la consecuencia inmediata de su utilización es una mayor conservación de los recursos naturales utilizados principalmente del suelo y del agua, y un mayor rendimiento de los cultivos.

En este aspecto en Baja California Sur la agricultura en general se ve limitada por las características del suelo y el agua debido a la escasa materia orgánica y nutrimentos del primero y a la salinidad que presentan ambos recursos. Por lo que el uso de insumos de origen natural para la agricultura orgánica ha representado una alternativa muy adecuada para superar estas limitantes.

En Baja California Sur, los estiércoles vacunos, gallinazas y compostas son los principales fertilizantes orgánicos utilizados, de estos en mayor medida se utiliza la composta. La composta ha representado una mejor opción para los agricultores ya que los materiales con los que se obtiene tienen su origen en los desechos orgánicos de la industria pesquera, agrícola y ganadera, que a su vez pueden obtenerse en cualquier parte del Estado.

Uno de los problemas en el uso de las compostas en la agricultura de Baja California Sur es la falta de conocimiento para un mayor aprovechamiento de este tipo de fertilizantes.

- La forma en que se aplica la composta ha obedecido más a un conocimiento empírico, que técnico y científico, por lo que no existe un control en las dosis de aplicación en general y en particular para cada cultivo.

A raíz de este problema surge la inquietud por estudiar el efecto de diferentes dosis y sustratos con composta con el fin de contribuir a un mayor conocimiento para el mejoramiento en el uso de insumos naturales que sirvan a la agricultura de Baja California Sur.

El estudio de los fertilizantes orgánicos en Baja California Sur ha sido abordado como tema de tesis de algunos ingenieros agrónomos egresados de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Mediante dichos estudios se han realizado pruebas de diferentes sustratos orgánicos en la germinación de algunas hortalizas y se han comparado con sustratos comerciales. Los resultados muestran la ventaja en la disminución de costos por el uso de sustratos orgánicos y una respuesta favorable de la planta a los mismos (García, 1992; González, 1991; Jiménez-Hidalgo *et al.*, 1991; Verdugo, 1996; Ruíz, 1991; Toyas, 1992).

En cuanto a los estudios sobre las respuestas fisiológicas de las plantas, particularmente en relación con variables hídricas, se han generado algunos trabajos en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste CIBNOR (Trovo, 1994 ; Nieto, 1994; Torres, 1992). Asimismo, en los últimos dos años a través del presente trabajo y otros estudios (Murillo *et al.*, 1998), se estudia de manera integral el efecto de fertilizantes orgánicos en el desarrollo y producción de cultivos alternativos y especies en proceso de domesticación, en apoyo a la reconversión agrícola.

Es claro que en el futuro inmediato, las investigaciones deberán abordar la pauta para implementar propuestas de mejor manejo de los recursos suelo y agua, bajo un conocimiento más profundo de los agroecosistemas, para lograr una efectiva conservación de los mismos.

### • 3.4 Estudios sobre el ecotipo de chile "Caribeño" (*Capsicum frutescens* L) en la región.

El ecotipo de chile semidomesticado comúnmente llamado chile "caribeño", "chiltepín", o "chile bola" (*Capsicum frutescens* L.), ha sido estudiado con anterioridad en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, como una planta promisoría y como un posible cultivo alternativo, para ser incluido en los planes de diversificación de los cultivos en el Estado. Los temas de estudio se han enfocado principalmente en las respuestas ecofisiológicas bajo las condiciones climáticas de la región (Nieto, 1994). Los resultados muestran su tolerancia a la sequía y salinidad, por lo que se considera una especie con alta capacidad de adaptación a la región.

El interés del ecotipo en estudio está dado por el uso potencial de los metabolitos secundarios que produce (capsaicinoides) para la industria farmacéutica, principalmente para la elaboración de algunos fármacos de utilidad médica para tratamientos del corazón y parches para aliviar dolores musculares. Por otro lado, presenta usos potenciales para la industria cosmética, en la elaboración de cremas reductoras y champús para el cabello; asimismo, es promisorio para la industria alimentaria dado que puede comercializarse como conservas, como fruto fresco o seco (Salgado, 1989). Además de lo anterior, ha despertado enorme interés para emplearse como insecticida biológico al aplicar el fruto fresco y triturado para controlar algunas plagas.

## IV. METODOLOGIA.

### *4.1 Sitio de estudio.*

El CIBNOR forma parte de los terrenos costeros del Comitán, que se localizan 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 Cd. de La Paz, en el extremo suroccidental de la Bahía de La Paz B.C.S., México (Cruz, 1992)(Fig. 1). La Península de Baja California Sur se ubica dentro de la franja limitada por los paralelos 19° y 31° Norte, donde se localizan los principales desiertos y zonas de mayor aridez en el mundo (Aguilera y Martínez, 1996).

### *Clima.*

De acuerdo con Köppen modificado por García (1981), El Comitán presenta un clima tipo Bw (h') muy seco, hw (e) muy cálido y extremo. La temperatura promedio anual oscila entre 22 y 23 °C, con una temperatura media anual de 22.6°C. La temperatura media mensual más alta se presenta en el mes de julio y promedia alrededor de 28°C, las mínimas en enero oscilan entre 8 y 16°C. La precipitación es escasa, de 100 a 250 mm anuales. Durante la temporada lluviosa, septiembre es el mes con mayor precipitación (150 mm), y mayo el menos lluvioso (1 mm o menos). Según registros de las algunas estaciones distribuidas en el Estado, la evaporación media anual oscila de 1,758 a 2,472 mm (INEGI, 1996).

La baja precipitación, alta evaporación y altas temperaturas en todo el estado de Baja California Sur, hacen de la zona un lugar con características semiáridas que limitan el desarrollo de la agricultura.

### *Suelo.*

El tipo de suelo es Yermosol Háplico (FAO/UNESCO 1968 modificada por CETENAL en 1970), que se distingue por tener una capa superficial de color claro, muy pobre en materia

- orgánica y textura franco-arenosa, con fase química ligeramente salina en algunos sitios (Naranjo, 1994).

### ***Vegetación.***

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

Se han registrado en el área 143 especies distribuidas en 44 familias y 197 géneros. Las familias más representativas, sin incluir las de las especies anuales son: Euphorbiaceae, Cactaceae y Leguminosae. Otras familias están representadas por una o dos especies y la mayoría de los géneros por una sola especie; lo anterior es característico de floras insulares (León y Coria, 1992).

#### ***4.2 Descripción fitotécnica de *Capsicum frutescens* L.***

Las características de su ciclo de vida la hacen una especie atractiva por ser una planta semiperenne con un ciclo de vida de aproximadamente 4 años, ya que al iniciar su floración y fructificación, se mantiene produciendo flores y frutos simultáneamente sin interrupción hasta el término de su ciclo de vida.

Las primeras plántulas se observan a los 14 días de su siembra; a partir de ese momento continúan emergiendo hasta los 28 días. Alcanzan un tamaño adecuado para su trasplante (15 cm) en poco más de un mes después de haber emergido.

La planta presenta hábito de crecimiento erecto. La altura promedio es de 1.70 m con una forma de vida arbustiva. Los frutos en racimo están dispuestos en las partes terminales de cada rama en forma erecta, son de color verde y rojos en la etapa madura (Fig. 2).

### 4.3 *Diseño Experimental.*

El diseño experimental fue por bloques completamente al azar; las plantas se sembraron en macetas de plástico para tener un mayor control sobre la aplicación de las cantidades de agua para riego y la pérdida de la misma. Las macetas se ubicaron en las instalaciones del campo experimental del CIBNOR.

### 4.4 *Tratamientos de fertilizante.*

La preparación de la composta y el cálculo para obtener la dosis de fertilizante químico se muestran en los siguientes incisos:

#### *a) Obtención de la composta como fertilizante orgánico.*

Se realizó a través del proyecto "Manejo de Desechos Orgánicos para la Producción de Tierra Fértil y su Uso en la Agricultura Orgánica" presentado por la empresa Baja Consultores Ambientales S.A. de C.V. ante los funcionarios de SEDESOL para ser apoyado y financiado por esta misma instancia gubernamental.

La metodología realizada para la obtención de la composta se obtuvo adaptando métodos propuestos por Martínez (1996), IMSS (1990) y Ruíz (1991). El material utilizado consistió principalmente en desechos orgánicos como frutas y verduras generados por centros comerciales y casas particulares de la ciudad de La Paz, B.C.S.

La técnica consistió en cavar un pozo de 1m<sup>3</sup> aproximadamente donde se van colocando capas de material seco pajas de trigo, desechos orgánicos (frutas, verduras y estiércol bovino) tierra sucesivamente hasta llenarse; al cabo de un tiempo determinado (20 días), se voltea la composta y se deja otro tiempo (70 días), hasta obtener una tierra con olor a humedad.



**b) Determinación de la dosis de aplicación de la composta y fertilizante químico.**

La dosis de composta a aplicar varía según el autor, el cultivo y la cantidad con la que se dispone. Existen recomendaciones del uso de composta que van desde 7.5 Ton/ha hasta las máximas de 100 Ton/ha (FAO, 1991). Sin embargo, la mayoría de los autores recomiendan una dosis entre 50 y 60 Ton/ha (Warman y Havard, 1996; Votgmann y Fricke, 1989 y Navarro *et al.*, 1996). El principal criterio para determinar la dosis de composta a aplicar en este trabajo fue la cantidad del material con el que se disponía y las dosis recomendadas, tratando de aplicar la más alta. A partir de lo anterior, la dosis de composta aplicada fue de 50 Kg/m<sup>2</sup>, lo cual correspondió a una proporción suelo composta de 2:1.

En cuanto a la dosis de fertilizante químico, se utilizó un fertilizante comercial (Triple 17) que contiene 17 unidades de nitrógeno, fósforo y potasio (17-17-17). Dicho fertilizante fue elegido por ser el de uso común por los productores de Chile en la región. Para determinar la dosis, se utilizó como referencia la empleada en campo para este cultivo (150 Kg/ha), calculando la dosis para el tiempo de experimentación, el porcentaje de Nitrógeno disponible (17%) y el área de la maceta (0.0165 m<sup>2</sup>). La aplicación de Triple 17 se realizó en una dosis única, por lo que se consideró el doble de lo establecido comúnmente. La dosis se calculó de la siguiente manera:

**(Ecuación 1)**

$$\text{Dosis /maceta} = 30 \text{ Kg/ha} \times 1000 \text{ g/Kg} \times \frac{0.495 \text{ m}^2/30 \text{ macetas}}{10,000 \text{ m}^2/\text{ha}} \times \frac{100\%}{17\%} = \frac{87.35 \text{ g}}{30 \text{ macetas}}$$

$$\text{Dosis maceta} = 2.91 \text{ g/maceta (dosis única)}$$

En virtud de que se trató evidentemente de una aportación de fertilizante perceptiblemente baja por maceta, se tuvo la preocupación de aplicarlo disolviéndolo en una cantidad de agua que permitiera su distribución adecuada en el volumen de suelo en la maceta, obviamente sin drenarlo. Por ello, se disolvieron los 2.91 g del fertilizante en 300 ml de agua para posteriormente aplicar dicho volumen de solución en cada maceta.

- Una vez obtenida la composta y a partir de los cálculos realizados de las dosis a aplicar tanto del fertilizante orgánico como del químico, se establecieron los siguientes tratamientos con 15 macetas por tratamiento, para un total de 75 macetas. El número de repeticiones fue de 5 plantas por tratamiento.

### **1. Suelo-Composta-Fertilizante (SCF)**

Macetas con una mezcla de Suelo-Composta-Fertilizante químico (SCF), con suelo de la parcela experimental en una proporción de 2:1 y con la dosis de fertilizante calculada.

### **2. Suelo-Fertilizante (SF)**

Macetas cuyo único sustrato fue el suelo de la parcela experimental y la dosis de fertilizante químico calculada (SF).

### **3. Suelo-Composta (SC)**

Macetas con mezcla del suelo y composta (SC), en proporción 2:1 (suelo:composta), sin fertilizante químico.

### **4. Composta ( C )**

Maceta sólo con composta.

### **5. Control Suelo (S)**

El grupo control consistió en macetas con suelo (S) sin fertilizante y sin composta.

#### ***c) Establecimiento del cultivo.***

Las semillas de *Capsicum frutescens* se obtuvieron de los frutos de plantas establecidas en el campo experimental del CIBNOR. Los frutos se dejaron madurar en la planta hasta alcanzar un color rojo; se cosechó, se secó a la sombra y se obtuvo la semilla del fruto seco.

Se sembraron semilleros con sustrato comercial inerte, especial para germinación (SOGEMIX), los cuales fueron mantenidos con un riego óptimo. Una vez germinadas las plántulas, se aplicó fertilizante foliar comercial (GROFOL) con micronutrientes (20-30-10 de N, P y K, respectivamente), con el fin de reforzar las plántulas y homogeneizar su

- condición nutricional antes del inicio del experimento. La dosis diaria aplicada fue de 0.795 g/lit durante 5 días.

Cuando las plantas alcanzaron una altura de 15 a 20 cm, se transplantaron en macetas (una planta por maceta), con los sustratos previamente dispuestos. Se permitió una aclimatación de 20 días para el establecimiento de las plantas antes de la primera medición.

Para determinar la frecuencia y cantidad de riegos, las macetas se llevaron a capacidad de campo; fueron pesadas 24 y 48 horas después de haber sido regadas a saturación. A partir de las constantes de humedad, se determinó un riego de 200 ml de agua por maceta cada tercer día.

Las macetas se mantuvieron en el campo experimental bajo media sombra (apertura de 50%) con un flujo fotónico promedio de  $133.23 \pm 251.55 \mu\text{mols m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . La distribución espacial fue aleatoria, enumerándose cada una para realizar la aleatorización.

#### ***4.5 Variables de respuesta evaluadas.***

Se midieron y registraron variables de respuesta para el suelo, planta y clima. Los meses de experimentación fueron: noviembre, diciembre, enero y febrero de 1997 y 1998, de acuerdo con las fechas de siembra de cultivos comerciales de Chile en el Estado (SAGAR, 1995).

##### ***4.5.1 Suelo***

###### ***Análisis químicos.***

De manera simultánea al establecimiento de los tratamientos, se realizaron análisis químicos del suelo y composta utilizada para el experimento, realizando 4 repeticiones de cada análisis. Una vez finalizado el experimento, se realizó nuevamente el análisis por

- cada tratamiento. El suelo empleado para los tratamientos se obtuvo de una de las parcelas experimentales del CIBNOR. Los análisis se realizaron en los laboratorios de la Estación Experimental del CIBNOR en Guerrero Negro, de acuerdo con los métodos establecidos en el mismo laboratorio.

#### **Métodos de análisis químicos:**

**pH:** Solución con relación 1:25 (agua:muestra suelo o composta) con un potenciómetro marca Beckman, Estados Unidos.

**Conductividad eléctrica (CE):** Solución con relación 1:5 (agua: muestra), expresada en mS/cm, utilizando un conductímetro marca Hatch, modelo 50150, Estados Unidos.

**K, Na, Fe, Mn y Zn:** Solución con relación 1:5 (agua:muestra). Las muestras se midieron en un espectrofotómetro de emisión de flama y absorción atómica, marca Shimadzu modelo AA-660, Japón.

**P:** Se determinó mediante extracción por el método de Olsen *et al.* (1954).

**Bicarbonato de sodio:** Método analítico usando cloruro estañoso y midiendo su absorbancia en un espectrofotómetro marca Hitachi, modelo U-1100, Japón.

**N- Total:** Digestión con digestores microkjeldahl SIBATA ME-GA y método analítico de Nessler (Vanselow, 1940) midiendo su absorción con un espectrofotómetro marca Hitachi modelo U-1100, Japón.

**NO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>-N, SO<sub>4</sub>:** Extracto de agua relación 1:5 (agua:muestra), centrifugado y medido con un cromatógrafo marca Shimadzu modelo HIC-GA, Japón.

#### ***Análisis físicos.***

Los análisis físicos constituyen la base para la caracterización del suelo, cuya relación con las propiedades químicas del suelo permiten entender la dinámica del mismo, entre otros aspectos, para el crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas cultivadas. Los análisis físicos se realizaron como única vez al final del experimento.

## Textura.

Se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla del suelo. Su importancia radica en la influencia que ésta tiene en la cantidad de agua que puede almacenar el suelo, el movimiento del agua del suelo, así como la facilidad de abastecimiento de nutrimentos, de agua y aire, fundamentales para la vida de la planta. El método que se utilizó fue el del Hidrómetro de Bouyoucos (UABCS, 1991) comparando los resultados con el diagrama triangular de clase textural.

## Densidad Aparente (Da).

Indica la cantidad de material sólido en un volumen aparente del suelo; se obtuvo por el Método de Campo (Herbert, 1992 y UABCS, 1991), el cual consiste en cavar un cubo de tierra de dimensiones conocidas y llenarlo de agua con una probeta graduada para conocer el volumen aplicado. La tierra extraída se seca en un horno a peso constante. A partir de los datos obtenidos se obtiene la Da, dividiendo el peso del suelo seco (g) entre el volumen total del suelo (cm<sup>3</sup>) (Herbert, 1992).

## Densidad real o de sólidos (Dr).

A diferencia de la Da, considera la masa de sólidos y el volumen que estos ocupan; de acuerdo a lo anterior, no toma en cuenta el espacio poroso. Se obtuvo por el método del Matríz Volumétrico (UABCS, 1991), el cual se basa en la eliminación por calentamiento de aire del suelo mediante una serie de pesadas, por diferencia el volumen de sólido (Ecuación 2)

$$Dr = \frac{(Dw)(Ps-Pai)}{(Ps-Pai)-(Psa-Pa)}$$

Donde:

Dw= densidad del agua a una temperatura dada (en tablas)

Ps = peso del matríz más una muestra de suelo (g)

Pai = peso del matríz lleno de aire (g)

、 Psa= peso del matr az con suelo saturado de agua (g)

Pa = peso del matr az lleno de agua (g).

**Porosidad Total o Espacio Poroso (Ep), Porosidad de Retención (PR) y Efectiva (PE).**

El espacio poroso (Ep) es la porción de suelo no ocupado por partículas sólidas. Los espacios porosos est n ocupados por aire y agua. El arreglo de las partículas sólidas del suelo determinan la cantidad de espacio poroso. Por lo anterior, la porosidad se define como el porcentaje del volumen total de suelo que está ocupado por poros; se calcula de la siguiente manera (Aguilera y Martínez, 1996):

Porosidad Total del suelo mediante la fórmula:

**(Ecuación 3)**

$$\%Ep = (1 - (Da/Ds)) \times 100$$

Donde:

%Ep = Espacio poroso total

Da = Densidad aparente, g/cm<sup>3</sup>

Dr = Densidad de sólidos, g/cm<sup>3</sup>

A partir de los datos obtenidos del análisis textural de las muestras, se calculó PR mediante la ecuación propuesta por Briggs y Shantz (UABCS, 1991):

**(Ecuación 4)**

$$PR = (0.03) (\%Arena) + (0.35) (\%Limo) + (1.65) (\%Arcilla)$$

PE se obtuvo de igual manera, utilizando los datos de textura mediante un diagrama similar al utilizado para determinar la clase textural (UABCS, 1991).

## **Humedad del suelo.**

Se determinó por el Método Gravimétrico (Hebert, 1992; UABCS, 1991; Torres, 1983), consistente en la extracción de una muestra de suelo; se obtiene el peso húmedo por pesada directa y el peso seco se obtiene manteniendo la muestra a 110°C durante 24 horas. En ese momento se alcanza un peso constante de la muestra, en una estufa de flujo de aire. Con los datos obtenidos se aplica la siguiente fórmula:

(Ecuación 5)

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

Las muestras de suelo se colectaron antes y después de cada muestreo de parámetros fisiológicos.

### *Constantes de Humedad del suelo.*

#### **Porcentaje de saturación (Ps).**

Es un índice que sirve para la determinación rápida y aproximada del porcentaje a Capacidad de Campo (CC) y del Porcentaje de Marchitamiento Permanente (PMP). El PS a Capacidad de Campo se realizó con el método de campo, calculando el porcentaje de humedad (%H), a través del muestreo constante de cada tratamiento hasta que por lo menos dos valores fueran similares (Hebert, 1992).

#### **Porcentaje de Marchitamiento Permanente (PMP) y Capacidad de Campo (CC).**

PMP se define como el contenido de humedad del suelo al cual se marchita una planta y no recobra su turgencia, aún cuando se le coloque en una atmósfera saturada (Hebert, 1992). Por otro lado, la Capacidad de Campo (CC) se define como el contenido de agua de la porción de humedad del suelo, después de que el exceso de agua ha sido drenado y la velocidad del descenso disminuye en grado considerable (Aguilera y Martínez, 1996).

Ambos parámetros se calcularon una vez obtenido el PS. La CC como constante se estimó dividiendo PS/2 y el PMP dividiendo PS/4, ambos denominadores como constantes, expresados en porcentaje (Hebert, 1992).

(Ecuación 6)

$$\% \text{ CC} = \frac{\text{PS}}{2} \qquad \% \text{ PMP} = \frac{\text{CC}}{4}$$

#### **Humedad aprovechable.**

Los cálculos de CC y PMP permitieron el cálculo del agua aprovechable, que es la humedad del suelo entre el PMP y la CC (Ortíz y Ortíz, 1990):

(Ecuación 7)

$$\% \text{ HA} = \text{CC} - \text{PMP}$$

Donde: % HA es la humedad aprovechable.

#### **Temperatura.**

Se registró de igual forma durante la medición de las variables fisiológicas, de forma diurna con intervalos de 2 horas, con un termómetro digital para suelo (Oakton, modelo 35628-00-, Singapore).

#### **4.5.2 Planta.**

##### ***Variables fisiológicas y morfológicas.***

Las variables fisiológicas de respuesta medidas en las plantas: transpiración (TRP), conductividad estomática (g) y temperatura de la hoja (Th), se registraron con un porómetro de estado estable Li-Cor 1600 (Li-Cor, Inc., Lincoln, Nebraska, USA); el potencial hídrico ( $\Psi$ ) medido con una cámara de presión (PMS Instrument Company, Corvallis, Oregon). Las variables morfológicas fueron: altura total, número de hojas y suma del área foliar, ésta última se midió con un medidor de área foliar Li-Cor 3000A (Li-Cor Inc, Lincoln, Nebraska USA).



- Las mediciones de  $g$  y  $\Psi$  se realizaron cada mes (18 de diciembre de 1997, 22 de enero de 1998 y 26 de febrero de 1998), en marchas diurnas de las 7:00 a las 1600 (hora local), con intervalos de 2 horas. El número de repeticiones fue de 5 plantas por tratamiento, a excepción del potencial hídrico, donde se hicieron 3 repeticiones debido al alto gasto de nitrógeno por la cámara de presión. Se eligió una hoja por planta para la medición de  $\Psi$  tratando de que fuera la sexta o séptima de la parte apical de la planta hacia abajo, esto para evitar que la edad de la hoja fuera otro factor de variación. Las hojas fueron trasladadas en bolsas de polietileno al laboratorio para evitar su deshidratación y se sometieron a la cámara de presión.

### *Análisis foliares.*

Los análisis se realizaron en las instalaciones de los laboratorios del CIBNOR, en la Unidad Guerrero Negro, B.C.S. El análisis foliar consistió en la cuantificación de Nitrógeno total reportado por diversos autores como el elemento más comunmente cuantificado en el uso de compostas, debido a su importancia en la productividad de cultivos (Sabrah, 1995; Minna *et al.*, 1996; Mondini, 1977; Flaig *et al.*, 1977). El método utilizado fue por digestión con digestores microkjeldahl . .

Los análisis foliares se realizaron con plantas extraídas de la siguiente manera: (1) plántulas de semillero como dato inicial, con 10 repeticiones, y (2) plantas bajo tratamientos, con 5 repeticiones por tratamiento. Como propone Hunt (1978), las plantas fueron extraídas en noviembre (20 días después del transplante), enero (60 días después del primer muestreo) y febrero (90 días después del segundo muestreo). Los dos últimos muestreos consideran para su análisis sólo los tratamientos de suelo-composta-fertilizante (SCF) y suelo-fertilizante (SF).

## • *Análisis de crecimiento.*

### **Cálculo de variables e índices del crecimiento.**

Para el análisis de crecimiento se consideró el peso fresco y tamaño de las hojas de la planta cosechada. El tamaño de las hojas se representa comúnmente como el área foliar (cm<sup>2</sup>).

*Peso de las plantas:* De las plantas extraídas se obtuvo el peso fresco de las hojas; posteriormente se secaron en una estufa a 60°C con circulación de aire forzada, hasta peso constante; los resultados se expresan en gramos.

*Área foliar:* Se obtuvo el área foliar de cada hoja de cada planta cosechada con un medidor de área foliar (licor 3000A, licor In, Lincoln, Nebraska USA), en los mismos intervalos de tiempo que las hojas utilizadas para cuantificar el peso fresco, los resultados se expresan en cm<sup>2</sup>.

### *Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) y Tasa de Asimilación Neta (TAN).*

#### *TCR.*

La tasa de crecimiento relativo en cualquier instante de tiempo es el componente básico del análisis de crecimiento y es el único índice, en este tipo de análisis, que no requiere el conocimiento del tamaño del sistema asimilatorio foliar. Se define como la tasa de incremento en biomasa por unidad de biomasa presente, lo cual representa la eficiencia de la planta como productora de nuevo material (Hunt, 1978). El cálculo de TCR está basado en la siguiente ecuación:

(Ecuación 8)

$$TCR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$$

donde  $W_2$  y  $W_1$  representan la biomasa expresada en peso seco; se asume que varían continuamente durante un intervalo de tiempo ( $t_2 - t_1$ ). De esta manera, TCR se calculó tomando para el primer muestreo los datos de plántulas de semillero como  $W_1$  y los de

- noviembre como  $W_2$ . en el intervalo de tiempo entre los dos meses (20 días), los datos de noviembre se tomaron como  $W_1$  para el siguiente muestreo, y así sucesivamente hasta el último muestreo.

### TAN

La tasa de asimilación neta (TAN) es un término utilizado para definir una característica del crecimiento; su propósito original fue eliminar, en cierta manera, la desventaja que conlleva la desviación debida a la influencia ontogenética inherente en el concepto de tasa de crecimiento relativo. Ello se logra expresando la tasa de incremento en peso seco en cualquier instante sobre la base del área foliar, donde el área foliar (A) representa un estimado del tamaño de las hojas como aparato asimilatorio. El tipo de fórmula empleada para calcular el índice TAN, depende del valor de  $\alpha$ , que es la razón entre las tasas relativas de crecimiento de la biomasa total TCRp y del área foliar TCRa ( $\alpha = \text{TCRw}/\text{TCRa}$ ). A su vez describe la relación entre el área foliar (a) y la biomasa de la planta (w) y muestra como cambia la proporción relativa de tejido asimilador durante el crecimiento y desarrollo.

Suponiendo que el valor de  $\alpha = 1$ , la relación entre w y a será lineal y consecuentemente también será lineal entre TCRw y TCRa, por lo que se puede utilizar la siguiente ecuación: (Ecuación 9)

$$\text{TAN} = \frac{W_2 - W_1}{A_2 - A_1} \cdot \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{peso} \cdot \text{área}^{-1} \cdot \text{tiempo}^{-1})$$

La relación cuadrática entre w y a con  $\alpha = 2$  está dada por la ecuación: (Ecuación 10)

$$\text{TAN} = \frac{2(W_2 - W_1)}{(A_2 + A_1)(t_2 - t_1)} \quad (\text{peso} \cdot \text{área}^{-1} \cdot \text{tiempo}^{-1})$$

- Esta fórmula no debe usarse si  $\alpha$  se desvía significativamente de 2. La ecuación con  $\alpha=1$  puede usarse para un intervalo de  $\alpha$  entre 0.5 y 1.5 y la segunda ecuación cuando el intervalo está entre 1.5 y 2.5.

En el cálculo de los valores de  $\alpha$  se obtuvo un valor de 1; por lo anterior, la relación entre TCR<sub>w</sub> y TCR<sub>a</sub> se presenta de manera lineal y se aplica la primera ecuación para calcular TAN.

El Cuadro 1 muestra un resumen de las variables de la planta medidas a través del experimento. Como se observa, para el tratamiento C sólo se pudieron obtener mediciones los primeros dos meses de experimentación, debido a que fue el tiempo de vida de las plantas para este tratamiento. En cuanto al potencial hídrico, no se registró en el primer mes de medición debido al tamaño tan pequeño de las hojas. TAN y TCR se obtuvieron sólo para los tratamientos de las plantas sobrevivientes correspondientes a los tratamientos SCF y SF.

#### 4.5.3 *Clima.*

Las variables medidas, como parte de la atmósfera donde se desarrolla la planta, fueron variables climáticas y microclimáticas; las últimas corresponden a las registradas en la inmediación de la planta. Los datos de las variables climáticas se obtuvieron del banco de datos de la estación climatológica del CIBNOR; consistieron principalmente en la radiación total global, viento y temperatura del aire. Las variables microclimáticas fueron: humedad relativa (Hr), temperatura del aire (Ta) y radiación fotosintéticamente activa (RFA); las variables se registraron de manera simultánea a las variables fisiológicas con el porómetro de estado estable Li-Cor 1600 (Li-Cor, Inc., Lincoln, Nebraska, USA), de las 7:00 a las 16:00 (hora local), en noviembre, diciembre, enero y febrero, un día por mes (21 de noviembre de 1997, 18 de diciembre de 1997, 22 de enero de 1998 y 26 de febrero de 1998).

### • *Cálculo del déficit de presión de vapor de agua*

El déficit de presión de vapor de agua (DPV) se calculó para cada mes de experimentación con base en los datos de la humedad relativa (Milthorpe y Moorby, 1979):

(Ecuación 11)

$$DPV = e_s - e_a$$

$$e_s = 0.6108 \times e^{(17.2674 T^0 / 237.3 + T^0)} \text{ en KPa}$$

$$e_a = e_s \times (HR/100)$$

Donde:

DPV= déficit de presión de vapor de agua

$e_s$  = presión de vapor a saturación

$e_a$  = presión de vapor a la humedad relativa actual.

$e$  = número base de los logaritmos naturales (2.71828)

### *Cálculo de la evapotranspiración*

Se calculó la evapotranspiración del cultivo de *Capsicum frutescens* por medio del método de Blaney y Criddle, de la curva de Hanzén y por el método de Thornthwaite explicados en Coras (1994), mediante un programa de computo. El cálculo se hizo con base en las condiciones climáticas, edáficas y factores de corrección de los métodos para su uso en lugares semi-áridos, debido a que los métodos fueron originalmente diseñados para climas templados.

A partir del dato de evapotranspiración total, se obtuvo el requerimiento de riego para el cultivo en general mediante la fórmula de (Aguilera y Martínez, 1996):

(Ecuación 12)

$$R_r = E_t - P_e$$

Donde:

$R_r$  = al requerimiento de riego del cultivo (cm)

$E_t$  = es la evapotranspiración del cultivo (cm)

Pe= es la precipitación efectiva (cm)

Según Ogrosky y Mockus para obtener Pe se tiene que:

$$Pe = C_p P$$

Donde :

Cp= Coeficiente de efectividad de la lluvia que depende de la relación de la evapotranspiración del cultivo y la precipitación observada (Et/P) por lo que:

(Ecuación 13)

$$C_p = (Et/p)/(1.53+0.8(Et/P)) = (1 - (1/(1.53+0.83)(Et/P)))$$

La evapotranspiración por tratamiento se calculó por medio del método gravimétrico (Torres, 1983) la cual se determina por diferencia de consumo de agua, en intervalos de riego y en el intervalo del último riego hasta la fecha de madurez fisiológica. Para determinar la Evapotranspiración Total (Et) se sumaron finalmente los consumos parciales para obtener la lámina total consumida durante el ciclo vegetativo (Torres, 1983). Para llevar a cabo el procedimiento anterior se realizó la siguiente ecuación :

(Ecuación 14)

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

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:

(Ecuación 15)

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

Donde:

CC = capacidad de campo

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

PR = Profundidad (cm)

PMP = Punto de Marchitamiento permanente

- Estas variables del suelo se calcularon como se cita en la parte de la metodología del análisis físico del suelo.

Una vez calculada la evapotranspiración para cada tratamiento, se calculó el requerimiento de riegos utilizando los datos de evapotranspiración mediante la fórmula explicada anteriormente.

#### ***4.6 Análisis Estadístico.***

Se realizaron análisis de varianza para uno dos y tres factores para relacionar la respuesta entre las variables horas, meses y tratamientos, así como sus interacciones en la mayoría de las variables respuesta evaluadas. Cuando se observaron diferencias significativas, se aplicó una prueba de rango múltiple de Duncan ( $p < 0.05$ ). Como lo propone Rodríguez (1991) se graficaron los resultados de las interacciones cuando estas resultaron significativas en el análisis de varianza multifactorial para verificar la significancia de la misma.

En los casos en que se presentaron diferencias significativa en el análisis de varianza multifactorial para los tratamientos y meses, se realizaron análisis de varianza de un factor por cada día de medición para conocer el comportamiento de la variable en cada tratamiento por cada mes. Se aplicó un análisis de varianza de un factor para los datos de evapotranspiración, variables morfológicas y de crecimiento, para conocer las diferencias entre tratamientos en cada mes de experimentación. El efecto de las variables microclimáticas en las fisiológicas, se estableció por medio de correlaciones, regresiones múltiples por pasos y regresiones lineales. En el análisis de las variables morfológicas se aplicó un análisis de varianza de un factor para conocer las diferencias entre los tratamientos por cada mes de muestreo. Los análisis se realizaron con los paquetes estadísticos de computación Statistical Analysis System SAS para windows versión 6.12, Statistica (versión 5.0, StatSoft Inc. 1984-1995). y Jandel Sigma plot (versión 3.0, Jandel Corporation, 1986-1995).

Cuadro 1.- Meses muestreados y variables de respuesta medidas para cada tratamiento.

VARIABLE	NOVIEMBRE						DICIEMBRE						ENERO						FEBRERO						
	C	SC	SCF	S	SF	C	SC	SCF	S	SF	C	SC	SCF	S	SF	C	SC	SCF	S	SF	C	SC	SCF	S	SF
<i>Fisiológicas</i>																									
TRP $\mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
g $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Th °C.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
$\Psi$ MPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Morfológicas</i>																									
Altura Total cm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Núm. Hojas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Area Foliar $\text{cm}^2$	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
T C R. $\text{g cm}^{-2} \text{día}^{-1}$	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TAN $\text{mg cm}^{-2} \text{día}^{-1}$	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Micro-dinámica</i>																									
Ta °C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hr %	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
RFA $\mu\text{mol}$	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

composta (C) Suelo-Fertilizante (SF), Suelo-Composta-Fertilizante (SCF), Suelo (S), que no se pudieron medir (-) debido a la mortandad de plantas. TRP= transpiración, g= conductividad estomática, Y= poyencial hídrico foliar, Th= temperatura de la hoja, TCR= tasa de crecimiento relativo, TAN= Tasa de asimilación neta



## V. RESULTADOS

### 5.1 Variables climáticas

Las condiciones meteorológicas que prevalecieron durante los meses de experimentación (noviembre 1997-febrero 1998) son características del sitio de estudio con un clima árido extremo. Los días en que se tomaron las mediciones con el porómetro se caracterizaron por ser días soleados, aunque se presentaron algunas lluvias. Los meses de experimentación con precipitación fueron noviembre con un total de 5.0 mm de lluvia distribuidos en dos días y diciembre con un total de 4.5 mm distribuidos en 3 días. La temperatura media del aire alcanzó los 24.3 °C en noviembre, descendió en diciembre y enero para incrementarse en febrero ligeramente. La temperatura máxima del aire fue de 30.9 °C correspondiente al mes de noviembre y la mínima de 12.6 °C correspondiente a enero (Fig. 3)..

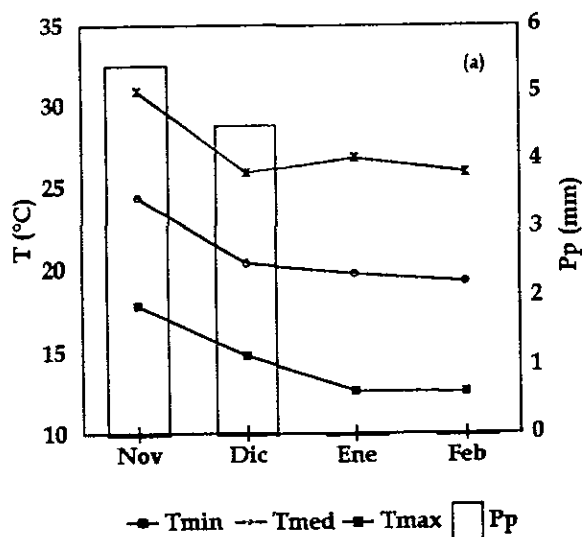
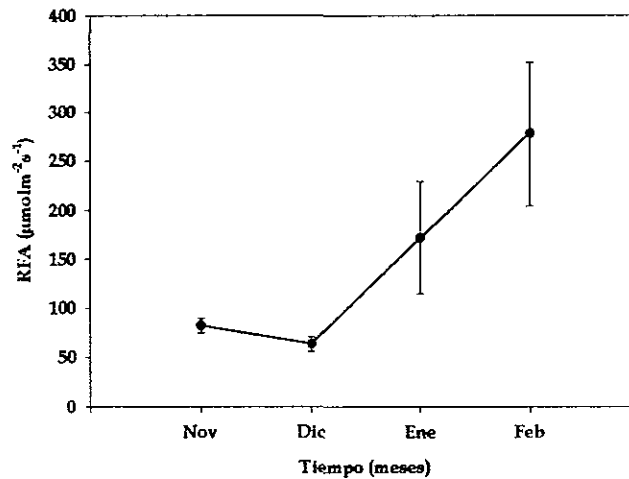


Fig. 3. Promedios de las temperaturas mínima (Tmin), media (Tmed), máxima (Tmax) y precipitación pluvial total (Pp)

## Microclima

El flujo fotónico máximo fue de  $1830 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  correspondiente al mes de febrero. Sin embargo, los promedios mensuales y diarios de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) fueron bajos debido a las sombras provocadas por las mallas de media sombra próximas a las macetas y a la orientación de la hoja. El valor promedio máximo mensual fue de  $278 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  en febrero y el mínimo fue de  $63.10 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  en diciembre, del mes de diciembre a febrero la RFA aumentó significativamente (anexo 1) (Fig. 4).



**Fig. 4** Promedios de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) correspondientes al día de medición de cada mes, registradas con los sensores del porómetro. Las barras verticales representan el error estándar de la media.

- Los promedios por hora de RFA mostraron en todos los meses sus valores más bajos en la primera hora de medición. Noviembre representa la tendencia más clara del ciclo diario de RFA para el tipo de clima de la región, incrementándose en cada hora de medición hasta alcanzar el máximo de  $142 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  a las 14:00 (hl), para descender posteriormente (anexo, 2). Similar a noviembre, diciembre presentó su valor máximo de  $123 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  a las 14:00 (hl), en este mes se observa un decremento al medio día lo cual se puede atribuir al paso de una nube a la hora de la medición (anexo,3). En enero y febrero se observaron promedios de 344 a  $445 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  respectivamente, mayores a los promedios de noviembre y diciembre que correspondieron solamente a las 10:00 (hl) de los tratamientos SF y SCF para enero, y a las 14:00 (hl) para el tratamiento a una hora y tratamiento específico. En la Figura 5 se muestra que en enero y febrero los errores estándar de la media son muy altos para estos promedios, probablemente debido a la incidencia de rayos de luz sobre la hoja de la planta a la hora de la medición, lo que resulta en el análisis estadístico como diferencia significativa (anexo 4 y 5) (Fig. 5).

La temperatura del aire ( $T_a$ ) en el sitio de las mediciones disminuyó de noviembre a febrero alcanzando una temperatura media máxima de  $25.9 \text{ }^\circ\text{C}$  en noviembre y una mínima de  $22.06 \text{ }^\circ\text{C}$  en febrero por lo que se presentaron diferencias significativas entre los meses (anexo 1) (Fig. 6). El promedio por hora de la temperatura máxima del aire correspondiente a las mediciones diurnas alcanzó los  $30.72 \text{ }^\circ\text{C}$  en noviembre,  $27.48 \text{ }^\circ\text{C}$  en diciembre,  $31.64 \text{ }^\circ\text{C}$  en enero y  $28.32 \text{ }^\circ\text{C}$  en febrero, las diferencias en estas temperaturas máximas fueron suficientes para que el análisis estadístico presentara diferencias significativas (anexo 2-4). Las tendencias diurnas para noviembre, diciembre y enero, fueron similares en todos los meses, la temperatura del aire aumentó en el transcurso de la mañana para descender después del medio día donde se registraron las temperaturas máximas. En febrero la temperatura máxima se registró a las 14:00 (hl) (Fig. 7).

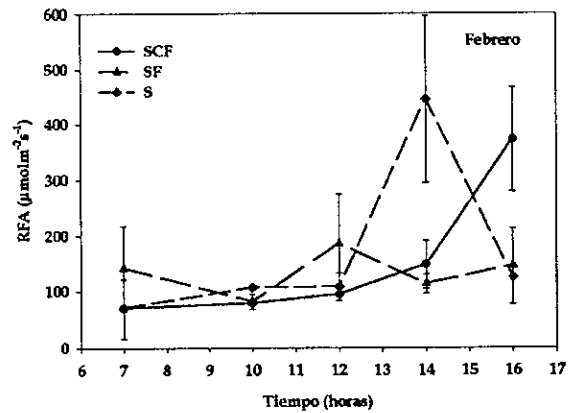
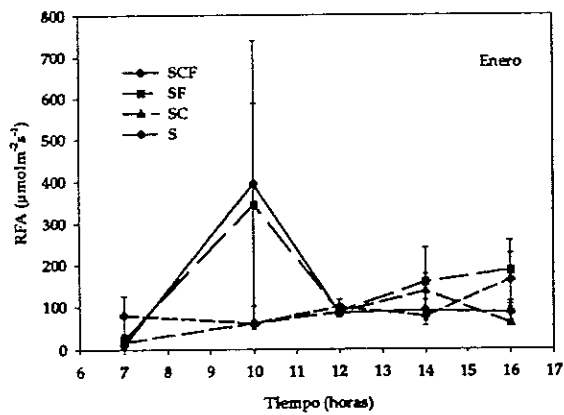
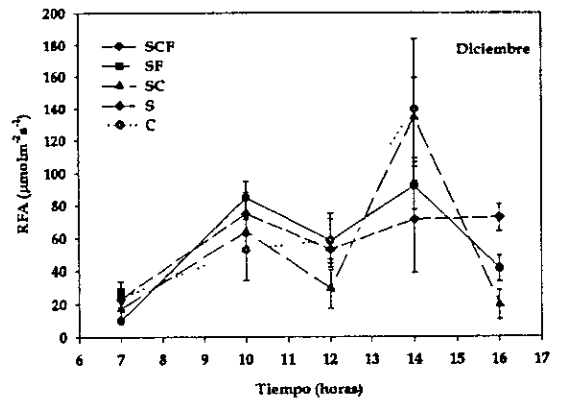
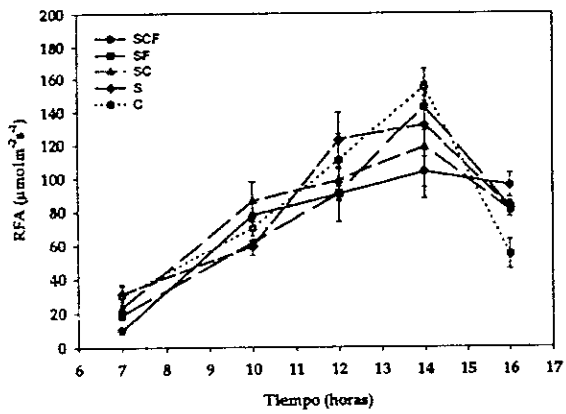
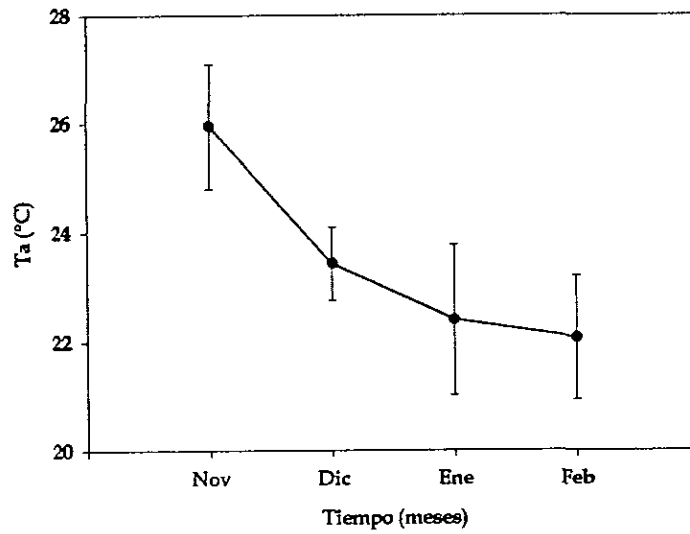


Fig. 5. Promedio de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) en cada hora de medición correspondientes a los datos del día de medición en noviembre, diciembre, enero y febrero. Las barras verticales representan el error estándar de la media



**Fig. 6. Promedios de la temperatura del aire ( $T_a$ ) correspondientes al día de medición de cada mes, registradas con los sensores del porómetro. Las barras verticales representan el error estándar de la media.**

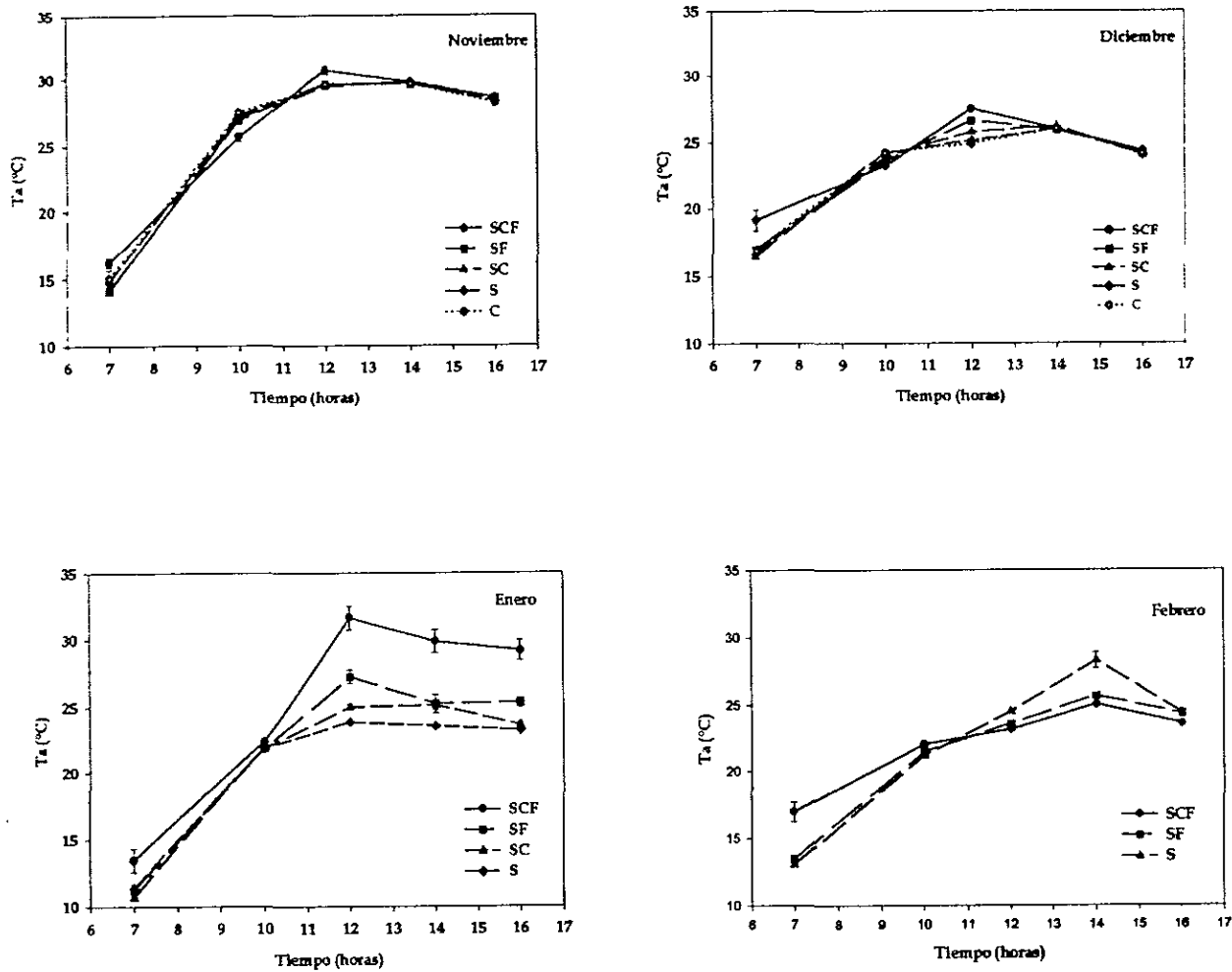
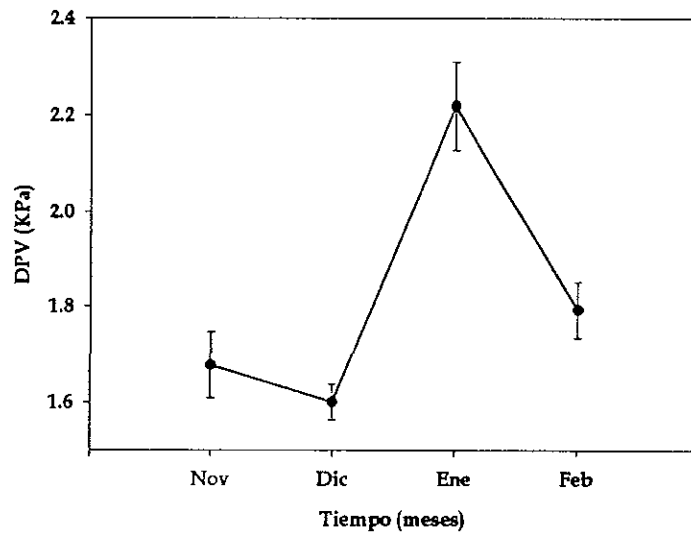


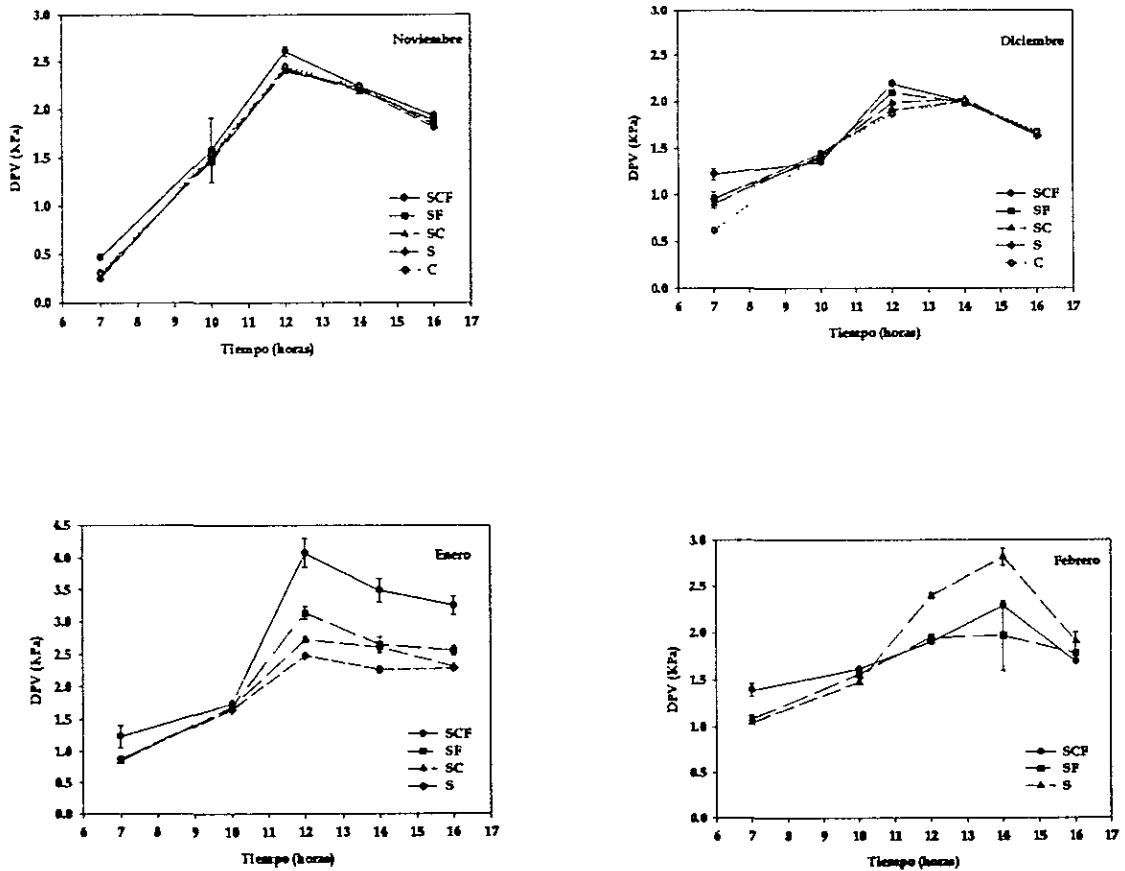
Fig. 7. Promedio de la temperatura del aire ( $T_a$ ) en cada hora de medición correspondiente a los datos del día de medición en noviembre, diciembre, enero y febrero. Las barras verticales representan el error estándar de la media

El déficit de presión de vapor (DPV) disminuyó ligeramente de noviembre a diciembre con una diferencia de 0.07 KPa, para incrementarse en enero alcanzando el promedio máximo de 2.2 KPa y descender en febrero, lo que se reflejó en una diferencia significativa entre meses (anexo 1) (Fig. 8).



**Fig. 8. Promedios del déficit de presión de vapor (DPV) correspondientes al día de medición de cada mes, registradas con los sensores del porómetro. Las barras verticales representan el error estándar de la media**

- Las tendencias diurnas de DPV fueron similares a las de la temperatura del aire, el DPV aumentó en la mañana alcanzando sus promedios máximos al medio día del mes de noviembre con 2.6 KPa, diciembre con 2.18 KPa y enero con 4.07 Kpa. Similar a la temperatura del aire, el mes de febrero presentó su promedio máximo de DPV a las 14:00 (hl) alcanzando los 2.8 KPa. A partir de los promedios máximos mencionados, el DPV descendió en las horas subsiguientes. Los promedios mínimos se presentaron en la primera hora de la mañana y variaron de 0.25 KPa en el mes de noviembre a 1.09 KPa en febrero (Fig. 9).



**Fig. 9. Promedio del déficit de presión de vapor (DPV) en cada hora de medición correspondiente a los datos del día de medición en noviembre, diciembre, enero y febrero. Las barras verticales representan el error estándar de la media.**



## 5.2 Variables edáficas

### • Análisis químico del suelo

#### pH

Los valores de pH obtenidos al iniciar el experimento fueron de 8.9 para el suelo y 7.57 para la composta . El pH final de los tratamientos varió desde 6.7 (SF) como mínimo, hasta 8.0 (SCF) como máximo, presentando diferencias significativas entre tratamientos. Comparando el valor inicial de pH del suelo con los valores de pH de cada tratamiento al final del experimento, se observó que en el caso del suelo disminuyó de 8.9 a 7.5 y el de la composta se incrementó ligeramente de 7.57 a 7.7. Por otro lado, es interesante observar que aún cuando, los valores más altos de pH corresponden a los tratamientos que contienen la mezcla de composta, no son tan altos como el pH del suelo al inicio del experimento (8.9)(Cuadro 2).

#### Conductividad eléctrica (CE)

El tratamiento C mostró los valores más altos de conductividad eléctrica, diferenciándose significativamente del resto. Como se observa en el Cuadro 2 la CE disminuyó significativamente al final del experimento en cada tratamiento con valores por debajo del inicial de la composta. El tratamiento C presentó el valor más alto de CE al final del experimento.

Cuadro 2. Valores medios y prueba de rango múltiple (Duncan  $p < 0.05$ ) de pH y conductividad eléctrica (CE) en  $mS\ cm^{-1}$ , iniciales del suelo y composta, y finales de cada tratamiento.

	C	S	C		S		SC		SCF		SF	
	Inicial	Inicial										
PH	7.57	8.9	7.7	b	7.5	c	7.9	a	8.0	a	6.7	d
C.E.	8.1	10.5	5.8	a	1.8	b	2.1	b	1.8	b	1.9	b

SF= suelo-fertilizante, SCF= suelo-composta-fertilizante, SC=suelo-composta, C=composta, S=suelo.

## Análisis físico del suelo

### *Textura, Densidad Aparente y Porosidad*

Los resultados del porcentaje de arena, limo y arcilla fueron similares para todos los tratamientos y la clasificación textural fue propia de un suelo arenoso-migajoso (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Valores promedio (n=5) de los porcentajes de arena, limo y arcilla presentados por los tratamientos.

Trat.	TEXTURA		
	%Arena	%Limo	%Arcilla
SF	87	5	8
SC	87	5	8
SCF	88	7	5
C	85	7	8
S	88	4	8

SF= suelo-fertilizante, SCF= suelo-composta-fertilizante, SC=suelo-composta, C=composta, S=suelo

En cuanto a la densidad aparente (DA), porosidad total (%E), porosidad efectiva (PE) y porosidad de retención (PR) medidas al final del experimento como única vez, los resultados entre tratamientos no muestran diferencias significativas a excepción del tratamiento SCF en PR cuyo valor fue el más bajo (Cuadro 4)(anexo 6).

**Cuadro 4.** Valores promedio (n=5) y prueba de rango múltiple (Duncan  $p < 0.05$ ) de densidad aparente (Da), porosidad total (%Ep), porosidad de retención (PR) y porosidad efectiva (PE) presentados por los tratamientos.

Trat.	Da ( $g/cm^3$ )	%Ep.	PR	PE
SC	2.03 a	22.7 a	18.10 a	27.33 a
S	1.95 a	28.39 a	18.09 a	29.00 a
SF	1.94 a	26.2 a	16.88 a	26.66 a
SCF	1.67 a	28.7 a	13.23 b	29.00 a
C	1.68 a	27.7 a	18.09 a	26.5 a

SF= suelo-fertilizante, SCF= suelo-composta-fertilizante, SC=suelo-composta, C=composta, S=suelo  
Las mismas literales en la columna indican igualdad estadística.

### *Humedad (%)*

Las diferencias en la retención de humedad entre los tratamientos fue significativa (anexo 7). El mayor porcentaje de humedad correspondió al sustrato de composta, seguido de los tratamientos SCF y SC (Cuadro 5) en cada mes se repitió esta tendencia (Fig. 10a). Se observó que los tratamientos con composta presentaron la mayor humedad retenida en el suelo durante el experimento (anexo 7).

**Cuadro 5.** Prueba de rango múltiple (Duncan  $p < 0.05$ ) de los promedios de porcentajes de humedad total entre tratamientos.

TRATAMIENTOS	% DE HUMEDAD
C	12.32 a
SCF	11.67 a b
SC	10.81 b
S	9.68 c
SF	9.10 c

SF= suelo-fertilizante, SCF= suelo-composta-fertilizante, SC=suelo-composta, C=composta, S=suelo  
Las mismas literales en la columna indican igualdad estadística.

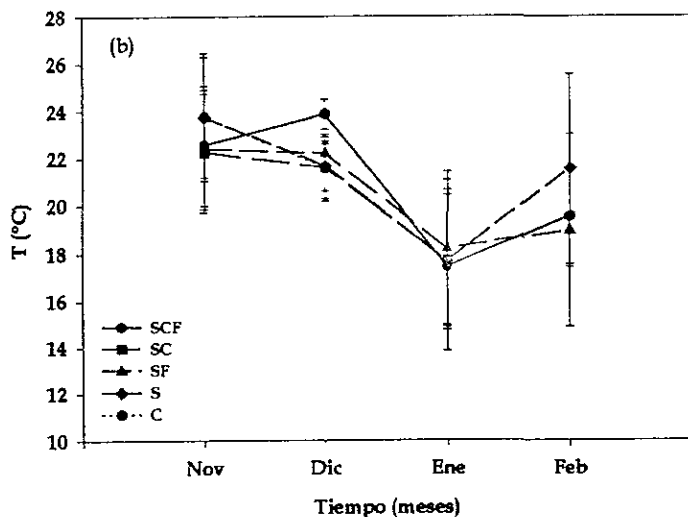
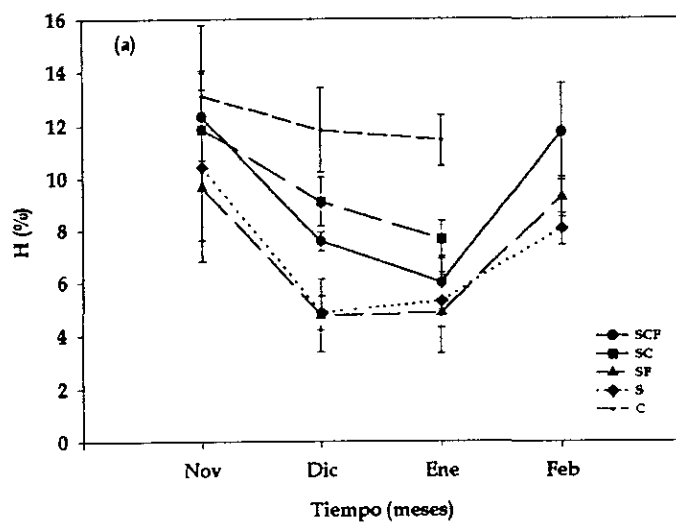
### *Temperatura del suelo (°C)*

Los promedios totales de temperatura en el presente trabajo mostraron que el tratamiento C presentó casi 2 °C más de temperatura que el resto de los tratamientos (Cuadro 7). En cuanto a los promedios mensuales, en noviembre se presentaron las temperaturas más altas, poco disminuyeron en diciembre y descendieron significativamente en enero, para volverse a incrementar en febrero (Fig. 10b).

**Cuadro 7.** Prueba de rango múltiple (Duncan  $p < 0.05$ ) de los promedios de la temperatura del suelo (°C) entre tratamientos.

TRATAMIENTOS	TEMPERATURA ° C
C	22.82 a
S	20.62 b
SCF	20.57 b
SC	20.43 b
SF	20.38 b

SF= suelo-fertilizante, SCF= suelo-composta-fertilizante, SC=suelo-composta, C=composta, S=suelo. Las literales en la columna indican igualdad estadística.



**Fig. 10. Humedad del suelo (H)(a) y temperatura del suelo (T)(b) medida a lo largo de los meses para cada tratamiento suelo-composta-fertilizante (SCF), suelo-fertilizante (SF), suelo-composta (SC), composta (C) y suelo (S). Las barras verticales representan el error estándar de la media.**

## Constantes de humedad del suelo:

### *Porcentaje de saturación, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y humedad aprovechable*

Se observó que los tratamientos SC y SCF mostraron los valores más altos de cada una de las constantes de humedad del suelo, presentando diferencias significativas con los valores de los tratamientos S y SF (Cuadro 8)(anexo 6).

Cuadro 8. Prueba de rango múltiple de Duncan ( $p < 0.05$ ) para las variables de porcentaje de saturación (Ps), capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y humedad aprovechable (HA) para los tratamientos.

Trat.	Ps	CC	PMP	HA
SC	32.36 a	16.18 a	4.04 a	12.13 a
SCF	30.59 a	15.29 a	3.82 a	11.47 a
S	24.16 b	12.08 b	3.02 b	9.06 b
SF	24.13 b	12.06 b	3.01 b	9.04 b

SF= suelo-fertilizante, SCF= suelo-composta-fertilizante, SC=suelo-composta, C=composta, S=suelo  
Las literales en la columna indican igualdad estadística.

### *Evapotranspiración*

Los resultados de evapotranspiración por día calculada a partir del método gravimétrico no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (anexo 8). En el Cuadro 9 se muestran los centímetros de agua evapotranspirados por día y el requerimiento de riegos por cada tratamiento. Los resultados mostraron que en caso de que un cultivo de *Capsicum frutescens* se estableciera con suelo y composta (SC) el requerimiento de riego total del cultivo sería aparentemente más alto que el resto de los tratamientos. Sin embargo, estadísticamente no se presentaron diferencias significativas. El valor estimado de la evapotranspiración en condiciones generales del cultivo en la región calculado por el método de Blaney y Criddle (56.83 cm) fue considerablemente más bajo que el calculado para cada tratamiento por el método gravimétrico (Cuadro 9).

Cuadro 9. Promedio de la evapotranspiración (Et), evapotranspiración total (Et Total), requerimiento de riegos por día (Rr) y requerimiento de riegos total (Rr Total) por tratamiento.

Tratamiento	Et (cm/día)	Et Total (cm)	Rr (cm/día)	Rr Total (cm)
SCF	0.959	151	0.553	87.53
SF	0.889	139	0.503	79.56
SC	1.23	194	0.757	119.7
S	0.88	139	0.490	78.55

SF= suelo-fertilizante, SCF= suelo-composta-fertilizante, SC=suelo-composta, S=suelo

### 5.3 Variables Fisiológicas

El análisis diario de la conductividad estomática ( $g$ ) mostró diferencias significativas entre tratamientos para los meses de noviembre, enero y febrero (anexo 10, 11). En el mes de noviembre las plantas de los tratamientos con composta (SCF, SC y C) presentaron valores más bajos de  $g$  que las plantas de los tratamientos sin composta (SF y S) (Cuadro 10). En enero y febrero, el tratamiento S alcanzó valores de  $g$  mayores al resto de los tratamientos.

Cuadro 10. Promedios ( $n=5$ ) y resultados de la prueba de rangos múltiple de Duncan ( $p < 0.05$ ) de la Conductividad Estomática ( $cm\ s^{-1}$ ) de los tratamientos durante los meses de experimentación.

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero			
SF	0.408 a	SC	0.357 ns	S	0.251 a	S	0.370 a
S	0.401 ab	SF	0.302 ns	SCF	0.239 ab	SF	0.210 b
SC	0.320 bc	S	0.277 ns	SC	0.127 b	SCF	0.182 b
C	0.275 c	SCF	0.227 ns	SF	0.116 b		
SCF	0.258 c	C	0.211 ns				

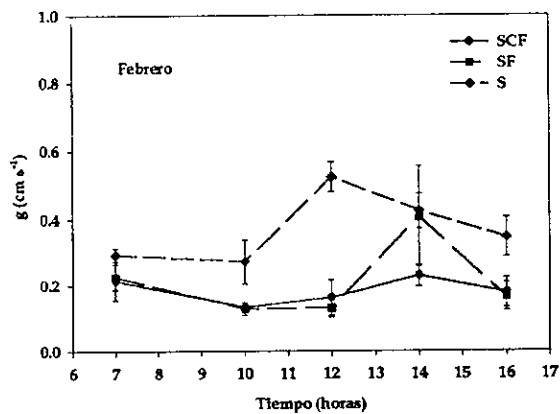
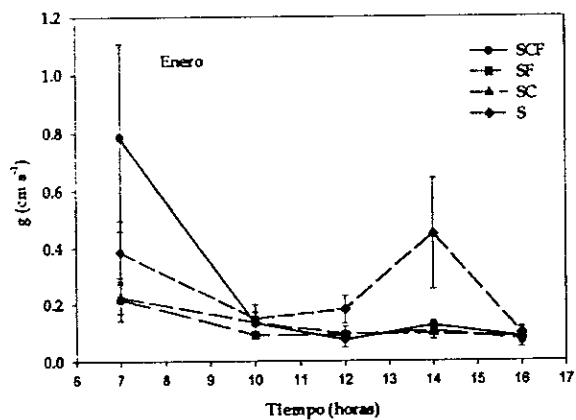
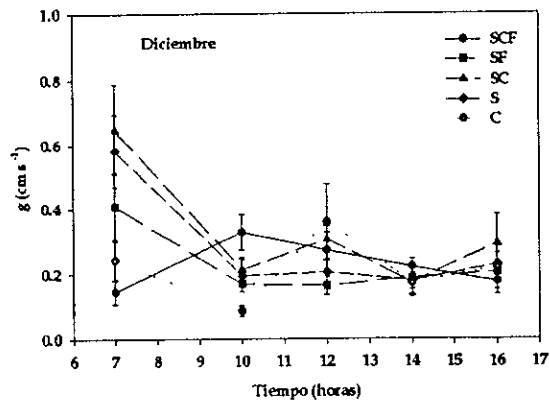
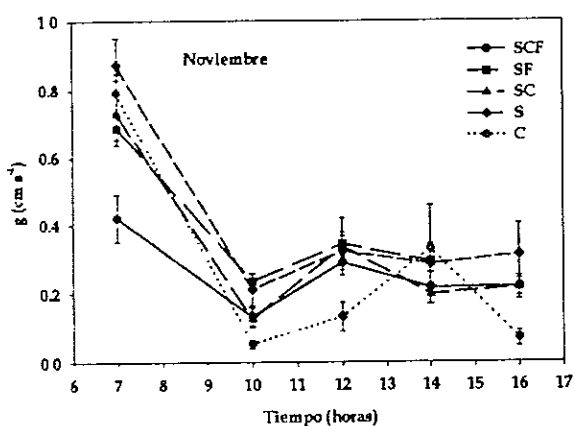
SF= suelo-fertilizante, SCF= suelo-composta-fertilizante, SC=suelo-composta, C=composta, S=suelo. Las literales en la misma columna indican igualdad estadística. ns= no significativo.

Los tratamientos mostraron diferencias en las horas de medición de cada mes, en noviembre, el tratamiento SCF presentó el valor más bajo de  $g$  ( $0.41\ cm\ s^{-1}$ ) a las 7:00 (hl) mientras que las plantas de los tratamientos restantes presentaron valores en un intervalo que fue de los  $0.68$  a los  $0.87\ cm\ s^{-1}$ . La tendencia en los diferentes tratamientos fue disminuir para la siguiente hora e incrementarse al medio día (12:00 hl). En las horas subsiguientes, las plantas del tratamiento C difirieron del resto de los tratamientos, a las 14:00 (hl) aumentaron su valor de  $g$  mientras que el resto lo disminuyó y a las 16:00 (hl) los disminuyó mientras que las plantas de los tratamientos restantes prácticamente mantuvieron el valor de la hora anterior. En diciembre los valores de  $g$  se presentaron en un intervalo muy amplio durante la primera hora de medición, el valor mínimo correspondió a las plantas de SCF ( $0.14\ cm\ s^{-1}$ ) y el máximo a las del tratamiento SC ( $0.64\ cm\ s^{-1}$ ). A partir de esta primera medición, las plantas del tratamiento SCF mostraron una

tendencia contraria al resto de las plantas de cada tratamiento, al incrementar su valor a las 10:00 (hl) para disminuir en las horas subsecuentes. Al medio día las plantas de los tratamientos SC y C incrementaron el valor de  $g$  y las de S y SF mantuvieron los valores de la hora anterior. A las 14:00 (hl) SC y C disminuyeron nuevamente los valores de  $g$  para incrementarlos a las 16:00 (hl)(Fig. 11).

En el mes de enero la tendencia de las plantas en todos los tratamientos fue la de disminuir  $g$  de las 7:00 (hl) a las 10:00 (hl), sin embargo, los valores de  $g$  observados por las plantas de SC y SF, estuvieron muy por debajo de los de S y SCF, éste último con el valor máximo de  $g$  a las 7:00 (hl). A partir de las 10:00 (hl) las plantas de S incrementan sus valores de  $g$  hasta alcanzar los  $0.44 \text{ cms}^{-1}$  a las 14:00 (hl), mientras el resto de las plantas en los demás tratamientos mantuvieron casi constantes los valores de  $g$  hasta las 16:00 (hl). En febrero al igual que los meses anteriores, las plantas de los tres tratamientos disminuyeron en sus valores de  $g$  de las 7:00 (hl) a las 10:00 (hl) de la mañana. En este, mes las plantas del tratamiento S mantuvieron valores mayores a las plantas de los tratamientos restantes, haciéndose más significativa la diferencia a las 12:00 (hl)(Fig. 11).





**Fig. 11. Variación diaria de la conductividad estomáca (g) medida con porómetro por tratamiento: suelo-fertilizante (SF), suelo-composta-fertilizante (SCF), suelo-composta (SC), composta (C), suelo (S). Las barras verticales representan el error estándar de la media.**

La transpiración (TRP) medida con el porómetro presentó diferencias significativas entre las plantas de los tratamientos. En los meses de noviembre y febrero (anexo 10, 11) las plantas de los tratamientos con composta (SCF, SC y C) presentaron los valores más bajos de TRP que las plantas sin composta (SF y S). Las plantas del tratamiento S mostraron diferencias significativas en los meses de noviembre, enero y febrero con valores más altos de TRP al resto de los tratamientos a excepción de SF en noviembre. En el mes de diciembre no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo las plantas de C mostraron el menor valor de TRP (Cuadro 11).

**Cuadro 11. Promedios (n=5) y resultados de la prueba de rango múltiple de Duncan ( $p < 0.05$ ) de la Transpiración ( $\mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) de los tratamientos durante los meses de experimentación.**

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero			
SF	3.61 a	SC	3.27 ns	S	3.53 a	S	4.92 a
S	3.17 a	SF	3.03 ns	SCF	2.70 ab	SF	2.25 b
SC	2.60 b	SCF	2.64 ns	SF	1.76 b	SCF	2.17 b
SCF	2.39 b	S	2.45 ns	SC	1.55 b		
C	1.12 c	C	1.93 ns				

SF= suelo-fertilizante, SCF= suelo-composta-fertilizante, SC=suelo-composta, C=composta, S=suelo. Las mismas literales en la columna indican igualdad estadística. ns= no significativa.

Las tendencias en las variaciones diurnas de la TRP fueron diferentes en cada mes de medición (Cuadro 11). En noviembre, las plantas de los tratamientos SCF y C disminuyeron ligeramente el valor de TRP de 7:00 (hl) a 10:00 (hl) a diferencia del resto de las plantas de los tratamientos que tendieron a incrementarlo. A las 12:00 (hl) todas las plantas de los tratamientos incrementaron su TRP, sin embargo, las del tratamiento C lo hicieron con un valor mínimo de  $0.13 \mu\text{gcm}^{-2}\text{s}^{-1}$ . De las 12:00 (hl) hasta las 16:00 (hl) las plantas de todos los tratamientos disminuyeron su TRP y las plantas de C mantuvieron los valores mínimos. Para el mes de diciembre, las plantas del tratamiento SCF observaron una tendencia diferente a las plantas de los tratamientos restantes. Mientras que las plantas de SCF aumentaron su TRP hasta alcanzar un valor máximo de  $3.7 \mu\text{gcm}^{-2}\text{s}^{-1}$  a las 12:00 (hl),

las plantas de SF, SC y S disminuyeron el valor de TRP de las 7:00 (hl) a las 10:00 (hl) y la TRP en las plantas de C mantuvieron su valor durante estas mismas horas. A partir de las 12:00 (hl) los valores de TRP descendieron en las plantas de todos los tratamientos para aumentar a las 16:00 (hl), a excepción de SCF que disminuyó en éstas dos últimas horas (Fig. 12). En el mes de enero el tratamiento S presentó un comportamiento contrario al resto de las plantas, de las 7:00 (hl) a las 10:00 (hl) disminuyó sus valores de TRP, a partir de esta hora los incrementó hasta alcanzar su valor máximo a las 14:00 (hl) para después disminuir su TRP a las 16:00 (hl). En febrero nuevamente las plantas del tratamiento S presentaron un comportamiento distinto a los tratamientos restantes, aumentaron su TRP de las 7:00 (hl) a las 12:00 (hl) alcanzando su máximo valor a las 12:00 (hl), mientras que los valores de TRP para las plantas de SCF y SF fluctuaron muy poco entre las 7:00 (hl) y las 12:00 (hl). De las 14:00 (hl) a las 16:00 (hl) los valores de TRP disminuyeron para todos los tratamientos. (Fig. 12).

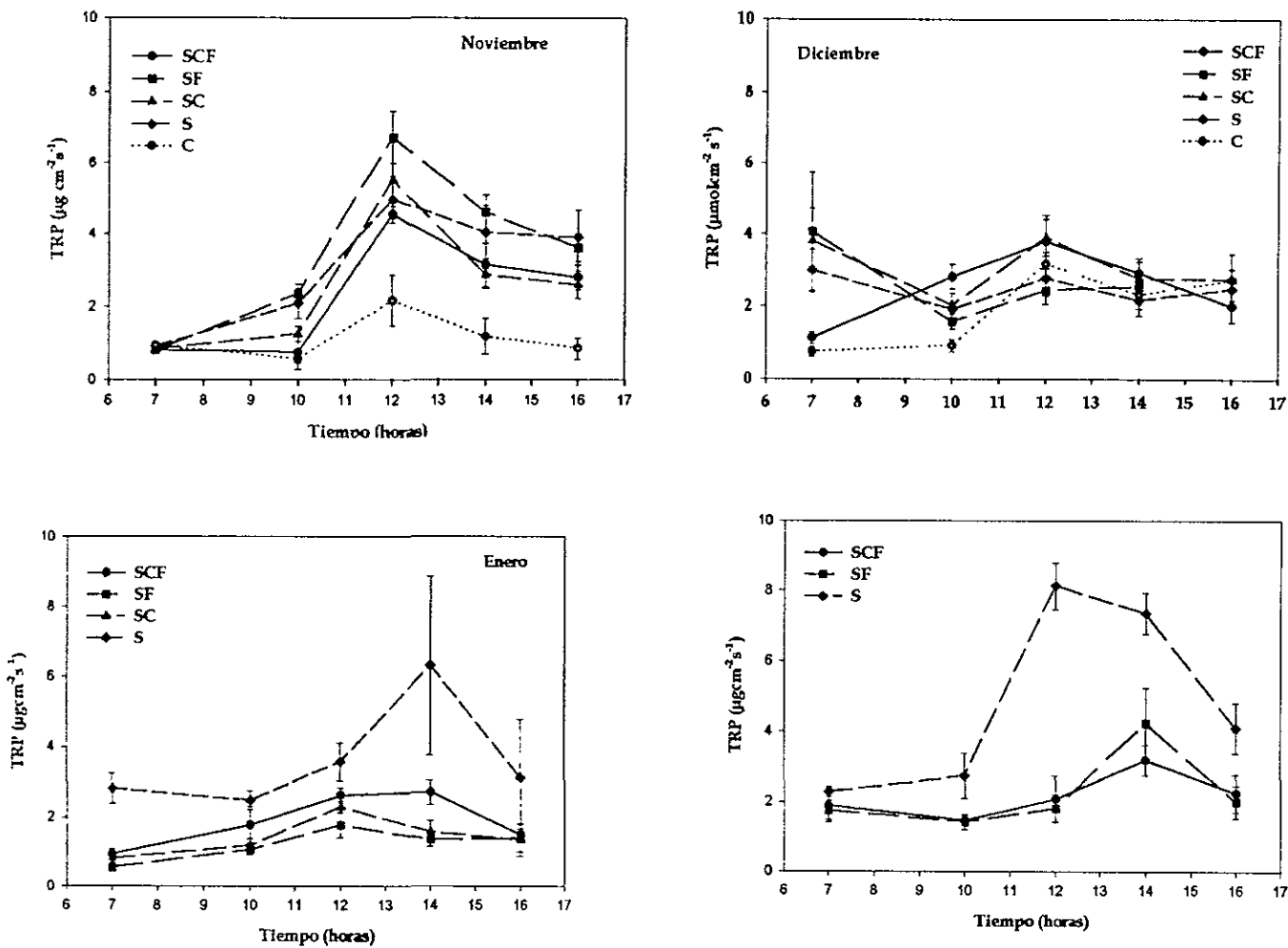


Fig. 12. Variación diurna de la transpiración (TRP) medida con porómetro por tratamiento: suelo-fertilizante (SF), suelo-composta-fertilizante (SCF), suelo-composta (SC), composta (C), suelo (S). Las barras verticales representan el error estándar de la media.

El Cuadro 12 muestra que la temperatura de la hoja presentó diferencias entre tratamientos en el mes de noviembre, diciembre y febrero (anexo 10, 11). Sin embargo, los resultados diurnos que se muestran en la Figura 13 muestran una tendencia similar para las plantas de todos los tratamientos. En noviembre, la temperatura de la hoja se incrementó en las plantas de todos los tratamientos de las 7:00 (hl) hasta alcanzar sus valores máximos a las 12:00 (hl) para disminuir a partir de esta hora hasta las 16:00 (hl). En el mes de diciembre, la tendencia fue la misma del mes de noviembre para las plantas de todos los tratamientos. En el mes de enero, nuevamente la tendencia fue similar a los meses anteriores, sin embargo, las plantas del tratamiento S presentaron valores mayores en su temperatura de la hoja, esto probablemente se debió a una mayor incidencia en la radiación sobre las plantas de este tratamiento de las 12:00 (hl) a las 16:00 (hl). Para febrero, la temperatura de la hoja de todos los tratamientos se incrementó a partir de las 7:00 (hl), sin embargo a diferencia de los meses anteriores sus máximos valores se alcanzaron a las 14:00(hl) para disminuir a las 16:00(hl).

**Cuadro 12. Promedios (n=5) y resultados de la prueba de rango múltiple de Duncan (p< 0.05) de la temperatura de la hoja (°C) de los tratamientos durante los meses de experimentación.**

	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero
S	25.44 a	SCF	23 a	SCF	26 a	SCF	22.12 a
SCF	25.56 b	C	23 b	SF	23 a	S	21.93 ab
SC	25.31 c	SF	22.9 bc	SC	23 a	SF	21.69 b
C	25.73 c	SC	22.9 bc	S	23 a		
SF	24.93 d	S	22.87 c				

SF= suelo-fertilizante, SCF= suelo-composta-fertilizante, SC=suelo-composta, C=composta, S=suelo. Las literales en la columna indican igualdad estadística.

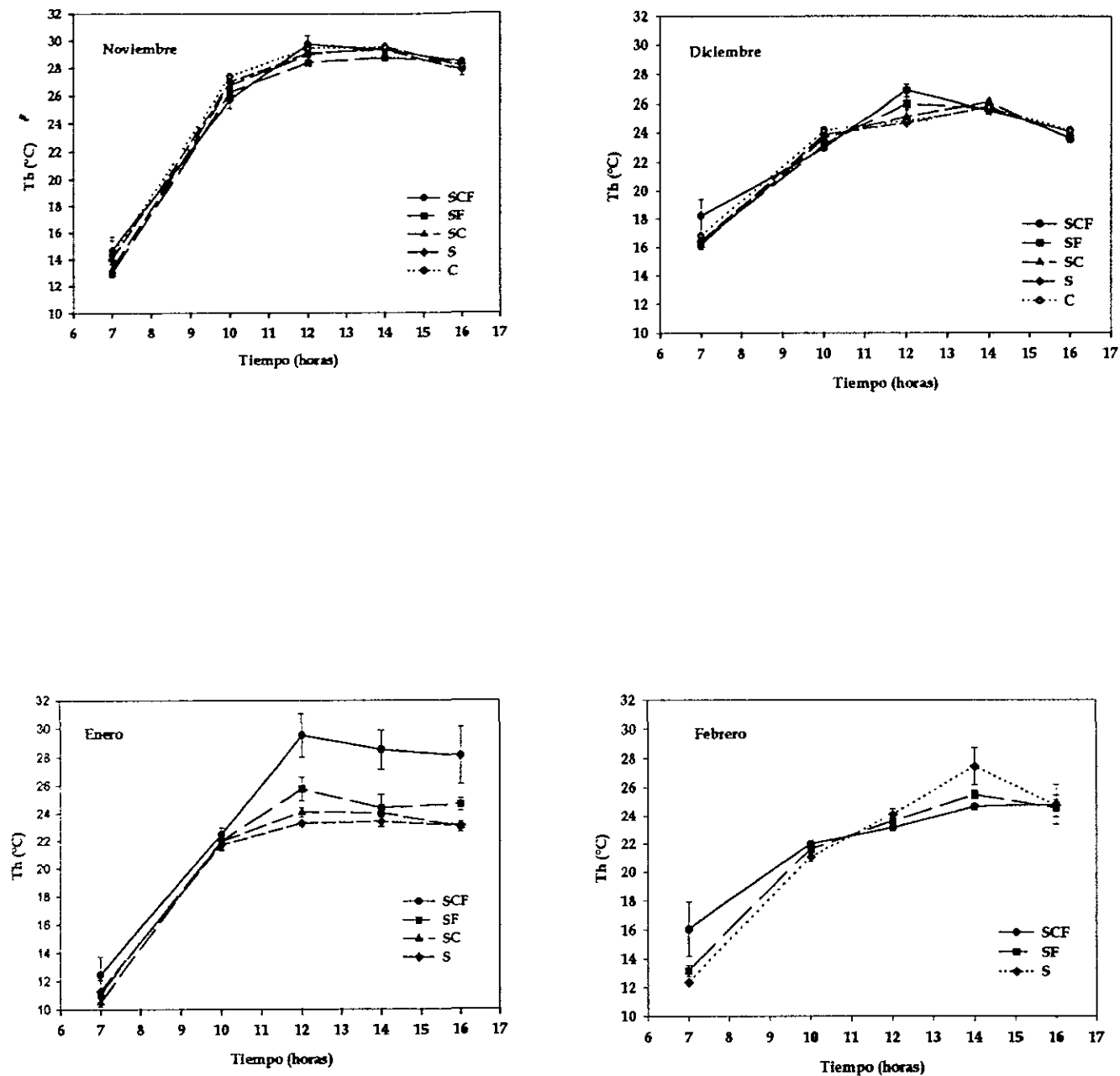


Fig. 13. Variación diurna de la temperatura de la hoja (Th) por tratamiento: suelo-fertilizante (SF), suelo-composta-fertilizante (SCF), suelo-composta (SC), composta (C), suelo (S). Las barras verticales representan el error estándar de la media.

Los resultados del potencial hídrico ( $\Psi$ ) foliar de cada tratamiento no presentaron diferencias estadísticas en diciembre, para enero, SCF y SF presentaron valores significativamente mayores que las plantas de los tratamientos SC y S. En febrero las plantas del tratamiento S presentaron un valor significativamente menor a las plantas de los tratamientos SF y SCF (Cuadro 13)(anexo 12-14).

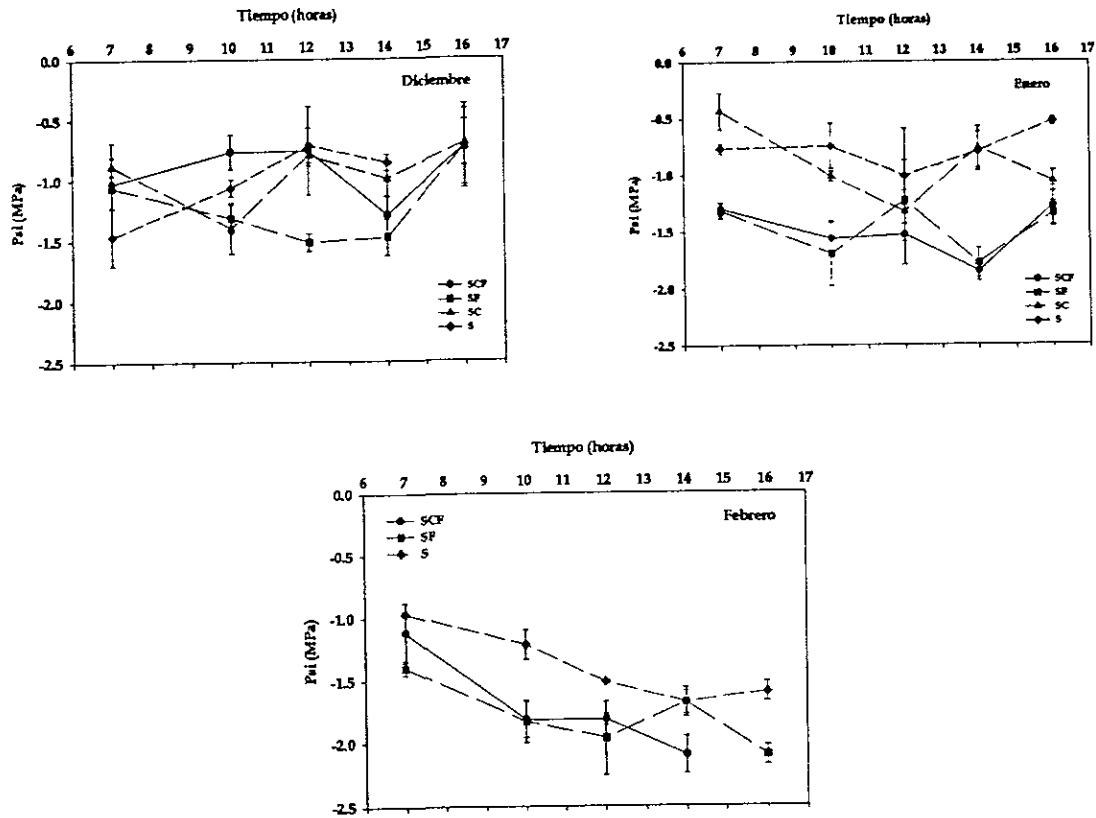
**Cuadro 13. Promedios (n=5) y resultados de la prueba de rango múltiple de Duncan ( $p < 0.05$ ) del Potencial Hídrico (MPa) de los tratamientos durante los meses de experimentación.**

	Diciembre		Enero		Febrero
SF	-1.22 a	SCF	-1.50 a	SF	-1.79 a
SC	-0.95 a	SF	-1.47 a	SCF	-1.73 a
SCF	-0.90 a	SC	-0.92 b	S	-1.39 b
S	-0.89 a	S	-0.77 b		

SF= suelo-fertilizante, SCF= suelo-composta-fertilizante, SC=suelo-composta, C=composta, S=suelo. Las literales en la columna indican igualdad estadística.

Los resultados del ( $\Psi$ ) foliar diurno mostraron el siguiente comportamiento. En el mes de diciembre, el ( $\Psi$ ) foliar de SC y SF disminuyeron de las 7:00 (hl) a las 10:00 (hl), mientras que las plantas de los tratamientos SCF y S aumentaron su ( $\Psi$ ) (Fig. 14). A partir de las 10:00 (hl) las plantas de los tratamientos SCF, SC y S aumentaron su valor de ( $\Psi$ ) ,para disminuirlo a las 14:00 (hl). A diferencia de lo anterior, las plantas de SF disminuyeron su ( $\Psi$ ) a las 10:00 (hl) manteniéndolo hasta las 14:00 (hl), sin embargo, al igual que SCF, SC y S lo incrementaron a las 16:00 (hl). En el mes de enero, El ( $\Psi$ ) de las plantas del tratamiento S prácticamente no cambió a lo largo del día, el cambio más notorio se presentó a las 12:00 (hl), además de que presentó los valores más altos del resto de los tratamientos. Los tratamientos SF y SCF disminuyeron su ( $\Psi$ ) de las 7:00 (hl) a las 10:00 (hl), lo incrementaron a las 12:00 (hl), para disminuirlo a las 14:00 (hl) y nuevamente aumentarlo a las 16:00 (hl). El comportamiento del ( $\Psi$ ) de las plantas de SC difirió del resto de los tratamientos en que disminuyó su ( $\Psi$ ) de las 7:00 (hl) a las 12:00 (hl) donde alcanzando su valor mínimo, a partir de ésta hora lo incrementó a las 14:00 (hl) para diferir

nuevamente del resto de los tratamientos en disminuir su ( $\Psi$ ) a las 16:00 (hl). Por último las mediciones del ( $\Psi$ ) del mes de febrero mostraron que las plantas de cada tratamiento tendieron a disminuir a lo largo del día, más claro se muestra en el ( $\Psi$ ) de SCF y S, en el caso de SF se recupera ligeramente a las 14:00 (hl) pero disminuye al igual que el resto de los tratamientos (Fig. 14).

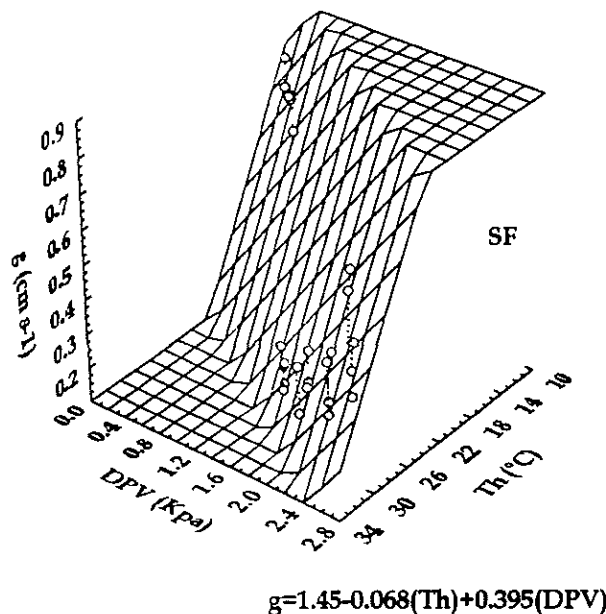


**Fig. 14. Variación diurna del potencial hídrico ( $\Psi$ ) por tratamiento: suelo-fertilizante (SF), suelo-composta-fertilizante (SCF), suelo-composta (SC), composta (C), suelo (S). Las barras verticales representan el error estándar de la media.**



### 5.3.1 Interacciones entre Ta, DPV, RFA y g y TRP.

Los resultados mostraron que en el mes de noviembre la interacción predominante sobre g correspondió a Th y DPV para las plantas de los tratamientos SF, SC, y C. La Fig. 15 muestra la tendencia representativa de los tratamientos SF, SC, y C, los valores bajos de Th y altos de DPV correspondieron a valores altos de g. La interacción de las plantas del tratamiento S fue similar a la mencionada anteriormente, sin embargo, el modelo mejoró agregando Ta como factor independiente además de Th y DPV (Cuadro 14). La conductividad estomática de las plantas del tratamiento SCF fue diferente en noviembre del resto de los tratamientos, en este caso los valores bajos de Th, altos de Ta y altos de RFA obtuvieron los valores más significativos de la interacción (Cuadro 14).



**Fig. 15. Interacción de la temperatura de la hoja (Th) y déficit de presión de vapor (DPV) con la conductividad estomática (g) de las plantas de los tratamientos de suelo-fertilizante(SF), en el mes de noviembre.**

Cuadro 14. Ecuaciones del análisis de regresión múltiple por pasos y coeficientes de regresión del efecto de la temperatura del aire (Ta), déficit de presión de vapor (DPV), radiación fotosintéticamente activa (RFA), temperatura de la hoja (Th) y potencial hídrico (Ψ) sobre la conductividad estomática (g).

Tratamientos	Noviembre	Valores de F calculada	Probabilidad	Coef. correl.	Coef. determ.
SCF	$g=0.32 - 0.15(Th) + 0.14(Ta) + 0.0011(RFA)$	F(3,19)=19.18	P<.00001	r=0.71	r <sup>2</sup> =0.75
SF	$g=1.45 - 0.67(Th) + 0.43(DPV)$	F(2,22)=40.5	P<.000000	r=0.88	r <sup>2</sup> =0.80
SC	$g=1.63 - .07(Th) + 0.36(DPV)$	F(2,22)=31.9	P<.000000	r=0.86	r <sup>2</sup> =0.74
S	$g=1.19 - 0.50(Th) + 0.44(Ta) + 0.17(DPV)$	F(3,21)=115.3	P<.000000	r=0.97	r <sup>2</sup> =0.94
C	$g=1.86 - .08(Th) + .32(DPV)$	F(2,22)=28.7	P<.000000	r=0.85	r <sup>2</sup> =0.72
<b>Diciembre</b>					
SCF	$g=2.42 - .09(Th)$	F(1,13)=134.2	P<.018	r=0.59	r <sup>2</sup> =0.21
SF	$g=2.42 - .09(Th)$	F(1,13)=7.21	P<.018	r=0.59	r <sup>2</sup> =0.35
SC	$g=2.15 - .07(Th)$	F(1,23)=26.6	P<.00003	r=0.73	r <sup>2</sup> =0.51
S	$g=1.33 - .04(Th)$	F(1,23)=36	P<.0000	r=0.78	r <sup>2</sup> =0.61
C	$g=0.26 + 0.0024(RFA)$	F(1,23)=2.24	P<.1478	r=0.29	r <sup>2</sup> =0.08
<b>Enero</b>					
SCF	$g=0.54 - 0.09(Ta) + 0.05(Th) + 0.16(DPV)$	F(3,21)=125.9	P<.000000	r=0.97	r <sup>2</sup> =0.93
SF	$g=0.30 - 0.088(Th)$	F(1,23)=8.40	P<.008	r=0.51	r <sup>2</sup> =0.26
SC	$g=0.33 - .011(Ta) + .0003(RFA)$	F(2,22)=10.54	P<.00053	r=0.70	r <sup>2</sup> =0.49
S	$g=0.44 - 0.10(DPV)$	F(1,23)=1.31	P<.26	r=0.23	r <sup>2</sup> =0.012
<b>Febrero</b>					
SCF	$g=0.16 - .00013(RFA)$	F(1,13)=1.13	P<.306	r=0.28	r <sup>2</sup> =.08
SF	$g=-.009 + .127(DPV)$	F(1,13)=1.18	P<.27	r=0.30	r <sup>2</sup> =0.20
S	$g=.33 + .000079(RFA)$	F(1,23)=3.00	P<.096	r=0.33	r <sup>2</sup> =0.11

En el mes de diciembre Th tuvo una mayor influencia en g para las plantas de los tratamientos SCF, SF, SC y S (Cuadro 14), en la Fig. 16a se muestra que los valores bajos de g correspondieron a altas Th, aunque la mayor parte de los datos se concentraron entre los 23 y 26°C y los 0.1 a los 0.5 cm s<sup>-1</sup> de g. Las plantas del tratamiento C difirieron en el mes de diciembre del resto de las plantas, donde RFA presentó un mayor efecto sobre g, sin embargo, en la Fig. 16b se muestra una mayor dispersión de los datos, lo que se reflejó en coeficientes bajos de correlación (Cuadro 14).

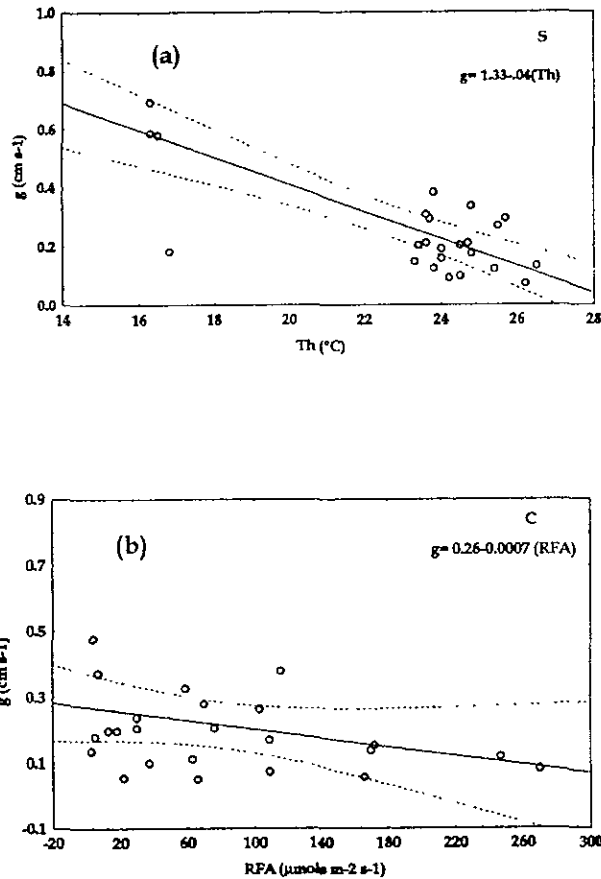
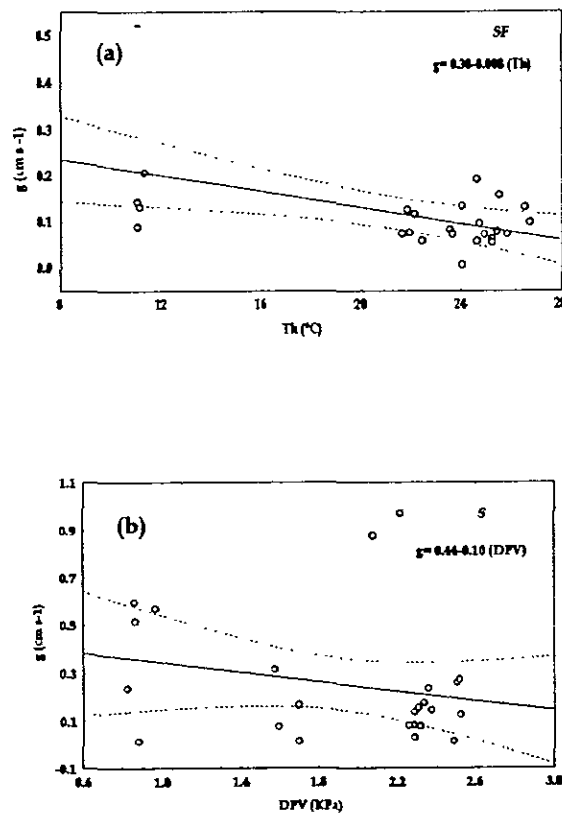
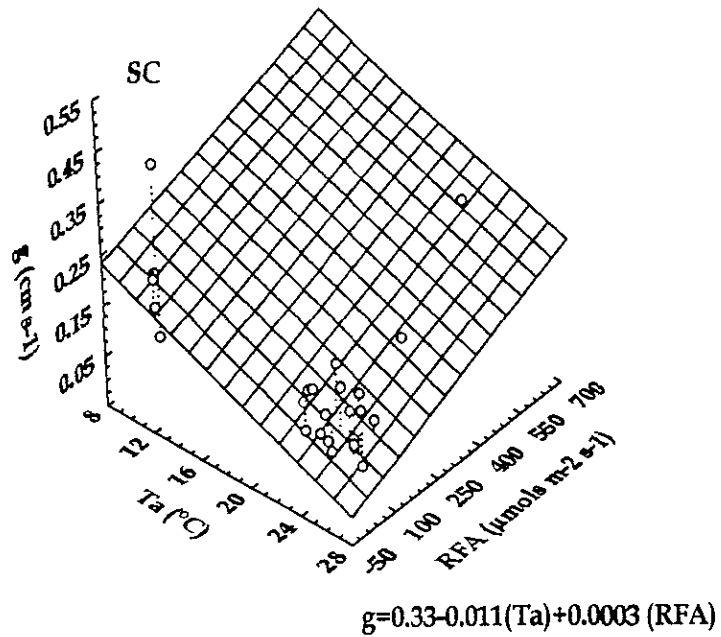


Fig. 16. (a) Interacción entre la temperatura de la hoja (Th) sobre la conductividad estomática (g) en las plantas del tratamiento con suelo (S). (b) Interacción entre la radiación fotosintéticamente activa (RFA) sobre g en las plantas del tratamiento con composta (C) en el mes de diciembre (b).

En el mes de enero, la disminución de  $T_a$ , el incremento de  $T_h$  y DPV fueron los factores que presentaron un modelo más significativo para su interacción con  $g$  en las plantas de SCF (Cuadro 14). En el caso de las plantas del tratamiento SF,  $T_h$  tuvo un mayor efecto sobre  $g$ . La Fig. 17a muestra que la mayor parte de los valores de  $g$  se presentaron entre los 21 y 27°C. En el caso de las plantas de S la variable con mayor influencia sobre  $g$  fue DPV, como se muestra en la Figura 17b, el aumento de DPV correspondieron ligeros aumentos en  $g$ . Para las plantas del tratamiento SC en enero, la mayor parte de los valores bajos de  $g$  correspondieron a valores bajos de RFA y altos de  $T_a$  (Fig. 18).

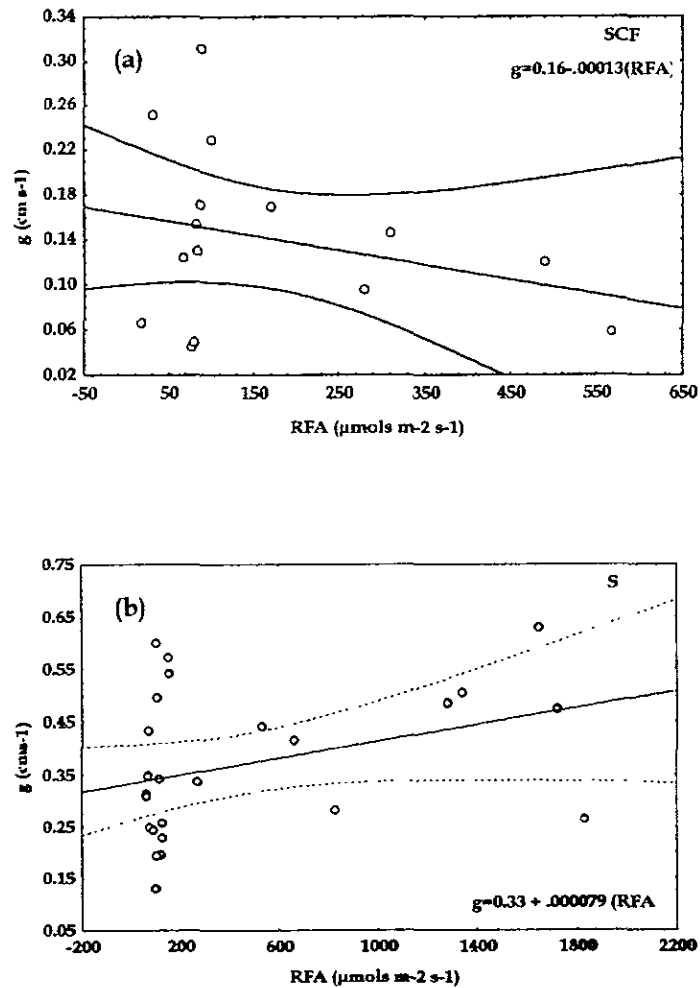


**Fig. 17. (a) Interacción entre la temperatura de la hoja ( $T_h$ ) y la conductividad estomática ( $g$ ) en las plantas del tratamiento con suelo fertilizante (SF). (b) Interacción entre el déficit de presión de vapor (DPV) y  $g$  en las plantas del tratamiento con suelo (S), en el mes de enero.**



**Fig. 18.** Interacción entre la Temperatura del aire (Ta), radiación fotosintéticamente activa (RFA) y conductividad estomática (g) en las plantas del tratamiento con suelo-composta (SC) en el mes de enero.

En el mes de febrero las plantas del tratamiento SCF mostraron valores altos de  $g$  correspondientes a valores bajos de RFA (Fig. 19a), esta interacción se mostró de forma contraria para las plantas del tratamiento S, donde a valores altos de RFA correspondieron valores altos de  $g$  (Fig. 19b), sin embargo, en el Cuadro 14 se muestran los valores bajos de correlación resultantes del mejor modelo que se ajustó al comportamiento de estos dos tratamientos.



**Fig. 19.** Interacción entre la radiación fotosintéticamente activa (RFA) sobre la conductividad estomática ( $g$ ) para las plantas de los tratamientos con suelo-compostafertilizante (SCF) (a) y suelo (S) (b) en el mes de febrero.

- En el caso de las plantas del tratamiento SF, como se muestra en la Figura 20 los incrementos en  $g$  correspondieron a los incrementos en DPV.

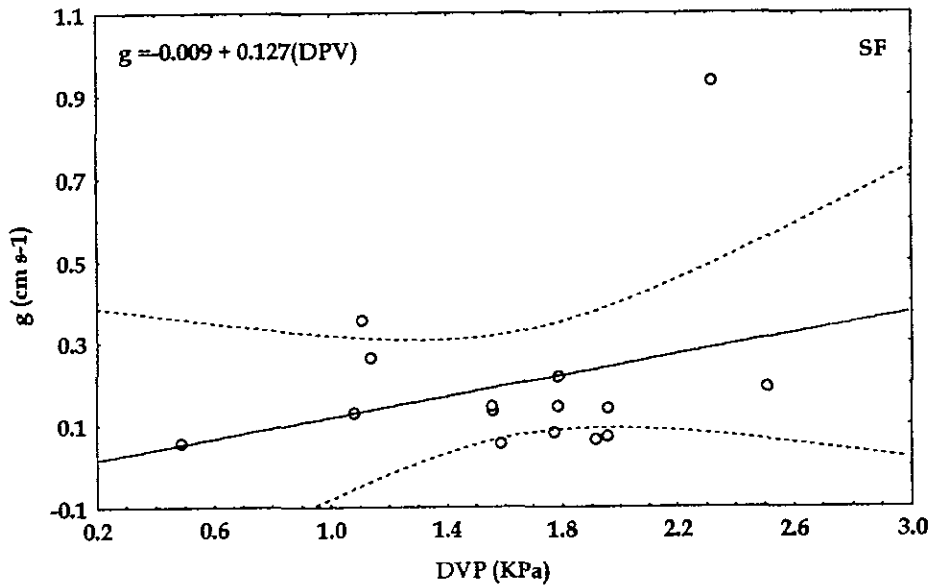
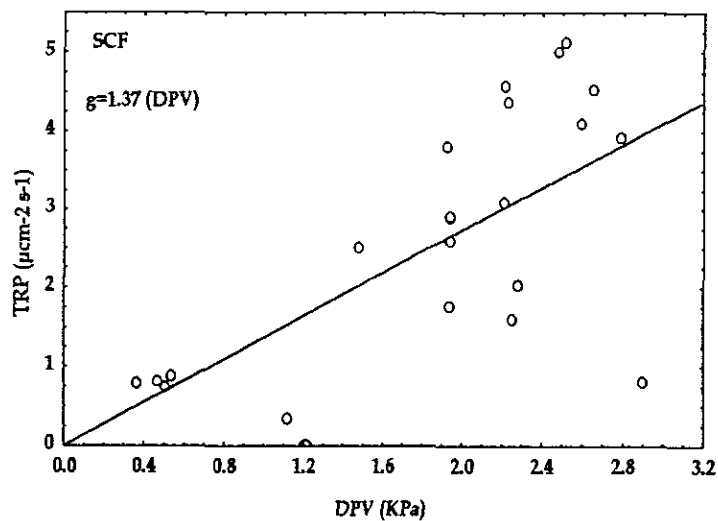


Fig. 20. Interacción del déficit de presión de vapor (DPV) sobre la conductividad estomática ( $g$ ) de las plantas del tratamiento con suelo-fertilizante (SF) en el mes de febrero.

El análisis de las interacciones de la transpiración con las variables microclimáticas mostraron en el mes de noviembre que la variable independiente con mayor efecto sobre TRP fue DPV. En el caso de las plantas de los tratamientos SCF y SF, la Figura 21 muestra que los incrementos en TRP correspondieron a incrementos en DPV. En el caso de las plantas del tratamiento C el modelo de regresión mejoró cuando se agregó  $g$  como variable independiente, como se muestra en la Figura 22, los incrementos de TRP también obedecieron a incrementos en  $g$ , además de DPV. Las plantas de los tratamientos SC y S además de presentar una interacción con DPV y  $g$ , las variables  $T_a$  para el caso de SC y  $T_h$  para el caso de S mostraron el mejor modelo sobre TRP, en ambos casos las temperaturas tuvieron un efecto negativo sobre TRP (Cuadro 15).



**Fig. 21. Interacción entre el déficit de presión de vapor (DPV) y la transpiración (TRP) en las plantas del tratamiento SCF, en el mes de noviembre.**



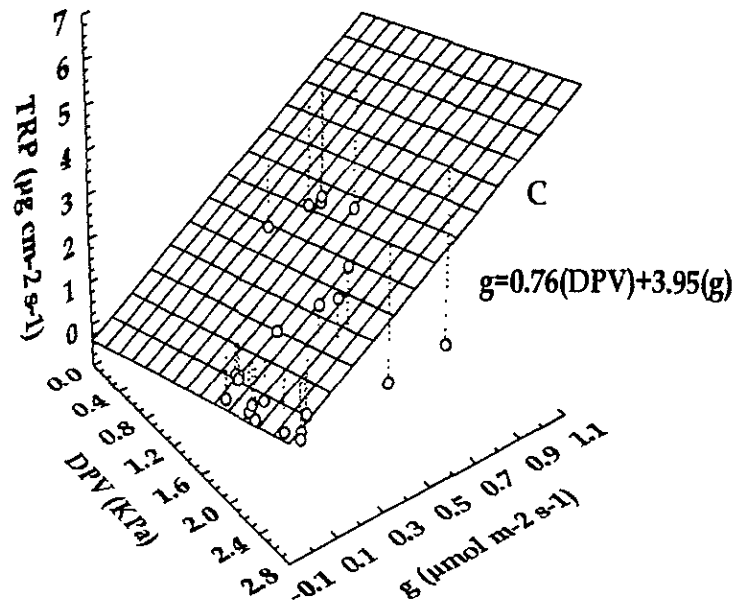


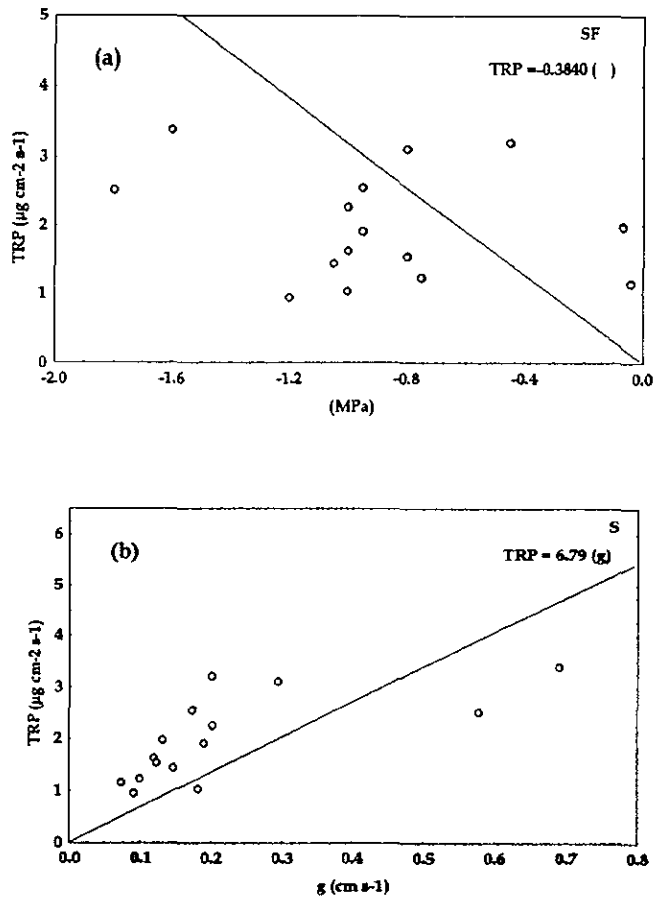
Fig. 22 Interacción entre el déficit de presión de vapor (DPV) y conductividad estomática ( $g$ ) sobre la transpiración (TRP) en plantas del tratamiento con composta (C) en el mes de noviembre.

- En el mes de diciembre, la TRP de plantas del tratamiento SCF presentaron una interacción con valores altos de DPV, g y Th y con valores bajos de Ta. En el caso de las plantas de SC el modelo fue muy semejante a las de SCF, sin embargo se ajustó mejor cuando se agregó RFA como variable independiente, cuyo efecto fue negativo (Cuadro 15).

**Cuadro 15. Ecuaciones resultantes del análisis de regresión múltiple con intercepto al origen por pasos y coeficientes de regresión del efecto de la temperatura del aire (Ta), déficit de presión de vapor (DPV), conductividad estomática (g), radiación fotosintéticamente activa (RFA) y temperatura de la hoja (Th) sobre la transpiración TRP.**

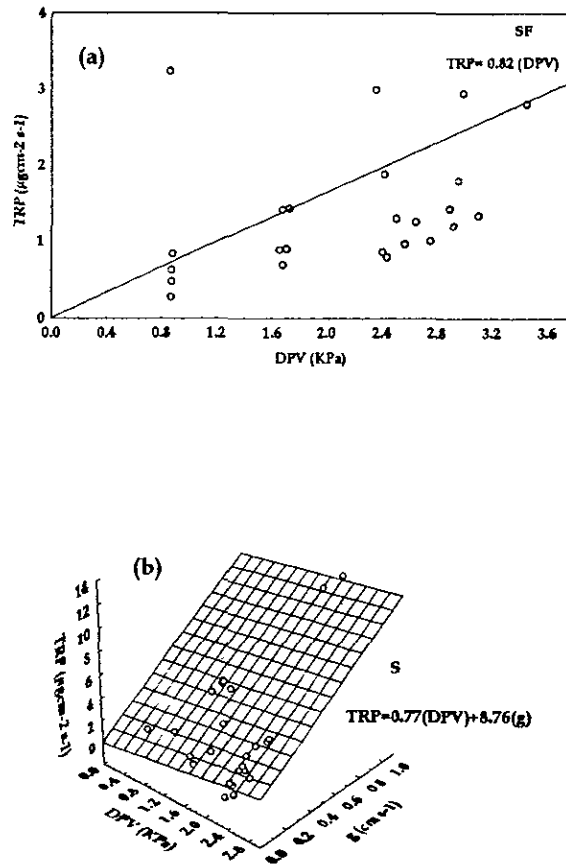
Tratamientos	Noviembre	Valores de F calculada	Probabilidad	Coef. correl.	Coef. determ.
SCF	TRP= 1.37 (DPV)	F(1,24)=127.1	P<.00000	r= .91	r <sup>2</sup> =.84
SF	TRP= 2.23 (DPV)	F (1,24)=265.4	P<.00000	r= .95	r <sup>2</sup> =.91
SC	TRP= 4.37 (DPV) + 4.44 (g) - 0.23 (Ta)	F(3,22)=70.47	P<.00000	r=.95	r <sup>2</sup> =.90
S	TRP= 3.65 (DPV) + 3 (g) - 0.15 (Th)	F(3,22)=89.03	P<.00000	r=.96	r <sup>2</sup> =0.92
C	TRP= 0.76 (DPV) + 3.95 (g)	F(1,24)=34.49	P<.000000	r=.76	r <sup>2</sup> =0.58
<b>Diciembre</b>					
SCF	TRP=0.43 (DPV) + 9.41 (g) - 1.3 (Ta) + 1.14 (Th)	F(4,21)=87.22	P<.0000	r=.97	r <sup>2</sup> =0.94
SF	TRP= -3.18 (ψ)	F(1,14)=0.41	P<.0000	r=.64	r <sup>2</sup> =.41
SC	TRP= 3.18 (DPV) + 4.14 (g) - 0.01 (RFA) + 1.28 (Th) - 1.3 (Ta)	F(5,10)=174	P<.0000	r=.99	r <sup>2</sup> =.98
S	TRP = 6.79 (g)	F(1,14)=51.23	P<.0000	r=.88	r <sup>2</sup> =.78
C	TRP= .76 (DPV) + 3.95 (g)	F(2,.23)=94.26	P<.0000	r=.94	r <sup>2</sup> =.89
<b>Enero</b>					
SCF	TRP = 0.99 (DPV)	F(1,24)=13.61	P<.0011	r=.60	r <sup>2</sup> =.36
SF	TRP = .82 (DPV)	F(1,24)=24.86	P<.000024	r=.71	r <sup>2</sup> =.50
SC	TRP= 4.91 (g) + .32 (PPV) + .003 (RFA)	F(3,22)=100	P<.0000	r=.90	r <sup>2</sup> =.81
S	TRP= .77 (DPV) + 8.76 (g)	F(2,23) =50.50	P<.0000	r=.90	r <sup>2</sup> =.81
<b>Febrero</b>					
SCF	TRP= 1.90 (DPV) + 10 (g) - .50 (Ta) + .44 (Th)	F(4,21)=432	P<.0000	r=.99	r <sup>2</sup> =.98
SF	TRP= .65 (DPV) + 5.76 (g)	F(2,23)=123.2	P<.0000	r=.95	r <sup>2</sup> =.91
S	TRP= 4.38 (DPV) + 10(g) + .28 (Ta) + 0.8 (Th)	F(4,21)=417	P<.0000	r=.99	r <sup>2</sup> =.98

Para las plantas del tratamiento SF la interacción más significativa se presentó con el  $\psi$ , como se observa en la Figura 23a valores bajos de  $\psi$  correspondieron a valores altos en TRP, sin embargo observando los resultados del Cuadro 15 los coeficientes no son tan significativos estadísticamente. Las plantas del tratamiento S difirieron del resto de las plantas presentando  $g$  un efecto significativo sobre TRP, esto se muestra en la Figura 23b, la TRP incrementa con el incremento en  $g$ . Las plantas del tratamiento C presentaron la misma tendencia que el mes anterior donde TRP se incrementó con DPV y  $g$  (Cuadro 15).



**Fig. 23. Interacción entre el potencial hídrico ( $\psi$ ) de las plantas del tratamiento suelo-fertilizante SF (a) y conductividad estomática (b) en las plantas del tratamiento con suelo (S), sobre la transpiración (TRP) en el mes de diciembre**

- En el mes de enero, el déficit de presión de vapor fue la variable que presentó un mayor efecto sobre las transpiración de las plantas. En el caso de plantas de SCF y SF, fue la única variable con mayor efecto. En la Figura 24a se muestra como la TRP aumentó al incremento en DPV. En el caso del tratamiento S el modelo mejoró cuando se agregó g, en este caso los valores altos de TRP correspondieron a valor altos en DPV y g como se muestra en la Figura 24b. Las plantas del tratamiento SC además del efecto de DPV y g, RFA presentó un efecto positivo sobre TRP (Cuadro 15).



**Fig. 24.** Interacción representativa entre el déficit de presión de vapor (DPV) y la transpiración (TRP) de las plantas del tratamiento con suelo-fertilizante (SF) (a) y de DPV y conductividad estomática (g) sobre TRP en plantas del tratamiento suelo (S) en el mes de enero.

En el mes de febrero las plantas del tratamiento SF difirieron del resto de los tratamientos en que DPV y g fueron las variables con mayor efecto sobre TRP, la tendencia fue similar a la presentada en la Fig. 22. A diferencia de SF, SCF y S mejoraron su significancia con un modelo agregando Ta y Th como variables independientes, sin embargo la diferencia entre SCF y S se presentó en que el efecto de Ta fue negativo para SCF y positivo en S (Cuadro 15).

#### 5.4 Variables morfológicas

##### Número de hojas, altura de la planta y área foliar.

Los resultados del número de hojas en el cuadro muestran que las plantas del tratamiento C fueron significativamente diferentes (anexo 15) al resto de los tratamientos presentando el menor número de hojas en noviembre, diciembre y enero aunque en enero sólo difirieron de SF y SCF. En el mes de diciembre, las plantas de SF y SCF presentaron el mayor número de hojas al resto de los tratamientos. SF mantuvo un valor mayor en el número de hojas en enero, mientras que SCF, SC y S presentaron valores similares en el número de hojas producidas. En el mes de febrero las plantas que sobrevivieron SCF y SF no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 16).

Cuadro 16. Promedio del número de hojas producidas por mes en cada tratamiento y resultados de la prueba de rango múltiple de Duncan ( $p < 0.05$ ).

	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero
SCF	15.50 a	SF	58.00 a	SF	17.50 a	SCF	54.75a
SF	13.50 a	SCF	45.00 a	SCF	13.50 ab	SF	57.00a
SC	12.25 a	S	27.25 b	SC	12.25 abc		
S	11.75a	SC	23.00 bc	S	11.75 bc		
C	6.75 b	C	9.75 c	C	7.00 c		

SF= suelo-fertilizante, SCF= suelo-composta-fertilizante, SC=suelo-composta, C=composta, S=suelo. Las literales en la columna indican igualdad estadística.

En cuanto a la altura de las plantas, en noviembre las plantas del tratamiento C fueron significativamente menos altas que las de SCF, S y SC, pero similares a las de SF. En el mes

de diciembre sucedió algo parecido sólo que C fue similar a las plantas de SC, también con las menores alturas. En enero las plantas de C difirieron de las plantas de todos los tratamientos con la presentando la menor altura. En febrero no se presentaron diferencias estadísticas en la altura de las plantas de los tratamientos SCF y SF (Cuadro 17)(anexo 15).

**Cuadro 17. Promedio de la altura total de la planta (cm) por mes en cada tratamiento y resultados de la prueba de rango múltiple de Duncan ( $p<0.05$ ).**

	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero
SCF	13.47 a	SF	14.75 a	SCF	13.47 a	SCF	21.37
S	13.05 a	S	13.45 a	S	13.05 a	SF	20.75
SC	12.67 a	SCF	12.12 ab	SC	12.67 a		
SF	9.82 ab	C	9.80 bc	SF	10.40 a		
C	8.6 b	SC	9.00 c	C	5.83 b		

SF= suelo-fertilizante, SCF= suelo-composta-fertilizante, SC=suelo-composta, C=composta, S=suelo. Las literales en la columna indican igualdad estadística.

En lo que respecta al área foliar, SF y S fueron los tratamientos que mayor área foliar presentaron en los meses de noviembre, diciembre y enero, aunque ambos presentaron similitud estadística sólo en noviembre y enero. El área foliar presentada por el resto de los tratamientos fue similar entre ellos en cada mes. En el mes de febrero se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos SCF y SF, la mayor producción de área foliar correspondió al tratamiento SF (Cuadro 18)(anexo 15).

**Cuadro 18. Promedio de la suma de área foliar por mes en cada tratamiento y resultados de la prueba de rango múltiple de Duncan ( $p<0.05$ ).**

	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero
S	31.41 a	SF	31.90 a	SF	35.66 a	SCF	240.97
SF	30.53 a	S	23.81 b	S	31.41 a	SF	270.88
SCF	19.50 b	SC	23.17 b	SCF	19.50 b		
SC	18.31 b	SCF	20.14 b	SC	18.31 b		
C	12.90 b			C	14.69 b		

SF= suelo-fertilizante, SCF= suelo-composta-fertilizante, SC=suelo-composta, C=composta, S=suelo. Las literales en la columna indican igualdad estadística.

### Tasa de crecimiento Relativo (TCR) y Tasa de asimilación neta (TAN)

La tasa de crecimiento fue disminuyendo a lo largo del experimento. Los resultados del comportamiento de TCR en cada tratamiento se muestra en la Fig. 25 . En el mes de noviembre las plantas que observaron mayor TCR fueron las del tratamiento SF, seguidas de S, las plantas de los tratamientos restantes mostraron valores similares entre sí. De noviembre a diciembre la TCR disminuyó para todos los tratamientos, aunque los valores se muestran muy similares entre sí, las diferencias fueron significativas entre los tratamientos para este mes (anexo 16). De diciembre a enero, a excepción de las plantas del tratamiento SCF que incrementaron significativamente sus valores de TCR, las plantas de los tratamiento restantes disminuyeron sus valores. En el mes de febrero nuevamente las plantas de los tratamientos que quedaron disminuyeron su TCR.

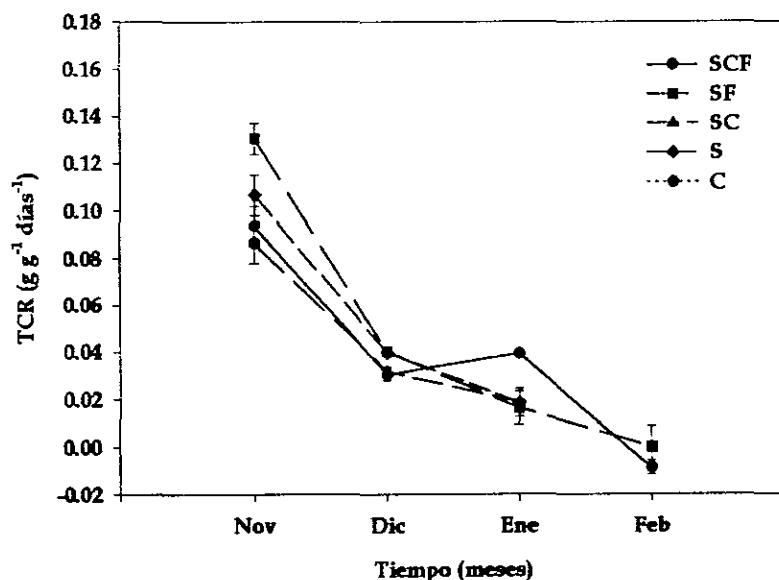
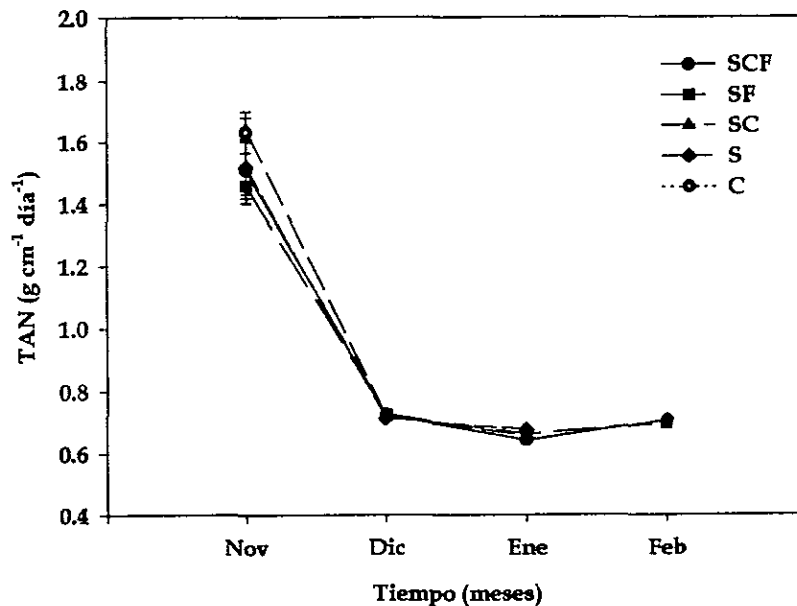


Fig. 25. Variación mensual de la tasa de crecimiento relativo (TCR) en cada tratamiento SF= suelo-fertilizante, SCF= suelo-composta-fertilizante, SC=suelo-composta, C=composta, S=suelo. Las barras verticales indican el error estándar de la media.

Los resultados de la tasa de asimilación neta (TAN) mostraron para todos los tratamientos una *tendencia similar en cada mes*. De noviembre a diciembre los valores de TAN disminuyeron, y en el mes de enero dichos valores fueron muy similares al mes de diciembre. Cabe mencionar que aunque en la Fig. 26 no se muestra una diferencia entre las plantas de los diferentes tratamientos en enero, se presentaron diferencias significativas, que correspondieron a las plantas de S con valores mayores y SCF con los valores menores de TAN (anexo 16).



**Fig. 26 Variación mensual de la tasa de asimilación neta (TAN) en cada tratamiento SF= suelo-fertilizante, SCF= suelo-composta-fertilizante, SC=suelo-composta, C=composta, S=suelo. Las barras verticales indican el error estándar de la media.**



## 5.5 Análisis de nutrientes en sustrato y hojas

### *Suelo y composta*

La composta presentó valores más altos en compuestos nitrogenados, sulfatos y potasio que el suelo (Cuadro 19). La conductividad eléctrica fue menor en la composta que en el suelo lo que también se reflejó en un menor valor de pH que el suelo.

**Cuadro 19. Análisis químico de la composta y suelo realizados en CIBNOR unidad Guerrero Negro.**

	PH	CE mS/cm	K (%)	Fe (%)	Mn (%)	Zn mg/100g	P (%)
Composta	7.57	8.1	0.26	0.00137	0.007	0.02	0.0003
Suelo	8.9	105.75	0.01	0.01684	0.025	0.06	0.0001

	NO <sub>2</sub> mg/kg	NO <sub>2</sub> -N mg/kg	NO <sub>3</sub> mg/kg	NO <sub>3</sub> -N mg/kg	SO <sub>4</sub> mg/kg	N-Total (%)
Composta	25.5	7.76	192	43.2	93.7	0.64
Suelo	2.13	0.17	0.63	0.14	1.16	0.04

La cantidad de nitrógeno total encontrado en la composta utilizada para el experimento fue menor a la reportada por algunos autores que se citan en el Cuadro 20.

**Cuadro 20. Resultados de nutrientes encontrados en compostas por diferentes autores.**

Autores	N-Tot (%)	P (%)	K (%)	Tipo de composta
Bernal (1998)	3.79	-	-	Pajas
Mondini <i>et al.</i> (1997)	1.8-2.0	-	-	desechos domésticos y pajas
Minna <i>et al.</i> (1996)	1.8	-	-	
Fricke <i>et al.</i> (1989)	0.7-1.4	0.6-1.2	0.8-1.4	
Sabra <i>et al.</i> (1995)	1.20	-	0.45	
Frederick <i>et al.</i> (1995)	1.76	-	-	hojas y pastos
Abdel <i>et al.</i> (1993)	1.2	-	-	desechos municipales

- Datos no reportados

Los resultados encontrados de nitrógeno y potasio de la composta utilizada para el experimento se encontraron dentro del intervalo reportado por algunas compostas comerciales que se muestran en el Cuadro 21. El fósforo obtuvo valores muy por debajo de dichas compostas.

Cuadro 21. Resultados presentados por Ruíz (1996) para diferentes compostas de productos comerciales (COMPOMEX I, II, III), composta urbana y resultados obtenidos de la composta elaborada para el experimento.

Nutrimento	COMPOMEX I	COMPOMEX II	COMPOMEX III	Composta Urbana	Composta del presente trabajo.
Nitrógeno (N)	0.85%	0.43%	0.01%	0.02%	0.64%
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.15%	0.99%	0.45%	0.98%	.0003%
Potasio (K <sub>2</sub> O)	0.24%	0.43%	0.33%	0.80%	0.26%

### *Cantidad de nitrógeno en hojas*

Como se mencionó anteriormente, el análisis de la planta correspondió a la cuantificación de N Total por ser éste la característica más tomada en cuenta en experimentos con composta por los autores (Sabrah, 1995; Minna *et al.*, 1996). En el Cuadro 22 se observa la comparación de los valores obtenidos por tratamiento para cada mes y del dato inicial que correspondió a plántulas de semillero con sustrato inicial. En el mes de noviembre las plantas de los tratamientos SCF y SC presentaron un mayor contenido nitrógeno que las plantas de los tratamientos SF y S, en este mes algo que llama la atención es que las plantas del tratamiento S presentaron mayor cantidad de nitrógeno que las plantas de SF. En el mes de diciembre las plantas de SCF y SC presentan nuevamente los valores más altos en el contenido de nitrógeno, sin embargo las plantas de SF presenta un contenido significativamente mayor a las plantas de S, caso contrario al mes anterior. En el mes de enero la diferencia entre la cantidad de nitrógeno presentada por las plantas de SCF y SF

es mínima, sin embargo dicha diferencia se hace mayor en febrero. En estos últimos dos meses SCF sigue siendo mayor.

**Cuadro 22. Resultados de Nitrógeno Total (%) de los datos iniciales y mensuales de las plantas por tratamiento, suelo-composta (SC), suelo-composta-fertilizante (SCF), suelo-fertilizante (SF y contro suelo (S).**

Tratam.	Inic.	NOV	DIC	ENE	FEB
SCF	0.011	0.13	5.24	4.40	3.41
SC	0.011	0.126	5.56	-	-
SF	0.011	0.116	4.66	4.16	2.53
S	0.011	0.119	3.95	-	-

SF= suelo-fertilizante, SCF= suelo-composta-fertilizante, SC=suelo-composta, C=composta, S=suelo. Las literales en la columna indican igualdad estadística.

## VI. DISCUSION

El efecto en la aplicación de composta en el suelo para uso agrícola ha sido ampliamente evaluado (Flaig. *et al*, 1977; FAO, 1991; Abdel Magid *et al*, 1993; Abdel Magid *et al*, 1994; Labrador, 1996; Minna *et al.*, 1996; Ruíz, 1996; Bernal *et al*, 1998 ). Los resultados obtenidos en el presente trabajo coinciden con lo encontrado por estos autores en los siguientes aspectos: mayor retención de humedad, valores mayores en la humedad del suelo, capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP), porcentaje de saturación (Ps) y humedad aprovechable (Ha). En los tratamientos que incluyeron composta (SCF, SC y C), los valores obtenidos en esas variables fueron buenos indicadores del efecto mejorador del sustrato utilizado por la aplicación de la misma, pero a diferencia de lo expuesto por Hausenbuiller (1977), Buckma y Brady (1977), Narro (1994) y Flaig *et al* (1977) estos resultados se obtuvieron en un período de cuatro meses de experimentación, es decir, a partir de un tiempo menor a los ocho meses reportados por estos autores.

Los resultados obtenidos de pH se pueden interpretar de la siguiente manera: de acuerdo a Ortíz y Ortíz (1990) valores arriba de 7 indican alcalinidad y los cercanos a 7 (6.6 en adelante) indican un pH neutro, por lo que los pH presentados por el suelo en los tratamientos oscilaron entre pH neutro y alcalino. Labrador (1996) expone en su libro la tabla de clasificaciones de suelo según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, donde los suelos con pH de 6.6 a 7.3 son neutros; los de 7.4 a 7.8 medianamente básicos y los de 7.9 a 8.4 básicos. De acuerdo a éste autor, los tratamientos C y S correspondieron a suelos medianamente básicos, SC y SCF a básicos y el único suelo que cayó en la clasificación neutra fue SF. Por otro lado un suelo de pH inferior a 7 es ácido y por arriba de este valor, es alcalino, aumentando su acidez o alcalinidad conforme aumenta su pH, bajo este supuesto el tratamiento SF es el único ácido según FAO (1991). Con base en lo anterior podemos inferir que el pH de los tratamientos del presente trabajo estuvo en un intervalo que va de valores neutros a medianamente básicos. Kimberly y Fitzpatrick (1997) mencionan que el pH óptimo aceptable en el uso de composta va de 5.0 a 7.6, dentro de

este intervalo los valores de los presentes resultados corresponden sólo a los tratamientos S y SF. Por otro lado, según el manual de la Ontario Ministry of Environment (OME) recomienda que el pH sea de 6.5 a 8.5 (Raymond, *et al.*, 1998), intervalo en el cual se localizan todos los valores obtenidos en este trabajo.

Por otro lado, los valores altos de conductividad eléctrica (CE) que se mostraron en los resultados pudieron haber tenido un efecto negativo en el desarrollo de las plantas. Raymond *et al.* (1998) mencionan que la mayoría de los estudios que prueban el impacto del uso de composta han mostrado que la composta inmadura generalmente va acompañada de una elevada CE. Estos autores, Lohr *et al.* (1984) y Berstein *et al.* (1974) indican que valores de alta salinidad ( $>3.5 \text{ mS cm}^{-1}$ ) suprimen la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Longifolia), tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.) y/o afectan negativamente el desarrollo de las plantas de las mismas especies. El valor de CE para el tratamiento de composta (C) fue mayor al valor mencionado por Lohr *et al.* (1984) y Berstein *et al.* (1974), por lo que esto sugiere que la composta probablemente no era una composta madura y por lo tanto el alto contenido de sales impidió el establecimiento de las plantas.

Cabe mencionar que tanto el pH como CE disminuyeron sus valores iniciales cuando se establecieron las mezclas para los tratamientos con composta SCF y SC al final del experimento. A este respecto, Chong *et al.* (1991) mencionan que en contenedores con composta los cultivos nodriza se establecen bien no obstante los valores altos de CE y que estos altos valores tienden a decrecer después del transplante. Sin embargo, CE no decreció suficiente en el tratamiento C como para permitir el establecimiento de las plantas. En cuanto al pH, Labrador (1996) menciona que la adición de materia orgánica en forma de composta aumenta el poder amortiguador del suelo, manteniendo los valores de pH en un intervalo que permita el desarrollo de las plantas, como lo fue el caso de las plantas en los tratamientos de este trabajo.

Variables como la densidad aparente ( $D_a$ ), el porcentaje total de porosidad ( $\%E_p$ ), la porosidad de retención (PR), la porosidad efectiva (PE) y los resultados de textura no presentaron diferencias entre los diferentes tratamientos. El hecho de que se hayan presentado diferencias significativas entre tratamientos en las variables de humedad y no en variables físicas como la porosidad, probablemente se debieron a dos cosas: i) a las condiciones de compactación que el suelo adquiere al estar confinado en una maceta y como consecuencia reduciendo su espacio poroso (Narro, 1994) y ii) a que la mayor retención de agua y de las constantes de humedad del suelo estuvieron asociadas en primera instancia a la gran capacidad hidrofílica de los coloides húmicos que constituyen la composta (Labrador, 1996). Por lo anterior el efecto de la composta en las variables como  $D_a$ ,  $\%E_p$ , PR y PE del suelo se reflejaría probablemente en experimentos que tuvieran una mayor duración al del presente trabajo.

El contenido de agua en el sustrato de cada tratamiento parece no haber afectado a la evapotranspiración de cada tratamiento, según los resultados obtenidos no se presentaron diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, se observa en el Cuadro 9 que los tratamientos SCF y SC mostraron una mayor evapotranspiración. Al parecer estos tratamientos favorecieron una mayor disponibilidad de agua. Esta respuesta se ha encontrado en esta misma especie cuando se cultiva con acolchados de plástico, debido a que esto favorece una mayor disponibilidad de humedad en el suelo (Nieto, 1994). Como el cálculo de la cantidad de agua requerida para el cultivo se realiza en función de la evapotranspiración obtenida, es lógico que la cantidad de riego requerido para el cultivo también fuera mayor para las plantas de los tratamientos SCF y SC. Por lo anterior es importante que este tipo de experimentos se evalúen en un mayor lapso de tiempo y con un mayor control del gasto y uso eficiente de agua a fin de conocer el requerimiento de agua para un cultivo de *Capsicum frutescens* bajo tratamientos de composta.

Por otro lado, las diferencias obtenidas en el contenido de agua en el suelo parecen no haber tenido un efecto determinante en la respuesta fisiológica de las plantas. Los

resultados obtenidos mostraron que los cambios en la transpiración (TRP) y conductividad estomática (g) fueron determinados por el déficit de presión de vapor (DPV) y la temperatura de la hoja (Th) más que por el contenido de agua en el suelo. Estos resultados han sido encontrados en algunos estudios con plantas cultivadas y silvestres (Ferreira, 1993; Fanjul, *et al.* 1985; Fanjul y Barradas, 1985; y Nilsen *et al.* 1983).

En cuanto al potencial hídrico ( $\Psi$ ), no mostró un patrón consistente en las mediciones, los  $\Psi$  más bajos correspondieron a las plantas que presentaron una menor transpiración (SCF y SC) y mayor contenido de agua en el suelo, y no se encontró una relación entre  $\Psi$  y g como se esperaba. A este respecto, Ferreira (1990) y Ludlow (1991) mencionan que algunas plantas pueden presentar un intervalo del  $\Psi$  donde g no es afectada. Ferreira (1990) encuentra en plantas con tomate que a valores mayores de -0.5MPa de  $\Psi$  no se encuentra una relación con g a menos que el DPV del aire sea el mismo a la hora de la medición. En el caso del presente trabajo el intervalo se dio entre los -0.77 y -1.79 MPa sin encontrar una relación del  $\Psi$  con g. Por otro lado, los valores encontrados de  $\Psi$  en la especie de chile estudiada en el presente trabajo son comparables a los observados por otras especies cultivadas que han sido sometidas a sequía. Tal es el caso del sorgo (*Sorghum bicolor*) y trigo (*Triticum dicoccum* y *T. Aestivum*) (Turner y Jones, 1980) y de especies características de las zonas semiáridas como jobjoba (*Simmondsia chinensis*) gobernadora (*Larrea tridentata*), *Beccharis sarothroides*, *Atriplex polycarpa* y *Encenia farinosa* (León de la Luz, 1984). Esta característica de mantener  $\Psi$  confirma los resultados de estudios anteriores con la especie en estudio acerca de su tolerancia a la sequía que puede presentar bajo un severo estrés hídrico (Nieto 1994).

A diferencia del contenido de agua en el suelo, el efecto del microclima en las variables fisiológicas fue evidente. Las Figuras 9, 12 y 13 muestran la variación diurna de DPV, TRP y Th respectivamente, en ellas se observaron los mismos resultados que cuando se analizó el efecto de las variables microclimáticas sobre TRP y g, donde los resultados indicaron

que DPV y/o Th parecen haber sido las que determinaron g. En cuanto a TRP g y/o DPV parecieron haber determinado TRP. Los resultados diurnos de este trabajo coinciden con muchos de los trabajos que se han realizado en vegetación natural y plantas cultivadas en climas semi-desérticos con condiciones similares a las de Baja California Sur y corroboran la relación entre DPV y TRP (Nilsen *et al.*, 1983; León de la Luz, 1984; Fanjul y Barradas, 1987; Pozos, 1991; Velázquez-Mendoza, 1989; Troyo, 1994). Al igual que como lo explica Golstein *et al.* (1986), la transpiración de las plantas de *Capsicum frutescens* puede ser una respuesta más al DPV que a g. Se sabe que el DPV aumenta conforme aumenta la temperatura durante el día (Ta y Th) y la humedad disminuye. Se observó que efectivamente el DPV es menor en la mañana, por lo que la transpiración es baja en respuesta a un bajo DPV en la mañana a pesar de una alta apertura estomática.

El hecho de que las plantas del grupo control (S) mostraron un comportamiento similar al explicado en el párrafo anterior, pero sus valores en g y TRP fueron mayores en los meses de enero y febrero al resto de los tratamientos, puede atribuirse a una disminución en su tolerancia. Turner y Jones (1980) mencionan que aquellas plantas que mantienen su potencial de turgencia a bajos potenciales hídricos presentan tolerancia a la sequía, controlando su transpiración a través de g. Aunado a la mayor TRP y g, los valores de  $\psi$  de las plantas de S fueron los mayores en enero y febrero, por lo que aunque en el presente trabajo las plantas no estuvieron sometidas a una sequía, el estrés parece haber estado en función como se mencionó anteriormente a una alta CE y/o compactación del suelo. De tal manera que las plantas de S no pudieron mantener bajos  $\psi$ , controlar la TPR y g, a diferencia del resto de los tratamientos. Sin embargo, con todo y que las plantas presentaron un mayor  $\psi$ , sus valores entran en el intervalo de los presentados por especies de regiones áridas y semiáridas como las que se mencionaron anteriormente.

En cuanto a las variables morfológicas, los resultados estadísticos mostraron que el uso del fertilizante químico determinó la mayor producción de hojas en los tratamientos que lo



contenían (SCF y SF), a diferencia de la aplicación de la composta que no mostró un efecto en esta variable. A diferencia de la producción de hojas, el efecto del fertilizante químico no se mostró claramente en el área foliar, ya que las plantas con fertilizante (SF) y del grupo control (S) presentaron diferencias estadísticas entre ellas solamente en diciembre. Probablemente estos resultados se deban a que la aplicación del fertilizante químico no fue específicamente foliar. En cuanto a la altura de las plantas no se presentaron diferencias claras entre las plantas de todos los tratamientos.

Los resultados de las variables morfológicas se confirman también con los encontrados en las variables de crecimiento evaluadas que fueron la tasa de crecimiento relativo (TCR) y la tasa de asimilación neta (TAN). Las plantas que se mostraron más consistentes en su desarrollo fueron las del tratamiento SF, resultado que se esperaba por la aplicación del fertilizante químico. Sin embargo, las plantas del tratamiento SCF mostraron a partir de enero una mayor TCR que las plantas de los tratamientos restantes. Los resultados de TAN, mostraron que la velocidad con que las plantas aumentaron su peso seco por área foliar unitaria fue disminuyendo conforme el experimento.

En cuanto a las cantidades de nitrógeno foliar (N) encontradas, las plantas con aplicación de composta SCF y SC mostraron una mayor cantidad del mismo, sin embargo, a diferencia de como lo menciona Carlyle (1998) no se pudo establecer una relación entre el contenido de N de las hojas y el área foliar producida por la planta, debido a la escasa cantidad de muestra disponible para los análisis químicos.

Las variables que más reflejaron la condición del desarrollo de las plantas fueron las morfológicas y junto con ellas las del análisis de crecimiento TCR y TAN. Ambas se mostraron que las plantas no tuvieron un desarrollo como se esperaba para llegar hasta su fructificación. Más aún, los resultados del presente trabajo mostraron una alta mortalidad de plantas en los tratamientos C, S y SC. Al parecer esta mortalidad puede ser atribuida lo cual se explica al no existir diferencias significativas entre las características del espacio

poroso del sustrato aún con la incorporación de la composta. Comparando los resultados de los espacios porosos se encontró que los valores obtenidos en el presente trabajo (% Ep= 28.7, PR=18.10% y PE=29%) se encuentran por debajo de los que Raymond *et al* (1998) observó en la mezcla de composta sustrato (25%) que es la comparable en proporción a la utilizada en este estudio (% Ep=58, PR= 27%, PE= 31%). Narro (1994) menciona que uno de los problemas de trabajar con macetas es precisamente la compactación del sustrato cuyo principal efecto es la reducción de su espacio poroso. Esto a su vez influye en la capacidad de retención del agua, en el movimiento del aire y del agua y en el crecimiento de las raíces (Aguilera y Martínez, 1996). Esta compactación se trato de aminorar a través de la remoción constante de la parte superficial del suelo de la maceta, sin embargo, los resultados indicaron que no fue suficiente.

La mortalidad de las plantas del tratamiento de composta (C) parece haber sido ocasionado por la alta salinidad presentada en la misma, como se mostró en los resultados. La composta presentó una conductividad eléctrica de  $5.8 \text{ mS cm}^{-1}$ , Lorh *et al.* (1984), Berstein *et al.* (1974) y Reymond *et al* (1998) encontraron que los valores de salinidad mayores a  $3.5 \text{ mS cm}^{-1}$  provocan daños en la germinación y desarrollo de algunas hortalizas como lechuga (*Lactuca sativa* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.). Los valores de los tratamientos restantes estuvieron por debajo de  $3.5 \text{ mS cm}^{-1}$  por lo que las plantas lograron establecerse.

Los resultados fisiológicos, edáficos, microclimáticos y morfológicos del presente trabajo con la especie *Capsicum frutescens* y las relaciones entre los mismos dan la pauta a la profundización de la respuesta que tanto esta especie como otras especies cultivadas pueden presentar ante el uso de fertilizantes orgánicos como la composta. Algunas de las respuestas encontradas fueron las esperadas como las diferencias en la retención de agua en el suelo, sin embargo, otras como las fisiológicas no mostraron patrones de comportamientos muy claros entre tratamientos. Por lo anterior, es importante que al realizar trabajos similares se tome en cuenta el tiempo posible de respuesta al efecto del uso de los fertilizantes orgánicos.

## VII. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos de las variables del suelo mostraron al porcentaje de humedad (H%), capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP), porcentaje de saturación (PS) y humedad aprovechable (HA) como buenos indicadores en un tiempo corto, de la mejora en la retención de agua por un sustrato arenoso con aplicación de composta, como sucedió con los tratamientos SCF y SC.
- Aparentemente el pH de los tratamientos no fue una limitante en el desarrollo de las plantas de los diferentes tratamientos por encontrarse en un intervalo de valores que fue de neutros a medianamente básicos al compararlos con resultados obtenidos por otros autores.
- La alta salinidad en el tratamiento de plantas con composta (C) determinó que no se pudieran establecer las plantas sobre este sustrato.
- La porosidad de los sustratos con aplicación de composta fue menor a lo establecido para un adecuado desarrollo de las plantas, lo cual fue ocasionado por la compactación del suelo que ejerció un efecto negativo en el desarrollo de las plantas.
- La respuesta diurna y general de estas variables en las plantas de cada tratamiento estuvo determinada en mayor grado por el déficit de presión de vapor (DPV) y/o temperatura de la hoja (Th) que por cualquier otra variable medida.
- La evapotranspiración se vio favorecida por la mayor disponibilidad de agua en los sustratos de las plantas de SCF y SC.

- La mayor producción de hojas en los tratamientos con fertilizante (SCF y SF) fue una clara evidencia del efecto por el uso del fertilizante químico, no así para el área foliar y altura total de la planta.
- Con base en los resultados obtenidos de todas las variables medidas se concluye que el efecto de la composta a corto plazo puede ser cuantificado por medio de las variables de humedad del suelo. A largo plazo esto puede tener implicaciones importantes en la conservación en el uso de agua y suelo. Esto a su vez será traducido a producciones sostenibles de alimentos y ahorros económicos ya que el uso de composta es más barato que el de fertilizantes químicos.
- Si bien, la composta no presentó resultados claros en cuanto al mejor desarrollo del cultivo, su efecto en la retención de humedad fue evidente. Por lo que la sobrevivencia de plantas de los tratamientos SCF y SF permiten concluir que el uso de composta aunado al fertilizante puede ser la iniciativa para que el agricultor de la región inicie sin temor un cambio en sus hábitos agrícolas. Por un lado y a largo plazo, mejorando y/o conservando una adecuada condición en el suelo y agua, y por otro lado, asegurando en un corto plazo la producción.

## IX BIBLIOGRAFIA

- Abdel Magid, H. M., E. A. Ragaa Sabrah, H. El Nadi Abdel Rahman, I. Shafik Abdel-Aal y K. Raafat Rabie. 1994. **Kinetics of biodegradation bates of chicken manure and municipal refuse in a sandy soil.** Journal of Arid Environments 28:163-171.
- Abdel Magid, H. M., Sabrah, R. E. A., Abdel, R. H. El Nadi, Abdel-Aal, S. I. y Rabie, R. K. 1993. **Biodegradation of municipal refuse and chicken manure in a winter-wheat ecosystem in Saudi Arabia.** Journal of Arid Environments 25:411-419.
- Aguilera, C. M. y R. Martínez E. 1996. **Relaciones agua, suelo, planta, atmósfera.** UACH, Chapingo, México. 256 p.
- Barradas, V. 1991. **Radiation regime in a tropical dry deciduous forest in western México.** Theor Appl. Climatol., 44:57-64. Centro de Ecología UNAM. 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. México.
- Bates, L. M. y A. E. Hall. 1982. **Relationships between leaf water status and transpiration of Cowpea wit progressive soil drying.** Oecologia 53:285-289.
- Beese, F. y N. Moshrefi. **Physiological reaction of chilee-pepper to water and salt stress**
- Bernal, M. P., A. F. Navarro, M. A. Sánchez-Monedero, A. Roig y J. Cegarra. 1998. **Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in Soil.** Biol. Biochem. 30(3): 305-313.
- Berstein, L., L. E. Francois y R. A. Clark. 1974. **Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetables.** Agron J. 66(3):412-421.
- Bremner, J. M. 1965. **Total nitrogen.** En C. A. Black (ed.), Methods of soil analysis Part 2, Agronomy 9:1149-1178. American Society for Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Buckman, O. H. y N. Brady C. 1977. **Naturaleza y propiedades de los suelos.** Monter y Simon, S.A. Barcelona España. 590 p.
- Carlson, D. H., S. H. Sharrow, W. H. Emmingham y D. P. Lavender. 1994. **Plant-soil-water in forestry and silvopastoral systems in Oregon.** Agroforestry Systems 25:1-12.
- Carlyle, C. J. 1998. **Relationships between nitrogen uptake, leaf area, water status and growth**

- in an 11-year-old *Pinus radiata* plantation in response to thinning, thinning residue, and nitrogen fertiliser. *Forest Ecology and Management* 108:41-55.
- Caron J., H. L. Xu, P. Y. Bernier, I. Duchesne and P. Tardif. 1998. **Water availability in three artificial substrates during prunus X cistena Growth: variable threshold values.** *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123(5):931-936.
- Chapin III, S. F., E. Rincón y P. Huante. 1993. **Environmental responses of plants and ecosystems as predictors of the impact of global exchange.** *J. Biosci.* 18(4):515-524.
- Chong, C., R. A. Cline, D. L. Rinker y O. B. Allen. 1991. **Growth and mineral nutrient status of contain rized woody species in media amended with spent mushroom compost.** *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:243-247.
- Coombs, J., D. O. Hall, S. P. Long y J. M. O. Scurlock. 1988. **Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad.** Colegio de Posgraduados, Chapingo, Edo. Mex. 258 p.
- Coras, M. P. M. 1994. **Evapotranspiración y programación de riego.** Departamento de Fitotecnia. UACH, Chapingo, México. 172 p.
- Correia, M. J.; F. Torres y J. S. Pereira. 1989. **Water and nutrient supply regimes and the water relations of juvenile leaves of *Eucalyptus globulus*.** *Tree Physiology* 5:459-471 Heron Publishing Victoria Canada.
- Cruz, E. M. 1992. **Ecología y evaluación del efecto de la temperatura en la germinación de las plantas anuales en un área árido tropical de Baja California Sur, México.** Tesis Licenciatura. Universidad de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México. 70 p.
- Diéguez, T. E. 1994. **Biología, ecología y agroecología del frijol gandul (*Cajanus cajan*) en la Región del Cabo.** Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias, México, UNAM, 161 p.
- Fanjul, L. y V. Barradas. 1987. **Diurnal and seasonal variation in the water relations of some deciduos and evergreen trees of deciduous dry forest of the western coast of México.** *Journal of Applied Ecology.* 24:289-303.
- Fanjul, L. y Rosher, P. H. 1984. **Effects of water stress on internal water relations of apple leaves.** *Physiol. Plant* 62:321-328.
- Fanjul, L. y Barradas, V. L. 1985. **Stomatal behaviour of two heliophile understorey species of a tropical deciduous forest in Mexico.** *Journal of Applied Ecology* 22: 943-954.

- Fanjul, L. R. Arreola-Rodríguez and M. P. Méndez-Castrejon. 1985. **Stomatal responses to environmental variables in shade and sun grown coffee plants in Mexico.** Expl Agric. 21: 249-258.
- FAO. 1991. **Manejo del suelo producción y uso de composte en ambientes tropicales.** Boletín de Suelos de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 178 p.
- FAO. 1983. **El reciclaje de materias orgánicas en la agricultura de América Latina.** Informe Reunión-Taller. San José de Costa Rica. 253 p.
- Fennell, L. H. P. y Markhart . 1990. **Influence and air and temperature soil on water relations and freezing tolerance of spinach (*Spinacia oleracea*).** Physiologia Plantarum. 78:51-56.
- Ferreira, M. I. 1993. **Stomatal conductance in tomato responds to air humidity.** En: Borghetti, M. , J. Grace and A. Raschi. 1993. Water Transpor in Plants under climatic stress. Cambridge University Press. 238-292.
- Flaig, W., B. Nagar, H. Söchtig and C. Tietjen. 1977. **Organic materials and soil productivity.** FAO Soils Bulletin 35. 119 p.
- Fricke, K., W. Pertl and H. Vogtmann. 1989. **Technology and undesirable components on compost of separately collected organic wastes.** Agriculture, Ecosystems and Environment. 27:463-469.
- García, C. A. 1992. **Materiales orgánicos regionales para la producción de la planta de chile (*Capsicum frutescens*).** Tesis Ingeniero Agrónomo. UABCS. La Paz, B.C.S.
- García, E. 1981. **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.** Instituto de Geografía. UNAM. Méx. 2a. Ed. 246p.
- Giamprieto, M., G. Cerretelli y D. Pimentel. 1992. **Energy analysis of agricultural ecosystem management: human return and sustainability.** Agriculture, Ecosystems and Environment 38:219-244.
- Gobierno del Estado de BCS. 1999. **Sexto informe de gobierno 1998-1999.** Gobierno del Estado de Baja California Sur. 138 p.
- 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.
- González, R., F. de J. 1991. **Abonos orgánicos.**Tesis Ingeniero agrónomo. 60 p.

Gros, A. y A. Domínguez V. 1992. **Abonos**. 8a. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 418 pp

Gutiérrez, M. A., A. Larqué-Saavedra y C. A. S. Ortiz. 1996. **La transpiración como un indicador fisiológico del inicio de sequía en frijol**. Terra 14(3):251-256.

Hale, M. G., y D. M. Orcutt. 1987. **The physiology of plants under stress**. John Wiley and Sons 27-43 p.

Hall, A. E. 1990. **Physiological ecology of crops in relation to light, water and temperature**. En: Agroecology. Carroll R., J. H. Vandermeer y P. M. Rosset. Biological Resource Management Series, McGrawHill Publishing Company. 191-234.

Hall, E. A., G. H. Cannell y H. W. Lawton. 1979. **Agroclimatology applied to water management in the sudanian and Sahelian zones of Africa**. En: Hall. E., G. H. Cannell y H. W. Lawton. Ecological Studies, Vol. 34 Agriculture in Semi-Arid Environments, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, N.Y. 148-179.

Hausenbuiller, R. L. 1977. **Soil science, Principles and Practices**. W.M. C. Brown Company Publishers. Dubuque Iowa, E.U. 504 p.

Herbert del Valle, F. 1992. **Prácticas de relaciones agua-suelo-planta-atmósfera**. UACH, Chapingo, Texcoco, México, 167 p.

Hsiao, C. T. 1982. **The Soil-plant-atmosphere continuum in relation to drought and crop production**. En: Drought resistance in crops with emphasis on rice. Intl. Rice Rest. Inst, Los Bolaños, Philippines.

Hunt, R. 1978. **Plant growth analysis**. Ed. Edward Arnold. Studies in Biology No. 96. 68p.

IMSS. 1990. **La composta**. IMSS Subdirección General de Obras y Patrimonio Inmobiliario Méx. 11 pp.

INEGI. 1994. **Resultados definitivos VII censo agrícola-ganadero de Baja California Sur**. INEGI 129 p.

INEGI. 1996. **Estudio hidrológico del estado de Baja California Sur**. INEGI, Gobierno del Estado. BCS. 179 p.

Jackson, L. E. y L. C. Biss. 1984. **Phenology and water relations of three plant life forms in a dry three-line meadow**. Ecology 65(4): 1302-1314.

Jiménez-Hidalgo, I., M. J. Luna-Cisneros, y O. V. Verdugo. 1991. **Propiedades hídricas de sustratos para la producción de plántulas mediante el uso de materiales regionales**.



UABCS.

- Kimberly A. K. and G. E. Fitzpatrick. 1997. **Growth of *impatiens accent red* in three compost products.** Compost, Science and Utilization, 5(4):26-31.
- Koide, R. T., Robichaux H. R., Morse R. S. y Smith M. C. 1989. **Plant water status, hydraulic resistance and capacitance.** in Plant Physiological Ecology: Field methods and Instrumentation. London. 162-183.
- Kramer, J. P. 1983. **Water relations of plants.** Academic Press, Inc. 538 p.
- Kramer, P.J. 1989. **Relaciones hídricas de suelos y plantas.** Harla. México. 533 p.
- Labrador, M. J. 1996. **La materia orgánica en los agroecosistemas.** Mundiprensa. 174 pp.
- Lal, R. 1996. **Deforestation and land-use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. I. Soil physical and hydrological properties.** Land Degradation & Development, 7:19-45.
- Laarqué-Saavedra, A. 1989. **Incremento en la eficiencia del uso de agua por transplante. Experiencias con maíz y frijol en condiciones de temporal.** En: Laarqué-Saavedra, A. 1989. El agua en las plantas cultivadas. Colegio de Postgraduados. Chapingo-Montecillos-México 105-117.
- León de Luz, J. L. 1984. **Aspectos fisiológicos de la jjoba *Simmondsia chinensis* (Link) SCH, ene el noroeste de México.** Tesis de maestría. INIREB. Xalapa, Ver.
- León, de la L. J. L. y R. Coria B. 1992. **Flora iconográfica de Baja California Sur.** J.L. León de la Luz y R. Coria B. Eds. CIBNOR. La Paz, BCS. Méx. 156 p.
- Livera M. M., J. D, Eastin y J. M. Norman. 1989. **Microclima, temperaturas nocturnas elevadas, respuestas fisiológicas y rendimiento en sorgo.** En: Larque-Saavedra. 1989. El agua en las plantas cultivadas. CP, Chapintgo-Montecillos, México. 95-104 p.
- Lira, R. H. S. 1994. **Fisiología Vegetal.** Trillas. México. 237 pp.
- Lohr, V. I., R. G. O'Brien y D. L. Coffey. 1984. **Spent mushroom compost in soilless media and its effects on the yield and quality of transplants.** J. Amer. Soc. Hort. Sci., 109(5):693-697.
- Lorens, G. F.; J. M. Bennett y L. B. Loggale. 1987. **Differences in drought resistance between two corn hybrids. II Component Analysis and Growth Rates.** Agronomy Journal Vol. 79.

- Ludlow, M. M. 1991. **Adaptative significance of stomatal responses to water stress.** 123-137.
- Maki Taichi. 1991. **Methods for estimating evapotranspiration under wet and arid field conditions.** JARQ 25(3): 214-221.
- Martínez, A. C. y R. M. Elizondo. 1996. **Relaciones agua-suelo-atmósfera.** UACH. 256p.
- Martínez, V., J. M. 1996. **El método biointensivo de cultivo.** En: Ier Coloquio de Agricultura orgánica: una opción sustentable para el agro mexicano. UACH, Chapingo Edo. Méx. 163 p.
- McIntyre, B. D., S. J. Riha and C. K. Ong. 1995. **Light interception and evapotranspiration in hedgerow agroforestry systems.** Agricultural and forest meteorology 81:31-40.
- Michel C. F. Jr., C. A. Reddy, y L. J. Forney. 1995. **Microbial Degradation and Humification of the Lawn Care Pesticide 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid during the Composting of Yard Trimmings.** Applied and Environmental Microbiology 61(7):2566-2571.
- Milthorpe, F. L. y J. Moorby. 1979. **An introduction to crop physiology.** Cambridge University Press 2a. Ed. 145 p.
- Minna M. L. y K. S. Jorgensen. 1996. **Straw Compost and Bioremediated Soil as Inocula for the Bioremediation of Chlorophenol-Contaminated Soil.** Applied and Environmental Microbiology 62(5): 1507-1513.
- Mondini, C. A. Sánchez-Monedero, L. Leita, G. Bragato y M. De Nobili. 1997. **Carbon and Nihydrin-reactive nitrogen of the microbial biomass in rewetted compost samples.** Commun. Soil Sci. Plant Anal. 28(12):113-122.
- Monson, K.S. y S. D. Smith. 1982. **Seasonal water potential components of sonoran desert plant.** Ecology. 63 (1). Tempe Arizona. E.U.A. 113-123.
- Mooney, H. A. y C. Chu. 1983. **Stomatal responses to humidity of coastal and interior populations of California Shrub.** Oecologia, Berlin 57:148-150.
- Murillo, J. M., F. Cabrera y R. López. 1997. **Response of *Clover trifolium fragiferum* L. Cv. Salina to a heavy urban compost application.** Compost, Science and Utilization. 5(4):15-26.
- Murillo-Amador B., F. Borrego-Escalante y E. Troyo-Diéguez. 1998. **Evaluación de parámetros fisiotécnicos en nopal-verdura (*Opuntia* spp): (1) Influencia de la fertilización orgánica, densidad de plantación y establecimiento en túneles de plástico.** Pyton 62(1/2):11-23.
- Naranjo, P. A. 1994. **Impacto de la irrigación salina sobre la calidad del suelo en una zona árida**

- de Baja California Sur. UMSNH. Morelia Mich. Tesis de Licenciatura. Méx. 82 p.
- Narro, Frías E. 1994. **Física de suelos con enfoque agrícola**. Trillas. México. 195 p.
- Navarro, J. P., I. Gómez, R. Moral y J. Mataix. 1996. **Improving the agricultural value of a semi-arid soil by addition of sewage sludge and almond residue**. Agriculture, ecosystems and environment, 58:115-119. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Netherlands.
- Nilsen, E. T., M. Rasoul S. y P. W. Rundel. 1984. **Comparative water relations of phreatophytes in the Sonoran desert of California**. Ecology: 65(3) 767-778.
- Nilsen, E. T., M. Rasoul S., P. W. Rundel, W. M. Jarrell y R. A. Virginia. 1983. **Diurnal and seasonal water relations of the desert phreatophyte *Prosopis glandulosa* (Honey mesquite) in the Sorona desert of California**. Ecology 64(6) 1381-1393.
- Nieto, G. A. 1994. **Evapotranspiración y relaciones hídricas de un cultivo hortícola integrado a un sistema de desalador costero**. Tesis Licenciatura. UNAM. Méx. 124 p.
- Nobel, P. 1977. **Introduction to biophysical plant physiology**. W. H. Freeman, San Francisco, California.
- Olsen, S. R., C. V. Cole, F. S. Watanabe y L. A. Dean. 1954. **Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate**. U. S. Dept. Asgri. Cir. 939.
- Ortiz, B. V. y C. A. Ortiz S. 1990. **Edafología**. UACH. Chapingo, Texcoco, Mex. 394 p.
- Ortega, D. E. y R. Rodes G. 1986. **Manual de prácticas de laboratorio de fisiología vegetal**. Ed. Pueblo y Educación. Universidad de la Habana. Ciudad de la Habana 196 p.
- Pansu M., Z. Sallih y P. Bottner. 1998. **Modelling of soil nitrogen forms after organic amendments under controlled conditions**. Soil Biol. Biochem. 30(1): 19-29.
- Paul, E. A. y F. E. Clark. 1996. **Soil microbiology and biochemistry**. Academic Press. 340 p.
- Pimentel, D., T. W. Culliney, I. W. Buttler, D. J. Reinemann y K. B. Beckman. 1989. **Low-input sustainable agriculture using ecological management practices**. Agriculture, Ecosystems and Environment, 27:3-24. Esiever Science Publishers B. V., Amsterdam.
- Pozos, B.A. 1991. **Relaciones hídricas en *Senecio praecox* D.C. y *Buddelia coordata* H.B.K. de la reserva del Pedregal de San Angel**. Tesis. UNAM, México. 77 p.
- Radford, P. J. 1967. **Growth analysis formulae- Their use and abuse**. Crop Science 3(7).

- Raymond, D. A., C. Chong and R. P. Voroney. 1998. **Response of four container grown woody ornamentals to immature composted media derived from waxed corrugated cardboard.** Compost, Science and Application 6(2):67-75.
- Rendowski, H. 1978. **Vegetación de México.** LIMUSA, México 432 p.
- Rodríguez, Z. C., y A. Larqué-Saavedra. 1988. **Análisis de crecimiento y tasa de uso de agua en cuatro cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris*).** Agrociencia 71.
- Rodríguez, M. L. C.M.A. Pacheco y M.M. Chaves. 1995. **Soil-plant water relations, root distribution and biomass partitioning in *Lupinus albus* L. under drought conditios.** Journal of Experimental Botany 46(289): 947-956.
- Rodríguez, del A. J. M. 1991. **Métodos de investigación pecuaria.** Ed. Trillas 208 p.
- Ruiz, G. F. de J. 1991. **Abonos Orgánicos.** Tesis Ingeniero Agrónomo. UABCS, La Paz, B.C.S.
- Ruiz, F., J. F. 1991. **Agricultura bio-intensiva sostenible en el minifundio mexicano. Una alternativa para la producción de alimentos y manejo ecológico del suelo.** Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo Edo. de México. 78 p.
- Ruiz, F. J. F. 1996. **Los fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánica.** En: Zapata Altamirano y Calderón Arózqueta eds. Memorias Primer Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. 149p.
- Sabrah, R. A. E. 1995. **Optimizing physical proprieties of a sandy soil for higher productivity using town refuse compost in Saudi Arabia.** Journal of Arid Environments 29:253-262.
- SAGAR. 1995. **Programa Fitosanitario para el Control del Picudo o Barrenillo del chile (*Anthonomus eugenii*) en el Distrito de Desarrollo Rural 003 La Paz.**
- Sala, O. E., W. K. Lauenroth y C. P. P. Reid. 1982. **Water relations. A new dimension for niche separation between *Bouteloua gracilis* and *Agropyron smithii* in North American semi-arid grassland.** Journal of Applied Ecology 19:647-657.
- Saruwatari, M. W. y S. D. Davis. 1989. **Tissue water relations of three chaparral shrubspecies after wild fire.** Oecologia 80:303-308.
- Salgado, G. R. 1989. **Aislamiento y Caracterización de Líneas Celulares de Chile (*Capsicum frutescens* L.) resistentes a fluorofenilalanina: implicaciones en la producción de capsaicina.** Tesis de maestría en cianecias. Irapuato, Guanajuato. 98 p.
- SIMBAD. 1991. **X Censo Agropecuario.** Sistema de Información Municipal. La Paz, BCS

- Soule, J., D. Carré and W. Jackson. 1990. **Ecological impact of modern agriculture**. En Carroll, C. R. J. h. Vandermeer and P. M. Rosset. Eds. Agroecology. Biological Resource Management Series. McGrawHill Publishing Company.
- Thomsen I. K., and B. T. Christensen. 1997. **Cropping system and residue management effects on nitrate leaching and crop yields**. Agriculture, Ecosystems and Environment 68:73-84.
- Tijerina, Ch. L. 1989. **Efecto de la sequía en el desarrollo de algodón**. En: Larque-Saavedra. 1989. El agua en las plantas cultivadas. CP, Chapintgo-Montecillos, México. 27-59 p.
- 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.
- Torres, R. E. 1983. **Agrometeorología**. Diana 149 p.
- Toyes, A. S. R. 1992. **La Agricultura orgánica: una alternativa de producción para pequeñas zonas agrícolas**. Tesis para Ing. Agrónomo. UABCS, La Paz, B.C.S.
- Trápaga, Y. y F. Torres. 1994. **El mercado internacional de la agricultura orgánica**. UNAM, IIES, Fac. Economía, DGPADA, JP. 221 p.
- Troyo, D. E. 1994. **Biología, ecología y agroecología del frijol gandúl (*Cajanus cajan*) en la Región del Cabo**. Tesis Doctor en Ciencias. Facultad de Ciencias UNAM, México.
- Trueba C. S. 1996. **Fertilizantes Orgánicos y Compostas**. En: **Memorias Agricultura Orgánica: Una Opción Sustentable para el Agro Mexicano**. UACH. Texcoco, México. 163 p.
- Turner, N. C. and M. M. Jones. 1980. **Turgor maintenance by osmotic adjustment: A review and evaluation**. En: Turner N. C. and Kramer. Adaption of plants to water stress. P. J. Australia. 87-103.
- UABCS. 1991. **Manual operativo del laboratorio de suelo y agua**. Manuales Universitarios 8. UABCS. La Paz. BCS. 91 p.
- Urciaga, G. J. 1993. **El desarrollo de la agricultura en Baja California Sur (1960-1991)**. Areas Interdisciplinaria de Ciencias Sociales y Humanidades AUBCS. La Paz, B.C.S. 251p.
- Valdtighi, M. M., A. Pera, M. Agnolucci, S. Frassinetti, D. Lunardi y G. Vallini. 1996. **Effects of**

- compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*) -soil system: a comparative study.** Agriculture, ecosystems and environment, 58:133-144.
- Velázquez-Mendoza, J. 1989. **Algunos aspectos morfológicos, fisiológicos y bioquímicos de *Phaseolus vulgaris* L. bajo sequía.** En: Larque-Saavedra. 1989. El agua en las plantas cultivadas. CP, Chapintgo-Montecillos, México. 19-27 p.
- Verdugo, O. V. 1996. **Sustratos regionales alternativos en la producción hortícola de Baja California Sur.** UABCS. La Paz, BCS.
- Van den Boogaard, R., E. J. Veneklaas, J. M. Peacock and H. Lambers. 1996. **Yield and water use of weath (*Triticum aestivum*) in a Mediterranean environmentL Ciltivar diffrences and sowing density effects.** Plant and Soil 181:251-262.
- Vanselow, A. P. 1940. **Photometric chemical analysis.** Vol. 1 colorimetry. John Wiley & Sons, Inc., N. Y.
- Vogtmann, H. and K. Fricke. 1989. **Nutrient value and utilization of biogenic compost in plant production.** Agriculture, Ecosystems and Environment, 27:471-475.
- Warman, P. R. y K. A. Havard. 1998. **Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn.** Agriculture, Ecosystems and Environment 68:207-216.
- Wastegate, M. E. y J. S. Boyer. 1985. **Osmotic adjustment and the inhibition of leaf, root, stem and silk growth at low water potential in maize.** Planta 164:540-549
- Wicherek, S. 1991. **La erosión de los grandes llanos agrícolas.** Mundo Científico. 14(151):917-925.

## X.ANEXO

**Anexo 1. Análisis múltiple de varianza de las variables temperatura del aire (Ta), radiación fotosintéticamente activa (RFA) y déficit de presión de vapor (DPV).**

F.V.	G.L.	Ta	F calc.	RFA	Fcalc.	DPV	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Horas (1)	4,340	2265.33	571**	318032	9.04**	36.57	1312**	2.39	3.36
Tratam (2)	4,340	34.78	88.6* *	89537	2.55**	1.71	61.4**	2.39	3.36
Meses (3)	3,340	336.12	856**	874053	24.86* *	8.15	292**	2.62	3.83
1 * 2*3	73,340	14.67	37.3* *	146376	4.16**	15.3	15.39**	1.32	1.47
Error		0.3925		35164		0.027			
Total	424								
C.V. (%)		2.64		140		9.2			

\* Significancia al 0.05

\*\* Significancia al 0.01

**Anexo 2. Análisis de varianza de dos factores de las variables microclimáticas, temperatura del aire (Ta), radiación fotosintéticamente activa (RFA) y déficit de presión de vapor correspondientes al mes de noviembre.**

### Noviembre

F.V.	G.L.	Ta	F calc.	RFA	Fcalc.	DPV	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Horas (1)	4,100	986.9	521**	39114	12.3**	17.22	554.3**	2.46	3.51
Tratam (2)	4,100	0.711	3.75* *	1597	0.503	0.71	2.30	2.46	3.51
1 * 2	16,100	1.856	9.80* *	4965	1.56	0.013	0.44	1.75	2.19
Error		0.189		3175		0.031			
Total		25.9		85.6		1.67			
C.V.(%)		1.67		65.82		10.5			

\* Significancia al 0.05

\*\* Significancia al 0.01

Anexo 3. Análisis de varianza de dos factores de las variables microclimáticas. temperatura del aire (Ta), radiación fotosintéticamente activa (RFA) y déficit de presión de vapor (DPV) correspondientes al mes de diciembre.

Diciembre									
F.V.	G.L.	Ta	F calc.	RFA	Fcalc.	DPV	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Horas (1)	4,100	325.6	219**	27068	17.5**	5.05	184**	2.46	3.51
Tratam (2)	4,100	2.8	19.3* *	3066	1.98**	0.08	30**	2.46	3.51
1 * 2	16,100	2.8	16.9* *	2979	1.93**	0.061	22**	1.75	2.19
Error		0.14		1541		0.002			
Total		23.99		63.10		1.60			
C.V. (%)		1.59		62.2		2.79			

\* Significancia al 0.05

\*\* Significancia al 0.01

Anexo 4. Análisis de varianza de dos factores de las variables microclimáticas. temperatura del aire (Ta), radiación fotosintéticamente activa (RFA) y déficit de presión de vapor correspondientes al mes de enero.

Enero									
F.V.	G.L.	Ta	F calc.	RFA	Fcalc.	DPV	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Horas (1)	4,80	784	773**	700144	14.6**	15.3	348**	2.48	3.56
Tratam (2)	3,80	103	101**	205401	4.2**	3.5	80**	2.72	4.04
1 * 2	12,80	9.3	9.2**	235962	4.9**	0.37	8.5**	1.88	2.41
Error		1.015		47803		0.044			
Total		23.39		171.65		2.21			
C.V. (%)		4.49		127		9.49			

\* Significancia al 0.05

\*\* Significancia al 0.01



**Anexo 5. Análisis de varianza de dos factores de las variables microclimáticas, temperatura del aire (Ta), radiación fotosintéticamente activa (RFA) y déficit de presión de vapor correspondientes al mes de febrero.**

<i>Febrero</i>									
F.V.	G.L.	Ta	F calc.	RFA	Fcalc.	DPV	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Horas (1)	4,60	310.7	855**	779665	6.10**	3 15	57.9**	2.52	3.65
Tratam (2)	2,60	2.3	6.4**	683025	5.34**	0.42	7.7**	3.15	4.98
1 * 2	8,60	10 1	28**	146151	1.44	0.28	5.1**	2.10	2.82
Error		0.36		127677		0.054			
Total		22.06		278.21		1.79			
C.V. (%)		2.71		128		12.9			

\* Significancia al 0 05

\*\* Significancia al 0 01

**Anexo 6. Análisis de varianza de un factor de las variables físicas del suelo, capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP), porcentaje de saturación (Ps), densidad aparente (DA), humedad aprovechable (HA), porcentaje de humedad (%H), porosidad de retención (PR) y Pororsidad efectiva (PE).**

F.V.	G.L.	CC	F calc.	PMP	Fcalc.	Ps	Fcalc.	F 60.05	F 0.01
Tratam	3,12	18.44	10**	1.52	10**	73.77	10**	3.49	5.45
Error		1 69		0.105		6.77			
Total	15	13.9		3.47		27.81			
C.V.(%)		9		9		9			

F.V.	G.L.	DA	F calc.	HA	Fcalc.	%E	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Tratam	3,12	0 098	0.87	10 37	10.89	0.387	0.32	3 49	5.45
Error		0.113		0.952		0 952			
Total	15	1 9		10.43		25.9			
C.V. (%)		18		9		22			

F.V.	G.L.	PR	F calc.	PE	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Tratam	4,10	11.92	14**	4.51	0.89	3.48	5.99
Error		0.84		5.08			
Total		16 5		27.7			
C.V. (%)		6		8			

**Anexo 7. Resultados del Análisis de varianza de un factor de la humedad del suelo por mes.**

<b>Noviembre</b>					
F.V.	G.L.	Humedad	F calc.	F 0.05	F 0.01
Tratam	4,291	115.51	19.65**	2.41	3.41
Error		5.87			
Total		11.45			
C.V.(%)		21.15			

<b>Diciembre</b>					
F.V.	G.L.	Humedad	F calc.	F 0.05	F 0.01
Tratam	4,15	68.04	8.35**	3.06	4.89
Error		8.14			
Total		8.21			
C.V. (%)		34			

<b>Enero</b>					
F.V.	G.L.	Humedad	F calc.	F 0.05	F 0.01
Tratam	4,15	28.59	24.98**	3.06	4.89
Error		1.14			
Total		7.02			
C.V. (%)		15.20			

<b>Febrero</b>					
F.V.	G.L.	Humedad	F calc.	F 0.05	F 0.01
Tratam	2,9	14.18	9.86**	4.26	8.02
Error		1.43			
Total		9.69			
C.V.(%)		12.39			

• Anexo 8. Resultados del Análisis de varianza de dos factores de la evapotranspiración

F.V.	G.L.	Evapotransp.	F calc.	F 0.05	F 0.01
Tratam	12,15	0.111	2.32	3.49	5.45
Error		0.048			
Total		15			
C.V.(%)		22			

Anexo 9. Resultados del análisis de varianza de tres factores para las variables fisiológicas.

F.V.	G.L.	Conductividad Estomática (cm/s)	F calc.	Transpiración (µg/cm <sup>2</sup> /s)	Fcalc.	Temperatura de la Hoja (°C)	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Horas (1)	4,84	1.481	44.3* *	74.9	20.7**	2137	1071**	2.48	3.56
Tratam (2)	4,84	0.026	0.79	23	6.3**	53.45	26.8**	2.48	3.56
Meses (3)	3,84	0.414	12.4* *	7.92	2.1	273	137**	2.72	4.04
1 * 2*3	73,340	0.107	3.22* *	9.82	2.72**	15.31	7.68**	1.32	1.47
Error		0.033							
Total	424								
C.V.(%)		26.4			71.5				

\* Significancia al 0.05

\*\* Significancia al 0.01

Anexo 10. Resultados de Análisis de varianza de dos factores de las variables fisiológicas de la medición correspondiente al mes de noviembre y diciembre.

Noviembre

F.V.	G.L.	Conductividad Estomática (cm/s)	F calc.	Transpiración (µg/cm <sup>2</sup> /s)	Fcalc.	Temperatura de la Hoja (°C)	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Horas (1)	4,100	0.312	68.9* *	4.65	60.07* *	12.71	4866.1* *	2.46	3.51
Tratam (2)	4,100	0.042	9.28* *	1.93	24.97* *	0.027	10.6**1	2.46	3.51
1 * 2	16,100	0.013	2.96* *	0.21	2.77* *	0.013	5.23**	1.75	2.19

Error	0.004	0.077
Total	124	124
C.V.(%)	7.45	16.67

### Diciembre

F.V.	G.L.	Conductividad Estomática (cm/s)	F calc.	Transpiración ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{s}$ )	Fcalc.	Temperatura de la Hoja ( $^{\circ}\text{C}$ )	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Horas (1)	4.100	0.105	10.23*	0.579	3.35*	3.95	2376.1*	2.46	3.51
Tratam (2)	4.100	0.020	2.04	0.407	2.35	0.020	12.43**	2.46	3.51
1 * 2	16,100	0.027	2.72*	0.373	2.15	0.021	12.74**	1.75	2.19
Error		0.0103		0.173		0.0016			
Total		124		124		124			
C.V.(%)		11.64		24.2		0.84			

\* Significancia al 0.05

\*\* Significancia al 0.01

### Anexo 11. Resultados de Análisis de varianza de dos factores de las variables fisiológicas de la medición correspondiente al mes de enero y febrero.

#### Enero

F.V.	G.L.	Conductividad Estomática (cm/s)	F calc.	Transpiración ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{s}$ )	Fcalc.	Temperatura de la Hoja ( $^{\circ}\text{C}$ )	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Horas (1)	4,100	0.088	8.56*	1.154	3.94*	8.56	98.3**	2.46	3.51
Tratam (2)	3,100	0.033	3.26*	1.337	4.57*	8.00	9.23**	2.46	3.51
1 * 2	12,100	0.020	1.94	0.259	0.89	1.47	1.70	1.88	2.19
Error		0.0103		0.292		0.87			
Total		124		124		124			
C.V.(%)		12.44		33.98		23.3			

#### Febrero

F.V.	G.L.	Conductividad Estomática (cm/s)	F calc.	Transpiración ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{s}$ )	Fcalc.	Temperatura de la Hoja ( $^{\circ}\text{C}$ )	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Horas (1)	4,60	0.018	3.67**	1.49	14.29*	4.41	635.5*	2.52	3.65
Tratam			16.78*		33.78*				

(2)	2,60	0.083	*	3.54	*	0.022	3.26*	3.15	4.98
1 * 2	8,60	0.009	1.94	0.39	3.76**	0.102	14.70*	2.10	2.82
Error		0.004		0.104		0.006			
Total		74		74		74			
C.V.(%)		8.15		17.79		1.77			

**Anexo 12. Resultados del Análisis de varianza de dos factores para el potencial hídrico correspondiente al mes de diciembre.**

Diciembre					
F.V.	G.L.	Potencial Hídrico	F calc.	F 0.05	F0.01
Horas (1)	4,40	0.90	1.83	2.61	3.83
Tratam (2)	3,40	0.95	1.93	2.84	4.31
1 * 2	12,40	1.00	2.04*	2.00	2.66
Error		0.49			
Total		59			
C.V.(%)		22.38			

\* Significancia al 0.05

\*\* Significancia al 0.01

**Anexo 13. Resultados del Análisis de varianza de dos factores para el potencial hídrico correspondiente al mes de enero.**

Enero					
F.V.	G.L.	Potencial Hídrico	F calc.	F 0.05	F 0.01
Horas (1)	4,40	0.589	2.40	2.61	3.83
Tratam (2)	3,40	4.819	19.63**	2.84	4.31
1 * 2	12,40	0.429	1.73	2.00	2.66
Error		0.2455			
Total		59			
C.V.(%)		14.5			

\* Significancia al 0.05

\*\* Significancia al 0.01

**Anexo 14. Resultados del Análisis de varianza de dos factores para el potencial hídrico correspondiente al mes de febrero.**

Febrero					
F.V.	G.L.	Potencial Hídrico	F calc.	F 0.05	F0.01

Horas (1)	4,30	1.212	12.8**	2.69	4.02
Tratam (2)	2,30	1.051	11.17**	2.92	4.51
1 * 2	8.30	0.131	1.40	2.09	2.84
Error		0.094			
Total		44			
C.V. (%)		7.5			

**Anexo 15. Análisis de varianza de un factor de las variables morfológicas en cada mes.**

Noviembre									
F.V.	G.L.	Núm. Hojas	F calc.	Altura Total	Fcalc.	Suma Area foliar	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Tratam	4.15	42.17	6.71*	18.80	3.18*	262.70	8.98*	3.06	4.89
Error		6.28		5.92		29.25			
Total	19								
C.V. (%)		20		21		24			

Diciembre									
F.V.	G.L.	Núm. Hojas	F calc.	Altura Total	Fcalc.	Suma Area foliar	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Tratam	4.15	1441	12.9*	23.36	6.7*	566.18	33.7*	3.06	4.89
Error		11.43		3.48		16.77			
Total	19								
C.V.(%)		32		15		21			

Enero									
F.V.	G.L.	Núm. Hojas	F calc.	Altura Total	Fcalc.	Suma Area foliar	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Tratam	4.15	56.82	4.70*	40.10	5.33*	330.19	6.18*	3.06	4.89
Error		12.10		7.51		53.38			
Total	19								
C.V.(%)		28		25		30			

\* Significancia al 0.05

Anexo 16. Análisis de varianza para un factor de los datos de la Tasa de crecimiento relativo (TCR) y Tasa de asimilación neta (TAN) por mes.

Noviembre							
F.V.	G.L.	TCR	F calc.	TAN	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Tratam	4,20	.002	6.8**	0.032	1.22	3.10	4.94
Error		.00030		0.026			
Total		.099		1 10			
C.V.(%)		17		9.02			

Diciembre							
F.V.	G.L.	TCR	F calc.	TAN	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Tratam	3,8	0.000080	10.17	0.000074	0.91	4.07	7.59
Error		0.0000079		0.000082			
Total	11						
C.V.(%)		8		1			

Enero							
F.V.	G.L.	TCR	F calc.	TAN	Fcalc.	F 0.05	F 0.01
Tratam	3,8	0.00016	3.87	0.00056	14.4	4.07	7.59
Error		0.000041		0.000039			
Total	11						
C.V.(%)		0.89		1			

\* Significancia al 0.05  
 \*\* Significancia al 0.01