

Para su utilización con fines productivos

Comportamiento de la Floración y Sistema de Apareamiento de los Híbridos de Algarrobo

● Ana Córdoba, Dr.
Aníbal Verga,
Ing. Agr. Martín
Mottura, Diego López
Lauenstein
IFFIVE - INTA, Córdoba

Oliver Gailing, Dr.
Reiner Finkeldey
Institut für Forstgenetik
und
Forstpflanzenzüchtun,
Universität Göttingen,
Alemania

*La recuperación de los bosques de algarrobos de *Prosopis flexuosa* y *P. chilensis* en la región fitogeográfica del Chaco Árido puede llevarse a cabo, en parte, mediante planes de reforestación y enriquecimiento de bosques. Para ello es necesario conocer la variabilidad existente en las poblaciones locales y sus características particulares en cuanto a fenología, comportamiento reproductivo y descendencia, producción diferencial de frutos y crecimiento, entre otros. Para ello se realizan estudios a campo y desarrollan marcadores moleculares específicos*

En el Chaco Árido, los estudios previos realizados sobre *Prosopis flexuosa* y *P. chilensis* han comprobado que, en zonas de contacto entre ambas, se forman individuos fértiles de características morfológicas intermedias a la de las especies puras. Estos híbridos interespecíficos están asociados a áreas con perturbaciones antropogénicas. Las especies puras junto a los híbridos interespecíficos constituyen “enjambres híbridos”.

La existencia de individuos que conformen grupos con estas características, permitiría su utilización como base para el mejoramiento forestal que lleve a la obtención de material de propagación adecuado para el enriquecimiento de áreas degradadas.

La ocurrencia del enjambre híbrido es prueba de que no existe un aislamiento total entre las especies parentales. Para esto, es condición necesaria que exista coincidencia en los tiempos de floración entre las especies en cuestión.

El presente trabajo se inicia con la clasificación de los individuos del enjambre híbrido desde un punto de vista morfológico. Sobre la base de esa clasificación se estudió el comportamiento fenológico de cada grupo de individuos, y en función de ese comportamiento se estimaron algunos parámetros descriptivos sobre el posible sistema de apareamiento que reina en el enjambre híbrido. Por otro lado, el desarrollo de marcadores moleculares permitirá completar los estudios sobre el sistema de apareamiento, como así también llevar a cabo otros estudios de importancia en el género *Prosopis*.

ÁREA DE TRABAJO

El trabajo se llevó a cabo en una parcela ubicada en la Reserva Forestal y Parque Provincial Chancaní, ubicada en la región fitogeográfica del Chaco Árido de Córdoba. En esta zona las precipitaciones son principalmente estivales, con una media anual de 500 mm y marcado déficit hídrico. La parcela consta de 112 algarrobos y está ubicada en una chacra abandonada con 25 años de repoblación del bosque nativo. Allí se encuentran en contacto ambas especies puras de algarrobo (*P. chilensis* y *P. flexuosa*) y numerosos individuos de características morfológicas intermedias.

GRUPOS MORFOLÓGICOS

Los individuos que constituyen los bosques de algarrobo del Chaco Árido de Córdoba, donde se encuentran en contacto *P. chilensis* y *P. flexuosa* e individuos de características morfológicas intermedias, pueden ser clasificados en tres grupos morfológicos.

La clasificación morfológica de los árboles se llevó a cabo teniendo en cuenta caracteres de hoja y fruto.

Grupo 1: Individuos de características morfológicas intermedias

Grupo 2: Individuos de *Prosopis flexuosa*

Grupo 3: Individuos de *Prosopis chilensis*

COMPORTAMIENTO DE LA FLORACIÓN DEL RODAL

Se hizo un seguimiento de la floración individual

de los árboles y se estimó la intensidad de floración (*Índice de producción de flores*) de cada uno. Se tuvo en cuenta el estadio de flor abierta y receptiva (momento en el cual la flor puede ser fecundada) en los periodos 2002-2003 (período 1) y 2003-2004 (período 2) (Figura 1).

No todos los árboles de la parcela produjeron flores abiertas.

Algunos árboles no florecieron, mientras que otros produjeron pimpollos que no alcanzaron a desarrollarse hasta el estadio de flor abierta. Aquellos que no florecieron fueron individuos cuyo diámetro a la altura de la base es menor de 7 cm, o bien algunos con diámetro mayor pero que presentan una gran proporción de ramas secas o sus copas suprimidas por la de otros árboles.

El comportamiento de la floración, en cuanto al inicio, intensidad, duración y cantidad de pulsos en la floración, es afectada al menos en parte por las condiciones ambientales en el momento de la floración (Figura 1).

El inicio, intensidad, duración y cantidad de pulsos en la floración fueron diferentes en los dos periodos analizados. El comienzo de la floración (considerando el estadio de flora abierta) en el período 1 se adelantó 9 días respecto a la del 2. En ese período se registraron cuatro pulsos en la floración (floraciones separadas por intervalos donde no se registraron árboles florecidos) con duración e intensidad variables, mientras que en el período 2 hubo solo dos pulsos. Sin embargo en ambos periodos el primer pulso de floración siempre resultó el de mayor intensidad y duración.

Algunos autores sugieren que la ocurrencia de varios pulsos de floración podría deberse a la

existencia de más de un período de inducción floral y diferenciación. En el período 1, donde la floración se vio interrumpida, se registraron cuatro pulsos de floración, mientras que en el período 2, donde la floración tuvo un desarrollo normal, se registraron sólo dos floraciones para uno de los grupos. Así, se podría sugerir que una baja producción de flores en el primer pulso de floración podría actuar como disparador de nuevos periodos de inducción y diferenciación floral.

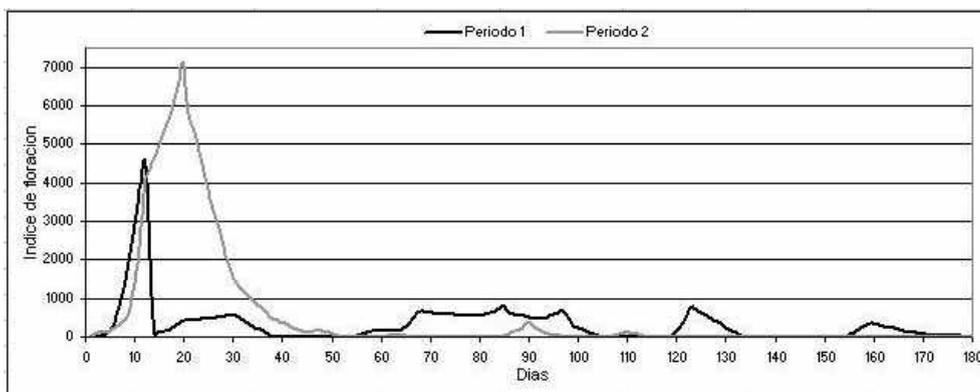
Los algarrobos tienen una alta producción de flores, sin embargo estas son susceptibles a perderse por diferentes causas, de las cuales las ambientales parecerían ser de gran importancia. En el período 1, la floración se vio interrumpida debido a la ocurrencia alternada de vientos calidos y fríos (entre el 4 y 6 de octubre), donde el 86% de árboles dejó de florecer. Los árboles que continuaron floreciendo presentan mayor tolerancia a ciertas inclemencias climáticas, lo cual sería de importancia a la hora de seleccionar individuos en relación a estas características. Pero los vientos afectaron no solo la cantidad sino también la calidad de las flores, ya que los pimpollos y flores abiertas se secaron al igual que el polen, lo que se tradujo en una pérdida del 98.5 % de las flores en el rodal.

COMPORTAMIENTO DE LA FLORACIÓN DE LOS GRUPOS MORFOLÓGICOS

El momento de inicio de floración de los grupos fue diferente. La cantidad de individuos que produjeron flor abierta varió en cada floración y para cada uno de los grupos; la primera resultó de mayor importancia.

En el primer pulso de floración casi todos los árboles florecieron. En el período 1 hubo un retraso en el inicio de la floración en los tres grupos de 9 días respecto de la fecha registrada en

● Figura 1: Índice de floración total en el rodal en los dos años de observación.



el período 2. Sin embargo, el desfase en los días de inicio de floración entre los grupos se mantuvo constante. El primero en florecer fue el grupo 2, seguido de los grupos 3 y 1. Sin embargo, y a pesar de las diferencias en el comienzo de la floración de los grupos y entre los años de observación, el pico de floración coincide en todos los casos entre los días 14 y 15 de octubre. Si bien en el período 1 se observó diferencia en los momentos de máximo aporte de flores entre los grupos, esto fue consecuencia de la interrupción de la floración.

La ocurrencia de vientos desecantes en el momento de la floración afecta de manera diferencial el comportamiento fenológico de los grupos.

De no haberse interrumpido la floración, se hubiese esperado una mayor cantidad de flores en el primer pulso de floración. El grupo 3 fue el más afectado por los vientos, cuya ocurrencia coincidió con el momento de inicio de su floración. En dicho período este grupo presentó el menor registro de árboles florecidos y aporte relativo de flores. Asimismo, en éste como en otros trabajos, se ha encontrado un menor porcentaje de individuos de *P. chilensis* que florecen respecto de *P. flexuosa*, y para quienes la producción de flores por árbol también es menor.

En resumen, se encontró una importante regularidad en cuanto a la cantidad de días que transcurren entre el inicio de la floración de un grupo respecto de los otros y el momento de ocurrencia e intensidad del pico de floración de los mismos. Este comportamiento regular de los grupos, formados sobre la base de caracteres morfológicos con base genética, sugieren que tanto el inicio de la floración como el momento en el cual se produce la máxima producción de flores (pico de

floración) estarían determinadas genéticamente, y que estos grupos responden de manera diferencial en su interacción con el ambiente.

SISTEMA DE APAREAMIENTO

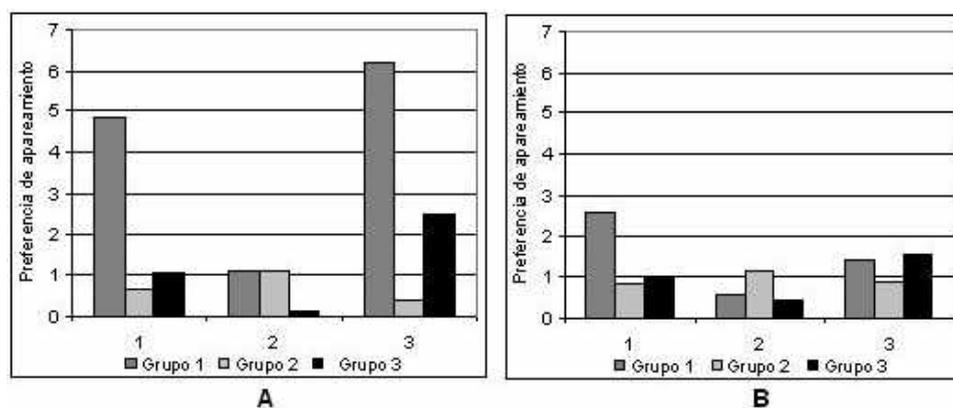
Se llevo a cabo una primera aproximación a la descripción del sistema de apareamiento del enjambre híbrido, intentando dilucidar entre qué individuos y grupos son posibles los apareamientos y la frecuencia con la que estos ocurren. Para ello se tuvieron en cuenta los datos registrados de la floración y se plantearon algunos supuestos:

- Todos los árboles del rodal que hayan producido flores pueden participar de los cruzamientos.
- Dos individuos sólo pueden cruzarse si florecen simultáneamente.
- Se considera que un 10% de los cruzamientos provienen de autofecundación.
- El resto de los cruzamientos pueden ocurrir entre individuos del mismo o diferente grupo.
- La cantidad o probabilidad de cruzamiento entre árboles del mismo o distinto grupo depende de: a) la cantidad de flores que el árbol presenta en ese momento, sin considerar aquellas que serán fecundadas por flores del mismo individuo (que equivale al 10 % de sus flores); b) la probabilidad de que en un momento dado un árbol A fecunde a un árbol B depende del aporte relativo de flores del árbol A respecto del total de flores presentes en ese momento en el rodal.

Finalmente se calculó la preferencia de apareamiento dentro y entre los grupos morfológicos (Figura 2).

Los árboles del grupo 1 muestran preferencia de aparearse con individuos de su propio grupo, a la vez que evitan cruzarse con los árboles de los grupos 2 y 3. Los apareamientos entre individuos

● Figura 2: Preferencia de apareamiento entre y dentro de los grupos morfológico (1, 2 y 3) estimadas para el período de floración 2002-2003 (A) y 2003-2004 (B).



de este grupo son 7 o 4.5 veces más frecuentes que lo esperado, respecto de si los cruzamientos fuesen al azar (Figura 2A y 2B, respectivamente), mientras que lo contrario ocurre con los grupos 2 y 3 con quienes se aparean menos de lo esperado, es decir se repelen o evitan cruzarse con ellos. El grupo 2 también tiene una mayor preferencia por aparearse con los árboles del grupo 1, mientras que los apareamientos entre los árboles del mismo grupo son al azar. La cantidad de cruzamientos entre los árboles del grupo aumentará o disminuirá en la medida que su densidad aumente o disminuya, respectivamente.

Los individuos del grupo 3 tienen mayor preferencia por aparearse con árboles del grupo 1 que con los de su mismo grupo y repelen o evitan aparearse con los individuos del grupo 2. El número de híbridos en el rodal tendería a aumentar en cada generación.

Se puede decir que los árboles tienen preferencia por aparearse con los individuos del grupo 1. Tal es así, que siendo el grupo 1 sólo un 7% de los árboles del rodal participarían en el 47% de todos los cruzamientos. Si a esto se le suma la baja preferencia de los grupos 2 y 3 de aparearse con sí mismos, se esperaría que la descendencia en el rodal tenga una importante carga genética proveniente del grupo 1.

En el largo plazo se espera una pérdida de la identidad genética de las poblaciones de *P. chilensis* como grupo genéticamente diferenciable.

Respecto de las especies puras, los híbridos parecen presentar ventajas adaptativas para su desarrollo en ambientes que han sido modificados por la acción del hombre. Si a esto se le suma que las poblaciones de *P. chilensis* se han visto mayormente afectadas en cuanto a número y extensión, producto de la tala, y que esta especie ve limitado su desarrollo en estos ambientes cada vez más extensos en la región, en el largo plazo podría esperarse la desaparición del grupo como entidad, aun sin el efecto negativo sobre estas poblaciones producto de la acción antropica.

Para avanzar y profundizar el conocimiento del comportamiento de la floración y sistema de apareamiento del enjambre híbrido, se están llevando a cabo cruzamientos controlados que permitan determinar efectivamente los posibles cruzamientos en el rodal (entre y dentro de los grupos y probabilidad de autofecundación) y estudios moleculares con microsatélites.

¿QUE SON LOS MICROSATÉLITES?

Los microsatélites o SSRs, son regiones del genoma o ADN que consisten en secuencias cortas de nucleótidos que se repiten en tandem.

Cada una de estas regiones constituye un locus genético. Un mismo locus genético puede presentar diferentes tamaños en los distintos individuos, constituyendo diferentes alelos del mismo locus. Por lo general, los microsatélite son muy variables, presentan gran número de alelos, y constituyen locus altamente polimórficos; por estar distribuidos al azar, a lo largo de todo el genoma, permiten una cobertura más amplia en el estudio del mismo.

Aplicación de los microsatélites

Los microsatélites son marcadores moleculares ideales en estudios tanto de sistemas de apareamiento y análisis de paternidad como así también de genética de poblaciones, mapeo genético, mejoramiento vegetal, identificación de variedades e incluso individuos, conservación de especies, etc.

Se tiene prevista su aplicación inmediata en el estudio realizado sobre el sistema de apareamiento en el enjambre híbrido y de su descendencia, pudiéndose establecer las frecuencias de apareamiento reales que se producen entre los distintos grupos. Por otro lado, será posible identificar grupos de híbridos estables posibles de ser utilizados como base para el desarrollo de material de propagación adaptada a áreas perturbadas, donde muestran tener buena adaptación.