

FACTORES QUE INCIDEN EN LA PROPAGACIÓN POR ESTACAS EN *Prosopis chilensis*

FACTORS AFFECTING *Prosopis chilensis* ROOTING OF CUTTINGS

PATRICIO ARCE¹ Y ORLANDO BALBOA²

SUMMARY

The purpose of this study is to identify some of the factors affecting vegetative propagation, by means of cuttings, in Prosopis chilensis. The work started using juvenile material obtained in the greenhouse (4 to 12 months) and continued with cuttings brought from the field. The effects of temperature, light intensity, aeration, age, starch reserves and hormone concentration on the root induction capacity of the cuttings were evaluated. Cuttings were treated with indol butiric acid (IBA), concentrations between 1.5 to 150 mg/L, and with Felker and Clark solution (1981) for adult material. The rooting media were liquid (tap water) and solid (vermiculite).

Juvenile material rooting results show that optimum IBA concentration was 100 mg/L during 10 minutes. This gave both the highest rooting percentage (80 ± 8 and $68 \pm 7\%$ for 12 and 16 hours photoperiod, respectively) and the largest number of roots of adequate length.

INTRODUCCIÓN

Prosopis es un género de gran importancia en las zonas áridas y semiáridas del mundo. En Chile su distribución abarca desde la I^a Región (20° Lat. S.) hasta el Área Metropolitana (33° Lat. S.), y está representado por 7 especies, de las cuales las más relevantes son *Prosopis tamarugo*, *Prosopis alba* y *Prosopis chilensis*. Algunas de estas especies se usan como plantas forrajeras cuyas vainas y hojas, de alto valor nutritivo, son consumidas por ganado caprino y ovino (Habit, 1981; CORFO, 1985; Zaroug, 1985). Además su biomasa leñosa se aprovecha como combustible y la madera de mayores dimensiones, como fuente de material de construcción (Maldonado, 1985; Muthana, 1985;

Roig, 1985). Es notable en estas especies, la gran variabilidad intra e interespecífica en caracteres tales como forma, tamaño y producción de vainas, contenido de nutrientes de las mismas, tasas de crecimiento, capacidad fijadoras de nitrógeno y grado de resistencia a condiciones ambientales adversas y a patógenos (Felker, 1984; Aguirre y Wrann, 1985; Fernández, 1985; Jordán y Balboa, 1985; Arice y Balboa, 1986). Una forma de mantener alguna de estas características favorables, evitando la variabilidad, es recurrir a la propagación vegetativa. Es así como se ha iniciado este estudio que pretende identificar aquellos factores que inciden en la propagación vegetativa por estacas en *Prosopis chilensis*.

¹Laboratorio de Botánica, P. Universidad Católica de Chile. Casilla 114-D, Santiago - Chile.

²Facultad de Ciencias. Universidad de Chile. Casilla 653, Santiago-Chile.

Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Chile con el N° 431/87. Fecha de recepción: 18 de mayo de 1987.

MATERIALES Y MÉTODOS

I. Propagación de material juvenil:

Se utilizaron 10 grupos de 5 estacas provenientes de plantas madre de 4 a 12 meses de edad obtenidas en el laboratorio a partir de semillas colectadas en la localidad de Chincolco ($32^{\circ}13'S-70^{\circ}50'W$) en 1984. Las estacas fueron cortadas de los juveniles y luego recortadas bajo agua quedando de 15 cms. de largo, con 10 nudos promedio. Se removieron las hojas de los 3 nudos inferiores y se desinfectaron en una solución de Captan al 0.15% durante 10 min. A continuación fueron tratadas con distintas soluciones alcohólicas de ácido indolbútirico (AIB), en concentraciones de 1.50 a 150 mg/L. Los tiempos de exposición de las estacas a la hormona fueron de 10 a 20 minutos, aunque en un ensayo previo se evaluó 2 y 24 horas de exposición. El medio de arraigamiento utilizado fue agua potable, cuya composición se detalla en un anexo.

Los tratamientos se mantuvieron a dos intervalos de temperatura: 15 a 18°C y 28°C a 31°C. Los fotoperíodos evaluados fueron 12 y 16 hrs., las radiaciones 75, 120 y 200 $\mu E/m^2s$, y la humedad relativa entre 30% y 50%. El medio fue aireado con una bomba de acuario Zoo-beko.

II. Propagación de material adulto:

Se utilizaron estacas colectadas en noviembre de 1984 provenientes de árboles adultos de una población de Algarrobos localizada 70 km. al Nor-Oeste de Santiago. Se escogieron ramas de crecimiento del último año, las que se desinfectaron con Captan al 0.15% durante 24 hrs., para luego ser tratadas con solución de arraigamiento. Se evaluó la solución hormonal propuesta por Felker y Clark (1981), en medio sólido (vermiculita) y líquido (agua potable), y también AIB en concentración 100 mg/L, en estos dos medios.

Veinte grupos de 10 estacas fueron expuestos por sus bases a la solución Felker durante 3 segundos, y otros 20 grupos de 10 estacas se expusieron 3 veces a una solución de AIB 100 mg/L durante 10 min. existiendo un intervalo de 96 hrs. entre cada exposición. A continuación, de los 20 grupos de estacas en cada trata-

miento, 10 se trasladaron a potes con vermiculita y otros 10 potes con agua potable. Por último, 5 grupos por cada tratamiento se cubrieron con bolsas de polietileno, y los 5 restantes se dejaron como controles. Los potes con las estacas se mantuvieron en una cámara (Lab-Line Biotronette, Mark IV) provista de control de fotoperíodo y temperatura. Las condiciones de arraigamiento utilizadas fueron temperatura entre 28 y 31°C, fotoperíodo de 12 hrs., radiación de 200 $\mu E/m^2s$, humedad relativa entre 30% y 50%.

III. Estudio histológico de reservas de almidón en tallos juveniles de *Prosopis chilensis*:

La metodología utilizada para el estudio histológico fue una modificación a la descrita por Montenegro (1985). El procedimiento seguido fue tomar segmentos de 1 cm. de largo de estacas juveniles de 4 meses o un año las cuales habían sido inducidas a arraigar con AIB. Los segmentos se fijaron en F.A.A. (Formalina, ácido acético y alcohol etílico), se deshidrataron en una bacteria graduada de alcoholes (butanol terciario) y se incluyeron en paraplast. A continuación se realizaron cortes transversales seriados de 10 μ de grosor, los que se tiñeron con lugol (I_2 , KI) por 15 minutos para luego observarlos y fotografiarlos al microscopio.

RESULTADOS

I. Propagación de material juvenil:

La figura 2 muestra el efecto de diferentes concentraciones de AIB en el porcentaje de arraigamiento de estacas de *Prosopis chilensis*. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.001$) según ANOVA, entre los dos tratamientos (2 y 24 hrs.), en cada una de las concentraciones ensayadas. Se observa que las concentraciones de mejor respuesta de arraigamiento son 6 mg/L durante 24 hrs. y 25 mg/L durante 2 hrs., obteniéndose 70% y 62% respectivamente. Concentraciones más altas y tiempos más prolongados decrecen la respuesta de la estaca.

El efecto del Fotoperíodo, concentración hormonal y tiempo de exposición de la estaca a la hormona, se observa en las figuras 3 y 4.



FIGURA 1
ESTACAS ARRAIGADAS DE *PROSOPIS CHILENSIS* EN MEDIO LÍQUIDO
A. MATERIAL JUVENIL, B. MATERIAL ADULTO.
Prosopis chilensis rooted cuttings in liquid media
A. Juvenile material, B. Adult material.

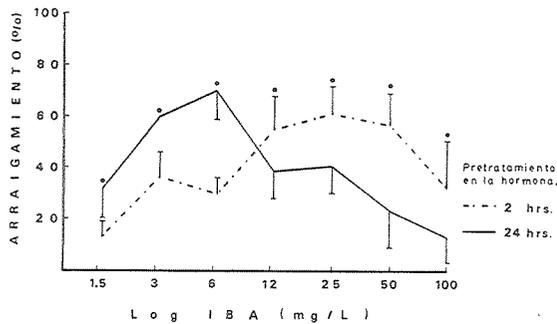


FIGURA 2
EFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES
DE AIB EN EL PORCENTAJE DE
ARRAIGAMIENTO DE ESTACAS JUVENILES
DE *PROSOPIS CHILENSIS*
*Effect of different IBA concentrations on rooting
percentage in juveniles Prosopis chilensis cuttings.*

*Diferencias significativas entre ambos tratamientos ($P < 0.001$).

Para fotoperíodo de 12 hrs. (fig. 3), en general se encuentra que con 100 mg/L se obtiene mayor porcentaje de arraigamiento, número de raíces y longitud de las mismas. No siendo significativa la diferencia entre 10 y 20 minutos en ninguno de los tres parámetros estudiados para esta concentración. Aunque con 50 mg/L, se obtiene mayor longitud de raíces, en 20 minutos de pretratamiento de la estaca en la hormona, la diferencia no fue significativa al comparar con 100 mg/L. Para fotoperíodo de 16 hrs. (fig. 4); también se obtiene que tanto para 10 minutos como para 20 minutos de pretratamiento de la estaca en la hormona, 100 mg/L es la concentración más promisoría, salvo en el porcentaje de arraigamiento de la estaca, en que con 20 minutos de pretratamiento de la estaca, 50 mg/L fue la concentración de mejor respuesta.

La temperatura e intensidad luminosa pare-

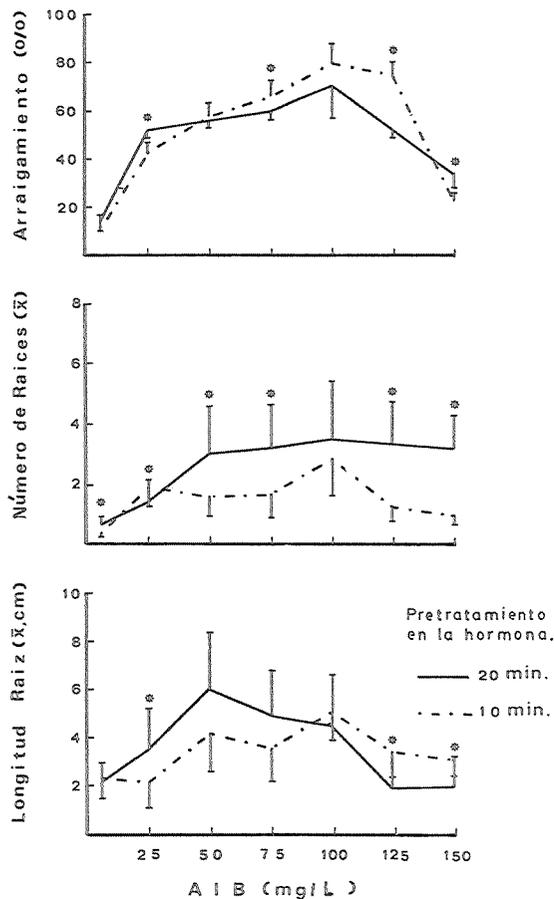


FIGURA 3
EFFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE AIB EN EL PORCENTAJE DE ARRAIGAMIENTO, NÚMERO Y LONGITUD DE RAÍCES EN ESTACAS JUVENILES DE *PROSOPIS CHILENSIS* EN FOTOPERÍODO DE 12 HORAS

Effect of different IBA concentrations on rooting percentage, number and length of roots in juvenile Prosopis chilensis cuttings, 12 hour photoperiod.

*Diferencias significativas entre ambos tratamientos (< 0.001).

cen ser determinantes en la respuesta de arraigamiento de las estacas de *Prosopis chilensis* (fig. 5), se encuentra que para una misma temperatura e intensidad luminosa, siempre los porcentajes de estacas que hacen callo son mayores que los porcentajes de las estacas que hacen raíces, pero las diferencias no son significativas. Además, para las tres intensidades luminosas analizadas, siempre la respuesta en

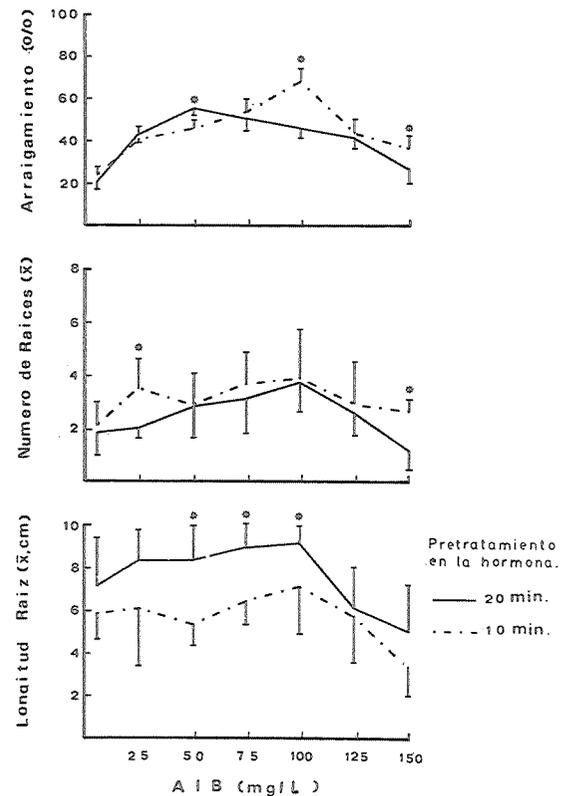


FIGURA 4
EFFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE AIB EN EL PORCENTAJE DE ARRAIGAMIENTO, NÚMERO Y LONGITUD DE RAÍCES EN ESTACAS JUVENILES DE *PROSOPIS CHILENSIS* EN FOTOPERÍODO DE 16 HORAS.

Effect of different IBA concentrations on rooting percentage, number and length of roots in juvenile Prosopis chilensis cuttings, 16 hour photoperiod.

*Diferencias significativas entre ambos tratamientos ($P < 0.001$).

el rango de temperatura entre 28-31°C, fue significativamente mejor que la encontrada en el rango entre 15-18°C, tanto para callo como para raíces ($P < 10^{-11}$). También conforme se aumenta la intensidad luminosa desde 75 a 200 $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$, se incrementa significativamente el porcentaje de las estacas que hacen callo ($P < 10^{-23}$), como las que arraigan ($P < 10^{-24}$), alcanzando hasta un 80%. Por último, es interesante destacar que la interacción de los factores temperatura e intensidad luminosa también

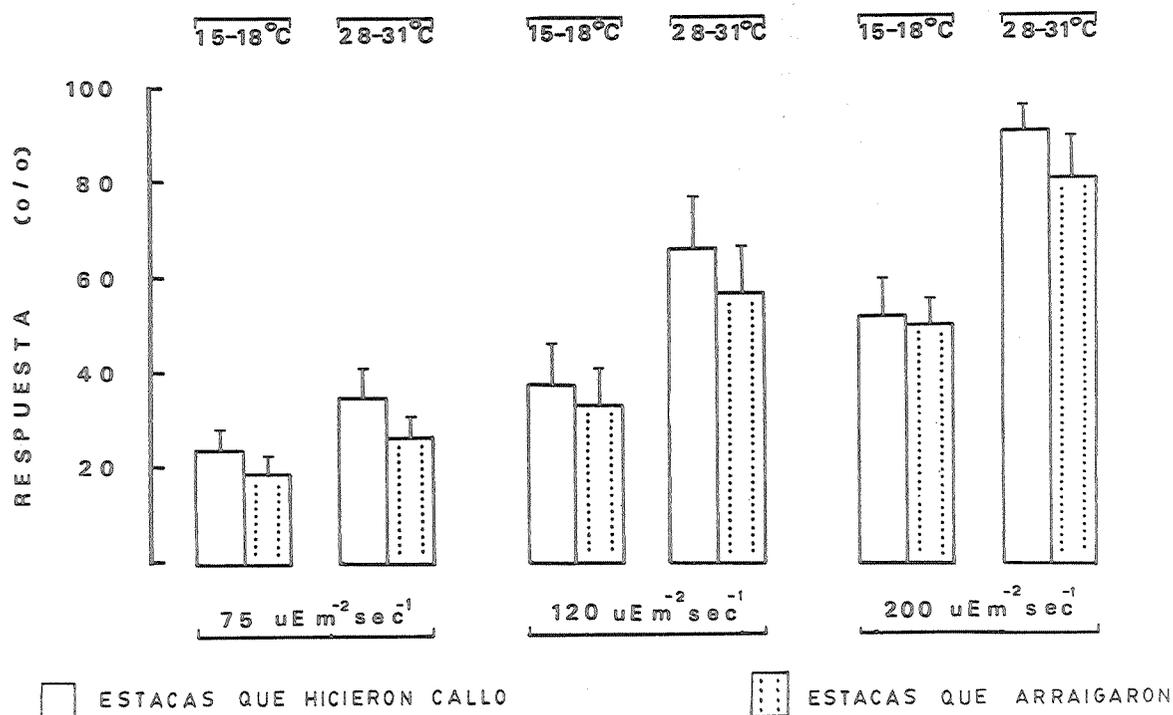


FIGURA 5
 EFECTO DE LA TEMPERATURA E INTENSIDAD LUMINOSA EN EL ARRAIGAMIENTO DE ESTACAS JUVENILES DE *PROSOPIS CHILENSIS*
Effect of temperature and light intensity on the rooting of juvenile Prosopis chilensis cuttings.

afectan significativamente ($P < 10^{-6}$) la formación de callo y raíces.

Utilizando temperatura (28-31°C), intensidad luminosa (200 $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$) y concentración hormonal más eficiente en la respuesta de arraigamiento (100 mg/L), se evaluó el efecto del burbujeo de aire, edad de la planta madre y fotoperíodo en la capacidad de arraigamiento de estacas de *Prosopis chilensis* (cuadro I). Se encontró un marcado efecto del fotoperíodo (12 hrs. o 16 hrs.) en la capacidad de arraigamiento de material de 4-5 meses, en el que las diferencias fueron significativas. En estacas de 11-12 meses, en cambio, sólo hubo estas diferencias en el tratamiento no aireado (cuadro 1). La edad evaluada, parece no incidir en la capacidad de arraigar de las estacas cuando el fotoperíodo es de 12 horas, pero sí afecta significativamente en fotoperíodo de 16 horas. Por último, la aireación sólo afectó significativamente en el porcentaje de arraigamiento de estacas de *Prosopis chilensis*, en material de 11-12 meses cuando el fotoperíodo fue de 16 horas.

CUADRO 1
 EFECTO DEL BURBUJEO DE AIRE, EDAD DE LA PLANTA MADRE Y FOTOPERÍODO EN LA CAPACIDAD DE ARRAIGAMIENTO DE ESTACAS JUVENILES DE *PROSOPIS CHILENSIS*
Effect to bubbling, age of mother plant and photoperiod on the rooting capacity of juvenile Prosopis chilensis cuttings

	Arraigamiento (%)	
	Fotoperíodo (Hrs)	
	12	16
Aireado		
4-5 Meses	77.6 ± 4.3 ^d	64.6 ± 5.2 ^{ab}
11-12 Meses	81.7 ± 6.2 ^d	78.1 ± 7.6 ^d
No aireado		
4-5 Meses	73.9 ± 3.9 ^{cd}	60.2 ± 4.9 ^a
11-12 Meses	78.6 ± 6.2 ^d	69.4 ± 6.7 ^{bc}

Distinta letra indica diferencia significativa según test de Tukey ($P < 0.001$).

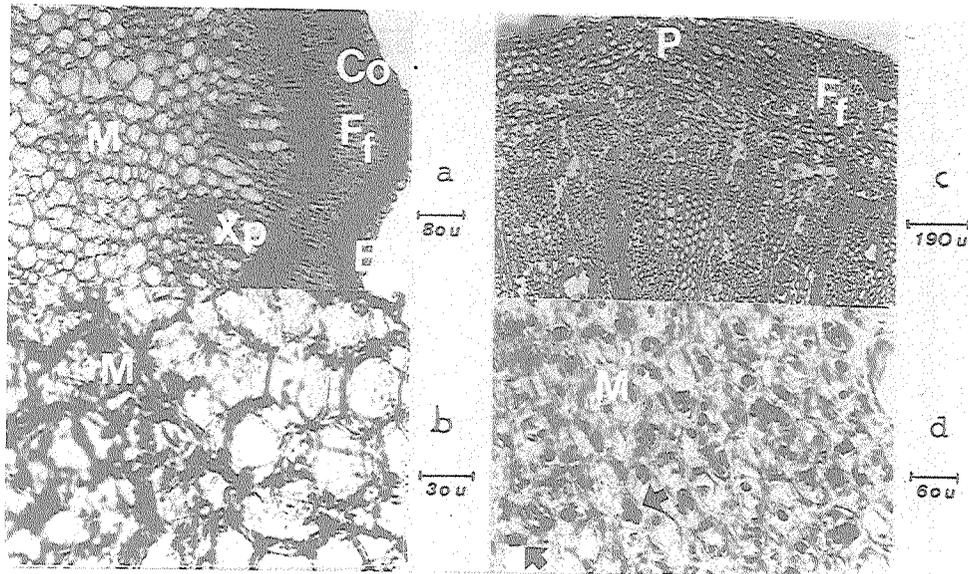


FIGURA 6

CORTE TRANSVERSAL DE TALLO JUVENIL DE *PROSOPIS CHILENSIS*.
 a-b ESTACA 4-5 MESES; c-d: ESTACA 11-12 MESES. X_p: XILEMA PRIMARIO,
 Co: CORTEX, E: EPIDERMIS, Ff: FIBRAS FLOEMÁTICAS, M: MÉDULA,
 P: PERIDERMIS. LA FLECHA INDICA PRESENCIA DE ALMIDÓN.

*Transversal cut of juvenile Prosopis chilensis stem. a-b: cuttings 4-5 months;
 c-d: cuttings 11-12 months. X_p: Primary xylem, Co: cortex, E: epidermis,
 Ff: phloematic fibers, M: pith, P: periderm. Arrow points to starch granules.*

CUADRO 2

EFFECTO DEL BURBUJEO DE AIRE, EDAD DE LA PLANTA
 MADRE Y FOTOPERÍODO EN EL NÚMERO Y LONGITUD
 DE LAS RAÍCES DE ESTACAS JUVENILES
 DE *PROSOPIS CHILENSIS*

*Effect of bubbling, age of mother plant and photoperiod on the number
 and length of roots in juvenile Prosopis chilensis cuttings*

Fotoperíodo (Hrs)	Número raíces		Longitud raíz (cm)	
	12	16	12	16
Aireado				
5-5 Meses	7.5 ± 3.1 ^b	7.8 ± 3.6 ^b	8.0 ± 3.3 ^b	7.6 ± 3.1 ^b
11-12 Meses	8.6 ± 3.4 ^b	8.4 ± 3.2 ^b	9.2 ± 2.8 ^b	8.4 ± 3.4 ^b
No aireado				
4-5 Meses	3.2 ± 2.1 ^a	3.5 ± 1.9 ^a	4.5 ± 2.8 ^a	5.8 ± 2.9 ^a
11-12 Meses	4.1 ± 3.0 ^a	4.2 ± 2.3 ^a	5.1 ± 3.2 ^a	4.5 ± 2.6 ^a

Distinta letra indica diferencia significativa según test de Tukey (P<0.001).

En relación al efecto del burbujeo de aire, edad de la estaca y fotoperíodo sobre el número y longitud de raíces en *Prosopis chilensis* (cuadro 2), se encontró que sólo la aireación afecta significativamente tanto el número de raíces como su longitud. En las condiciones ensayadas la edad y el fotoperíodo no determinan diferencias en cantidad y longitud de raíces, en estacas juveniles de *Prosopis chilensis*.

II. Propagación de material adulto:

En la Tabla 3 se aprecia el arraigamiento de

estacas obtenidas de árboles de *Prosopis chilensis* de la localidad de Peldehue. Se observa que tanto en vermiculita como en agua potable, la solución propuesta por Felker y Clark no induce respuesta. Al tratar la estaca con AIB 100 mg/L, se encuentra bajo porcentaje de formación de raíces en medio líquido, en cambio con la misma concentración en medio sólido no se consiguió respuesta. No hubo diferencias significativas cuando las estacas tratadas con AIB 100 mg/L fueron cubiertas con bolsas de polietileno en relación a cuando no lo fueron.

C U A D R O 3
ARRAIGAMIENTO DE ESTACAS DE *PROSOPIS CHILENSIS*
EN MEDIO SÓLIDO (VERMICULITA) Y LÍQUIDO
(AGUA POTABLE) A PARTIR DE ÁRBOLES DE TERRENO
*Rooting of Prosopis chilensis cuttings from adult trees in the field,
in solid media (Vermiculite) and liquid (tap water)*

	Solución cubierta	Arraigamiento (%)		
		Felker-Clark no cubierta	AIB Cubierta	100 mg/L No cubierta
Vermiculita	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
Agua potable	0 ^a	0 ^a	9.0 ± 5.1 ^b	6.0 ± 2.5 ^b

Distinta letra indica diferencia significativa según test de Tukey ($P < 0.001$).

DISCUSIÓN

Con anterioridad no han sido muchos los trabajos que han informado la propagación vegetativa por estacas en material proveniente de árboles o arbustos que crecen en zonas áridas (Chase y Strain, 1966; Nord y Goodin, 1970; Wieland y col., 1971; Everett y col., 1978). En los últimos años por el creciente interés en forestar zonas áridas y semiáridas con material seleccionado se han incrementado el número de trabajos en esta área y dada la importancia del género *Prosopis*, muchas de tales comunicaciones se refieren exclusivamente a este género (Felker y Clark, 1981; Souza y Nascimento, 1984; Arce, 1985; Klass y col., 1985; Balboa y col., 1987).

Todos los trabajos anteriores de propagación vegetativa por estacas, se han realizado en medio sólido y el sustrato sobre el cual se

deposita el material luego de ser tratado, ha sido tierra, arena, vermiculita, o mezclas de éstos. Este es el primer trabajo de arraigamiento en *Prosopis chilensis* que se realiza en medio líquido, y se ha encontrado buena inducción de raíces tanto en material juvenil como adulto (Fig. 1).

La literatura señala concentraciones hormonales entre 2.000 y 10.000 mg/L y más, para inducir arraigamiento en *Prosopis* (Felker y Clark, 1981; Souza y Nascimento, 1984; Klass y col., 1985). Sin embargo, en los resultados se muestra que concentraciones de AIB relativamente bajas, pero con tiempos de exposición a la fitohormona más prolongados, se obtienen altos porcentajes de arraigamiento (Fig. 2). Cuando la estaca es expuesta a la hormona durante 24 horas, sólo 6 mg/L de AIB son necesarios para alcanzar un 20% de arraigamiento, pero si se expone a una mayor concen-

tración hormonal como por ejemplo 25 mg/L, se requieren sólo 2 horas para alcanzar un 60% de arraigamiento (Fig. 2). Este mismo hecho se muestra en las figuras 3 y 4 en que con tiempos de exposición de 10 y 20 minutos se requieren concentraciones de 50 o 100 mg/L de AIB para obtener altos porcentajes de arraigamiento, número y longitud de raíces. Concentraciones más altas o tiempos de exposición más prolongados, hacen decrecer la respuesta de arraigamiento. Esta disminución en la capacidad de las estacas de inducir nuevas raíces, se debe a que la hormona se disuelve en alcohol o acetona, por lo que soluciones hormonales más concentradas contienen mayor cantidad de solvente, el que es dañino para el tejido vegetal decreciendo el porcentaje de arraigamiento (resultados no publicados).

La temperatura y la radiación son determinantes en la capacidad de las estacas de formar raíces. Temperaturas entre 28-31°C permitieron 80% de arraigamiento a una radiación de 200 $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$, mientras que temperaturas entre 15-18°C en la misma radiación sólo alcanzaron a un 50% (Fig. 5). Esto está de acuerdo a lo encontrado por Klass y col. (1985), en que a 35°C obtuvo el óptimo en número y largo de raíces en estacas de *Prosopis alba*. Sin embargo, estos mismos autores encontraron que temperaturas de 20°C o 42°C inhibieron la formación de raíces. Por otro lado, la radiación también influye en la capacidad de regenerar raíces y desarrollar brotes en estacas de *Prosopis chilensis*. Radiaciones inferiores a 200 $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ implicaron significativas disminuciones en el porcentaje de arraigamiento (Fig. 5).

Las condiciones de intensidad luminosa que favorece con la formación de raíces, no están claras del todo. Se ha demostrado que la baja irradiación de plantas madre (dadoras de estacas) es beneficiosa para la subsecuente regeneración de raíces en estacas de numerosas especies (Hansen y Eriksen, 1974; Hansen y col., 1978; Eliasson y Brunen, 1980; Rajogopal y Andersen, 1980; Weigel y col., 1984). Sin embargo, altas intensidades luminosas recibidas directamente por estacas, son beneficiosas para el eventual arraigamiento de éstas. Este es el caso de *Prosopis*, que con altas radiaciones se consiguen las mejores respuestas de arraiga-

miento (Klass y col., 1985; Arce y Balboa, 1986; Balboa y col., 1987).

El hecho de que altas radiaciones luminosas determinen mejor respuesta, ha sido generalmente interpretado por un aumento en las tasas de fotosíntesis y cambios en las traslocación de hidratos de carbono desde las hojas hacia el sitio de formación de raíces (Weigel y col., 1984; Klass y col., 1985). Otro de los efectos descritos y asociados al nivel de irradiación recibido, es el aumento en el transporte y acumulación de AIA en la base de la estaca (Eliezer y Morris, 1980; Baadmand y Andersen, 1984). Existen numerosas evidencias experimentales que muestran la dependencia del nivel endógeno de auxina, en el proceso de iniciación de raíces (Hemberg, 1954; Hengst, 1959). Esta observación ha sido corroborada induciendo neoformación de raíces mediante aplicación exógena de auxina o sus derivados (Gorter, 1969; Samanta y col., 1972; Beck y Sink, 1974; Eriksen y Mohammed, 1974; Mohammed y Eriksen, 1974).

En estacas de especies que pueden arraigar con y sin pretratamiento de AIB, se ha visto que la alta radiación favorece este proceso en el material tratado, lo que no ocurre si no se suministra AIB (Jarvis y Ali, 1985). Se ha propuesto como mecanismo de acción del AIB en el arraigamiento, el aumento en el transporte de AIA desde las hojas al sitio de formación de raíces (Jarvis y Both, 1981). Por lo anterior, uno de los efectos probables (directo o indirecto) de la radiación y AIB en la estaca, es modular la concentración endógena de AIA en ella.

Estudios con AIA radiactivo en el proceso de formación de raíces, mostraron que el rol de esta hormona era incrementar la cantidad de azúcares en la zona en que se induce arraigamiento (Altman y Wareing, 1975). Según muchos autores, la sacarosa es el carbohidrato esencial para la iniciación de este proceso (Greenwood y Berlyn, 1973; Altman y Wareing, 1975, Vierskov y col., 1976).

No se sabe cuál es el rol que los diferentes carbohidratos juegan en el arraigamiento de estacas de *Prosopis chilensis*. Sin embargo, aunque en general no se encontraron diferencias significativas en la respuesta de arraigamiento con la edad del material juvenil (5 meses a 1 año), siempre los porcentajes de arraiga-

gamiento más altos coinciden con el mayor número y longitud de raíces, y éste se encontró en estacas de un año (cuadro 1 y 2). Este hecho puede estar relacionado con la cantidad de sustancias de reserva almacenadas en el tallo, puesto que, al evaluar cualitativamente este material, mediante estudio histológico con microscopía óptica, encontramos mayor cantidad de almidón en tallos de 11-12 meses que de 4-5 meses (Fig. 6). La hidrólisis de estas reservas y su traslocación en la estaca pueden tener un papel fundamental en el proceso de arraigamiento en *Prosopis chilensis*.

El efecto de la aireación en la capacidad de arraigamiento, número y longitud de raíces en estacas de *Prosopis chilensis*, se observa en los cuadros 1 y 2. El hecho de que la aireación afecte significativamente el número y longitud de raíces, puede estar relacionado con el coeficiente de difusión del oxígeno en agua, el que decrece considerablemente con la temperatura (Green y Carrit, 1967; Armstrong, 1971). Los ensayos se realizaron a 30°C aproximadamente, por lo que las estacas en el tratamiento no aireado, se deben haber encontrado en anaerobiosis parcial, lo que se refleja en el número y longitud de sus raíces. Se ha descrito como respuestas a la anaerobiosis en la raíz, cierre parcial de los estomas y alteraciones en el estado hídrico general de la planta, lo que culmina con la caída de las hojas (Andersen y col., 1984).

Esto no fue observado en el material juvenil, pero sí en las estacas provenientes de árboles de terreno, las que en los primeros 4-5 días de cortadas botaron sus hojas en todos los tratamientos evaluados. A pesar de que el arraigamiento conseguido en estacas de terreno no superó el 9,0%, esto no es desalentador pues este material una vez plantado puede ser utilizado como dador de nuevas estacas, las que arraigan en un 80% (Arce y Balboa, 1986). Estos resultados no coinciden con la respuesta encontrada en otras especies de este género, e incluso en *Prosopis chilensis* de otras regiones, ya que cuando sus estacas han sido expuestas a altas concentraciones hormonales que promueven el arraigamiento, ha sido posible inducir formación de raíces en altos porcentajes (Felker y Clark, 1981; Souza y Nascimento, 1985; Klass y col., 1985).

Esto sugiere que *Prosopis chilensis* creciendo en condiciones naturales, en Chile, desarrolla características peculiares, de modo que la respuesta encontrada no es extrapolable a la de otros algarrobos que crecen en plantaciones experimentales o en ambientes de menor aridez. Resultados no publicados muestran que la aparición de esclerenquima en la periferia de la estaca y la contaminación especialmente fúngica, son problemas en *Prosopis chilensis* que decrecen el porcentaje de arraigamiento. Evaluación de otros métodos de desinfección y recolección de estacas antes de la aparición de la peridermis, se hace necesaria para incrementar la respuesta de arraigamiento en esta especie.

RESUMEN

Este estudio pretende identificar algunos factores que inciden en la propagación vegetativa por estacas en *Prosopis chilensis*. El trabajo se inició partiendo de material juvenil obtenido en el laboratorio (4-12 meses) y se continuó con estacas de árboles de terreno. Se evaluó el efecto de la temperatura, radiación, aireación, edad, reservas de almidón y concentración hormonal en la capacidad de las estacas de inducir raíces. Las estacas fueron pretratadas con ácidos indolbutírico (AIB) en concentraciones de 1.5 a 150 mg/L y además con solución Felker y Clark (1981) en el caso de material adulto. Los medios de arraigamiento fueron líquido (agua potable) y sólido (vermiculita).

Los resultados indican que la concentración óptima de AIB para el arraigamiento de material juvenil fue 100 mg/L durante 10 minutos. En esta concentración no sólo se obtuvo el máximo porcentaje de arraigamiento (80 ± 8 y $68 \pm 7\%$ para fotoperíodo de 12 y 16 horas respectivamente, sino que el número y longitud de raíces fueron también adecuados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Academia de Ciencias/Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos de Norte América, por el apoyo financiero para esta

investigación a través del proyecto FGT-CL-2-83-31. Igualmente se desea agradecer a la se-

ñora Gloria Montenegro y al señor Luis González por su asesoría técnica.

ANEXO

COMPOSICIÓN DEL MEDIO DE ARRAIGAMIENTO LÍQUIDO (AGUA POTABLE):

Las características y composición iónica del medio de arraigamiento fueron determinadas en el Departamento de calidad de aguas de la Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias (EMOS).

pH	7,600
Residuo filtrable	755,000 mg/l
Dureza (Ca CO ₃)	376,000 mg/l
Alcalinidad (CO ₃)	102,000 mg/l
SO ₄ ⁼	275,000 mg/l
Cl ₂	141,000 mg/l
Mg	13,000 mg/l
NO ₃ ⁼	< 0,500 mg/l

F ₂	0,140 mg/l
Fe	< 0,100 mg/l
NH ₄ ⁺	< 0,050 mg/l
Zn	< 0,050 mg/l
Mn	< 0,050 mg/l
Cr IV	< 0,050 mg/l
As	< 0,030 mg/l
Pb	< 0,030 mg/l
Cu	< 0,010 mg/l
NO ₂ ⁼	< 0,010 mg/l
CN	< 0,010 mg/l
Detergentes (LAS)	< 0,010 mg/l
Cd	< 0,010 mg/l
Se	< 0,005 mg/l

LITERATURA CITADA

- AGUIRRE, J. y J. WRANN, 1985. Especies del Género *Prosopis* y su manejo en la Pampa del Tamarugal. En Estado actual del conocimiento sobre *Prosopis tamarugo*. Habit, M.A. FAO-Roma (Ed.) pp. 3-33.
- ALTMAN, A. and P.F. WAREING. 1975. The effect of IAA on sugar accumulation and basipetal transport of 14-C-labelled assimilates in relation to root formation in *Phaseolus vulgaris* cuttings. *Physiol. Plant.* 33: 32-38.
- ANDERSEN, P.; P. LOMBARD and M.N. WESWOOD, 1984. Effect of root anaerobiosis on the water relations of several *Pyrus* species. *Physiol. Plant.* 62: 254-252.
- ARCE, P., 1985. Identificación de los factores que controlan la propagación vegetativa de *Prosopis chilensis*. *Arch. Biol. Med. Exp.* Vol. 18 N° 2, pp. 183.
- ARCE, P. y O. BALBOA, 1986. Antecedentes del Género *Prosopis* en Chile. II Encuentro Internacional de *Prosopis* Recife. Brasil.
- ARMSTRONG, W. 1971. Oxygen diffusion from the foot of rice grown under non-waterlogged conditions. *Physiol. Plant.* 24: 242-247.
- BAADSMAND, S. and A.S. ANDERSEN, 1984. Transport and accumulation of indole -3- acetic in pea cuttings under two levels of irradiance. *Physiol. Plant.* 61: 107-113.
- BALBOA, O.; I. CORTÉS y P. ARCE. 1987. Propagación vegetativa de *Prosopis*. Investigaciones, problemas y perspectivas. *Interciencia.* 12: 27-31.
- BECK, G. and K.C. SINK. 1974. The response of poinsettia cultivars to auxins in root promotion of stem cuttings. *Sci. Hortic.* 2: 231-236.
- CHASE, V.C. and B.R. STRAIN. 1966. Propagation of some woody desert perennials by stem cuttings. *Madrono* 18: 240-243.
- CORFO, GERENCIA DE DESARROLLO. 1985. Valoración nutricional de tamarugo y algarrobo y perfiles metabólicos de ovinos y caprinos en la Pampa del Tamarugal. En Estado actual del conocimiento sobre *Prosopis tamarugo*. Habit, M.A. FAO-Roma (Ed.) pp. 75-121.
- ELLIASSON, L. and L. BRUNES. 1980. Light effects on root formation in aspen and willow cuttings. *Physiol. Plant.* 48: 261-265.
- ELIEZER, J. and D.A. MORRIS. 1980. Cell length, light and ¹⁴C-labelled indole 3 y 1-acetic acid and transport in *Pisum sativum* and *Phaseolus vulgaris* L. *Planta.* 149: 327-331.
- ERIKSEN, E.N. and MOHAMMED. 1974. Root

- formation in pea cuttings. II The influence of indole-3-acetic acid at different developmental. *Physiol. Plant.* 30: 158-162.
- EVERETT, R.L.; R.O. MEEUWING and J.O. ROBERTSON. 1978. Propagation of Nevada shrubs by stem cuttings. *J. Range Manage.* 31: 426-429.
- FELKER, P. 1984. Legume trees in semi-arid and arid areas. *En Pesquisa agropecuaria brasileira, EMBRAPA. Brasil.* pp. 47-58.
- FELKER, P. and P.R. CLARK. 1981. Rooting of Mesquite (*Prosopis*) cuttings. *Journal of Range Management.* 34: 466-468.
- FERNÁNDEZ, P.C. 1985. Trabajos de investigación con especies del género *Prosopis* de la región semiárida del Brasil. *En Estado actual del conocimiento sobre Prosopis tamarugo.* Habit, M.A. FAO-Roma (Ed.) pp. 125-133.
- GORTER, C.J. 1969. Auxin-synergists in the rooting of cuttings. *Physiol. Plant.* 22: 497-502.
- GREEN, E.J. and D.E. CARRIT. 1967. New tables for oxygen saturation of sea water. *J. Mar. Res.* 25: 140-147.
- GREENWOOD, M.S. and G.P. BERLYN. 1973. Sucrose-indole-3-acetic acid interactions on root generation by *Pinus lambertiana* embryo cuttings. *Amer. J. Bot.* 50: 42-47.
- HABIT, M.A. 1981. *Prosopis tamarugo*: Arbusto forrajero para zonas áridas. Producción y Protección Vegetal N° 25, FAO-Roma.
- HANSEN, J. and E.M. ERIKSEN. 1974. Root formation of pea cuttings in relation to the irradiance of the stock plants. *Physiol. Plant.* 32: 170-173.
- HANSEN, J.; L.A. STROMQUIST and A. ERICSON. 1978. Influence of the irradiance on carbohydrate content and rooting of cuttings of pine seedlings (*Pinus sylvestris* L.). *Plant. Physiol.* 61: 975-979.
- HEMBERG, T. 1954. The relation between the occurrence of auxin and the rooting of hypocotyls in *Phaseolus vulgaris* L. *Physiol. Plant.* 7: 323-331.
- HENGST, K.H. 1959. Unter suchung der 3^{ur} Physiologie der regeneration in der Gattung *Streptocarpus*. I. Die Wirkungsweise einiger Substanzen auf die Regenerationsprozesse. *S. Bot.* 47: 306-345.
- JARVIS, B.C. and A. BOOTH. 1981. Influence of indole-butyric acid, boron, myo-inositol, Vitamin D₂ and seedling age on adventitious root development in cuttings of *Phaseolus aureus* Roxb. *Physiol. Plant.* 53: 213-218.
- JARVIS, B.C. and A.H. ALI. 1985. The influence of irradiance on root regeneration in stem cuttings of mung bean. *New Phytol.* 102: 233-239.
- JORDÁN, M. and O. BALBOA. 1985. In vitro regeneration of *Prosopis tamarugo* Phil. and *Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz from nodal sections. *Gartenbauwissenschaft* 50: 138-141.
- KLASS, S.; R. BINGHAM; L. FINKER, and P. FELKER. 1985. Optimization of environment for rooting cuttings of highly productive clones of *Prosopis alba* (mesquite/algarrobo). *J. Hort. Sci.* 60: 275-284.
- MALDONADO, L. 1985. Manejo de la cubierta vegetal en zonas áridas. *En Estado actual del conocimiento sobre Prosopis tamarugo.* Habit, M.A. FAO-Roma (Ed.), pp. 151-167.
- MOHAMMED, S. and E.N. ERIKSEN. 1974. Root formation in pea cuttings. IV. Further studies on the influence of indole-3-acetic acid at different developmental stages. *Physiol. Plant.* 32: 94-96.
- MONTENEGRO, G. 1985. Manual de técnicas de estudio estructural y ultra estructural en vegetales. Curso de Post Grado, Anatomía Vegetal Avanzada: Ontogenia y diferenciación en plantas vasculares. Laboratorio de Botánica, Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- MUTHANA, K.D. 1985. Programas de desarrollo de especies *Prosopis* en India. *En Estado actual del conocimiento sobre Prosopis tamarugo.* Habit, M.A. FAO-Roma (Ed.) pp. 191-201.
- NORD, E.C. and J.R. GOODIN. 1970. Rooting cuttings of shrub species for plantings in California wildlands U.S. Dep. Agr. Forest Serv. Res. Note PSW-213.
- RAJAGOPAL, V. and A.S. ANDERSEN. 1980. Water stress and root formation in pea cuttings. I. Influence of the degree and duration of water stress on stock plants under two levels of irradiance. *Physiol. Plant.* 48: 144-149.
- ROIG, V. 1985. Explotación de *Prosopis juliflora* en Thomazev, Haiti. *En Estado actual del conocimiento sobre Prosopis tamarugo.* Habit, M.A. FAO-Roma (Ed.) pp. 147-167.
- SAMANDA, N.; D.P. ORMOD and H.O. ADEDIPE. 1972. Rooting of *Chrysanthemum* stem cuttings as affected by (2-chloro ethyl) phosphoric acid and indol butyric acid. *Ann. Bot.* 36: 961-965.
- SOUZA, S.M. & C.E. NASCIMENTO. 1984. Propagación vegetativa de algarroba a través de estaquia. Petrolina, EMBRAPA-CPATSA. Circular técnica N° 27.
- VIERSKOV, B.; J. HANSEN and A.S. ANDERSEN. 1976. Influence of cotyledon excision and sucrose on root formation in pea cuttings. *Physiol. Plant.* 36: 105-109.
- WEIGEL, V.; W. HORN and B. HOCK. 1984. Endogenous auxin levels in terminal stem cuttings of *Chrysanthemum morifolium* during

- adventitious rooting. *Physiol. Plant.* 61: 422-428.
- WIELNAD, P.A.; E.F. Frolich and A. WALLACE. 1971. Vegetative propagation of woody shrub species from the Northern Mojave and Southern Great Basin deserts. *Madrono* 21: 148-152.
- ZAROUG, M. 1985. Importancia de los árboles y arbustos forrajeros en la productividad de praderas y sistemas agrícolas del cercano Oriente. *En Estado actual del conocimiento sobre *Prosopis tamarugo**. Habit, M.A. FAO-Roma (Ed.) pp. 175-190.