

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS



RELACION HIDRICA SUELO - PLANTA EN TRES ESPECIES
PERENES DEL DESIERTO CENTRAL DE BAJA CALIFORNIA,
MEXICO.

TESIS PROFESIONAL QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A

MIREYA BALCAZAR LUNA

ENSENADA, B.C., OCTUBRE 1989

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS

RELACION HIDRICA SUELO - PLANTA EN TRES ESPECIES
PERENES DEL DESIERTO CENTRAL DE BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

T E S I S P R O F E S I O N A L

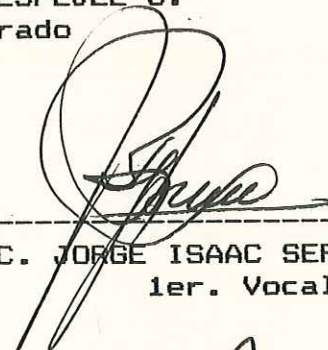
QUE PRESENTA:

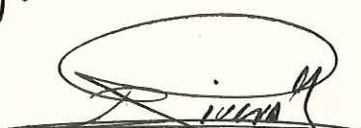
MIREYA BALCAZAR LUNA

APROBADO POR:


Dra. MARTHA ILEANA ESPEJEL C.
Presidente del Jurado


M.C. JOSE de JESUS CASTELLON O.
Secretario


M.C. JORGE ISAAC SEPULVEDA B.
1er. Vocal


Quím. IRMA RIVERA B.
2do. Vocal


Biol. JOSE DELGADILLO R.
3er. Vocal

A mis padres Victor Manuel y Maria Luisa
por la confianza, apoyo y amor que han
depositado en mi.

A mis hermanos Victor Luis y Leticia
por su cariño y comprensión siempre
presentes.

A Didier, que no tengo palabras para
expresar todo lo que me da.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a C.I.C.E.S.E. por haber brindado el apoyo logístico, con el cual se ha logrado realizar este estudio.

Agradezco a mi asesor y amigo M.C. Jesús Castellón por la mayor disponibilidad y atinada asesoría que desinteresadamente en todo momento me brindó, así mismo por mostrarme siempre su amistad.

Doy gracias al M.C. Didier Genin por las oportunas recomendaciones y críticas aportadas durante la preparación de este trabajo y por tenerme la mayor paciencia y comprensión durante los momentos difíciles.

A mi gran amigo Mario Salazar por ofrecerme su ayuda incondicional en todo aquello a su alcance, especialmente en la corroboración taxonómica de las especies vegetales.

Doy gracias a todos los sinodales por el tiempo y esfuerzo brindado en la revisión del escrito y por aportar valiosas sugerencias para que todo saliera mejor.

Para todos los amigos: Agustín Ledesma, Arturo Arroyo, Alain Walkowiak, Rocío Mancilla, Mario Salazar, Didier Genin, Ernesto Franco y Eric Molina quienes han aportado su granito de arena que de una u otra forma se encuentran plasmados en este trabajo.

Aprecio y agradezco la ayuda brindada por el personal académico y administrativo de C.I.C.E.S.E. y E.S.C. (U.A.B.C.). Este estudio ha sido, en parte, apoyado financieramente por C.O.N.A.C.Y.T., proyecto PCECCNA/041722.

INDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCION.....	3
ANTECEDENTES.....	6
OBJETIVOS.....	14
AREAS DE ESTUDIO.....	15
METODOLOGIA.....	22
a) contenido de agua en el suelo (θ_{dw}).....	22
b) tensión de agua en el xilema de las plantas (Y_x).....	24
c) correlación entre θ_{dw} y Y_x	26
RESULTADOS.....	27
a) θ_{dw} en el suelo.....	27
b) Y_x en las plantas.....	34
c) relaciones hídricas suelo - planta.....	42
DISCUSION.....	47
a) θ_{dw} en el suelo.....	47
b) Y_x en las plantas.....	49
c) relaciones hídricas suelo - planta.....	56
CONCLUSION.....	58
RECOMENDACIONES.....	60
LITERATURA CITADA.....	61

LISTA DE TABLAS

- Tabla I. Clasificación y descripción de perfiles de suelos para seis localidades del Desierto Central de Baja Cfa.: El Progreso (ELP), Cataviña (CAT), Chapala (CHA), El Crucero (ELC), San Cristián (SAC) y Los Frailes (LOF)..... 18
- Tabla II. Lista de especies arbustivas y suculentas presentes en seis localidades del Desierto Central de Baja Cfa.: El Progreso (ELP), Cataviña (CAT), Chapala (CHA), El Crucero (ELC), San Cristián (SAC) y Los Frailes (LOF)..... 19
- Tabla III. Coeficientes de correlación entre el contenido de agua en el suelo y la tensión hídrica en el xilema de *L. tridentata*, *S. chinensis* e *I. columnaris* a diferentes profundidades del suelo y en las seis áreas de muestreo (** $p < 0.001$, * $p < 0.01$ y $p < 0.05$). Ver tablas I y II para códigos de las áreas de muestreo..... 44
- Tabla IV. Resumen de los resultados obtenidos en el estudio de la relación hídrica suelo - planta, en tres especies perenes: *L. tridentata*, *S. chinensis* e *I. columnaris* en seis localidades del Desierto Central de Baja Cfa.: El Progreso (ELP), Cataviña (CAT), Chapala (CHA), El Crucero (ELC), San Cristián (SAC) y Los Frailes (LOF); NC = no correlación..... 46

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Subdivisiones del Desierto de Sonora según Shreve y Wiggins (1964) y ubicación de seis localidades en el Desierto Central de Baja Cfa.: (1) El Progreso, (2) Cataviña, (3) Chapala, (4) El Crucero, (5) San Cristián y (6) Los Frailes..... 16
- Figura 2. Dinámica del agua a través del perfil del suelo y precipitaciones registradas durante 1987 - 1988 en el área de El Progreso (ELP)..... 28
- Figura 3. Dinámica del agua a través del perfil del suelo y precipitaciones registradas durante 1987 - 1988 en el área de Cataviña (CAT)..... 29
- Figura 4. Dinámica del agua a través del perfil del suelo y precipitaciones registradas durante 1987 - 1988 en el área de Chapala (CHA)..... 30
- Figura 5. Dinámica del agua a través del perfil del suelo y precipitaciones registradas durante 1987 - 1988 en el área de El Crucero (ELC)..... 31
- Figura 6. Dinámica del agua a través del perfil del suelo y precipitaciones registradas durante 1987 - 1988 en el área de San Cristián (SAC)..... 32
- Figura 7. Dinámica del agua a través del perfil del suelo y precipitaciones registradas durante 1987 - 1988 en el área de Los Frailes (LOF)..... 33
- Figura 8. Curso de la tensión hídrica de *L. tridentata* (◊-◊-◊), *S. chinensis* (◊-◊-◊) e *I. columnaris* (◊-◊-◊) durante 1987-1988 en las áreas de:
A) El Progreso, B) Cataviña y
C) Chapala..... 36

Figura 9. Curso de la tensión hídrica de <i>L. tridentata</i> (o-o-o), <i>S. chinensis</i> (+-+-) e <i>I. columnaris</i> (o-o-o) durante 1987-1988 en las áreas de: A) El Crucero, B) San Cristián y C) Los Frailes.....	37
Figura 10. Comportamiento de la tensión hídrica de <i>L. tridentata</i> a lo largo del día en el área de Cataviña.....	39
Figura 11. Comportamiento de la tensión hídrica de <i>S. chinensis</i> a lo largo del día en el área de Cataviña.....	41
Figura 12. Comportamiento de la tensión hídrica de <i>I. columnaris</i> a lo largo del día en el área de Cataviña.....	43

RESUMEN

Las relaciones entre el contenido de agua en el suelo (Odw medido por gravimetría) y la tensión hídrica en el xilema de las plantas (Y_x medida con la cámara de presión), en el Desierto Central de Baja California, fueron analizadas a lo largo de un ciclo anual (1987 - 1988). La Y_x en las especies *Larrea tridentata* y *Simmondsia chinensis*, presentaron valores altos (menos negativos) en el período Invierno - Primavera (-2 MPa) en comparación con los obtenidos en Verano (-7 MPa). Estas especies muestran un alto grado de flexibilidad para regresar diaria y estacionalmente su tensión a valores relativamente altos.

Idria columnaris, mostró niveles de tensión mas altos y menos variables en relación con las especies anteriores, estos valores oscilaron entre -0.8 y -1.9 MPa.

Las correlaciones entre el Odw en el suelo y la Y_x en las plantas, muestran dos tendencias: 1) *L. tridentata* y *S. chinensis*, mostraron valores significativos de correlación a partir de los 30 cm del suelo (del orden de $r = 0.72$, $p < 0.001$), y 2) *I. columnaris*, cuya tensión hídrica en el xilema no presenta una tendencia neta a correlacionarse con Odw a una profundidad definida del perfil. Estos resultados ponen en evidencia, la capacidad de estas especies para mantenerse en el hábitat a través de mecanismos adaptativos diferentes.

Las especies *L. tridentata* y *S. chinensis*, tienen la capacidad de desarrollar un sistema radicular profundo que les permite absorber agua contenida a diversas profundidades del suelo y de baja energía libre, de esta forma pueden resistir a la sequía. Por otro lado, *I. columnaris* parece absorber agua superficial cuando está presente en el suelo, almacenándola temporalmente en el tallo y durante el período de sequía, tira sus hojas reduciendo la pérdida de agua por transpiración.

Los diversos mecanismos para la obtención de agua, adoptados por las especies bajo estudio, pueden evitar una intensa competencia interespecífica por el agua y permitir la maximización de su uso para la producción de biomasa vegetal.

ABSTRACT

The relationships between soil water content (Odw), estimated by gravimetry, and plant xylem water potential (Y_x), estimated by pressure chamber, were analyzed monthly during the annual cycle (January 1987 - January 1988), in three perennial species in the Central Desert of Baja California, México.

Results showed that the evergreen shrubs *Larrea tridentata* and *Simmondsia chinensis*, varied in their water potential from -2.0 MPa in Winter and Spring, to -7.0 MPa in Summer. These species had high daily and seasonal water potential variations.

Idria columnaris showed higher and less variables water potential values, oscillating between -0.8 and -1.9 MPa.

Correlations among Odw and Y_x made appear two trends: on one hand, *L. tridentata* and *S. chinensis*, which Odw and Y_x were significantly correlated at a soil depth of 30 cm ($r = 0.72$, $p < 0.001$). On the other hand, *I. columnaris*, which xylem water potential was not strongly correlated with any defined soil depth.

These results evidence that these species employ different adaptive mechanisms to survive in this habitat: *L. tridentata* and *S. chinensis*, develop a deep radicular system which allow them the possibility to absorb water at different soil depths and of low free energy, and thus, can resist to drought; *I. columnaris* absorbs superficial water when it is available, stocks it temporarily in its stem, and evade to drought by throwing its leaves out in Summer.

These different strategies in water absorption could reduce an intensive interspecific competition, and maximize water utilization for biomass production.

INTRODUCCION

La vegetación, está influenciada por diversos factores ambientales y mas preferentemente por la disponibilidad de agua en el suelo, la cual está determinada principalmente, por la frecuencia, cantidad y aleatoriedad de las precipitaciones (McGinies, 1968, citado por Noy-Meir, 1973; Pianka, 1974). La disponibilidad de agua afecta los procesos metabólicos de las plantas, actuando como limitante para su establecimiento y desarrollo. La reacción ante la condición de sequía, es diferente entre las especies biológicas y depende de aspectos fisiológicos y morfológicos, por ejemplo, la intensidad de transpiración, la sensibilidad estomatal, la conductividad del agua en sistemas vasculares y la capacidad de su almacenamiento en tejidos, el tamaño y distribución del sistema radicular, el área foliar y la presencia de ceras y resinas en las hojas (Walter y Stadelman, 1974). Estas características, hacen posible que la vegetación de medios áridos, sujeta a largos periodos de sequía, pueda ajustarse a la limitada disponibilidad de agua y persistir en el hábitat (Roy, et al., 1986).

La vegetación de Baja California, como parte del Desierto Sonorense y de la Provincia Florística de California posee, a excepción de las áreas de bosque, la característica de ser xerofítica debido a esto, las especies presentan adaptaciones que les permiten sobrevivir en ambientes de frecuente sequía como lo

muestran los niveles de precipitación de 100 a 400 mm anuales.

En la península de Baja California se distinguen tres provincias climáticas, caracterizadas por su régimen de precipitación (García y Mosiño, 1968). En primer lugar se tiene a la provincia del noroeste, que presenta un régimen de precipitación invernal, con un porcentaje de lluvias en invierno mayor del 36 % del total anual (400 mm en partes bajas). Por su parte, la provincia central se caracteriza por tener un régimen de lluvias intermedio, cuyo porcentaje de precipitación en invierno es menor del 36 % del total anual. Finalmente, la provincia del sureste, presenta un régimen de precipitación evidentemente estival, con un porcentaje de lluvias en invierno menor de 10.2 % anual (Fig. 1).

El Desierto Central de Baja California se ubica en la región central de la península, la cual se encuentra en la confluencia de estos diferentes regímenes climáticos sin que ninguno predomine realmente, formando una franja de transición (ecotono), con variaciones interanuales impredecibles de precipitación (Hasting y Turner, 1965). Estas condiciones macroclimáticas, influyen el estado hídrico en el suelo y sus variaciones afectan el establecimiento y desarrollo de la vegetación (Noy-Meir, 1973).

Así, el Desierto Central de Baja California es un cuadro propicio para el estudio de la relación agua-suelo-planta, con el propósito de comprender mejor el comportamiento de la vegetación en una región sujeta a variaciones interanuales impredecibles de precipitación.

ANTECEDENTES

a) EL AGUA EN EL SUELO

La pérdida de agua del suelo resulta de la evaporación, de la absorción por las raíces y del drenaje (Virginia y Jarrell, 1986).

Noy-Meir (1973), señala que la evaporación de agua decrece conforme aumenta la profundidad en el suelo. Por ejemplo, en climas áridos el estrato de 0 a 10 cm de profundidad se seca entre 5 y 25 días después de la lluvia, en cambio, toma varias semanas la evaporación del agua presente a niveles mas profundos del suelo. Además los suelos arcillosos presentan mayor capacidad de retención de agua a niveles poco profundos, donde la evaporación es mayor. Por lo contrario, los suelos arenosos muestran una alta infiltración que evita la pérdida de agua por evaporación y mantiene mayores concentraciones de agua a niveles profundos del suelo, lo cual hace posible el establecimiento y desarrollo de plantas perenes con raíces profundas (Ayyad, 1981).

Por otro lado, las plantas se ven limitadas para extraer el agua almacenada a diversas profundidades del suelo. Por ejemplo, algunos arbustos siempreverdes que poseen un sistema radicular profundo, llegan a absorber agua hasta -10 MPa *, mientras que las plantas suculentas

*MPa = Mega Pascales, unidades internacionales de medida de la tensión y potencial de agua (Noy-Meir, 1973).

presentan un sistema radicular somero y aprovechan poco las reservas de agua en el suelo. Otras plantas, por ejemplo, la mayoría de las especies cultivadas se marchitan irreversiblemente cuando el potencial del agua en el suelo llega a -1.5 MPa (Noy-Meir, 1973).

A través del modelo espacial y temporal de la disminución de agua en el perfil del suelo, Böhm, et al., (1977), señalan que esta disminución es un indicador de la actividad radicular y que efectivamente, los cambios en el contenido gravimétrico de agua en el suelo, están correlacionados con los cambios en la densidad de raíces.

b) EL AGUA EN LA PLANTA

En el proceso de transpiración, el intercambio gaseoso de oxígeno y dióxido de carbono, no es posible sin la presencia de una fase acuosa en la célula y una atmósfera insaturada con la captación de agua perdida a través de la transpiración, la cual es, quizás la fuerza direccional del movimiento de agua a través de la planta (Russel, 1977).

Por su parte, Slatyer (1967), señala que la tensión del agua en la planta es el factor determinante del movimiento de la misma y su balance en la planta es afectado por el contenido de agua en el suelo y por el potencial de evaporación.

Los cambios en la tensión del agua en las plantas (Y_x) afectan los procesos metabólicos de las mismas. Se ha visto

que efectos prolongados de baja tensión en la hoja, dan como resultado una reducción en la actividad fotosintética (Boyer, 1970). También, condiciones de baja tensión afectan el crecimiento de la hoja, el cual es mas sensible que la fotosíntesis (Boyer, 1973). En este mismo trabajo, Boyer encontró en plantas de maíz, frijol soya y girasol que cuando la tensión estuvo entre -2 y -4 MPa, el crecimiento de la hoja fue inhibido en un 75 % y la fotosíntesis, por unidad de área, estuvo inhibida en un 10% en maíz.

El mecanismo primordial de la transpiración es la apertura y cierre del estoma. La respuesta del estoma al estatus de agua en la hoja, ha sido considerada como una respuesta retroactiva clásica. Es decir, cuando la tensión en la hoja declina hacia un nivel crítico, el estoma se cierra reduciendo así la pérdida de agua, ésto permite la recuperación de la tensión en la hoja, y cuando esta tensión se incrementa el estoma puede abrirse nuevamente (Raschke, 1975; Ludlow, 1980; Schulze, 1986).

Basándose en el contenido relativo de agua como referencia para describir el estatus de agua en la planta, Kaiser (1987), encontró que el estrés de agua afecta los valores fotosintéticos, incrementa la resistencia estomatal e inhibe los procesos metabólicos de la célula mesófila y en el cloroplasto de la planta.

c) RELACIONES HIDRICAS SUELO-PLANTA

Peláez y Bóo (1987), obtuvieron una alta correlación entre la tensión del agua en algunos arbustos y el potencial de agua en el suelo, en comparación con otros parámetros ambientales considerados, como la temperatura máxima del aire y del suelo, así como el déficit de presión de vapor. Los resultados indicaron que las especies *Prosopis flexuosa*, *Prosopis caldenia*, *Condalia microphylla*, *Larrea divaricata* y *Chuquiraga erinacea* tienen la capacidad de ajustarse a las condiciones de sequía del verano. Además, encontraron que una limitación de agua provoca estrés en la planta y que éste reduce directa o indirectamente el crecimiento.

Ungar (1977), trabajó con *Atriplex triangularis* y *Salicornia europaea*, encontró una correlación significativa ($r = 0.90$) entre la tensión del agua en *A. triangularis* y el potencial del agua en el suelo, esto indica que dicha especie es capaz de ajustar su contenido iónico a los cambios en el potencial de agua en el suelo provocados por las variaciones en la salinidad. Además, Ungar encontró que la distribución de esta especie es dependiente de la habilidad del organismo para ajustarse a condiciones de bajos potenciales de agua en el suelo. Por otro lado, *S. europaea* mostró mayor restricción para ajustarse a bajos potenciales de agua en el suelo. De esta forma concluye que, cuando el potencial en el suelo es mas bajo al que las plantas puedan ajustarse, la sobrevivencia no es posible debido a que el transporte de agua ante esas

condiciones es inhibido.

Branson y Shown (1975), encontraron que el potencial de agua en el suelo que refleje menor estrés de humedad (mas bajo potencial), es la variable mejor correlacinada con el estrés de agua en *Artemisia tridentata*, la cual mostró su mas baja tensión (mas negativa) durante las horas de la tarde (16:00 hrs).

Una tendencia similar fue observada en mesquite (*Prosopis glandulosa*), sugiriendo que el descenso de la tensión del agua hacia bajos valores está relacionada con la conductancia estomatal, la cual incrementa desde la apertura de los estomas durante las horas de la mañana hacia la tarde, como ocurre en las especies de zonas áridas (Nielsen, et al., 1981).

Así mismo, Gollan, et al. (1985), manipulando la tensión del agua en la hoja como controlador de la transpiración, observaron que el contenido de agua en el suelo, es el principal factor que afecta la conductancia estomatal en el proceso de transpiración.

Por otro lado, Roy, et al., (1986), realizaron un estudio con dos especies de pastos perenes; *Bromus erectus* y *Dactylis glomerata*, encontraron que el primer pasto tiene raíces largas y profundas que le permiten tener acceso a una mayor disponibilidad de agua, pero también, presentó alta conductancia estomatal, en comparación con *D. glomerata*. Esto indica que, a una alta disponibilidad de agua los valores de transpiración se ven incrementados.

El modelo estacional de la tensión del agua en *Larrea divaricata*, obtenido por Oechel, et al. (1972), indica que la tensión del agua en la planta es el reflejo de la disponibilidad de agua en el suelo. Esto es, los períodos de precipitación provocaron un incremento en la tensión hídrica de *L. divaricata*, es decir, los mas bajos valores (mas negativos) de la tensión en esta especie fueron obtenidos durante el verano. En invierno, cuando la disponibilidad de agua es mayor, se registraron los mas altos valores (menos negativos) de la tensión en *L. divaricata* (Oechel, et al., 1972).

Por otro lado, Benzioni y Dunstone (1986) encontraron que bajo condiciones de humedad favorables, la Y_x de *Simmondsia chinensis* obtiene valores mínimos durante las horas de la mañana (06:30 a.m.), los cuales llegan a altos valores hacia las 5:00-6:00 p.m.

d) ADAPTACIONES DE LAS PLANTAS A LA SEQUIA

La vegetación que está adaptada a sobrevivir y crecer durante períodos de sequía, muestra mecanismos que varían. Estos mecanismos incluyen rasgos que promueven el mantenimiento de altos contenidos de agua en el tejido como los que promueven la tolerancia a bajos contenidos de agua en el tejido (Jones, et al., 1981).

Probablemente el mecanismo mas obvio de adaptación a la sequía, es la pérdida de follaje por las plantas. Se ha observado que, en varios gradientes de humedad en la naturaleza, la proporción de la vegetación que exhibe hojas

efímeras, se incrementa cuando la precipitación decrece (Schulze, et al., 1987).

Un mecanismo de adaptación diferente, lo presenta *Hilaria mútica*, que es un pasto C_4 , el cual no depende directamente de las lluvias, sino de la recuperación de la reserva de agua en el suelo. Cuando las temperaturas son bajas, este pasto no aprovecha las precipitaciones, por lo contrario, una cantidad de agua de estas lluvias se acumula en el suelo y es utilizada por esta especie para su crecimiento de primavera cuando las temperaturas suben ($15^{\circ}C$). En tiempo de sequía, *H. mutica* se pone en latencia hasta la recuperación de las reservas hídricas del suelo (Cornet, et al., no publ.).

Por otro lado, Rundel, et al., (1982), señalan que las plantas, para mantener la producción en situaciones donde el suelo presenta alto grado de infiltración, o donde el agua está disponible a grandes profundidades, con frecuencia, las plantas desarrollan un sistema radicular somero que les permite aprovechar el agua presente a esos niveles y un segundo sistema radicular mas profundo para utilizar las reservas de humedad a profundidades considerables del suelo. La especie *Prosopis glandulosa* presenta estas características que le permiten adaptarse a las zonas áridas en que está presente (Rundel et al. op.cit.).

Esos diferentes mecanismos adaptativos, hacen posible la coexistencia de diversos tipos biológicos en zonas áridas y permiten una mejor utilización del agua en el

suelo.

En la actualidad no se encuentra información disponible de estudios que traten sobre las relaciones hídricas suelo - planta con respecto a la especie *Idria columnaris*. Tampoco se encontró trabajos realizados en el país o en Baja California que estén relacionados con el presente estudio.

OBJETIVOS

Con el propósito de comprender mejor el comportamiento de la vegetación en una región sujeta a variaciones interanuales impredecibles de precipitación, se planteó como objetivo general de esta investigación, analizar la relación hídrica entre el suelo y tres especies perenes en el Desierto Central de Baja California.

Para lograr dicho propósito, fue necesario cumplir con los siguientes objetivos particulares:

1) Analizar la dinámica del agua en el perfil del suelo en relación a la textura del mismo a través de un año (1987 - 1988).

2) Determinar la relación entre el régimen hídrico del suelo y la tensión del agua en tres especies perenes.

a) Analizar las variaciones del régimen hídrico en el suelo durante un ciclo anual.

b) Evaluar la tensión hídrica en el xilema de especies de importancia ecológica, y su variación durante un ciclo anual.

3) Comparar el comportamiento de las tres especies perenes cuyos mecanismos adaptativos en respuesta a la sequía son diferentes.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La Provincia Central de Baja California, se ubica entre los 27° y 30° latitud norte. Abarca parte del extremo sur de la Región Californiana, el extremo norte del Desierto Sarcófilo (Región de Vizcaino) y la Región Central del Desierto Microfilo (bajo valle del Colorado) (Fig. 1).

De acuerdo con el sistema Koppen, modificado por García (1964), en la Provincia Central se encuentran los climas muy áridos o desérticos, semicálidos con temperatura media anual entre 18° y 22° C, con veranos cálidos y variaciones interanuales impredecibles de precipitación. Estos climas forman una franja casi continua que se interrumpe solo al sur del paralelo 27° N, hacia la parte mas alta de la Sierra de la Giganta para dar paso a los climas templados semisecos (García y Mosiño, 1968). Dentro de esta Provincia se encuentra comprendido el Desierto Central de Baja California.

Según Bratz (1976), el Desierto Central se ubica a los 29° $43'$ de latitud norte y a los 114° $42'$ de longitud oeste. Se extiende del lado noroeste, desde la vecindad con el Rosario hacia el sureste con el término de la Sierra de San Pedro Mártir, llegando por debajo del paralelo 28° , casi hasta San Ignacio y Santa Rosalía (Fig. 1). Tiene aproximadamente 80 Km de ancho desde las costas del Pacífico, extendiéndose sobre una franja angosta hasta el litoral del Golfo de California. Los límites del Desierto

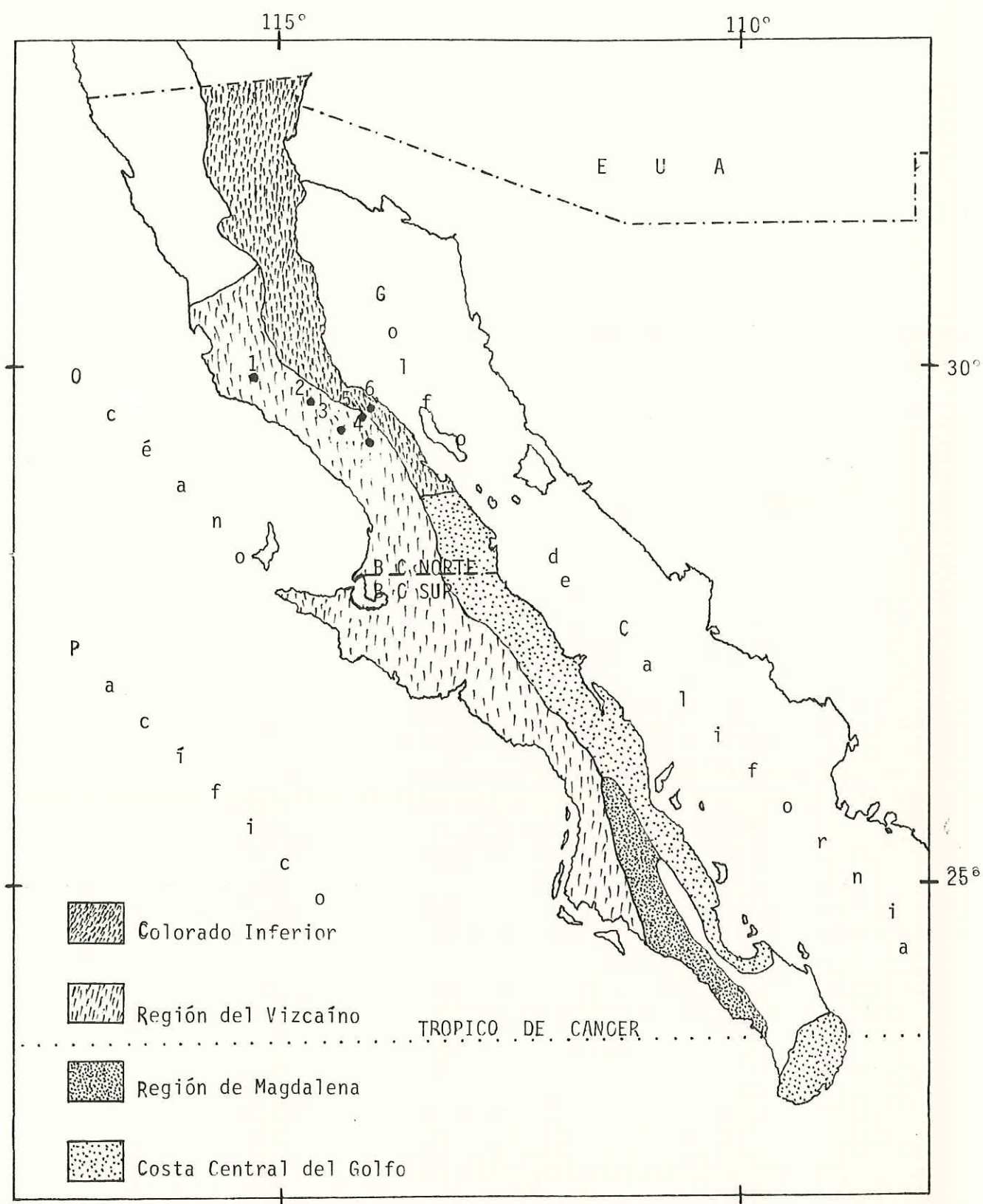


Figura 1. Subdivisiones del Desierto de Sonora según Shreve y Wiggins (1964) y ubicación de seis localidades en el Desierto Central de Baja California (Norte): (1) El Progreso, (2) Cataviña, (3) Chapala, (4) El Crucero, (5) San Cristián y (6) - Los Frailes.

Central, coinciden esencialmente, con el rango de distribución de *Idria columnaris* (Kellogg), (entre los 29° y 30° N) y es reconocido como una subdivisión del Desierto Sonorense (Bratz, 1976).

Dentro del Desierto Central fueron seleccionadas seis áreas de estudio en base a la posibilidad de presentarse un gradiente climático, desde el Mediterráneo hasta un clima de transición. Estas seis áreas se describen a continuación.

1) El Progreso (ELP). Se encuentra sobre la vertiente occidental de la península, en el Km 116 al sur de San Quintín. Se ubica a los 29° 58' latitud norte y a los 115° 11' de longitud oeste, cuenta con 517 m. s. n. m. Su formación geológica es del Cretácico Inferior de rocas ígneas extrusivas. Presenta una pendiente de 9% y la textura del suelo varía de Franco-arenoso a Arenoso-franco (Tabla I). Las especies arbustivas y suculentas presentes en esta área se enlistan en la Tabla II.

2) Cataviña (CAT). Está localizada en el Km 117 al sur de el Progreso, sobre la vertiente occidental de la península. Su ubicación está comprendida a los 29° 43' latitud norte y a los 114° 42' longitud oeste, tiene una altura de 510 m. s. n. m. Su formación geológica de rocas ígneas intrusivas (tonalita) es del Cretácico Superior. Muestra una pendiente suavemente inclinada de 0 a 5%. La textura del suelo es básicamente arenosa (Tabla I). Las

Tabla 1. Clasificación y descripción de perfiles de suelos para seis localidades del Desierto Central de Baja Cfa.: El Progreso (ELP), Cataviña (CAT), Chapala (CHA), El Crucero (ELC), San Cristián (SAC) y Los Frailes (LOF) (elaborado por Arroyo A. y Ledesma A.).

Area de muestreo	Horizonte Prof.(cm)	pH	%Arena	%Limo	%Arcilla	Textura
ELP	0 - 27	7.0	63.4	34.2	2.4	Franco-arenoso
	27 - 135	7.1	74.1	24.0	1.6	Arenoso-franco
CAT	0 - 58	6.5	89.6	7.6	2.8	Arena
	58 - 100	6.8	85.6	10.0	4.4	Arenoso-franco
CHA	0 - 33	7.2	79.4	15.8	4.8	Arenoso-franco
	33 - 143	6.9	73.4	22.9	3.7	Franco-arenoso
ELC	0 - 13	6.6	71.0	23.8	5.2	Franco-arenoso
	13 - 91	7.9	80.8	14.8	4.4	Arenoso-franco
	91 - 109	7.0	67.2	25.6	7.2	Franco-arenoso
SAC	0 - 43	7.2	63.6	32.0	4.4	Franco-arenoso
	43 - 81	7.1	34.8	64.0	1.2	Franco-limoso
	81 - 100	6.5	47.6	49.4	3.0	Franco-arenoso
LOF	0 - 200	7.1	87.4	8.0	4.6	Arena

Tabla II. Lista de especies arbustivas y suculentas presentes en seis localidades del Desierto Central de Baja Calif.: El Progreso (ELP), Cataviña (CAT), Chapala (CHA), El Crucero (ELC), San Cristóbal (SAC) y Los Frailes (LOF).

	ELP	CAT	CHA	ELC	SAC	LOF
<i>Acacia greggii</i> A. Gray			X			
<i>Acalypha californica</i> Benth.			X			
<i>Agave</i> sp			X	X	X	
<i>Agave shawii</i> Engem.	X		X	X		
<i>Ambrosia camphorata</i>	X		X			
<i>Ambrosia chenopodiifolia</i> (Benth) Payne	X	X	X	X		
<i>Ambrosia dumosa</i> (A. Gray) Payne	X	X		X	X	X
<i>Ambrosia pumila</i> (Nutt.) A. Gray				X		
<i>Asclepias albicans</i> S. Wats.					X	
<i>Atriplex polycarpa</i> (Torr.) S. Wats.				X	X	
<i>Atriplex rosea</i> L.					X	
<i>Atriplex</i> sp			X			
<i>Brassica</i> sp		X				
<i>Caesalpinia</i> sp. c-f (arenosa Wigg.)					X	
<i>Cercidium microphyllum</i> (Torr.) Rose & Jhtn.				X		X
<i>Dudleya</i> sp				X		
<i>Echinocereus engelmannii</i> (Parry ex Engelm) Rumpel		X		X		
<i>Encelia californica</i> Nutt.				X	X	
<i>Encelia farinosa</i> A. Gray					X	
<i>Ephedra californica</i> S. Wats.	X	X		X	X	
<i>Eriogonum laevigatum</i> Benth.	X	X	X	X		
<i>Eriogonum inflatum</i> Torr. & Frem. var. <i>deflatum</i> I.M. Jhtn.					X	X
<i>Errazurizia megacarpa</i> (S. Wats.) I. M. Jhtn.				X		X
<i>Euphorbia misera</i> Benth.					X	
<i>Fagonia californica</i> Benth.						X
<i>Fagonia laevis</i> Standley						X
<i>Fagonia</i> sp					X	
<i>Ferocactus acanthodes</i> var. <i>Tortulospinus</i> (Gates) Lindsay					X	
<i>Ferocactus gracilis</i> Gates	X	X	X			
<i>Fouquieria splendens</i> Engelm.		X		X	X	X
<i>Harfordia macroptera</i>			X			
<i>Idria columnaris</i> Kell.	X	X	X	X	X	
<i>Jatropha cuneata</i> Wigg. & Rollins						X
<i>Krameria grayi</i> Rose & Painter	X	X		X	X	
<i>Krameria</i> sp				X		
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Cov.	X	X	X	X	X	X
<i>Lophocereus schottii</i> (Engelm.) Britt. & Rose	X	X		X		X
<i>Lotus scoparius</i> (Greene) Ottley		X	X			X
<i>Lycium</i> sp						
<i>Machaerocereus gummosus</i> (Engelm.) Britt. & Rose	X			X		
<i>Mammillaria dioica</i> K. Brandegee	X		X	X	X	
<i>Mammillaria microcarpa</i> Engelm. in Emory				X		
<i>Mirabilis laevis</i> (Benth.) Curran				X		
<i>Opuntia acanthocarpa</i> Engelm. & Bigel in Engelm.	X		X	X	X	
<i>Opuntia bigelovii</i> Engelm.		X		X		X
<i>Opuntia cholla</i> Weber		X		X		
<i>Opuntia molesta</i> Brandegee	X	X		X		
<i>Opuntia tesajo</i> Engelm. ex Coulter	X				X	
<i>Opuntia prolifera</i>	X					
<i>Opuntia</i> sp				X		
<i>Pachycereus pringlei</i> (S. Wats.) Britt. & Rose	X	X	X	X	X	
<i>Pachycormus discolor</i> (Benth.) Coville					X	
<i>Pectis papposa</i> Harv. & Gray				X		
<i>Pedilanthus macrocarpus</i> Benth.				X		
<i>Peucephyllum schottii</i> A. Gray						X
<i>Prosopis glandulosa</i> Torr. var. <i>torreyana</i> (L. Benson) M.C. Jhtn		X		X		
<i>Prosopis</i> sp	X		X			
<i>Psilostrophe cooperi</i> (A. Gray) Greene	X			X	X	
<i>Simmondsia chinensis</i> (Link) Schneid	X	X	X	X	X	
<i>Solanum hindsianum</i> Benth.		X				
<i>Stegnosperma halimifolium</i> Benth.						X
<i>Trixis angustifolia</i> D. C.		X			X	
<i>Viguiera deltoidea</i> Wigg.		X				
<i>Viguiera laciniata</i> A. Gray	X	X	X			
<i>Viscainoa geniculata</i> (Kell.) Greene				X		X
<i>Yucca valida</i> T. S. Brandegee				X		
<i>Yucca schottigera</i>	X					

especies arbustivas y suculentas presentes en esta área se enlistan en la Tabla II.

3) Chapala (CHA). Está localizada en el Km 226.7 al sur de San Quintín, tiene una ubicación de $29^{\circ} 24'$ latitud norte y $114^{\circ} 24'$ longitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 680 m. También se encuentra sobre la vertiente occidental de la península y es una bajada (grabo) de carácter ígneo, con aluvión adyacente del Cretácico Superior. Cuenta de 0 a 6% de pendiente y la textura del suelo va de Arenoso-franco en el horizonte superficial del perfil a Franco-arenoso hasta los 143 cm de profundidad (Tabla I). En esta localidad se presentan especies arbustivas y suculentas que se enlistan en la Tabla II.

4) El Crucero (ELC). Está localizado hacia el sur, en el Km 250 y ubicado a los $29^{\circ} 16'$ latitud norte y $114^{\circ} 08'$ de longitud oeste, su altura es de 620 m. s. n. m. con una pendiente suavemente inclinada (de 0 a 5%). Comprende un valle de aluvión rodeado por dos cadenas montañosas; hacia el este por una cadena de carácter metamórfica y un afloramiento rudimentario, hacia el oeste se presentan pequeños afloramientos de rocas ígneas intrusivas ácidas. El suelo tiene una textura generalmente del tipo Arenoso-franco (Tabla I). Las especies arbustivas y suculentas presentes en esta área se enlistan en la Tabla II.

5) San Cristián (SAC). Se localiza en el Km 15 del camino Chapala-Calamajué y su ubicación está comprendida a los $29^{\circ} 28'$ latitud norte y a los $114^{\circ} 19'$ longitud oeste. Cuenta con 660 m. s. n. m. y la textura del suelo es del tipo Franco que varía de Franco-arenoso a Franco-limoso (Tabla I, tiene una pendiente suavemente inclinado de 0 a 3%. Presenta una gran diversidad de especies arbustivas y suculentas (Tabla II).

6) Los Frailes (LOF). Está paralelamente al camino Chapala-Calamajué en el Km 43 a aproximadamente 20 Km del Golfo de California y se ubica a los $29^{\circ} 31'$ de latitud norte y a los $114^{\circ} 11'$ de longitud oeste. Tiene una altura sobre el nivel del mar de 180 m y el suelo es arena hasta mas de 200 cm de profundidad (Tabla I), tiene una pendiente de 0 a 3%. En esta área las especies arbustivas y suculentas son muy escasas en cuanto a diversidad y cantidad (Tabla II).

METODOLOGIA

Se realizaron salidas mensuales al campo a cada una de las seis áreas de estudio, durante el ciclo anual comprendido de Enero 1987 a Enero 1988, con el fin de obtener muestras de suelo y medir la tensión del agua en el xilema de las especies perenes, *Larrea tridentata* (Ses. et Moc. ex DC) Cov. (gobernadora), *Simmondsia chinensis* (Link) Schneider (jojoba) e *Idria columnaris* (Kellogg) Kellogg ex Cuiran (cirio).

a) CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO (θ_{dw})

Para obtener el contenido de agua en las muestras de suelo, se empleó el método directo por gravimetría, que consiste en pesar la muestra húmeda, que posteriormente se seca dentro de una estufa de aire forzado durante 24 horas a una temperatura de 110° C. La diferencia entre el peso de la muestra húmeda y seca, expresado en gramos de agua por gramos de suelo, indica la cantidad de agua contenida en la muestra de suelo (Gardner, 1986).

Las muestras de suelo fueron tomadas utilizando una barrena de tipo california de 8 cm de diámetro, por triplicado y seleccionadas al azar sobre espacios abiertos entre la vegetación. Las profundidades a las que se tomaron las muestras fueron de 0 - 10, 10 - 30, 30 - 50 y 50 - 100 cm. Con el fin de evitar al máximo la pérdida de agua por evaporación, las muestras de suelo fueron obtenidas durante la mañana pesándolas inmediatamente después de su colecta.

Empleando una balanza gravimétrica con error de 1 g y sobre una hoja de papel aluminio de medida estándar (60*30 cm), se obtuvo un peso constante de 500 g en cada muestra. Las envolturas con las muestras de suelo, fueron protegidas en bolsas de papel con los datos de colecta (fecha, lugar, pozo y profundidad) para su análisis posterior en el laboratorio. Es importante señalar que para el área de muestreo ELP, no se obtuvieron muestras de suelo durante los meses de Mayo, Junio, Agosto, Septiembre y Octubre debido a problemas presentados, tanto de vehículo como de condiciones de muestreo (por ejemplo, balanza gravimétrica dañada, fuertes corrientes de aire).

En el laboratorio las muestras de suelo se secaron empleando una estufa de corriente de aire forzado, a una temperatura de 110° C durante 24 horas. Posteriormente, dentro de un desecador de sulfato de calcio las muestras se sometieron a su enfriamiento durante 6 horas y después fueron nuevamente pesadas.

Con los resultados obtenidos a través de este método, se calculó el contenido de agua empleando la siguiente fórmula:

$$\theta_{dw} = \frac{\text{peso húmedo del suelo}}{\text{peso seco del suelo}} - 1$$

donde θ_{dw} es el contenido de agua en una muestra de suelo (Gardner, 1986). Esta fórmula es utilizada para la estandarización de la tara, lo cual permite obtener el peso de la muestra directamente.

Por último, el método directo por gravimetría con

secado en estufa, es utilizado para suelos con muy baja cantidad de materia orgánica, como se presenta en las zonas áridas y se obtienen resultados con una precisión de 0.5% (Gardner, 1986).

b) TENSION DEL AGUA EN EL XILEMA DE LAS PLANTAS (Y_x)

La tensión del agua en el xilema de *Larrea tridentata* (gobernadora), *Simmondsia chinensis* (jojoba) e *Idria columnaris* (cirio), se midió empleando la técnica de la cámara de presión de gas nitrógeno comprimido, PMS modelo 1000 (PMS Co. Corvallis, Oregon), (Scholander, et al., 1965). Esta técnica ha sido adoptada debido a que no requiere de un control de la temperatura (Turner, 1985).

Esta técnica consiste en tomar una pequeña muestra (rama) de la planta, la cual se introduce en un tapón de hule para ser sellada dentro de la cámara de presión. Una vez que la muestra esté dentro, se abre la llave que permite la entrada de gas nitrógeno. La presión que ejerce el gas, hace que la savia contenida en el xilema de la muestra, salga hasta la cara de la cortadura de la rama que se encuentra en el exterior de la cámara. En ese momento, se anota el valor al cual llegó justo con la salida de la savia al exterior.

Los valores obtenidos en la cámara de presión están dados en unidades Barras, los cuales se transformaron en unidades Internacionales de Mega Pascal (-10 barras = -1 MPa) por la mayor facilidad de manejo en el análisis de los datos obtenidos.

En este estudio, se tomaron tres pequeñas ramas por cada especie y cada medición. Las ramas fueron cortadas de una longitud de 10 cm procurando, que tuvieran un diámetro aproximado de 5 mm, así mismo, que presentaran hojas vivas (verdes), para asegurar de esta forma, que las ramas no estuvieran muertas.

Las ramas de cada especie seleccionada, fueron colectadas a una altura constante, la cual osciló entre 1 m y 1.50 m, únicamente *I. columnaris* sobrepasó los 2.50 m de altura. En general, durante el verano las ramas de esta especie se presentaron en estado semi-seco, por esta razón se optó por tomar las ramas mas frescas, independientemente a la altura en que se encontraron. Esto, debido a que las mediciones pueden ser alteradas, ya que la tensión del agua en el xilema de esas ramas secas, refleja un estado hídrico que no representa el estado real de la planta.

Para obtener las variaciones, a lo largo del día, de la tensión hídrica de las tres especies seleccionadas, se realizaron mediciones a intervalos constantes de tiempo (cada 4 horas), en dos áreas de muestreo elegidas al azar, el área de CAT y ELC. Estas mediciones se llevaron a cabo de las 05:00 hrs hasta las 00:00 hrs.

Para obtener el curso estacional, se efectuaron mediciones mensuales durante las horas del amanecer y del mediodía en todas las áreas de muestreo. Esto debido a que, en general, durante las horas del amanecer se logra el equilibrio entre la Y_x en las plantas y la humedad del

suelo, y el máximo desequilibrio ocurre en mediodía cuando se muestra la máxima temperatura e insolación (Scholander, et al., 1965). Cabe mencionar, que en los meses de Junio y Septiembre (1987), no se efectuaron las salidas al campo, debido a la no disponibilidad de vehículo como del personal auxiliar en el trabajo de campo. También, durante el periodo de verano no fue posible obtener algunos datos de mediciones al mediodía, ya que bajo condiciones ambientales extremas, el tanque y la cámara de presión de gas nitrógeno presentaron desajustes, lo cual, desafortunadamente, impidió continuar con el muestreo.

Las relaciones entre el contenido de agua en el suelo y la tensión en las especies seleccionadas, fueron determinadas mediante un análisis de regresión lineal (Snedecor y Cochran, 1957), empleando un programa de análisis estadísticos en computadora.

RESULTADOS

a) θ_{dw} EN EL SUELO

La dinámica del contenido hídrico en el suelo, durante el ciclo 1987 - 1988 para cada área de estudio, se presenta en las figuras del 2 al 7.

El comportamiento general, con respecto al contenido de agua en el perfil suelo de 0 a 100 cm, muestra que, el período húmedo está comprendido de Noviembre a Marzo para todas las áreas de muestreo, siendo el período en que se concentraron las precipitaciones del ciclo anual (Figs. 2 al 7). A fines de Abril, inicia un descenso del θ_{dw} en el suelo, llegando a valores mínimos de humedad en los meses de Julio y Agosto (1987), (Figs. 2 al 7).

Los niveles del θ_{dw} , presenta diferencias entre las áreas de muestreo, dependientes de la textura del suelo. Por ejemplo, en ELP y SAC con suelos del tipo Franco (Tabla I), se registraron los valores mas altos del período húmedo, estos valores están dentro del rango de 0.12 a 0.14 y de 0.10 a 0.14 gH_2O / g suelo respectivamente (Figs. 2 y 6). En comparación, LOF que presenta un suelo arenoso, muestra un nivel del θ_{dw} muy bajo que no sobrepasa de 0.02 gH_2O / g suelo durante el mismo período del ciclo, por lo que se le considera el área de muestreo mas seca (Fig. 7).

También, la textura del suelo determina las variaciones en la dinámica del agua en el perfil. En CAT, ELC y LOF se registró una infiltración de agua mas rápida que en ELP y SAC. Por ejemplo, en LOF después de la lluvia

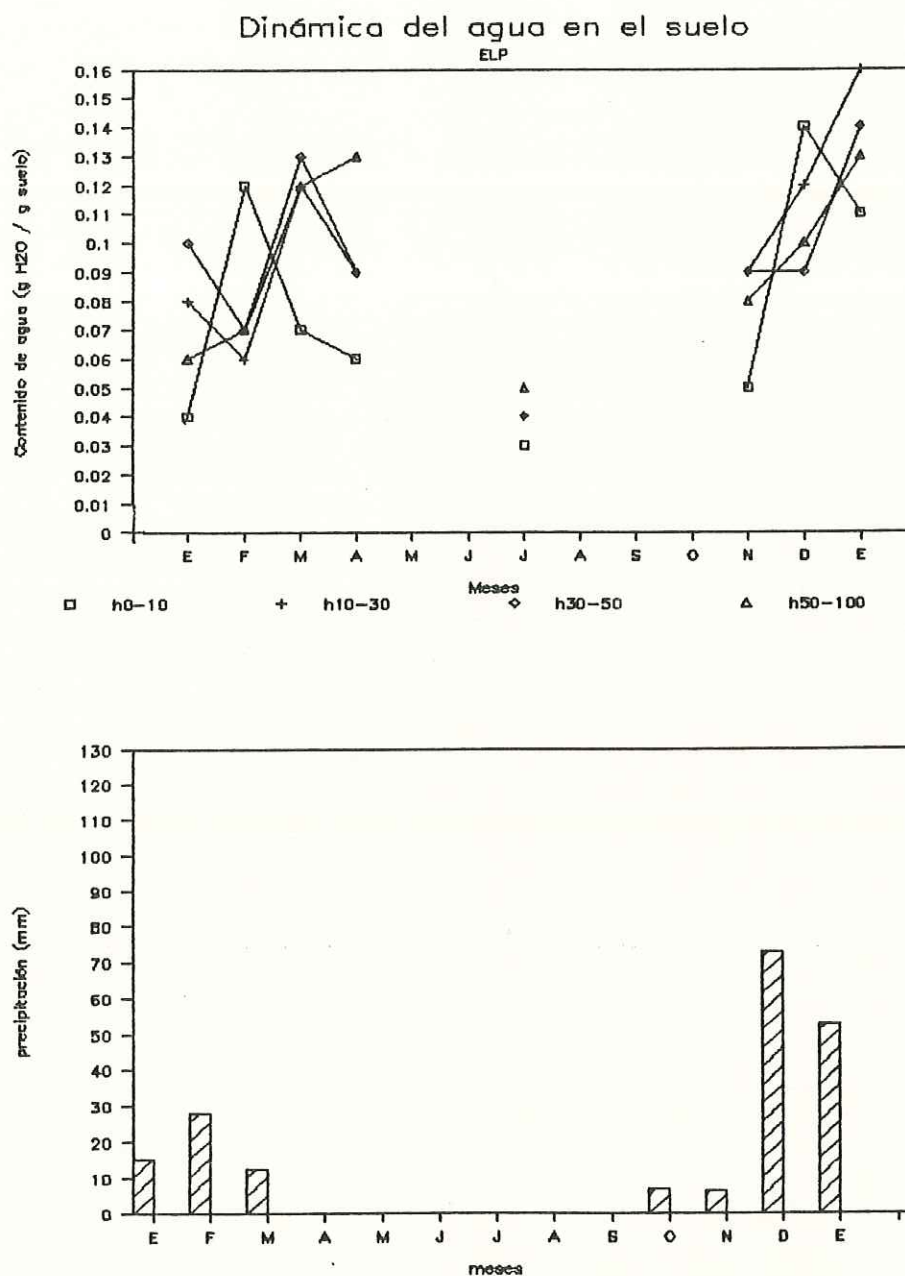


Figura 2. Dinámica del agua a través del perfil del suelo y precipitaciones registradas durante 1987-1988 en el área de El Progreso (ELP).

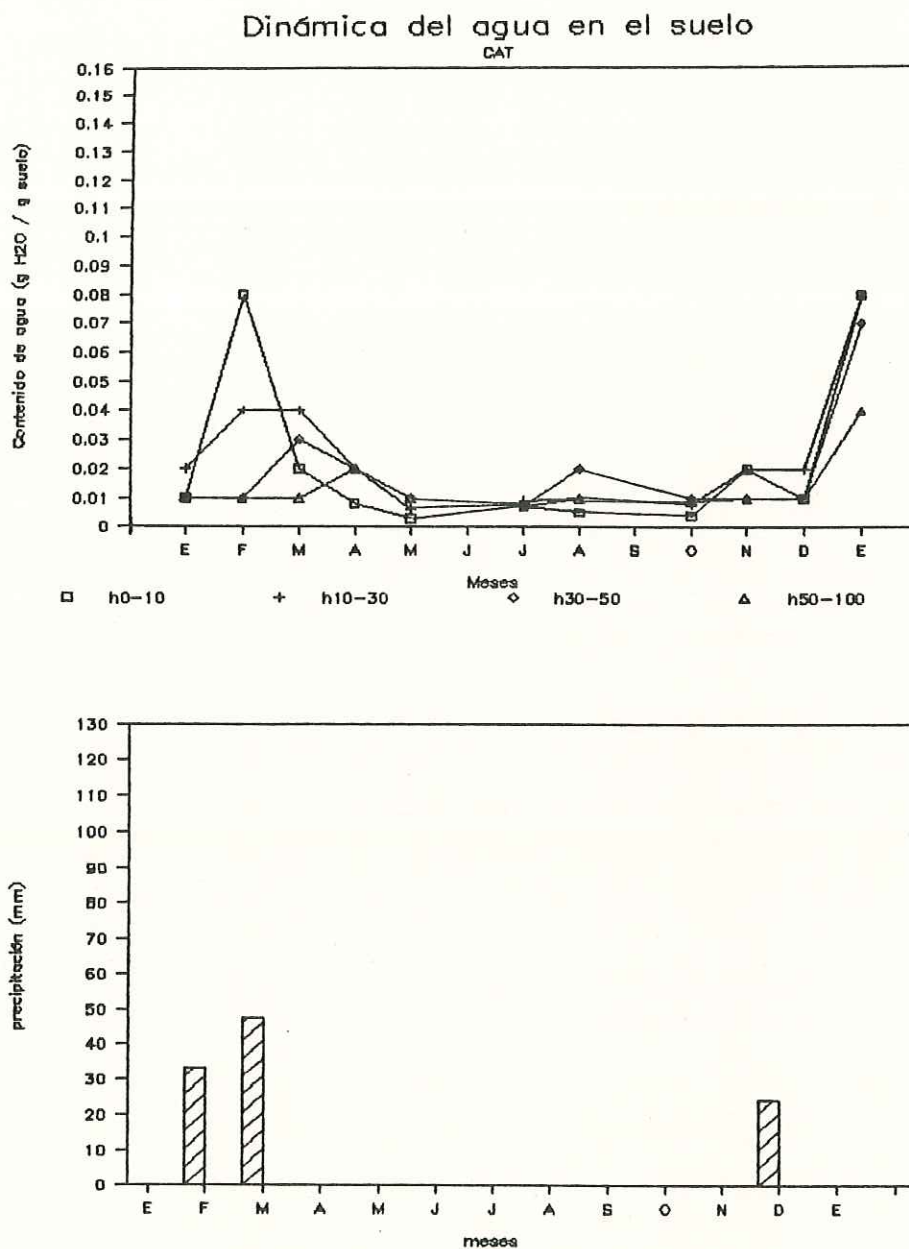


Figura 3. Dinámica del agua a través del perfil del suelo y precipitaciones registradas durante 1987-1988 en el área de Cataviña (CAT).

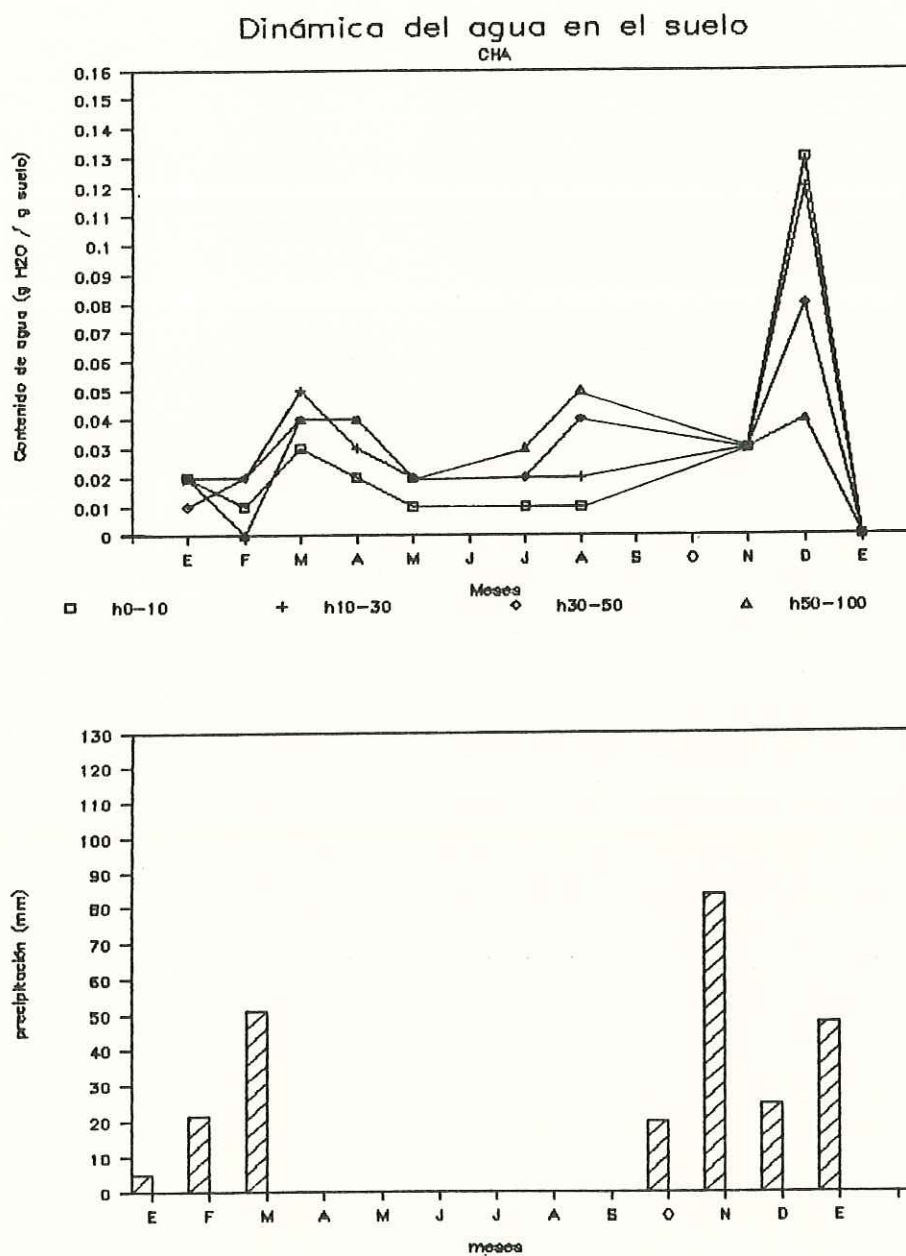


Figura 4. Dinámica del agua a través del perfil del suelo y precipitaciones registradas durante 1987-1988 en el área de Chapala (CHA).

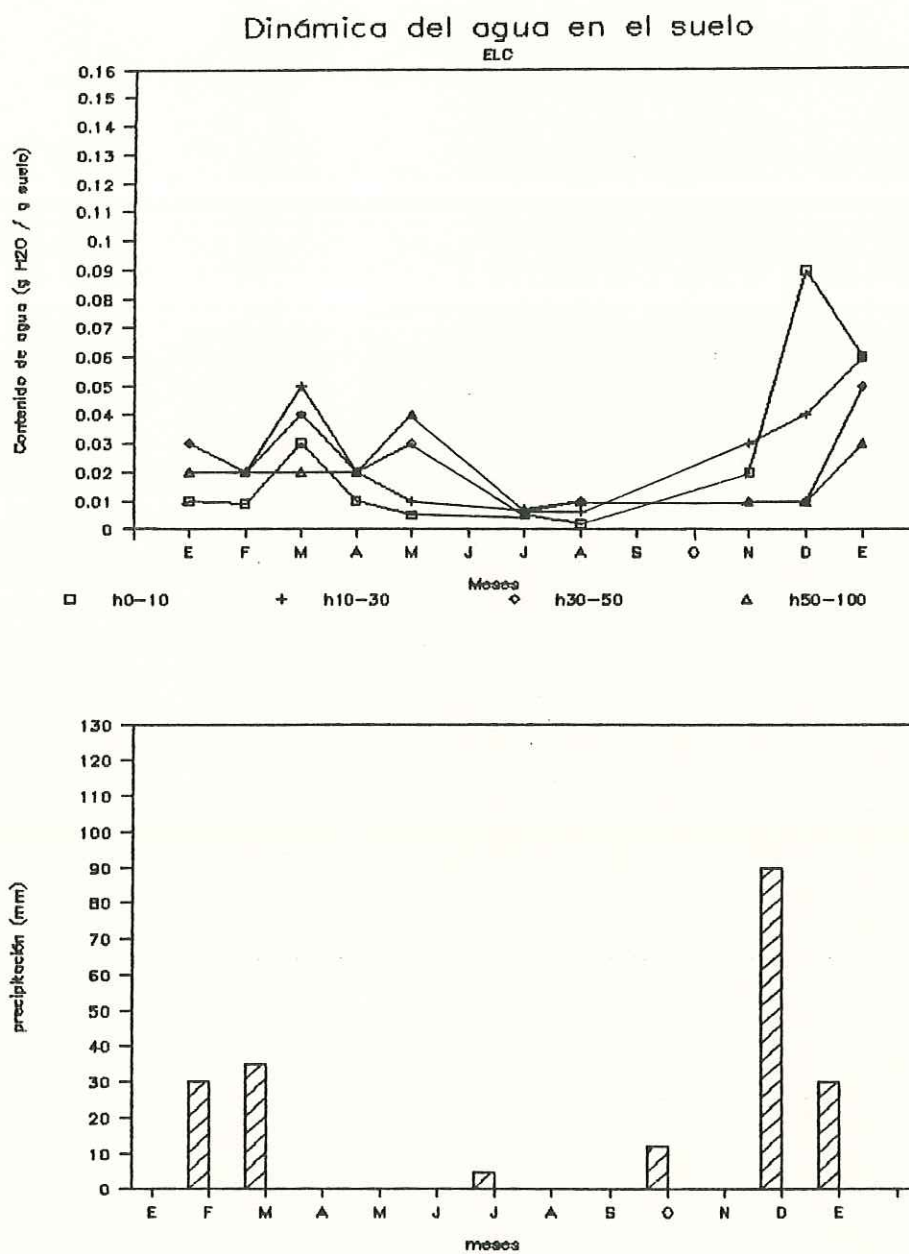


Figura 5. Dinámica del agua através del perfil del suelo y precipitaciones registradas durante 1987-1988 en el área de El Crucero (ELC).

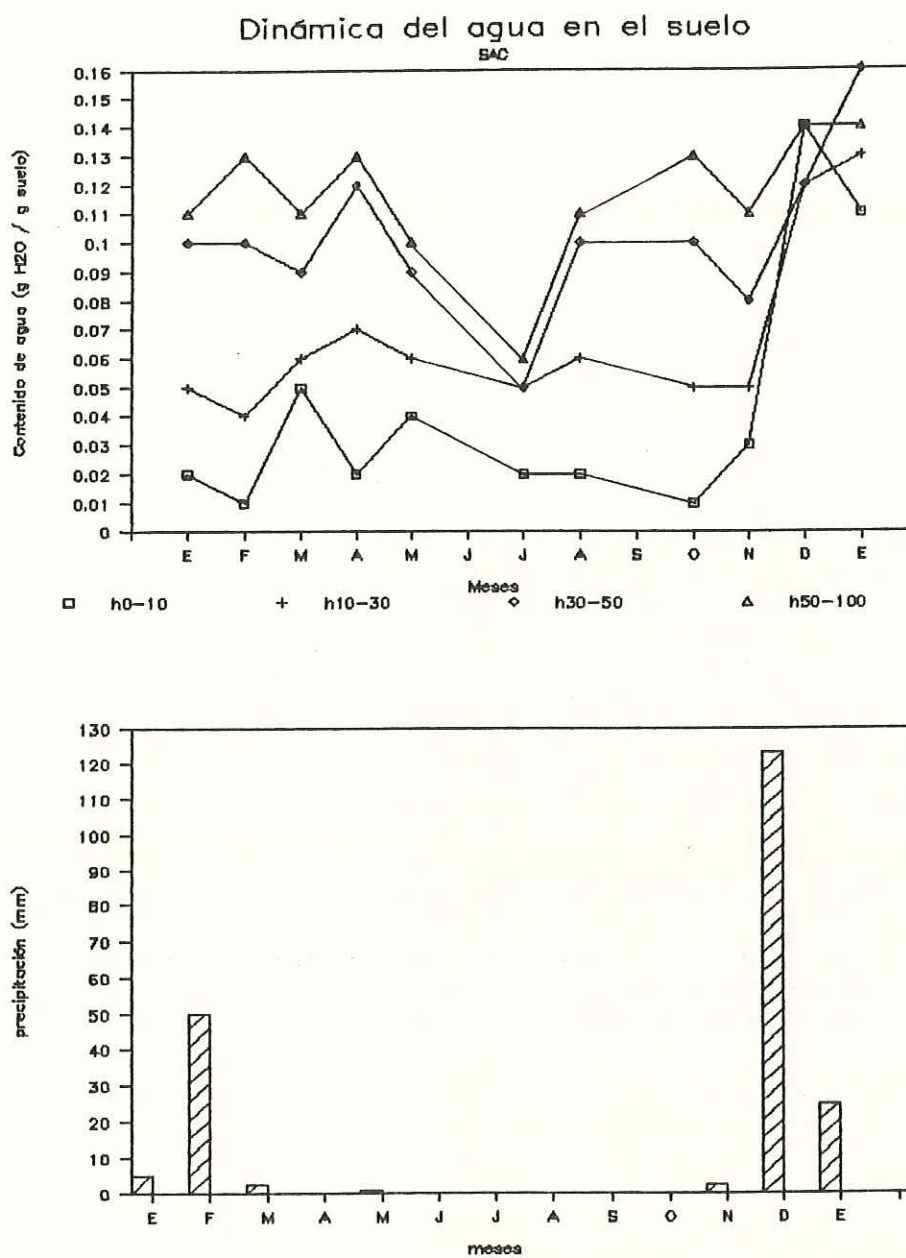


Figura 6. Dinámica del agua a través del perfil del suelo y precipitaciones registradas durante 1987-1988 en el área de San Cristián (SAC).

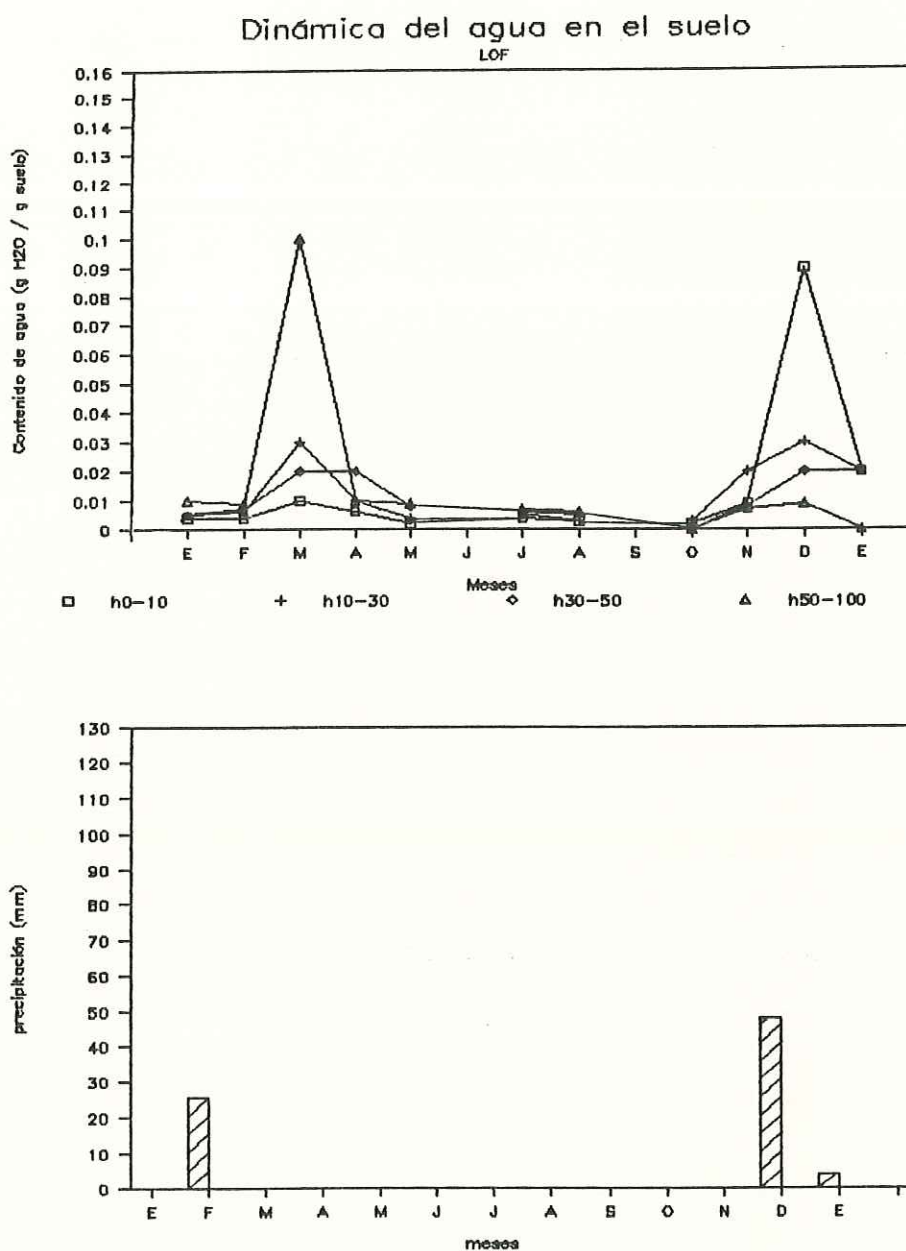


Figura 7. Dinámica del agua a través del perfil del suelo y precipitaciones registradas durante 1987-1988 en el área de Los Frailes (LOF).

ocurrida a finales de Febrero, el θ_{dw} en el estrato 50 - 100 cm del suelo se incrementó de manera significativa, alcanzando un valor de $0.09 \text{ gH}_2\text{O} / \text{g suelo}$, en un lapso de tiempo menor de un mes (Fig. 7). Por otro lado, en SAC donde la precipitación fue mayor, el θ_{dw} en las capas profundas del suelo no presentó alteraciones, aún en un lapso de tiempo mayor. En esta área, el incremento significativo se dio en la capa superficial (0 - 10 cm), este incremento decreció paulatinamente hacia los estratos mas profundos del suelo como se registra en la Fig. 6.

En esta misma área de muestreo, se observan dos acontecimientos particulares; 1) se presentó un descenso del θ_{dw} mas homogéneo a través de los diferentes estratos del perfil del suelo, y 2) se observa un almacenamiento de agua en el suelo a lo largo de todo el ciclo anual (Fig. 6).

Un comportamiento intermedio en la dinámica del agua en el suelo, se presentó en CHA Fig. 4). En el caso de ELP, aún con la falta de datos de Mayo a Octubre, excepto Julio, se observó que el agua en el suelo pudo haber tenido un comportamiento similar que en SAC, debido a que ambas áreas presentan una textura del suelo muy similar (Tabla I).

b) Y_x EN LAS PLANTAS

b.1) Curso de la Y_x a lo largo del ciclo anual

Los niveles de la tensión, en las especies seleccionadas y su dinámica a lo largo del ciclo anual, las

separan en dos grupos que se muestran en las figuras 8 y 9. Por un lado, las especies *L. tridentata* y *S. chinensis*, muestran fuertes similitudes en los niveles de tensión ya que se presentan dentro del rango de -2 y -7 MPa, y también en sus variaciones a través del tiempo. Las mayores variaciones de la Y_x en ambas especies se obtuvieron en el período comprendido de Marzo a Agosto (1987). Por ejemplo, en ELC la gobernadora (*L. tridentata*) presentó su máxima tensión de -3.3 MPa en Marzo y la mínima de -6.8 MPa en Agosto, la cual obtuvo una diferencia de -3.5 MPa entre ambos valores (Fig. 9). En la misma área de estudio, la jojoba (*S. chinensis*) registró una diferencia de -3.6 MPa entre sus valores máximo de -3.0 MPa en Marzo y mínimo de -6.6 MPa en Agosto, observándose una alta similitud entre estas dos especies (Fig. 9).

Por otro lado, el cirio (*I. columnaris*), mostró niveles de tensión al amanecer mas altos en comparación con la jojoba y la gobernadora; estos niveles alcanzaron valores que van de -0.65 MPa en Enero (1988) a -1.7 MPa en Julio (1987), observándose pequeñas variaciones a lo largo de todo el ciclo anual (Fig. 8). Se registró una diferencia muy escasa de -1.1 MPa entre sus valores máximo y mínimo de Y_x .

b.2) Comportamiento de la Y_x a lo largo del día

El comportamiento de la Y_x durante el día en las especies seleccionadas, presentaron tendencias propias y gran dependencia a los períodos estacionales del ciclo.

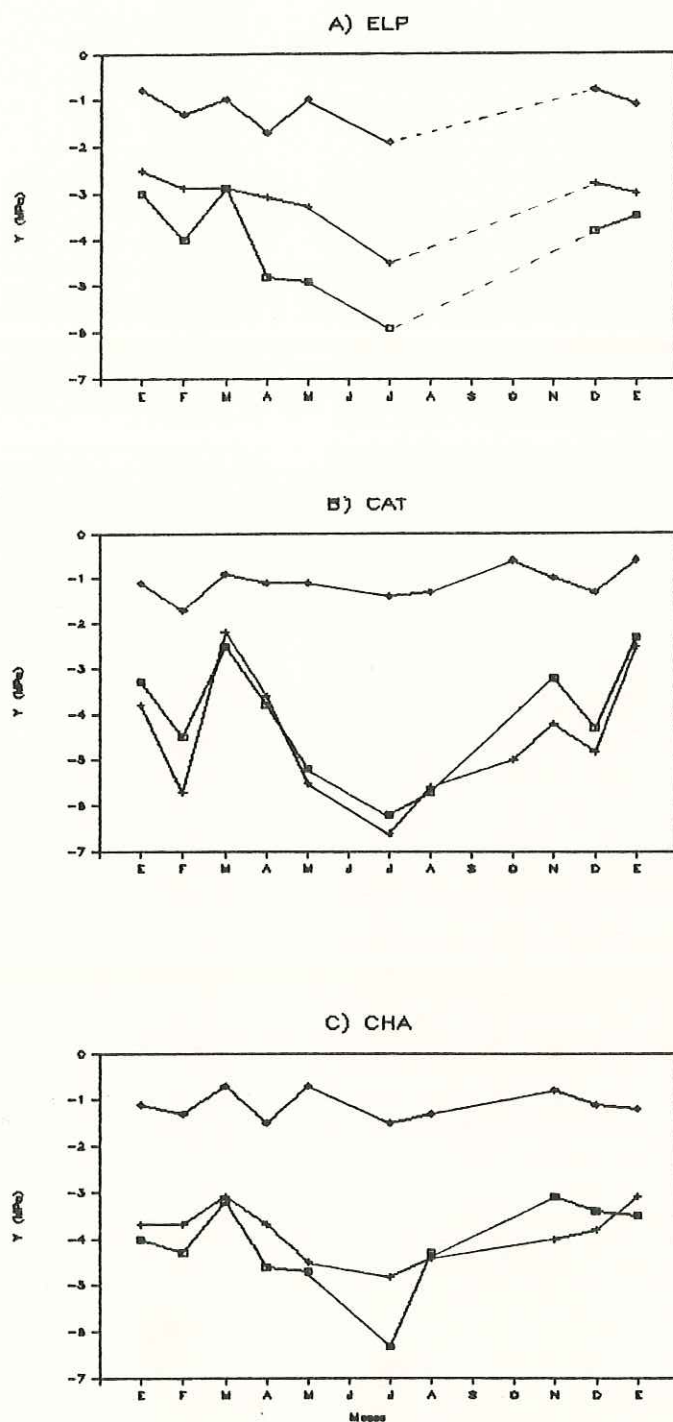


Figura 8. Curso de la tensión hídrica de *Larrea tridentata* (□—□—□), *Simmondsia chinensis* (+—+—+) e *Idria columnaris* (◇—◇—◇) durante 1987-1988 en las áreas de: A) El Progreso (ELP), B) Cataviña (CAT) y C) Chapala (CHA).

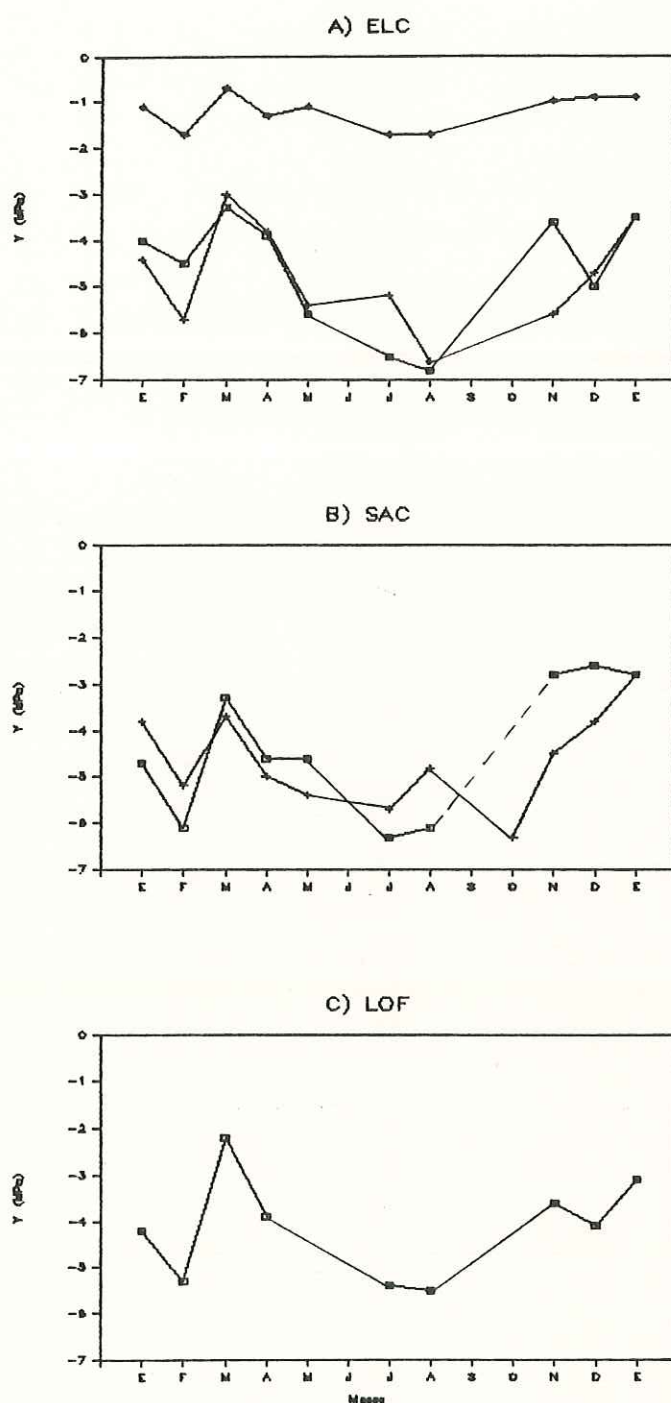
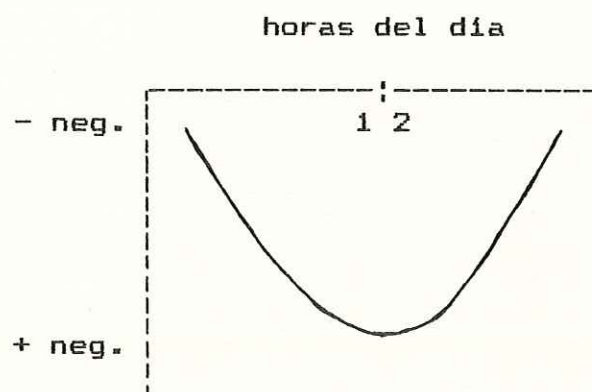


Figura 9. Curso de la tensión hídrica de *Larrea tridentata* (□-□-□), *Simmondsia chinensis* (+-+-+) e *Idria columnaris* (◇-◇-◇) durante 1987-1988 en las áreas de: A) El Crucero (ELC), B) San Cristián (SAC) y C) Los Frailes (LOF).

En CAT se ha observado (Fig. 10) que la Y_x a lo largo del día de la gobernadora mostró dos comportamientos característicos: en el período Invierno-Primavera, los máximos valores de Y_x se obtuvieron durante las horas del amanecer y de la noche, estos valores fueron del orden de -3.4 MPa en Invierno y de -4.9 MPa en Primavera. Los valores mínimos de la Y_x se registraron en las horas del mediodía siendo del orden de -4.6 y de -5.6 MPa respectivamente (Figs. 10a y b).

El espectro de la curva de la Y_x a lo largo del día y durante este período es de la forma;



En el período de Verano - Otoño (Figs. 10c y d), los máximos valores de Y_x para esa misma especie, se registraron en las horas del amanecer, mediodía y de la noche, siendo del orden de -5.6 MPa en Verano y de -4.1 MPa en Otoño. En las horas de la mañana y de la tarde se obtuvieron las mínimas Y_x que fueron del orden de -6.4 y -5.1 MPa respectivamente.

El espectro de la curva de la Y_x a lo largo del día para este período es de la forma;

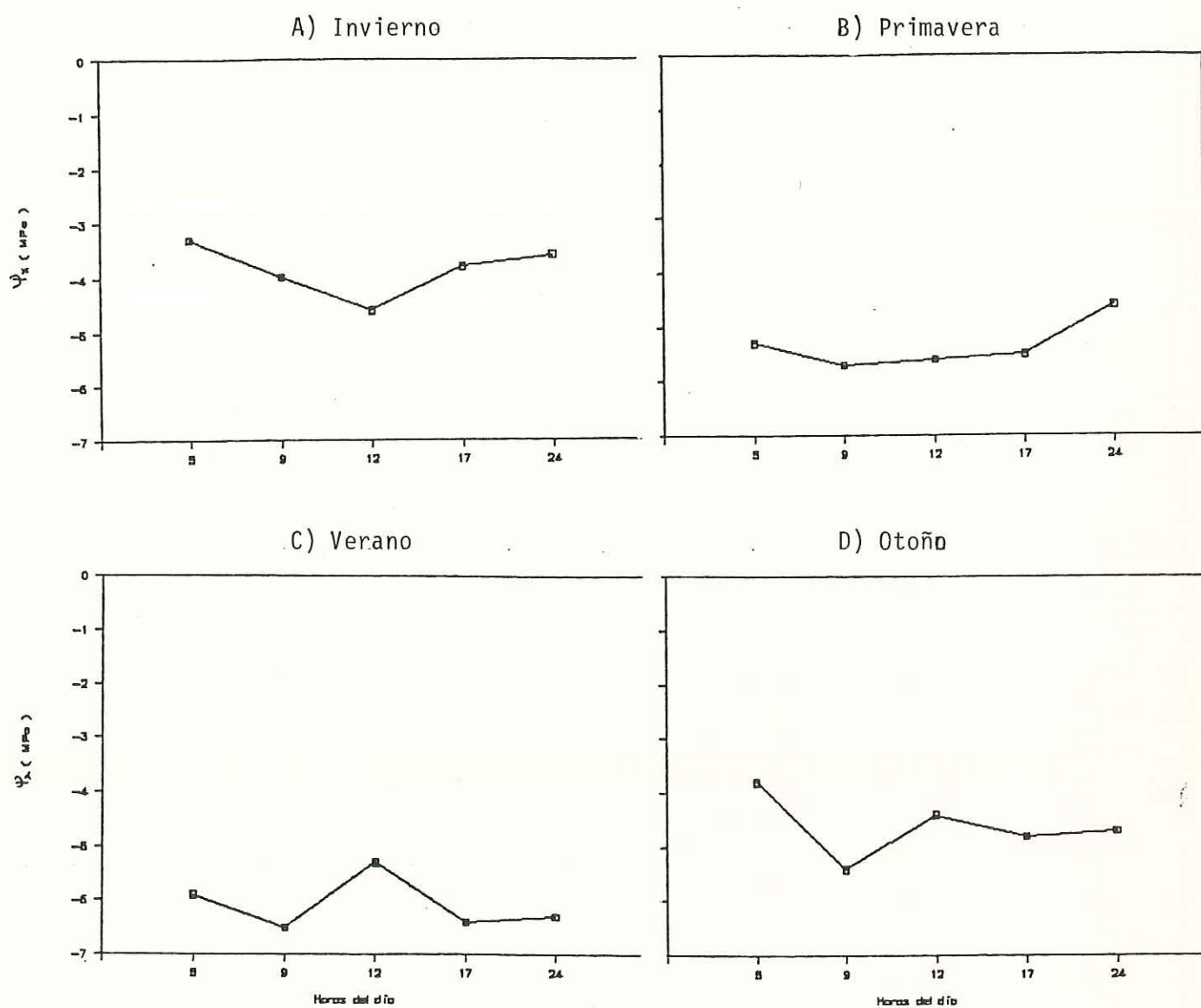
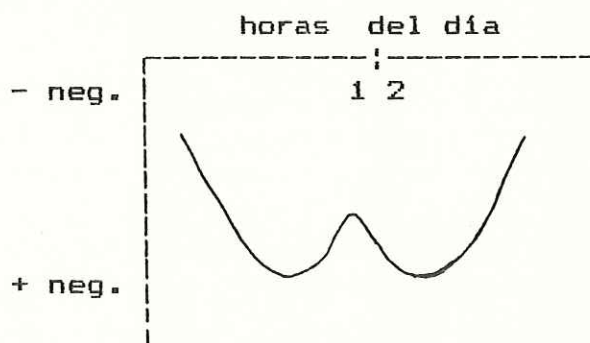


Figura 10. Curso de la Tensión hídrica, a lo largo del día de L. tridentata en el área de Catayña.



Estos resultados se encontraron muy similares con los colectados en el área de ELC.

Los niveles de la Y_x de la jojoba a lo largo del día y durante el período Invierno y Verano, muestra valores máximos al amanecer, mañana y noche, del orden de -6.1 MPa en Verano y de -3.7 MPa en Invierno. Durante las horas del mediodía y tarde registró sus mínimos valores del orden de -6.6 y de -4.4 MPa respectivamente (Figs. 11a y c).

En Primavera el curso de la Y_x de la jojoba mostró sus máximos valores del orden de -4.6 MPa durante las horas de la tarde y noche; los mínimos valores (-5.4 MPa) fueron obtenidos en las horas del amanecer, mañana y mediodía para este mismo período (Fig. 11b).

En comparación con los periodos anteriores, la Y_x a lo largo del día durante Otoño, mostraron un comportamiento transitorio. En este período, los valores máximos del orden de -5.2 MPa fueron presentados durante las horas del amanecer, tarde y noche (Fig. 11d). Y durante las horas de la mañana y del mediodía se registraron los mínimos valores de Y_x del orden de -6.1 MPa.

Finalmente, el cirio mostró un curso bastante

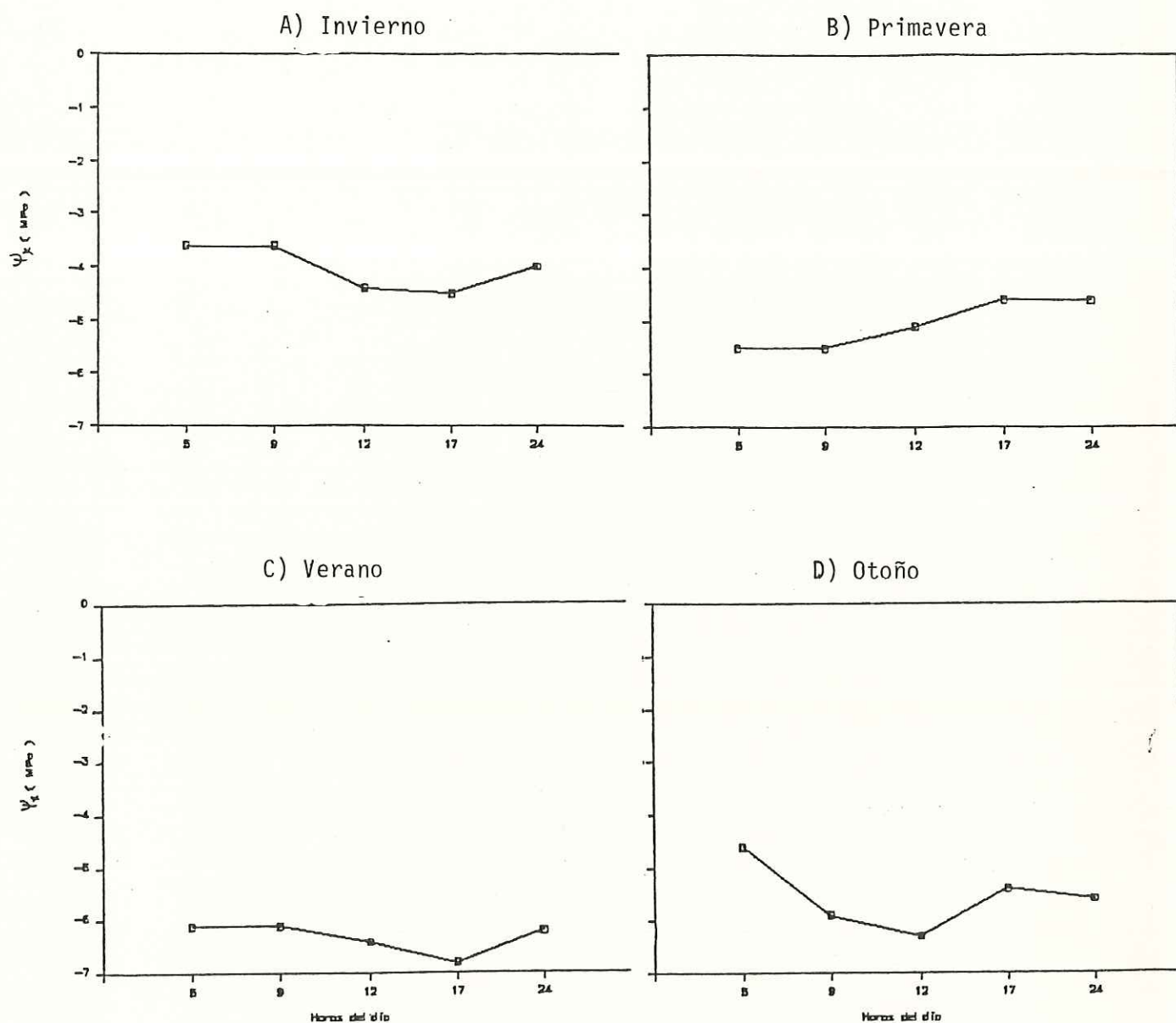


Figura 11. Curso de la tensión hídrica, a lo largo del día de S. chinensis en el área de Catayña.

irregular de su Y_x a lo largo del día así como un curso casi constante en sus niveles durante todo el ciclo. La Y_x del cirio se mantuvo en un nivel del rango de -1 a -2 MPa.

En Invierno se obtuvieron máximos valores del orden de -1.0 MPa en esta especie a las horas de la noche y del amanecer. Por lo contrario, en Verano se mostraron a las horas de la mañana y tarde siendo del orden de -1.1 MPa (Figs. 12a y c). En ambos períodos, se presentó un rango de variación entre los valores máximos y mínimos de Y_x , del orden de -0.3 MPa en Verano y de -0.6 MPa en Invierno. Esta variación en Primavera y Otoño fue del orden de -0.9 y de -0.8 MPa respectivamente, se observó una gradual declinación entre los valores máximos y mínimos de la Y_x en el cirio (Fig. 12b y d).

c) RELACIONES HIDRICAS SUELO - PLANTA

Los valores de correlación entre el contenido hídrico del suelo y la tensión del agua en el xilema de las plantas, fueron analizados en relación a la profundidad del suelo y se presentan en la Tabla III.

Los resultados muestran gran heterogeneidad, sin embargo, permiten clasificar las especies en dos grupos. Por un lado las especies *Larrea tridentata* (gobernadora) y *Simmondsia chinensis* (jojoba) muestran sus mayores valores de correlación a partir de los 30 cm del perfil, en todas las áreas de muestreo excepto en SAC. Por ejemplo, en CAT, la Y_x de la jojoba presenta una correlación con el θ_{dw} del suelo de $r = 0.56$ ($p < 0.01$), 0.63 ($p < 0.001$) y de 0.55

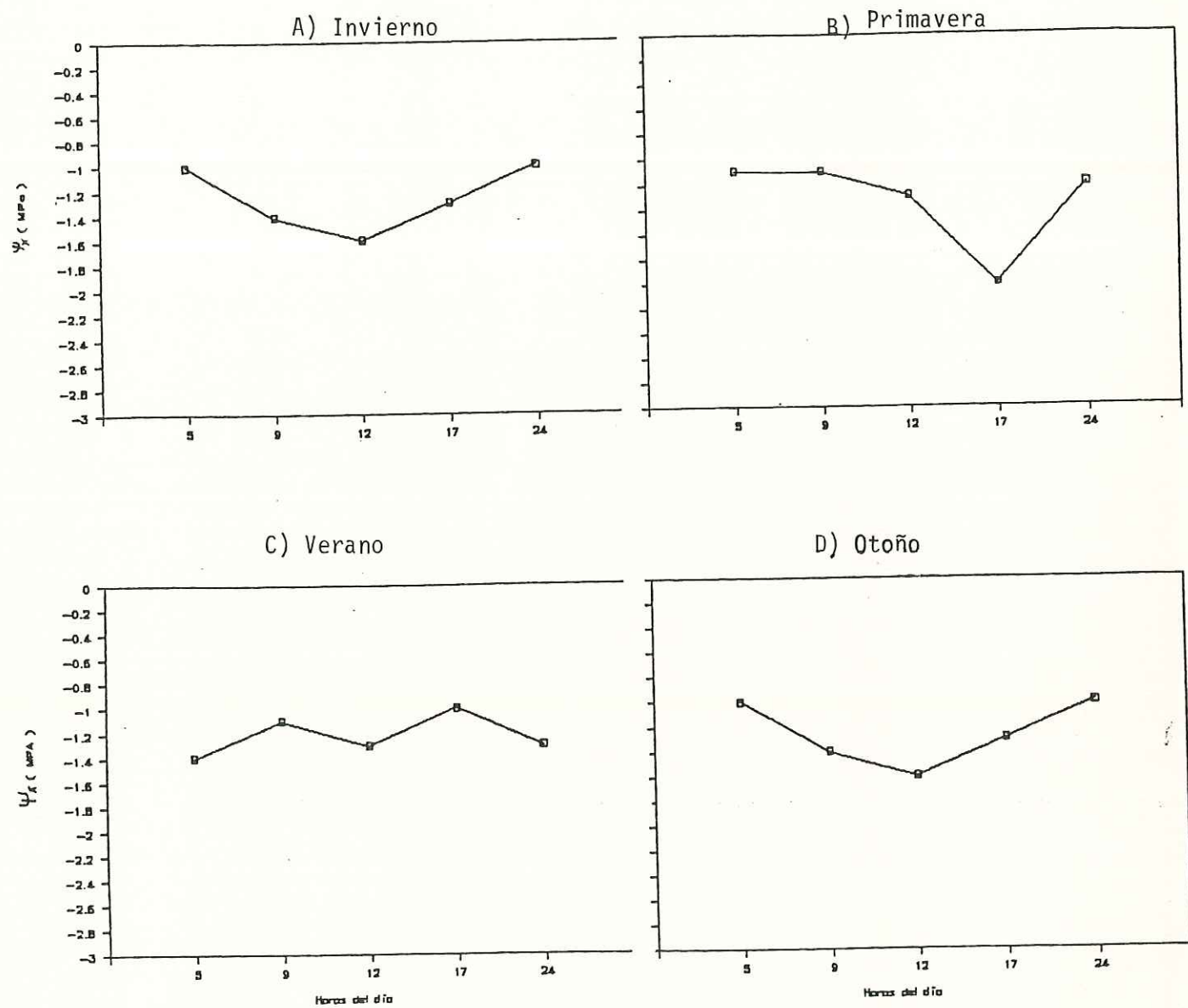


Figura 12. Curso de la Tensión hídrica, a lo largo del día de l. columnaris en el área de Cataviña.

Tabla III. Coeficientes de correlación entre el contenido de agua en el suelo y la tensión hídrica en el xilema de *L. tridentata*, *S. chinensis* y *I. columnaris* a diferentes profundidades del suelo y en las seis áreas de estudio (**p < 0.01, ***p < 0.001, *p < 0.05). Ver tablas I y II para códigos de las áreas de muestreo.

Area de muestreo	Prof. (cm)	<i>L. tridentata</i>	<i>S. chinensis</i>	<i>I. columnaris</i>
ELP	0 - 10	0.36	0.40	0.39
	10 - 30	0.65**	0.54**	0.38
	30 - 50	0.36	0.32	0.30
	50 - 100	0.17	0.03	0.03
CAT	0 - 10	0.36	0.19	0.11
	10 - 30	0.64***	0.56**	0.21
	30 - 50	0.60***	0.63***	0.40
	50 - 100	0.51**	0.55**	0.47
CHA	0 - 10	0.39	0.17	0.10
	10 - 30	0.41*	0.30	0.14
	30 - 50	0.31	0.30	0.11
	50 - 100	--	0.24	0.30
ELC	0 - 10	0.29	0.36	0.54**
	10 - 30	0.72***	0.60***	0.68***
	30 - 50	0.47**	0.50**	0.36
	50 - 100	0.15	0.12	0.02
SAC	0 - 10	0.63***	0.64***	--
	10 - 30	0.49**	0.59***	--
	30 - 50	0.29	0.46**	--
	50 - 100	0.26	0.19	--
LOF	0 - 10	0.22	--	--
	10 - 30	0.65***	--	--
	30 - 50	0.61***	--	--
	50 - 100	0.54**	--	--

($p < 0.01$) a las profundidades de 10 - 30, 30 - 50 y 50 - 100 cm respectivamente sin que se observara una correlación significativa al estrato de 0 - 10 cm (Tabla III). En la misma área de estudio, la gobernadora mostró un comportamiento similar al de la jojoba; pero en LOF, donde aparece solamente la gobernadora, los valores de correlación fueron obtenidos a partir de los 30 cm hasta los 100 cm del suelo, pudiéndose obtener correlaciones significativas a mas profundidad.

En el caso particular de SAC, los mejores valores de correlación estuvieron dados a partir del estrato mas superficial del suelo (0 - 10 cm) hasta los 50 cm para ambas especies. La Y_x de la gobernadora obtuvo una correlación de $r = 0.63$ y la Y_x de la jojoba fue de $r = 0.64$ ambos con $p < 0.001$, con el nivel de 0 - 10 cm del suelo (Tabla III).

Por otro lado, los valores de la Y_x en el cirio, no presentó una tendencia neta a correlacionarse con el θ_{dw} del suelo a una profundidad definida (Tabla III). Así mismo, se observó que los únicos valores significativos de correlación que mostró esta especie, fueron únicamente en las áreas de ELC y CAT, donde se observó una gran heterogeneidad con respecto a las profundidades en que se presentaron (Tabla III).

En la tabla IV se muestra un resumen de los resultados obtenidos en el estudio de la relación hídrica suelo-planta en seis localidades del Desierto Central de Baja Cfa.

Tabla IV.- Resumen de los resultados obtenidos en el estudio de la relación hídrica suelo - planta, en tres especies perenes; *L. tridentata*, *S. chinensis* e *I. columnaris* en seis localidades del Desierto Central de Baja Cfa.; El Progreso (ELP), Cataviña (CAT), Chapala (CHA), El Crucero (ELC), San Cristián (SAC) y Los Frailes (LOF); (NC = no correlación).

Especies	Areas de muestreo	Textura del suelo	Rangos de θ_{dw} (gH ₂ O/gSuelo)	Rangos de Y_x (MPa)		Coeficientes de correlación (prof. del suelo cm)
				Max.	Min	
<i>L. tridentata</i>	ELP	Franco-Arenoso	.03-.16	-2.9	-6.1	0.65 (10-30)
	CAT	Arenoso-Franco	.003-.08	-2.3	-6.8	0.64 (10-30)
	CHA	Franco-Arenoso	.01-.13	-3.1	-5.8	NC
	ELC	Arenoso-Franco	.002-.09	-3.3	-7.0	0.72 (10-30)
	SAC	Franco-Limoso	.01-.14	-2.3	-7.0	0.63 (0-10)
	LOF	Arena	.002-.09	-2.2	-6.4	0.65 (10-30)
<i>S. chinensis</i>	ELP	Franco-Arenoso	.03-.16	-2.5	-6.7	0.54 (10-30)
	CAT	Arenoso-Franco	.003-.08	-2.2	-6.8	0.63 (30-50)
	CHA	Franco-Arenoso	.01-.13	-3.1	-6.8	NC
	ELC	Arenoso-Franco	.002-.09	-3.0	-7.0	0.60 (10-30)
	SAC	Franco-Limoso	.01-.14	-2.8	-7.0	0.64 (0-10)
	LOF	Arena	----	----	----	----
<i>I. columnaris</i>	ELP	Franco-Arenoso	.03-.16	-0.8	-2.1	NC
	CAT	Arenoso-Franco	.003-.08	-0.9	-2.1	NC
	CHA	Franco-Arenoso	.01-.13	-0.7	-2.0	NC
	ELC	Arenoso-Franco	.002-.09	-0.7	-2.1	0.68 (10-30)
	SAC	Franco-Limoso	----	----	----	----
	LOF	Arena	----	----	----	----

DISCUSION

Las características de frecuencia, cantidad y distribución de las precipitaciones y de la textura del suelo, provocan una gran irregularidad en la disponibilidad de agua, complicando su obtención por las plantas. Estas fluctuaciones en la humedad del suelo, disminuyen la posibilidad de establecimiento y sobrevivencia de algunas especies de plantas que no presentan la capacidad de desarrollar estructuras morfológicas o de ajustar sus mecanismos fisiológicos y metabólicos a la escasez de agua en el suelo (Walter y Stadelman, 1974; Roy, et al., 1986; Schulze, et al., 1987).

a) θ_{dw} EN EL SUELO

El suelo tiene gran significado, ya que su influencia es determinante sobre el régimen de agua. De acuerdo con Noy-Meir (1973), la acción del suelo se resume en dos puntos principales; 1) como almacenador temporal de agua para su uso por los organismos, y 2) como un regulador controlando la repartición de esta agua entre los mayores flujos como el drenaje, la evaporación y el flujo posterior de la actividad biológica entre los diferentes organismos biológicos. De esta forma, el suelo juega un importante papel sobre la disponibilidad de agua para las plantas.

Si bien, el contenido de agua en el suelo no define su disponibilidad total para las plantas, es sin duda, un factor que mayormente afecta la disponibilidad. Este

concepto se apoya en la definición clásica de disponibilidad de agua (Hillel, 1971) y sobre la teoría postulada por Lange, et al., (1976). En ambos casos, relacionan directamente la disponibilidad de agua con el contenido hídrico en el suelo. Sin embargo, la medida directa de la disponibilidad de agua para las plantas, se obtiene a través del potencial del agua en el suelo. Noy-Meir (1973) señala que cuando este potencial es menor a -1.5 MPa el agua no es disponible para las plantas. Así los resultados obtenidos en el presente estudio, reflejan una aproximación de las relaciones hídricas entre el suelo y las plantas.

Una medida directa del potencial del agua en el suelo, hubiera, tal vez, permitido obtener mayores correlaciones entre la dinámica hídrica del suelo y de las plantas.

Se observó a lo largo del ciclo anual, que el agua en el suelo mostró una dinámica diferente entre las áreas de estudio, esto puede ser atribuido a la textura del suelo, debido a que los eventos pluviales sucedieron dentro de un período de tiempo similar en todas las áreas de muestreo que estuvo comprendido de Octubre - Noviembre a Marzo. Esta conducta del agua en el suelo, concuerdan con resultados obtenidos por Walter y Stadelman (1974), quienes señalan que una precipitación de 50 mm sobre un suelo de desierto completamente seco, penetra aproximadamente 50 cm en un suelo arenoso y tan solo 10 cm en uno arcilloso. Esto se observa claramente en las áreas de SAC y LOF cuya

textura del suelo es totalmente diferente (Franco y Arenoso respectivamente). LOF muestra una alta infiltración del agua en un período de tiempo menor en comparación con SAC, estos resultados reafirman la influencia que tiene la textura del suelo sobre el comportamiento del agua en el perfil.

Con el análisis de la dinámica del agua en el perfil del suelo, fue posible establecer el período húmedo y seco del ciclo 1987-1988. El período húmedo fue obtenido con base a los mas altos valores del θ_{dw} en el suelo, registrados en Invierno hasta un mes después de las últimas lluvias (Abril). Estos resultados nos indican, que en el período considerado, existe un patrón temporal de precipitación similar en todas las áreas de estudio. Así, las precipitaciones y la capacidad de almacenamiento temporal de agua del suelo, hacen posible que las plantas puedan mantenerse funcionalmente aún después de las lluvias, obteniendo mayor probabilidad de sobrevivir a la sequía del Verano.

De esta forma, el período seco del ciclo inicia con el descenso en los niveles del θ_{dw} en el suelo observado a finales de Abril hasta la recuperación de la reserva hídrica en el suelo, la cual ocurre con las primeras lluvias registradas entre Octubre y Noviembre.

b) Y_x EN LAS PLANTAS

Los resultados obtenidos muestran un curso contrastado con respecto a la trayectoria de la Y_x de las plantas, lo

cual nos permite agruparlas en dos tipos; por un lado tenemos a *Larrea* (gobernadora) y *Simmondsia* (jojoba) y por otro lado a *Idria* (cirio).

Estos resultados concuerdan con Oechel, et al., (1972), quienes obtuvieron valores de la Y_x en *L. divaricata* Cav., del rango de -2.4 a -5.6 MPa, registrándose una gradual declinación entre los valores máximos y mínimos de la tensión en esta especie. Además, se ha observado que dicha declinación estuvo ligada al descenso estacional en los niveles del Odw en el suelo, lo cual es, sin duda, un reflejo de la gran influencia que tiene la humedad del suelo sobre las plantas (Hass y Dodd, 1970).

Los valores de la Y_x en la gobernadora y la jojoba exhibieron, en general, y además de las variaciones estacionales, un punto culminante máximo durante las horas del amanecer y un mínimo en las horas del mediodía, esto nos permite sugerir, que este comportamiento está relacionado con la alta conductancia estomatal que ocurre en las horas de la mañana en especies de zonas áridas y que, con el decrecimiento de la Y_x durante las horas del mediodía, la resistencia estomatal se incrementa (Branson y Shown, 1975; Cadwell, 1976; Nielsen, et al., 1981).

El comportamiento de la Y_x a lo largo del día de las especies seleccionadas, reflejan los diferentes mecanismos adaptativos utilizados por éstas para sobrevivir durante los períodos drásticos de sequía que presentan las zonas

áridas.

L. tridentata mantuvo una variación promedio de -1.3 MPa de su Y_x entre las horas del amanecer y del mediodía durante todo el ciclo anual; únicamente elevó sus niveles de tensión conforme disminuyó la humedad en el suelo y aumentó la temperatura. Los resultados obtenidos de la tensión hídrica en esta especie, concuerdan con los observados por Oechel, et al., (1972); en ambos casos los máximos valores de la Y_x en la gobernadora fueron registrados durante las horas del amanecer del período Invierno-Primavera, en el cual se concentraron las precipitaciones. Así, el espectro de la curva de Y_x en esta especie y a lo largo del día para el mismo período, indica que la gobernadora mantiene una actividad fisiológica sostenida, esto coincide con Odening, et al., (1979). Ellos señalan que la elongación, floración, formación de nudos y otros procesos fenológicos, metabólicos y fisiológicos de *L. tridentata* en el Desierto de California, son acelerados o iniciados durante y posteriormente a los períodos de precipitación.

Además, estos autores encuentran que, bajo una tensión hídrica del orden de -2.4 MPa *L. tridentata* registra una fotosíntesis neta de $74.7 \text{ mgCO}_2 / \text{g ps} / \text{día}$, la cual desciende hasta $9.0 \text{ mgCO}_2 / \text{g ps} / \text{día}$ cuando la Y_x es de -5.6 MPa (Odening, et al., 1979). Según los datos presentados por dichos autores, se realizó una regresión entre los valores de la Y_x y los de fotosíntesis neta (FN). La ecuación obtenida fue de la forma: $FN = 138.25 - 77.9 \ln$

$(-Y_x)$, $r = 0.97$, $n = 9$, $p < 0.0001$. Aplicando esa ecuación a los valores de la Y_x obtenidos en el Desierto Central de B.C., se estimó que los niveles de fotosíntesis neta en la gobernadora, para el periodo invernal fueron de 52.7 a 19.4 $\text{mgCO}_2 / \text{g ps}$. La diferencia entre los valores de FN mostrados por Odening et al. (1979), y los obtenidos en este trabajo a través de una regresión lineal, pone en evidencia, posiblemente, que en el Desierto Central las condiciones ambientales son mas difíciles biológicamente en comparación con el Desierto de California.

En el periodo Verano - Otoño, el espectro de la curva de la Y_x a lo largo del día, refleja una adaptación de la gobernadora, en respuesta a la sequía. Se observa que esta especie invirtió el curso de su Y_x durante las horas críticas del día. Estos resultados concuerdan, en parte, con Strain, (1970); Odening, (1971); Oechel, et al., (1972) y Odening, et al., (1979); debido a que la gobernadora no presenta estado de dormancia durante los periodos de sequía, aún cuando la Y_x llega a bajos valores cercanos a niveles letales. Debido a esto, la gobernadora es considerada como capaz de fotosintetizar y producir nuevos tejidos durante condiciones de baja tensión hídrica.

Pero, por otro lado, se observó que en este periodo (Verano - Otoño), *L. tridentata* regresó a valores relativamente altos de Y_x durante las horas del mediodía mostrando un menor efecto de la Y_x en las horas críticas del día. Esto, tal vez, se deba a que las condiciones de

sequía y temperatura se presentaron a niveles críticos para esta especie, la cual, pudo haber promovido el cierre total de sus estomas como respuesta, tratando de estabilizar su Y_x hasta un nivel lo suficientemente favorable que le permitiera sobrevivir bajo esas condiciones.

Las estimaciones de los niveles de fotosíntesis neta para ese período, se sitúan entre -7.6 y $+8.3$ mgCO_2 / g ps. Estos resultados fueron obtenidos aplicando la ecuación de regresión lineal con base a los datos señalados por Odening *et al.* (1979).

Los resultados obtenidos de la Y_x en *Simmondsia* (jojoba) a lo largo del día y estacionalmente, concuerdan con los presentados por Al-Ani, *et al.*, (1972).

La jojoba es capaz de ajustar diaria y estacionalmente la Y_x para mantener su funcionamiento aún bajo condiciones ambientales adversas. Se ha encontrado que esta especie registra una fotosíntesis neta, aún cuando la Y_x registra valores mínimos del rango de -6 a -7 MPa (Al-Ani, *et al.*, 1972).

El comportamiento a lo largo del día de la Y_x de jojoba, mostró irregularidad entre los períodos del ciclo. En Primavera, los valores máximos se mantuvieron desde las 12:00 hrs hacia la noche y las mínimas Y_x se observaron a partir de las 05:00 hrs. Este comportamiento de la Y_x es debido, sin duda, a que las condiciones hídricas presentes durante este período, fueron favorables lo que coincide con Benzioni y Dunstone (1986). Estos autores encontraron que

bajo condiciones de humedad favorables, la Y_x obtiene valores mínimos a las 06:30 a.m. los cuales regresan a valores altos hacia las 5:00-6:00 p.m.

Los rangos de la Y_x de esta especie obtenidos en Invierno y Primavera coinciden con los descritos como favorables para el crecimiento de la jojoba (Nerd y Benzioni, 1985). En Verano la Y_x de la jojoba, se mantuvo en valores máximos durante la mayor parte del día, declinando hacia la tarde (17:00 hrs.) a valores mínimos. Estos resultados, en conjunto con los de Al-Ani, et al., (1972) y Benzioni y Dunstone, (1986), indican que la jojoba bajo condiciones severas de sequía, promueve el cierre de sus estomas durante las primeras horas de la mañana y los mantiene cerrados el resto del día. De esta forma, la planta logra una recuperación parcial del estatus de agua lo cual le permite sobrevivir bajo esas condiciones.

Consecuentemente, es posible señalar que la jojoba, opera durante todo el año, bajo condiciones ambientales extremas, desde húmedas y frías (Invierno - Primavera) hasta secas y calientes (Verano - Otoño). Esto se debe a la capacidad que tiene de promover variaciones diarias y estacionales de su Y_x , permitiéndole a la planta ajustar su funcionamiento a las condiciones ambientales prevalecientes. De tal forma, la jojoba es considerada como capaz de evitar la sequía, empleando para este fin, diversos mecanismos fisiológicos y morfológicos como la reducción en la actividad fotosintética, la tasa de respiración, la pérdida de carbono; el tamaño de los espacios

intracelulares, la disposición de las hojas, el grosor de sus paredes y la reacción estomática hasta la pérdida de su follaje (Al-Ani, et al., 1972; Adams, et al., 1978; Nerd y Benzioni, 1985; Benzioni y Dunstone, 1986).

Walter y Stadelman, (1974), observaron un curso casi constante de la Y_x en especies suculentas a semejanza con los resultados obtenidos en este trabajo de *I. columnaris* (cirio). Esta característica pone en evidencia la cercanía de esta especie con el grupo de las suculentas. El cirio, presenta un mecanismo de almacenamiento temporal de agua en su tallo, lo que le permite mantener dentro de un nivel favorable su Y_x y de esta forma poder asegurar su estabilidad funcional durante los períodos drásticos de sequía.

En la actualidad no existe información disponible a cerca de *Idria columnaris* con respecto los mecanismos fisiológicos, metabólicos y morfológicos que emplea en respuesta a las condiciones de sequía. A través de este estudio se ha logrado obtener, por primera vez, datos cuantitativos de *Idria columnaris*, sin embargo, es necesario realizar mayor investigación sobre esta especie que permita comprender su comportamiento ante las condiciones ambientales. Así mismo, contribuir al entendimiento de las causas de su distribución restringida.

Debido al amplio rango de los valores estacionales y diarios de la Y_x en las especies arbustivas seleccionadas

(gobernadora y jojoba), se puede concluir, en general, que estas plantas presentan un alto grado de flexibilidad y una gran capacidad de regresar diaria y estacionalmente a valores de tensión relativamente altos, lo suficientemente favorables para su funcionamiento. Así mismo, un estrecho rango de bajos valores de tensión, pueden revelar situaciones de estrés intensivo de agua en estas plantas (Peláez y Bóo, 1987).

c) RELACIONES HIDRICAS SUELO - PLANTA

La gobernadora y la jojoba, presentan una correlación altamente significativa entre la Y_x y el θ_{dw} del suelo a profundidades definidas del perfil (desde los 30 cm). De acuerdo con Hass y Dodd, (1972), estos resultados indican que la Y_x en ambas especies está ligada a fluctuaciones del agua en el suelo.

En SAC los mejores valores de correlación entre la Y_x y el θ_{dw} del suelo, se obtuvieron en las capas mas superficiales (desde los 10 cm) y en CAT, con diferente tipo de suelo, se observaron a niveles mas profundos del perfil (hasta los 50 cm). En convergencia con Böhm, et al., (1977); Ayyad, (1981); Virginia y Jarrel, (1987), estos resultados podrían ser un reflejo de la capacidad adaptativa del sistema radicular que utilizan estas plantas para la obtención de agua. La gobernadora y la jojoba, parecen tener la capacidad de desarrollar espacialmente un sistema radicular en función de las condiciones de agua, las cuales son, como se ha visto, muy dependientes de la

textura del suelo.

La Y_x en el cirio, no mostró una tendencia neta de correlacionarse a una profundidad definida con el θ_{dw} en el suelo. Seguramente, ésto es debido a las característica que presenta esta especie de almacenar temporalmente agua en su tallo. Resultados que coinciden con los obtenidos en especies suculentas de zonas áridas encontrados por Walter y Stadelman, (1974).

Así, las plantas bajo estudio, muestran mecanismos diferentes de adaptación, lo cual puede explicar, en parte, la posibilidad de coexistencia en el mismo hábitat.

CONCLUSIONES

Se encontró que, a niveles y distribución de precipitaciones semejantes, la dinámica del agua en el suelo (θ_{dw}), fue diferente entre los sitios de muestreo, debido a que está determinada, principalmente, por la textura del suelo. Estos resultados obtenidos en el Desierto Central, reafirman el importante papel que juega la textura del suelo como regulador del agua para los organismos.

El análisis de los datos y las correlaciones obtenidas, indicaron que las tensiones del agua en el xilema (Y_x) en *L. tridentata* y *S. chinensis*, están mayormente afectadas por variaciones del agua en el suelo que en *I. columnaris*. Se encontró que *L. tridentata* y *S. chinensis*, mantienen un amplio rango en sus valores diarios y estacionales de la Y_x , en comparación con *I. columnaris* que mantiene un curso casi constante de sus valores de Y_x a lo largo de todo el año, lo cual refleja notablemente, una mayor dependencia del agua almacenada en su tallo. En términos generales, la Y_x de las especies bajo estudio, declinó con el aumento de temperatura y el descenso del agua en el suelo (Julio - Agosto), causando el incremento de los niveles de Y_x . En general, los niveles de Y_x en los arbustos *L. tridentata* y *S. chinensis* fueron mucho mayores que en *I. columnaris*.

El estrés de agua en la planta, expresado en Y_x , está estrechamente relacionada con los procesos fisiológicos y bioquímicos controladores de su desarrollo. Así mismo, los niveles de Y_x en estas especies perenes, indican diferentes relaciones hídricas con su ambiente. Esto pone en evidencia el importante papel que juega el agua en el suelo para el establecimiento y desarrollo de las plantas.

El conocimiento de esta relación, es importante para determinar apropiadamente, el grado de flexibilidad que presentan estas especies para ajustarse a medios donde, el agua es escasa y sujeta a intensas variaciones como se presenta en el Desierto Central de Baja California. Los diversos mecanismos para la obtención de agua, adoptados por las especies estudiadas, podrían evitar una intensa competencia interespecífica y permitir una maximización en el uso del agua para la producción de biomasa vegetal.

RECOMENDACIONES

Este trabajo corresponde al primero que trata sobre las relaciones hídricas suelo - planta en el Desierto Central de Baja California. Debido a esto, es conveniente la continuidad de este tipo de investigaciones para conocer mas este ecosistema y sobre la ecofisiología de especies de uso potencial.

Futuras investigaciones podrían enfocarse a probar el nivel de competencia interespecífica por el agua, para conocer hasta que grado ésta influye sobre el comportamiento ecológico de estas plantas y cuales son los principales mecanismos con que compiten.

Para determinar cual de las especies sufre mayor impacto por la escasez de agua, se debería analizar con mayor detalle el efecto que tiene la tensión hídrica sobre los procesos fisiológicos y reconfirmar los resultados obtenidos en este estudio de la relación hídrica suelo - planta.

Así mismo, es necesario contribuir con el estudio de mas especies del Desierto Central, el cual cuenta con una alta variabilidad de tipos biológicos, para conocer mas a fondo las interacciones ecológicas y poder establecer programas integrales de conservación y manejo.

LITERATURA CITADA

- Adams J.A., F.T. Bingham, M.R. Kaufmann, G.F. Hoffman and D.M. Yermanos, 1978. Responses of stomata and water osmotic and turgor potentials of Jojoba to water and salt stress. Agron. J. 70:381-387.
- Al-Ani H.A., B.R. Strain and H.A. Mooney, 1972. The Physiological Ecology of diverse populations of the desert shrub *Simmondsia chinensis*. J. of Ecology. 60:41-57.
- Ayyad M.A., 1981. Soil - Vegetation - Atmosphere interactions. In: Goodall D.W. and R.A. Perry (Eds.): Arid Land Ecosystems: structure functioning and magnament. 2:9-31. Cambridge Univ. Press.
- Benzioni A. and R.L. Dunstone, 1986. Jojoba: Adaptation to environmental stress and the implications for domestication. The Quarterly Review of Biology. 61(2):177-199.
- Bhom W., H. Maduakor and H.M. Taylor, 1977. Comparison of five methods for characterizing soy-bean rooting density and development. Agron. J. 69:415-419.
- Boyer J.S., 1970. Differing sensitivity of photosynthesis to low leaf water potentials in corn and soy-bean. Plant Physiology. 46:236-239.
- Boyer J.S., 1973. Responses of metabolism to low water potentials in plants. Phytopathology. 63:466-472.
- Branson F.A. and L.M. Shown, 1975. Soil - moisture stress as related to plant - moisture stress in big sagebrush. Journal of Range Management. 28(3):212-215.
- Bratz R.D., 1976. The Central Desert of Baja California, México. Journal of the Idaho Academy of Science. 12(2):58-72.
- Cadwell M.M., 1976. Roots extension and water absorption: 63-85. In: Lange O.L., L. Kappen and E.-D. Schulze (Eds.). Water and plant life. Spring-Verlag, Berlin.
- García E., 1964. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen (para adaptarlos a las condiciones de la República Mexicana): 1-71. México, D.F.
- García E. y P.A. Mosiñor, 1968. Los climas de la Baja California. Memoria 1966-1967. México, D.F.

- Gardner W.R., 1986. Water content: 493-544. In: Klute A. (Ed.). Methods of soil analysis; part 1 - Physical and Mineralogical Methods. 2da. ed. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.
- Gollan T., N.C. Turner and E.-D. Schulze, 1985. The responses of stomata and leaf gas exchange to vapour pressure deficits and soil water content. *Oecologia*. 65:356-362.
- Hass R.H. and J.D. Dodd, 1970. Seasonal water stress pattern in honey mesquite. *Brush Research in Texas*. / 1970:59-62.
- Hass R.H. and J.D. Dodd, 1972. Water stress patterns in honey mesquite. *Ecology*. 53:674-680.
- Hasting J.R. and R.M. Turner, 1965. Seasonal precipitation regimes in Baja California, Mexico. *Geografiska annaler*. 47A(4):204-223.
- Hillel D., 1971. Soil and water. Physical principles and processes. New York and London Academic Press.
- Jones M.M., N.C. Turner and C.B. Osmond, 1981. Mechanisms of drought resistance: 15-37. In: Paleg L.G. and D. Aspinall (Eds.). Physiology and Biochemistry of drought resistance in plants. New York.
- Kaiser W.M., 1987. Methods for studying the mechanism of water stress effects on photosynthesis: 77-93. In: Tenhunen J.D., F.M. Catarino, O.L. Lange and W.C. Oechel (Eds.). Plant response to stress: Functional analysis in Mediterranean Ecosystems. Series 6: Ecological Science. Vol 15. Springer - Verlag; Berlin.
- Lange O.L., L. Kappen and E.-D. Schulze (Eds.), 1976. Water and Plant Life. Problems and modern approaches Ecological Studies. 19:2-6. Springer - Verlag; Berlin.
- Ludlow M.M., 1980. Adaptative significance of stomatal responses to water stress: 123-139. In: Turner N.C and O.J. Kramer (Eds.). Adaptation of plants to water and high temperature stress. Wiley - Interscience. New York.
- Nerd A. and A. Benzioni, 1985. Effect of water deficit and fruit filling on vegetative growth in jojoba: 201-212. In: Zabisky Y. and Wisniak (Eds.). Proc. 6th Inter. Conf. on jojoba. Ben Gurion Univ. Beer Shevau.
- Nielsen E.T., P.W. Rundel and M.R. Sharifi, 1981. Summer water relations of the desert phreatophyte *Prosopis glandulosa* in the Sonoran Desert of southern Calif.

- Oecologia. 50:271-276.
- Noy - Meir I., 1973. Desert Ecosystems: Environment and producers. Annu. Rev. Ecol. Syst. 4:25-51.
- Odening W.R., 1971. The effects of decreasing water potential on net CO_2 exchange of intact woody desert shrubs. Ph.D. Thesis, Duke Univ. Durham, N.C.
- Odening W.R., W.C. Oechel and B.R. Strain, 1979. Non - positive turgor potential and growth in *Larrea*: 151-163. In: Campos E., T.J. Mabry y S. Fernández (Eds.). *Larrea*. Serie El Desierto. Vol. 2. Centro de Inv. en Química Aplicada, Saltillo, Coah., México.
- Oechel W.C., B.R. Strain and W.R. Odening, 1972. Tissue water potential, photosynthesis, ^{14}C -labeled photosynthate utilization and growth in desert shrub *Larrea divaricata* Cav. Ecological Monographs. 42:127-141.
- Peláez D.V. and R.M. Bóo, 1987. Plant water potential for shrubs in Argentina. J. of Range Management. 40(1):6-9.
- Pianka E.R., 1974. Evolutionary Ecology. Harper & Row, New York.
- Raschke K., 1975. Stomatal action. Ann. Rev. Plant Physiol. 26:309-340.
- Roy J., E. Garnier and L.E. Jackson, 1986. Response of two perennial grasses to water availability in different habitats related to successional change under Mediterranean climate conditions: 175-190. In: Tenhunen J.D., F.M. Catarino, O.L. Lange and W.C. Oechel (Eds.). Plant Response to Stress: Functional Analysis in Mediterranean Ecosystems. Serie G; Ecological Sciences, Vol. 15. Springer - Verlag; Berlin.
- Rundel O.W., E.T. Nielsen, M.R. Shafiri, R.A. Virginia, W.M. Jarrell, D.H. Kohl and G.B. Shearer, 1982. Seasonal dynamics of nitrogen cycling for a *Prosopis* woodland in the Sonoran Desert. Plant Soil. 67:343-353.
- Russel R.S., 1977. Plant root systems: their function and interaction with the soil: 298-305. McGraw Hill, London.
- Scholander P.F., H.T. Hammel, D. Bradstreet and E.A. Hemmingsen, 1965. Sap pressure in vascular plants. Science. 148:339-346.

- Schulze E.-D., R.H. Robichaux, J. Grace, P.W. Rundel and J.W. Ehleringer, 1987. Plant water balance. *BioScience*. 37(1):30-37.
- Slatyer, R.D., 1967. Plant - water relationships: 366. Academic Press, New York.
- Snedecor G.W. and W.G. Cochran, 1957. Statistical Methods. 6a. edition. Iowa State Univ. Press. 649 pp.
- Stadelmann E., 1971. The protoplasmatic basis for drought resistance: 337-352. In: McGinnies W.G., B.J. Goldman and P. Paylore (Eds.). Food Fiber, and the arid lands. Univ. Arizona Press, Arizona.
- Strain B.R., 1970. Field measurements of tissue water potential and carbon - dioxide exchange in the desert shrubs *Prosopis juliflora* and *Larrea divaricata*. *Photosynthetica*. 4:118-122.
- Turner N.C., E.-D Schulze and T. Gollan, 1985. The responses to vapour pressure deficits and soil water content, II. In: The mesophytic herbaceous.
- Ungar I.A., 1977. The relationship between soil water potential and plant water potential in two inland halophytes under field conditions. *Bot. Gaz.* 138(4):498-501.
- Virginia R.A. and W.M. Jarrell, 1987. Approaches for studying the function of deep root systems: 108-127. In: Tenhunen J.D., F.M. Catarino, O.L. Lange and W.C. Oechel (Eds.). Plant Response to Stress: Functional Analysis in Mediterranean Ecosystems. Series G; Ecological Sciences, Vol. 15. Springer - Verlag; Berlin.
- Walter H. and E. Stadelman, 1974. A new approach to water relations of desert plants. Reprinted from: Desert Biology, Vol. II; Special Topics on the Physical and Biological Aspects of Arid Regions./ 1974: 213 - 310. Academic Press Inc. New York.