

# Respuestas de los algarrobos al estrés hídrico

● **Diego López Lauenstein, Dra. Mariana Melchiorre y Dr. Aníbal Verga**  
IFFIVE -INTA,  
Córdoba

*Mediante el estudio de los recursos genéticos del Algarrobo en el Chaco árido se pudo comprobar que estos pueden ser clasificados en tres grandes grupos.*

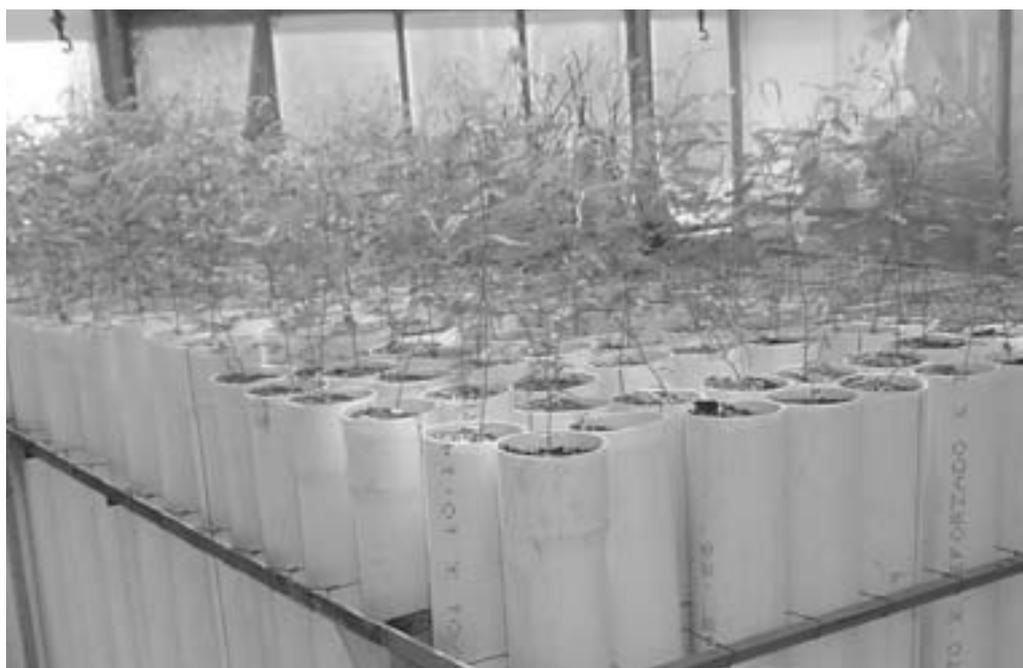
*Dos especies puras por un lado y un grupo heterogéneo de híbridos interespecíficos. Este material dio origen al plan de mejoramiento y conservación. Ahora se hace necesario caracterizar cada uno de los grupos de acuerdo a sus capacidades a fin de lograr criterios de selección que permitan la identificación de grupos de individuos con características acordes para su uso en sistemas productivos sustentables. Un carácter de importancia es su capacidad de supervivencia frente al estrés hídrico en el proceso de enriquecimiento del bosque remanente*

En el Chaco árido, con un déficit hídrico anual de 700 mm, el agua representa una de las limitantes más importantes para la instalación y supervivencia de las plantas. Los mecanismos fisiológicos por los cuales las plántulas de *Prosopis* sobreviven y toleran el estrés hídrico son determinantes en el proceso de instalación de nuevas forestaciones así como del repoblamiento natural. El desarrollo de estrategias adaptativas durante los primeros años son determinantes para la supervivencia bajo estrés hídrico.

Dentro de los mecanismos de adaptación a condiciones de estrés hídrico por las especies

forestales se pueden considerar como las más importantes para la región los de *evitación* y de *tolerancia*. Los mecanismos de evitación mantienen potenciales hídricos altos en las plantas y conservan el consumo de agua en niveles normales. Por otra parte, los mecanismos de tolerancia permiten realizar a las plantas ajustes bioquímicos para poder sobrevivir en condiciones de bajos potenciales hídricos.

La caracterización genética mediante marcadores isoenzimáticos y moleculares ha posibilitado la identificación y clasificación de grupos dentro del género. Estos grupos evolucionaron en ambientes con diferentes regímenes hídricos y



por lo tanto es de suponer que se diferencian fisiológicamente respecto de su tolerancia al estrés hídrico.

Los ensayos comparativos de orígenes y procedencias permiten estudiar la adaptación del género a distintos ambientes a través de la evaluación de parámetros de supervivencia y crecimiento, si embargo no llegan a dilucidar los mecanismos fisiológicos implicados en las respuestas de las plantas cuando son sometidas a condiciones de estrés hídrico. Estudios ecofisiológicos sirven como herramienta para delinear criterios de selección en los programas de mejoramientos y utilización de los recursos forestales nativos.

Para poder identificar variables que posibiliten caracterizar ecofisiológicamente los orígenes genéticos involucrados en el proyecto, se realizó un ensayo donde se sometió al material a diferentes grados de estrés hídrico. El material utilizado fueron semillas provenientes de árboles cosechados en la región del Chaco árido y seleccionados sobre la base de análisis morfológicos e isoenzimáticos. Mediante estos análisis se formaron tres grupos: C, *Prosopis chilensis*; F, *Prosopis flexuosa* y H, híbrido. El ensayo se dispuso con un arreglo factorial en donde el factor 1 fue orígenes genéticos (C, F, H) y el factor 2 fue nivel de estrés hídrico (control, estrés moderado y estrés severo). Para simular los niveles de estrés se midió semanalmente el consumo de agua de cada planta. En el tratamiento control se repuso el 100% del agua consumida; en el de estrés moderado el 50% y en el de estrés severo el 25%. Así se pudo simular una caída paulatina de la disponibilidad de agua del suelo. El ensayo comenzó cuando las plantas tenían 5 meses de edad. Semanalmente se registró la altura, el diámetro y el consumo de agua mediante diferencia de peso de las macetas. Al final del ensayo se cosecharon las plantas y se midió peso seco foliar.

## Resultados

En la Tabla 1 se detallan valores absolutos de los principales parámetros estudiados. Estos registros corresponden a los tres orígenes genéticos que no fueron sometidos a estrés hídrico.

A continuación se presentan: el crecimiento en diámetro, la eficiencia en el uso del agua y el peso seco foliar de cada origen genético para los niveles de estrés moderado y severo respecto de los valores observados en el tratamiento control. Por otro lado se muestra la evolución del consumo de agua durante las siete semanas de observación para el tratamiento de estrés moderado. Estos valores fueron también calculados en relación al tratamiento control.

**Crecimiento en diámetro** (Figura 1): En todos los casos el crecimiento en diámetro disminuye drásticamente cuando cae la disponibilidad de agua. Bajo estrés moderado *P. chilensis* crece el 30% respecto del control y bajo estrés severo solamente el 4%. *P. flexuosa*, bajo condición de estrés moderado disminuye su crecimiento a un 17 % con respecto al control y a un 10 % bajo estrés severo. Por el contrario en el híbrido el crecimiento se mantiene en un 35% del control, tanto bajo estrés moderado como severo.

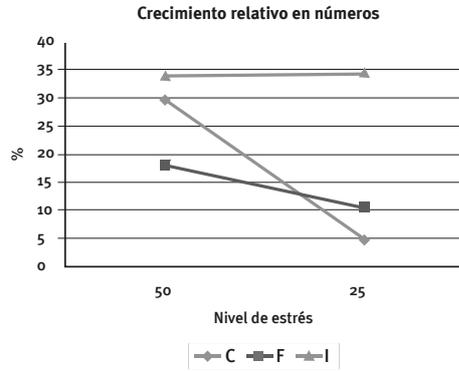
**Consumo de agua:** En ausencia de sequía, no hay diferencias significativas entre los orígenes, pero hay una tendencia de *P. chilensis* a tener un consumo superior de agua. Cuando las plantas son sometidas a estrés severo, muestran una caída muy marcada en el consumo de agua sin diferencias entre los orígenes. Existen, no obstante, respuestas diferentes cuando las plantas son sometidas a estrés moderado:

*P. flexuosa* disminuye el consumo de agua drásticamente a un 40% respecto del control durante la primera semana de tratamiento de estrés moderado, mientras que en los otros orígenes

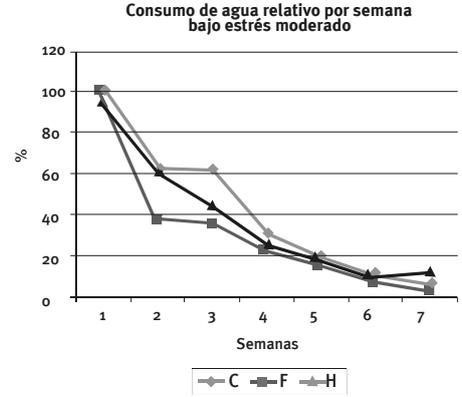
● Tabla 1: Parámetros medidos para cada uno de los orígenes genéticos sin estrés hídrico. Crecimiento en diámetro: Como diferencia entre los diámetros al comienzo y final del ensayo (7 semanas). EUA (mm/l): Eficiencia del uso del agua en crecimiento en diámetro (mm) por litro de agua consumida. Peso seco foliar: Peso de las hojas al finalizar el ensayo. Consumo de agua: Consumo total de agua durante el ensayo.

	Crecimiento en diámetro (mm) (1)	Consumo de agua (l) (2)	EUA (mm/l) (1/2)	Peso seco foliar (gr)
C	0.69	5.76	0.119	8.54
F	0.60	5.61	0.106	4.11
H	0.48	5.44	0.091	6.54

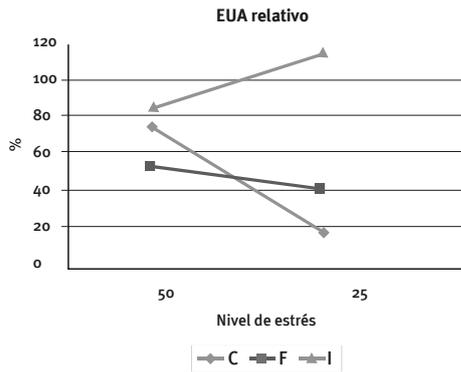
● **Figura 1: Crecimiento relativo en diámetro (%) respecto del control para cada origen bajo estrés moderado (50% de reposición de agua) y severo (25%).**



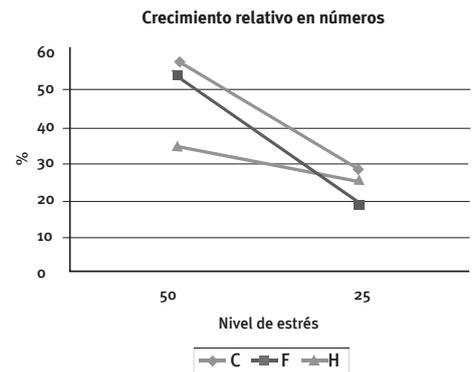
● **Figura 2: Evolución del consumo de agua relativo (%) respecto del control para cada origen bajo estrés moderado (50% de reposición de agua) a través de las siete semanas del ensayo.**



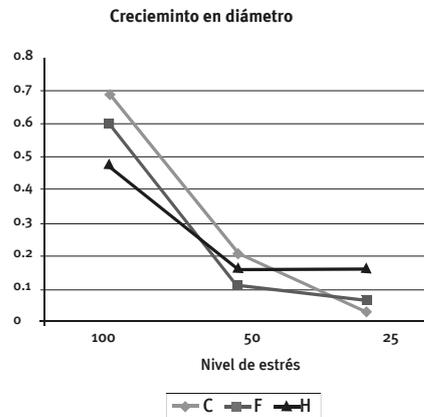
● **Figura 3: Eficiencia relativa en el uso del agua, estimada como porcentaje de crecimiento en diámetro en milímetros por litro de agua consumida durante las siete semanas del ensayo, respecto del control para cada origen bajo estrés moderado (50% de reposición de agua) y severo (25%).**



● **Figura 4: Peso seco foliar relativo medido a la séptima semana del ensayo respecto del control para cada origen bajo estrés moderado (50% de reposición de agua) y severo (25%).**



● **Figura 5: Crecimiento en diámetro en mm de cada origen para el control (100% de reposición de agua consumida), para estrés moderado (50%) y severo (25%).**



llega al 60%. *P. chilensis* y *P. flexuosa* mantienen el mismo consumo durante la siguiente semana. Al mes de tratamiento todos los orígenes disminuyen el consumo en igual cuantía. El híbrido aparece con un comportamiento intermedio entre las especies puras (Figura 2).

**Eficiencia en el uso del agua (EUA):** Relacionado el crecimiento en diámetro (como estimador de la producción de biomasa) y el consumo de agua se puede obtener un parámetro de eficiencia del uso del agua. Bajo estrés moderado *P. flexuosa* es el origen que más se ve afectado en su eficiencia, mientras que *P. chilensis* y los híbridos no se diferencian entre sí. Sin embargo bajo estrés severo esta variable muestra un comportamiento distinto de cada uno de los orígenes. *P. chilensis* disminuye la eficiencia con una tasa elevada, *P. flexuosa* prácticamente mantiene la eficiencia, mientras que el híbrido aumenta la eficiencia llegando a valores equivalentes al control (Figura 3).

**Peso seco foliar (PS):** Esta variable muestra un comportamiento diferencial del híbrido frente a las especies puras bajo estrés moderado. Cuando se somete a los orígenes genéticos a estrés hídrico severo el híbrido pierde hojas en una tasa visiblemente menor que *P. chilensis* y *P. flexuosa* de tal modo que los tres orígenes alcanzan valores similares de peso seco foliar (Figura 4).

## Discusión y Conclusiones

Bajo condiciones óptimas de humedad los tres orígenes presentan diferencias en las variables observadas. *P. chilensis* es el que muestra mayor crecimiento y se puede explicar por el mayor peso foliar y una tendencia a consumir más agua. Si tenemos en cuenta que esta especie aparece en ambientes con mayor disponibilidad de agua, el mejor aprovechamiento de este recurso, cuando está disponible, puede interpretarse como una ventaja adaptativa para ese nicho, en relación a *P. flexuosa* y los híbridos. En relación con el comportamiento de los otros orígenes, *P. chilensis* mantiene una mayor cantidad de hojas y un consumo superior de agua bajo estrés moderado. Esto explica el mantenimiento del crecimiento bajo esta condición, pero implica también una caída drástica en el crecimiento, PS foliar y consumo de agua bajo estrés severo, muy probablemente como producto del agotamiento de la reserva de agua en el suelo.

*P. flexuosa* ocupa sitios en el Chaco árido donde no existen aportes extra de agua (por escorrentía, bajos, agua subsuperficial, etc.). Esta observación se corresponde con su comportamiento en el ensayo: Las plantas de esta especie presentaron menor peso seco foliar, menor tasa de transpiración y menor consumo de agua que *P. chilensis* bajo condiciones óptimas de humedad del suelo. El menor crecimiento de *P. flexuosa* frente a *P. chilensis* puede ser visto entonces como la contraparte de un comportamiento conservador del agua del suelo. Cuando a *P. flexuosa* se lo somete a condiciones de estrés moderado, pierde sus hojas como *P. chilensis*, pero a diferencia de éste el consumo de agua disminuye significativamente. Su crecimiento se ve sumamente afectado. Estas observaciones se corresponderían con una estrategia de resistencia frente a la falta de agua a través del cierre estomático para, posiblemente, una mejor recuperación frente a una lluvia. El paso a un estrés severo no implica ya un descenso importante en los crecimientos de esta especie. Esta posible rápida respuesta mediante el cierre de estomas le daría la posibilidad de no agotar en forma inmediata el agua del suelo y sobrellevar el estrés por períodos más prolongados.

Bajo condiciones óptimas de humedad, el híbrido presenta un comportamiento intermedio en la producción de materia seca foliar, mientras que para consumo de agua y crecimiento muestra los valores más bajos entre los orígenes. Bajo estrés moderado y severo la disminución del crecimiento en diámetro es menor que la observada en las especies puras, de tal forma que el crecimiento del híbrido queda intermedio y bajo estrés severo supera a ambas especies puras (Figura 5). Es importante destacar que los híbridos bajo estrés moderado tienen un gran desprendimiento de hojas, significativamente mayor que los otros dos orígenes. Sin embargo el crecimiento no se ve afectado como cabría de esperarse. Esto indicaría que las hojas remanentes mantienen buena actividad fotosintética. Observando su consumo de agua puede inferirse que continúan con estomas abiertos y con buen intercambio gaseoso. Cuando el estrés avanza, la pérdida de hojas no continúa y el crecimiento se mantiene estable.

Según las estrategias de adaptación propuestas, *Prosopis chilensis* puede ser clasificado dentro del grupo de las **evitadoras**. Bajo un estrés moderado presenta menor caída de consumo de agua, sosteniendo una tasa de

crecimiento mayor hasta llegar al agotamiento del agua del suelo, luego de lo cual la caída de crecimiento es visiblemente mayor que la de los otros dos orígenes.

En tanto *P. flexuosa* y los híbridos pueden ser clasificados como **tolerantes**. Estos dos grupos tienen un comportamiento similar respecto del crecimiento. Cuando pasan de estrés moderado a severo no se ve afectado su crecimiento significativamente, manteniéndose los híbridos con un crecimiento superior. Sin embargo ambos poseen distintos mecanismos frente al estrés. Los híbridos reaccionan principalmente con pérdida de área foliar mientras que *P. flexuosa* en mayor medida por cierre estomático. Debido a las diferencias importantes en los niveles de crecimiento bajo estrés severo entre

ambos grupos, probablemente existan mecanismos fisiológicos en los híbridos que le permiten mantener una alta tasa fotosintética a bajos potenciales hídricos.

Para una mayor comprensión de las estrategias de adaptación a estrés hídrico de cada origen genético se continúa con un nuevo ensayo que incluirá el estudio de la respuesta de los orígenes genéticos a la recuperación luego del estrés hídrico. Esto nos dará información sobre la capacidad de cada uno de los orígenes para revertir los procesos de deterioro producto del sometimiento a la falta de agua. Para conocer en más profundidad los mecanismos de tolerancia al estrés de cada origen se incorporará también la observación de las respuestas según nuevos parámetros fisiológicos.

---

#### **Bibliografía**

- Clifton-Brown, J. and Lewandowski, I. 2000. Water use efficiency and biomass partitioning of three different *Miscanthus* genotypes with limited and unlimited water supply. *Annals of Botany* 86: 191-200. 2000.
- Da Matta, F. Chaves, A. Pinheiro, H. Ducatti, C. and Loureiro, M. 2003. Drought tolerance of two field-grown clones of *Correa canephora*. *Plant Science* 164 111-117. 2003.
- Martínez-Trinidad, T. Vargas-Hernández, J. Muñoz-Orozco, A. y López-Upton, J. 2002. Respuesta al déficit hídrico en *Pinus leiophylla*: Consumo de agua y crecimiento en plántulas de diferentes poblaciones. *Agriciencia* 36: 365-376. 2002.