

Para el Chaco árido argentino

El Proyecto Algarrobo del INTA

Desde hace tres años, con el fin de revertir el proceso de pérdida de recursos naturales que desde el siglo XIX sufre el Chaco Árido, el INTA puso en marcha el Proyecto Nacional Algarrobo. Centrado en la búsqueda de material de propagación adecuado para la construcción de sistemas productivos sustentables, este proyecto también intenta esbozar una metodología de trabajo para conservar y transformar los recursos biológicos propios, valorizándolos como herramientas para su desarrollo

En la República Argentina, las provincias fitogeográficas del Chaco, Monte y Espinal cubren más de un millón de kilómetros cuadrados. El desarrollo agro-pecuario en estas regiones se ha concentrado al oeste en oasis de riego y al este en áreas desmontadas incorporadas a la agricultura y a la ganadería, con muy variado éxito. Ambos sistemas productivos poseen tecnología propia que permite, dentro de ciertos límites, generar actividades productivas en un marco de relativa sustentabilidad.

Si en estas tres regiones se suman las superficies ocupadas por sistemas productivos potencialmente sustentables de secano y bajo riego, se puede estimar que más de 700.000 km², casi una tercera parte del país, no cuentan con una alternativa tecnológica apropiada para la producción agropecuaria y forestal. En esta superficie queda incluida prácticamente la totalidad de los bosques nativos remanentes del país (320.000 km²) y se corresponde a su vez con las áreas más postergadas desde el punto de vista social, económico y político de las provincias de Salta, Formosa, Chaco, Santa Fe, Santiago del Estero, Córdoba, Catamarca, La Rioja, San Juan, Mendoza, San Luis y La Pampa. Por otro lado, tanto la marginalidad social y económica, como la magnitud del problema planteado, dificultan el desarrollo tecnológico impulsado desde el sector privado, haciéndose indispensable el subsidio de tecnología por parte del Estado.

A partir de la experiencia internacional se ha llegado a la conclusión que el desarrollo de las zonas áridas y semiáridas sólo es posible a partir de la conservación y el uso de sus propios recursos biológicos.

LOS ALGARROBOS

Por lo menos seis especies nativas de porte arbóreo del género *Prosopis* (*P. chilensis*, *P. fle-*

xuosa, *P. alba*, *P. nigra*, *P. hassleri* y *P. caldenia*) tienen gran importancia actual como proveedoras de madera de alta calidad y de forraje para aprovechamiento silvo-pastoril. Pero su característica principal es que pueden transformarse en el componente estructurador de sistemas de producción especialmente adaptados a las especiales condiciones de estas regiones.

Son plantas pioneras, con un alto potencial biológico para la diseminación y la colonización. Están adaptadas a climas áridos y semiáridos, a suelos salinos y degradados. Como leguminosas tienen la capacidad de fijar nitrógeno del aire en simbiosis con bacterias. Desarrollan raíces profundas que disminuyen la competencia por agua con especies herbáceas y arbustivas, mejoran el balance hídrico del sistema y aportan nutrientes importados desde las capas sub-superficiales. Producen leña y carbón de buena calidad, madera de extraordinarias características físicas y mecánicas, frutos de alto contenido proteico y energético y otros productos secundarios (miel, polen, gomas, etc).

La importancia de este grupo de especies es comparable con la del género *Acacia* en la región del Sahel, África. Ya en 1979, la FAO incluyó al género *Prosopis* en un proyecto de



● Alto grado de degradación del suelo luego del desmonte.

● **Dr. Anibal Verga,**
Ana Córdoba, Ing.
Agr. Martín Mottura,
Diego López
Lauenstein y **Dra.**
Mariana Melchiorre
IFFIVE – INTA,
Córdoba

Ing. Agr. Jacqueline
Joseau
Facultad de Ciencias
Agropecuarias-
Universidad Nacional
de Córdoba

Ings. Agrs. Carlos
Carranza y Marcela
Ledesma
INTA Villa Dolores,
Córdoba

Ing. Agr. Darío
Recalde
INTA La Rioja

Ing. Agr. Luis
Tomalino, Sergio
Mendoza y Ramón
Vega
INTA Catamarca

conservación de recursos genéticos para zonas áridas y semiáridas. En 1988, en la Argentina, se llevó a cabo el Primer Taller Internacional sobre Recursos Genéticos en *Prosopis* con la participación de 9 países y en colaboración con la Sección Forestal de FAO. En esa oportunidad, entre otras prioridades, se mencionó la necesidad de la conservación de su variación genética en nuestro país a través de la creación de un Banco de Germoplasma, como respuesta a la alta erosión genética, y de promover la investigación y el desarrollo para el mejoramiento genético y la propagación de estas especies.

EL PROYECTO

El punto de partida para revertir el proceso de pérdida de recursos naturales, como efecto de las actividades productivas en la región, es contar con material de propagación adecuado para el enriquecimiento de los bosques degradados. Este material de propagación debe garantizar no sólo árboles con mejores características productivas sino también con un potencial adaptativo que le permita perpetuarse en la región por regeneración natural, de tal manera de generar bosques con un mínimo costo de mantenimiento aplicable a grandes extensiones. Recién una vez reconstruida la estabilidad de estos ecosistemas podrán establecerse sistemas productivos sustentables.

Con el objeto de satisfacer esta demanda se puso en marcha, hace ya tres años, el Proyecto Nacional del INTA sobre Algarrobo iniciado en la región del Chaco árido, que involucra el Este de la provincia de Córdoba, el Norte de San Luis, el Sur de La Rioja y el Sur de Catamarca. En esta unidad fisiográfica, ambiental y fitogeográfica el estrato arbóreo dominante está integrado por *Aspidosperma quebracho blanco* (Quebracho Blanco), *Prosopis chilensis* (Algarrobo Blanco) y *P. flexuosa* (Algarrobo Negro o Dulce). Las actividades se han concentrado sobre estas dos especies de *Prosopis* y sus híbridos interespecíficos.

Base de este proyecto fueron las actividades de investigación que lo precedieron, sobre la problemática regional y sobre los recursos genéticos de *Prosopis* en particular. En la región existe ya un buen nivel de conocimiento sobre las técnicas de producción de plantines y de plantación de estas especies. También se han realizado trabajos sobre competencia que permiten inferir sobre distanciamientos adecuados para las plantaciones de enriquecimiento. Existen

algunos emprendimientos particulares de plantaciones y de manejo silvo-pastoril con desmonte selectivo e introducción de pasturas.

Existen conocimientos sobre los recursos genéticos de *Prosopis* de esta región en ambas especies, principalmente en el área Sur, a través del estudio de su variación genética detectada mediante marcadores isoenzimáticos y taxonomía. Se cuenta con una metodología para diferenciar ambas especies puras e identificar sus híbridos naturales. Desde en año 1988, como primera evaluación de los recursos genéticos de *Prosopis* estudiados en la región, se encuentra instalado un ensayo comparativo entre las especies puras y dos tipos de híbridos naturales en tres sitios.

Al inicio del proyecto en el área Norte de la región no se contaba con estudios similares. De especial interés es el corredor que se forma entre las últimas estribaciones al norte de las sierras de Córdoba y las Salinas Grandes y que conforma el único punto de unión entre las vegetaciones del Chaco árido con el Chaco subhúmedo. Aquí entran en contacto las especies de Algarrobo típicas de ambas regiones fitogeográficas, dando lugar a una enorme diversidad a través de híbridos interespecíficos de gran interés académico, por los procesos microevolutivos que se generan, y práctico, para el mejoramiento y la conservación.

En la actualidad, toda el área se caracteriza por un alto grado de alteración. Existen diversos grados de degradación de los suelos y la vegetación. EN muchos sitios, el bosque original se ha transformado en arbustales improductivos. Donde todavía existe un estrato arbóreo, éste se caracteriza generalmente por un alto grado de decaimiento, con graves problemas sanitarios.



● Desmonte selectivo con incorporación de pasturas en un área donde el bosque de Quebracho blanco y Algarrobo remanente lo permite. Una aproximación hacia sistemas de producción sustentables.

Sin embargo existen relictos y árboles aislados cuya edad garantiza su pertenencia a las poblaciones originales de ambas especies. También pueden encontrarse árboles jóvenes que se destacan por su forma, sanidad y producción de frutos, creciendo en áreas degradadas. Estos son materiales valiosos para la producción futura de semilla que se hace necesario rescatar. Por otro lado, la dispersión de estos relictos y árboles aislados hacen imposible la creación de rodales semilleros directamente a partir del bosque nativo remanente.

La necesidad de instalar rodales semilleros para producir material de propagación que de origen a bosques con capacidad de regenerarse naturalmente exige que los individuos que los integren constituyan una unidad genética uniforme y estable, para que las generaciones sucesivas mantengan las características seleccionadas originalmente.

La presencia de híbridos genera un problema adicional para la formación de rodales semilleros. En los sitios donde éstos aparecen, la semilla que se obtiene da lugar a descendencias muy variables. Constituyen así grupos heterogéneos que no mantienen las características originales en generaciones sucesivas, por lo que si se partiese de este tipo de material como base para el mejoramiento, las posibilidades de ganancia genética para los caracteres que se seleccionen probablemente serían muy bajas.

Sin embargo, los híbridos en sí mismos constituyen un grupo, si bien heterogéneo, muy interesante. Se ha observado que en sitios degradados, individuos de origen híbrido se destacan por su crecimiento y sanidad.

El Proyecto se ha estructurado sobre dos líneas de trabajo principales: Especies Puras e Híbridos. Por otro lado, en una tercera línea de trabajo, se continúa con el relevamiento de los recursos genéticos de *Prosopis* centrando las actividades en el área de contacto entre el Chaco árido y subhúmedo mencionada anteriormente. Finalmente, son dos las líneas de trabajo complementarias que apoyan al resto del Proyecto: Marcadores Moleculares y Ecofisiología. Cada una de estas áreas de trabajo dentro del Proyecto presenta sus actividades y principales logros en ésta y las siguientes notas.

ESTRATEGIA DE USO DEL RECURSO

La estrategia que se adoptó se basa en una adecuación del método de las "poblaciones múltiples" creada por Namkoong y utilizada en planes de mejoramiento genético para Eucaliptos en Sudáfrica. En este caso, la metodología adoptada está orientada principalmente a la obtención de material de propagación adecuado para "enriquecimiento del bosque nativo". Siguiendo una de las variantes de este método, se instaló, a partir de progenies de individuos de las poblaciones naturales, una población base por cada especie (*P. chilensis* y *P. flexuosa*), formada cada una por dos subpoblaciones aisladas entre sí y ubicadas en distintos ambientes. Cada subpoblación se utilizará como ensayo de progenie y posteriormente, luego de la selección, como huerto semillero. De esta forma se induce una mejora genética (al comienzo sólo en base a selección fenotípica, pero luego por análisis de progenies) sobre cada subpoblación de cada especie, y al mismo tiempo un proceso de diferenciación entre las mismas. Este proceso de diferenciación permite, a largo plazo, la posibilidad de recuperar variabilidad mediante la mezcla de semilla proveniente de las distintas subpoblaciones.

Estudios anteriores demostraron que la principal fuente de variación genética en estas dos especies proviene de los procesos de hibridación que se producen entre ellas. No se registran diferencias importantes entre poblaciones que crecen en ambientes disímiles cuando se la compara con la enorme variación dentro de ellas como efecto de los cruzamientos interespecíficos y la aparición de híbridos. Debido a esto se decidió realizar la selección de árboles semilleros para la conformación de las poblaciones base en función de la pureza específica sin considerar diferencias geográficas. Se aprovecharon también, aparte de los relictos y árboles aislados valiosos dentro del Chaco árido, importantes poblaciones en áreas aledañas a la región. La metodología de clasificación e identificación de híbridos se tomó también de trabajos anteriores.

CONSTITUCIÓN DEL MATERIAL BASE

Se seleccionaron 82 árboles semilleros de *Prosopis chilensis* y 83 de *P. flexuosa* durante las temporadas 2001/2, 2002/3 y 2003/4. Se siguió un criterio estricto de selección de individuos maduros o añosos, sanos, que pertenecan inequívocamente a la especie, que formen

parte de un rodal o que su entorno esté también constituido mayoritariamente por árboles de su especie y en general, que presenten buen desarrollo y forma.

Para cada árbol se realizaron las siguientes actividades: identificación del árbol mediante una chapa numerada, cosecha de frutos, toma de muestras de herbario, toma de fotografías, posicionamiento con GPS y la confección de la planilla de cosecha del Banco Nacional de Germoplasma de *Prosopis* que incluye información sobre el árbol, el rodal y el ambiente donde se encuentra, como así también sobre el material cosechado,

Con el material de herbario obtenido se realizó un estudio de taxonomía numérica evaluando 20 caracteres de hoja y fruto a fin de clasificar los árboles semilleros cosechados.

Por otro lado, diez semillas de cada uno de los árboles cosechados fueron analizadas mediante electroforesis de la isoenzima Alcohol Deshidrogenasa (ADH). Esta enzima en *Prosopis* está codificada por dos locus: ADH-A y ADH-B.

En *P. chilensis* el locus ADH-A está prácticamente fijado con el alelo ADH-A3 (frecuencia cercana al 100%); mientras que en *P. flexuosa* este locus presenta una frecuencia para el alelo ADHA2 superior al 90%. Esto permite utilizar este locus como marcador para cada especie. Se ha comprobado también una altísima correlación entre los individuos heterocigotas ADH-A23 y morfología intermedia entre ambas especies.

Debido a que los cruzamientos interespecíficos son frecuentes, para seleccionar material puro no alcanza con la identificación morfológica del árbol semillero. A pesar de que este responda perfectamente en la clasificación como integrante de la especie pura puede ocurrir que buena parte de la semilla que produzca proven-



● Plantación

ga de cruzamientos interespecíficos, dando lugar en su descendencia a una segregación de caracteres indeseable para la formación de una población base homogénea.

Se tomó el criterio por el cual quedaron excluidas aquellas progenies que mostraron una frecuencia alélica mayor al 15% correspondiente al alelo de la otra especie.

Mediante la combinación de los métodos taxonómico y genético se seleccionaron, siguiendo el criterio de pureza específica, 64 *P. chilensis* y 53 *P. flexuosa*.

Con la semilla de los árboles seleccionados para cada especie se realizaron mezclas a fin de proveer material selecto por pureza específica para su uso inmediato para la producción de plántines para plantación. La comercialización de este material se realiza a través del Banco Nacional de Germoplasma de *Prosopis* que funciona en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba a través de un convenio con el INTA.

Toda la información obtenida de cada uno de los individuos cosechados, tanto en el momento de cosecha como de análisis posteriores, se encuentra ordenada en una base de datos especialmente creada para ello. Este programa puede ser utilizado también para crear bases de datos para aplicaciones similares.

MULTIPLICACIÓN AGÁMICA DE LOS ÁRBOLES SEMILLEROS SELECCIONADOS PARA LA INSTALACIÓN DE LOS HUERTOS CLONALES

Tanto para la conservación de los árboles semilleros, distribuidos por toda la región, como para la instalación de huertos clonales, con el objetivo de transformarlos en huertos semilleros seleccionados por su evaluación a través de las progenies en las poblaciones base, se hace necesaria su multiplicación agámica.

De acuerdo a la experiencia anterior al proyecto, es conocida la dificultad de obtener estacas enraizadas a partir de material de árboles adultos o añosos. No así a partir de plantas jóvenes. Por lo tanto, la metodología que consiste en:

- 1) Obtener guías sanas y vigorosas de los árboles adultos a partir de podas en ramas gruesas.
- 2) Injertar púas obtenidas de esas guías sobre portainjertos de diámetro similar, vigorosos y sanos.

3) Enraizar las estacas obtenidas de las plantas injertadas (rejuvenecidas).

Para la obtención de guías sanas de los árboles semilleros seleccionados se realizaron podas de invierno. Para mejorar la sanidad tanto en los cortes como del árbol en general fueron cubiertas las heridas con oxiclورو de Cu para evitar ataque de hongos y se pulverizaron los árboles con insecticida. En la primavera - verano ya se observó la reacción de brotación en los cortes realizados. La mayoría de los árboles desarrollaron guías vigorosas y sanas. Se extrajeron las guías y se injertaron siguiendo el método de púa simple. Debido principalmente a problemas de vigor con los portainjertos el número de plantas logradas ha sido bajo por lo que esta actividad deberá repetirse para lograr la clonación de la totalidad de los árboles seleccionados.

LAS POBLACIONES BASE Y LOS HUERTOS CLONALES

Con el material seleccionado se instalaron en los meses de marzo y abril de 2003 y 2004 dos subpoblaciones por cada especie en la Estación Experimental Agropecuaria Chamical de INTA, La Rioja, y en la localidad de San Rafael, Córdoba. Cada subpoblación cubre una superficie de aproximadamente 5 ha con un distanciamiento de 5m x 5m. Se mantuvo la identidad de cada familia de medio-hermanos, permitiéndose así la futura comparación entre familias y procedencias y la evaluación de los árboles semilleros. El arreglo de las plantas en cada subpoblación fue al azar (parcelas de una planta) pero con la restricción de que la suma de las distancias entre medio-hermanos sea máxima, a fin de minimizar la consanguinidad en el futuro rodal semillero.

A mediano plazo (1/3 del turno de corta) se procederá a hacer la evaluación del ensayo, seleccionándose las mejores familias y dentro de éstas los mejores individuos de acuerdo a los criterios de selección de cada sitio. El resto se eliminará transformándose así cada subpobla-

ción en un huerto semillero. Con la información obtenida de la comparación de las familias se vuelve sobre los árboles semilleros de las poblaciones naturales, obteniéndose así "semilla mejorada de árboles selectos" por su descendencia.

Como se indica más arriba, se está preparando material de propagación agámico de los árboles semilleros seleccionados en las poblaciones naturales para la instalación de huertos clonales. Estos huertos clonales podrán ser raleados con la información proveniente de los ensayos de progenies ya instalados, eliminándose los que dan origen a las peores familias, de acuerdo a los criterios de selección de cada sitio y dando lugar así a la producción de semilla mejorada de huertos clonales también en el tiempo de 1/3 del turno de corta.

El programa de mejoramiento se continuará a largo plazo, instalando nuevas subpoblaciones de segunda generación con la semilla obtenida de los mejores individuos seleccionados de la primera. Con la información obtenida de cada subpoblación de segunda generación se seleccionarán los mejores individuos de cada primera subpoblación por su descendencia, material con el que se instalarán nuevos huertos clonales. Cada una de las segundas subpoblaciones se transformará a su vez en nuevos huertos semilleros que darán lugar a nuevas subpoblaciones de tercera generación. Durante el proceso de selección se debe realizar un seguimiento de la variabilidad genética del material obtenido a través de marcadores genéticos. Cuando la base genética se estreche por debajo de un umbral, que dependerá del destino del material a que dará origen, se procederá a la instalación de nuevas subpoblaciones a partir de la mezcla de semilla de todas las subpoblaciones de la especie, recuperándose así variabilidad genética en el material base, de suma importancia para garantizar la adaptación actual y potencial del material seleccionado obtenido.

La metodología adoptada para el uso de estos recursos genéticos cumple al mismo tiempo

● Tabla 1: Porcentajes de callos y enraizamiento obtenidos según tratamientos con distintas concentraciones de Ácido Indol Butírico (IBA) de estacas provenientes de árboles jóvenes de entre 2 y 3 años de edad.

Tratamiento	% de callo	% de enraizamiento
T (Testigo) 0.00 ppm IBA	0	0
T _I 6.000 ppm IBA	0	0
T _{II} 8.000 ppm IBA	40	20
T _{III} 10.000 ppm IBA	60	30

con la necesidad de conservación de las especies puras. Las poblaciones instaladas de ambas especies, como así también los futuros huertos clonales constituyen sitios de conservación exitu. De acuerdo a los estudios realizados, no sólo los incendios, la tala, el sobrepastoreo y el desmonte contribuyen a la desaparición de la valiosa diversidad sino que también, indirectamente, acelerando el proceso de introgresión

entre las dos especies, el avance de los híbridos tiende a la desaparición de las especies puras como tales en importantes áreas. El material seleccionado constituye así un valioso reservorio de variación genética que conservará buena parte de las características de las especies puras, las que han desarrollado importantes mecanismos de adaptación a las condiciones de la región a través de la evolución.