

Hoja botánica: Algarrobo

Prosopis pallida (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kunth



Hoja botánica: Algarrobo

Autores: Nicolas Dostert, José Roque, Asunción Cano, María I. La Torre y Maximilian Weigend

Traducción: Federico Luebert

Fecha: Abril 2012

Documento: D38/08-18

Foto de la carátula: Programa Desarrollo Rural Sostenible – GIZ

Proyecto Perúbiodiverso

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Cooperación Suiza – SECO

Ministerio de Comercio Exterior y Turismo – MINCETUR

Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo – PROMPERU

Ministerio del Ambiente – MINAM

botconsult GmbH

Fidicinstr. 11, D-10965 Berlin, Alemania

Tel.: +49 (30) 817970 46

Fax: +49 (30) 817970 49

E-Mail: info@botconsult.de

Museo de Historia Natural

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Avda. Arenales 1256, Jesús María. Apartado Postal 14-0434

Tel.: (511) 471-0117, 470-4471, 470-7918, Fax: (511) 265-6819

E-Mail: acanoe@unmsm.edu.pe; ashuco@yahoo.com

Impreso por: Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C.

Jr. Huiracocha 1291, Of. 302. - Jesus Maria, Lima

Primera Edición

Lima - Perú, junio del 2012

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2012-06344

Cooperación Alemana al Desarrollo – Agencia de la GIZ en el Perú

Av. Prolongación Arenales 801, Miraflores, Lima

I. BOTÁNICA

Género. *Prosopis* L. es un género originalmente descrito dentro de Fabaceae, subfam. Mimosoideae y comprende alrededor de 47 especies en cinco secciones (46). Todas las especies son originarias de los territorios áridos y semiáridos de las Américas, con unas pocas excepciones en África y el sudeste de Asia (8, 6). El género tiene dos centros de diversidad, el principal en Argentina (con 27 especies) y un segundo en Texas (EE.UU.) y México. Las especies son árboles o arbustos, menos frecuente subarbustos, normalmente xerófilos y espinosos. Las hojas son generalmente bipinnadas y las plantas forman flores pequeñas, pentámeras, actinomorfas y hermafroditas. El fruto es una legumbre carnosa e indehisciente.

Morfología. *P. pallida* es un árbol siempreverde de hasta 20 m de altura, creciendo también como arbusto bajo condiciones desfavorables (8, 11, 20). La planta forma espinas estipulares axilares de hasta 4 cm de largo (a veces también sin espinas). Las hojas son verde grisáceas en estado seco, bipinnadas, finamente pubescentes, ciliadas o glabras; peciolo y raquis de 0,8—4,5 cm de largo y finamente pubescentes; lámina de 1,5—6 cm de largo, con glándulas cupuliformes en la ramificación de cada par de foliolos, y 6—15 pares de foliolos; foliolos oblongo-elípticos a ovoides, obtusos y provistos de una espínula apical (mucronados), 2,5—8,3 mm de largo y 1,4—4 mm de ancho. La inflorescencia es 2—3 veces más larga que las hojas, con 200—300(—366) flores cortamente pedunculadas que forman una inflorescencia racemosa cilíndrica; raquis y pedúnculos finamente pubescentes. Las flores son pentámeras, actinomorfas, hermafroditas (a veces estériles), verde amarillentas y 4—6 mm de largo; el cáliz es ciliado, de 0,5—1,5 mm de largo; pétalos de 2,5—3 mm de largo, libres y villosos por dentro; los estambres son de 5—7 mm de largo; ovario estipitado y viloso. El fruto (“algarroba”) es una legumbre indehisciente, relleno de una pulpa dulce, recto a ligeramente falcado, amarillo paja en la madurez, con márgenes paralelos, pedunculado con base redondeada, agudo, a veces aproximadamente cuadrangular en corte transversal, (6—)10—25 cm de largo, 1—1,5 cm de ancho y 5—9 mm de grosor y contiene hasta 30 semillas. Las semillas son cuadrangulares, café, 6,5 mm de largo y pesan 0,25—0,3 gr.

Taxonomía. La nomenclatura y taxonomía del género *Prosopis*, especialmente en la sección *Algarobia*, son muy complejas, frecuentemente con descripciones contradictorias y conceptos sistemáticos distintos (3, 7, 46, 48). La base actual es la monografía del género de Burkart (8), a pesar que en los últimos 20 años se han propuesto numerosos cambios, los conceptos de especie se han desplazado y el número de especies se ha reducido o aumentado (6). Hoy en día, los límites de las especies y su rango de variación son objeto de continua discusión científica. Alrededor de 40—47 especies morfológicamente similares y en parte

interfértil en las Américas, con requerimientos ecológicos similares y con rangos geográficos parcialmente simpátricos, hacen difícil un tratamiento práctico y claro (4, 46). *Prosopis pallida* está relativamente bien definida como especie, a pesar que se asume que todavía habrán cambios en la nomenclatura intraespecífica de *P. pallida*, principalmente en el norte de Perú y sur de Ecuador, donde los rangos de distribución de *P. pallida* y *P. juliflora* se traslapan. Sin embargo, publicaciones recientes determinaron, empleando análisis numérico de caracteres foliares y morfológicos, así como marcadores moleculares AFLPs, que *P. juliflora* es una especie que no se encuentra en Perú, habiendo sido confundida antes con *P. pallida* y *P. limensis* (7, 46). Algunos autores reconocen *P. limensis* como una especie segregada de *P. pallida* (3, 30, 42). Igualmente, otra publicación complica la taxonomía del género al proponer cinco nuevas especies para el Perú (60); estos autores restringen la presencia de *P. pallida* a los departamentos de Amazonas y Cajamarca, en la cuenca del Marañón, señalando, además, que la mayor población de algarrobales existentes en la costa norte no pertenecen ni a *P. pallida* ni a *P. juliflora*, sino a una nueva especie (*Prosopis piurensis*), descrita en esta misma publicación. Es necesario señalar que la publicación de estos nuevos taxones no se ajustan a las normas del Código Internacional de Nomenclatura Botánica para nombrar a nuevos taxones, especialmente en lo que se refiere a la validez de la publicación, la cual debe tener una diagnosis en latín y realizarse en publicaciones de amplia circulación. Generalmente, la tendencia científica en el género es reducir el número de especies en pocos complejos de especies o razas.

Variabilidad. *P. pallida* es morfológicamente muy variable. La autoincompatibilidad, polinización cruzada obligada y factores ambientales, principalmente climáticos, llevan a una alta variabilidad fenotípica (48). Esto pudo ser demostrado, por ejemplo, en Estados Unidos y México, donde un incremento en la temperatura se correlaciona con una tendencia al aumento en el número de hojas pequeñas. También en Perú, clones de élite fueron seleccionados sobre la base del hábito, producción de frutos y dulzor de los frutos (1). Adicionalmente, algunos autores reconocen la existencia de taxa infraespecíficos. Principalmente sobre la base de las espinas (armadura) se han descrito las formas *pallida* y *armata* (11, 24). Dos formas adicionales (forma *decumbens* y forma *annularis*) se han descrito más tarde; sin embargo, esta delimitación tampoco ha sido generalmente aceptada (7, 20). En el Perú, el algarrobo se usa de poblaciones silvestres y no se conoce información sobre prácticas de selección de variedades y/o clones.

Hibridación. Hibridación natural e introgresión entre especies de *Prosopis* ha sido demostrada dentro de todas las secciones del género (4, 48, 61). Especialmente dentro de la sección *Algarobia*, a la que pertenece *P. pallida*, se han encontrado evidencias de híbridos de dos y tres vías.

II. CARACTERES DIAGNÓSTICOS Y POSIBLES CONFUSIONES.....

Muchas especies del género *Prosopis* se reconocen bien en terreno sobre la base de la morfología foliar y la forma y tamaño de la planta; sin embargo, *Prosopis pallida* puede ser confundida con otras especies de *Prosopis* sect. *Algarobia*, especialmente con *P. juliflora* (48). Ambas especies han sido designadas como el complejo *P. pallida*—*P. juliflora*, debido a su similitud morfológica e hibridación. La separación de estas especies puede realizarse sobre la base de los siguientes caracteres:

Tabla 1: Morfología comparada de *P. pallida* y *P. juliflora* (modificado de 11, 48)

Órgano	Parámetro	<i>Prosopis juliflora</i>	<i>Prosopis pallida</i>
Hojas	Número por nudo	2—5	2—10
	Largo (cm)	10—20	5—8
Foliolos	Número de pares en la hoja	9—17	8—14
	Largo (mm)	5—15	3—7
	Ancho (mm)	2—6	1—3
	Distancia entre foliolos (mm)	3—7	1—3
Inflorescencia	Largo (cm)	9,5—16,5	8,5—14,5
	Número de flores	237—344	238—366
Fruto	Largo (cm)	16—28	9—23
	Ancho (mm)	14—18	10—13
	Grosor (mm)	6—10	5—7
	Margen	Sin márgenes paralelos	Con márgenes paralelos
Glándulas	Localización	En las ramificaciones de los foliolos de primer y segundo orden	En las ramificaciones de los foliolos de primer orden

Además, existen algunas indicaciones que algunas especies de *Prosopis* pueden ser diferenciadas mediante la caracterización con marcadores de isoenzimas y marcadores genéticos (RAPD, AFLP) (21, 22, 33, 46, 53, 61). Estos estudios refuerzan la diferenciación entre *P. pallida* y *P. juliflora*, señalando que se trata de especies que no coexisten en un mismo territorio.

III. DISTRIBUCIÓN.....

Distribución mundial. *P. pallida* es originaria de las zonas costeras áridas de Perú, Colombia y Ecuador (8). En los últimos 200 años la especie ha sido introducida en varios países y hoy en día es cultivada y se ha asilvestrado en lugares tales como Bolivia, Puerto Rico, Hawai, Brasil, Sudáfrica, Pakistán, India, Australia y el territorio del Sahara, en parte como maleza invasora (31, 32, 33, 35).

Distribución en Perú. *P. pallida* es la especie dominante en la costa del Perú. La ocurrencia de *P. pallida* fue documentada para 13 departamentos, desde Tacna a Tumbes, principalmente en la zonas costeras de 0–1500 msnm (5); sin embargo, parece estar restringida a la región centro-norte del país, desde Áncash hasta Tumbes, incluyendo Amazonas (7, 42).

IV. ECOLOGÍA Y POSIBLES ÁREAS PARA EL CULTIVO.....

Hábitat. El hábitat natural de *P. pallida* son territorios áridos y semiáridos (48). En el límite meridional de su distribución natural en el sur de Perú (18–20° S), las poblaciones de *P. pallida* se encuentran a bajas elevaciones, en la zona costera y alcanzan allí las planicies y quebradas costeras. En el norte de Perú y en Ecuador se encuentran a altitudes medias. Frecuentemente las plantas ocupan sectores donde la escasez de agua y nutrientes limitan fuertemente el crecimiento de otras plantas y son muchas veces las únicas plantas arbóreas que sobreviven en esos hábitats. Además, *P. pallida* es frecuentemente dominante en cauces y depresiones secas o estacionalmente secas. Asimismo, en relación con los montos de precipitación, *P. pallida* es muy adaptable; las plantas se encuentran en regiones costeras con 100 mm de precipitación anual o menos, así como en regiones montañosas hasta con 1500 mm de precipitación anual promedio; las especies de *Prosopis* son en general menos frecuentes en regiones con más de 1000 mm de precipitación anual; para muchas especies de *Prosopis* se indica un espectro de precipitación anual de 300–600 mm; *P. pallida* crece en regiones con precipitaciones anuales menores a 200 mm, preferentemente en regiones donde se acumulan aguas subterráneas provenientes de precipitaciones en regiones de mayor elevación. Generalmente, se observan concentraciones de *P. pallida* en lugares con acceso permanente a aguas subterráneas, por ejemplo, en fondos de quebrada.

Crecimiento. Después de la germinación y establecimiento, las plantas desarrollan un doble sistema radicular que consiste en una larga raíz pivotante y un sistema de raíces superficiales laterales. En los primeros meses, después de la germinación,

la mayor parte de la energía se destina al desarrollo del sistema radicular, en que el aumento del largo y de la biomasa de las raíces es considerablemente mayor que la parte aérea. Las especies de *Prosopis* tienen una relación simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno y, además, forman micorrizas (48). Para *P. juliflora* se pudo demostrar que valores de pH < 3,3 y > 6,8, una temperatura del suelo sobre 37 °C, así como suelos fuertemente salinos limitan el crecimiento de las bacterias simbióticas; temperaturas cercanas a 50 °C detienen el crecimiento de estas bacterias. La temperatura media a la sombra en el área de distribución de *P. pallida* es de alrededor de 20 °C. Como temperatura óptima para el crecimiento se indica 20–30 °C. La especie cercana *P. juliflora* tolera en África temperaturas de sombra de hasta 50 °C y temperaturas de suelo de 70 °C. *Prosopis pallida* es, sin embargo, susceptible a heladas invernales; heladas leves llevan a daños en las hojas, mientras que heladas severas llevan a la muerte de la planta; *P. pallida* es una de las especies del género más susceptibles a las heladas y las temperaturas de invierno son un factor limitante para la distribución de la especie.

Prosopis pallida comienza a producir los primeros frutos a partir de 4–5 años o en el segundo o tercer año después de la plantación, bajo buenas condiciones ecológicas (16, 45). Bajo condiciones favorables, los árboles de *P. pallida* alcanzan una altura de hasta 20 m, pero, bajo condiciones desfavorables, pueden desarrollarse en arbustos de no más de 3 m de altura (8). Bajo condiciones naturales, la copa es normalmente abierta y más amplia que la altura del árbol (48). La forma de vida es, sin embargo, muy variable, determinada principalmente por la genética y dependiente de la procedencia. Además, la forma de crecimiento está influenciada por las condiciones ambientales y, en este modo, suelos poco profundos o vientos sostenidos llevan a formas bajas y achaparradas. Daños, presión de pastoreo y ramoneo llevan a formas con múltiples vástagos. Adicionalmente, la ocurrencia cíclica de eventos El Niño tiene una influencia sobre el establecimiento y el crecimiento de plantas juveniles de *P. pallida*, como ha podido ser demostrado sobre la base de anillos de crecimiento y mayores tasas de establecimiento de juveniles en el norte de Perú (36, 37, 38, 50, 51, 58).

Biología floral. Las flores son producidas en gran cantidad en inflorescencias racemosas. Generalmente, se asume que las especies de *Prosopis* son autoincompatibles y presentan polinización cruzada obligada (48, 55). La polinización es realizada principalmente por abejas, en la que las flores son visitadas por numerosos polinizadores no específicos. Los polinizadores son atraídos por una masiva producción de polen. A pesar de la gran cantidad de flores, sólo una cantidad relativamente pequeña de legumbres alcanza la madurez. Para *P. juliflora* se documentó una producción total de 129 frutos maduros por cada 10 000 flores (1,29%) (10). La maduración de la semilla tampoco es uniforme; para 15 especies americanas de *Prosopis* se mostró que un 17% de las semillas no se desarrollan

completamente (57). La duración del periodo de floración de muchas especies de *Prosopis* es muy variable, con algunas que pueden florecer todo el año; sin embargo, hay siempre un periodo con un máximo de producción de frutos. Diciembre a febrero se indica como el periodo de floración para *P. pallida* en el norte de Perú, y junio a agosto como el periodo de fructificación (11). En el sur de Perú el periodo de floración se desplaza a febrero-abril y la fructificación a octubre-noviembre.

Fotoperiodo. No hay hasta ahora datos sobre el fotoperiodo de *P. pallida*. Ya que esta especie crece y se cultiva sin problemas en zonas tropicales y subtropicales, se asume que es fotoneutral. Estudios con *P. juliflora* muestran que una forma o procedencia del Perú (6° S) tiene un crecimiento del tallo uniforme en periodos distintos de oscuridad y luminosidad (49). Una forma de EE.UU. (Oklahoma, 36° N) muestra una cierta inhibición del crecimiento del tallo en un periodo prolongado de oscuridad.

Región de cultivo. Como regiones de cultivo en Perú se deben considerar las regiones donde se reflejan las condiciones de su hábitat natural, es decir, zonas áridas y semiáridas de baja a media altitud. Limitantes para el cultivo son las regiones con heladas invernales, alta precipitación, suelos poco profundos, capas de roca impermeables y suelos muy salinos o muy alcalinos. En el Perú, sin embargo, las prácticas actuales consisten en el aprovechamiento de las poblaciones naturales.

V. CULTIVO Y EXPLOTACIÓN

Propagación vegetativa. La propagación de *P. pallida* a través de esquejes es posible y se aplica exitosamente en algunos países tropicales (48). En general, los esquejes de plantas jóvenes enraízan más fácilmente que los de plantas adultas (19). En plantas más viejas, esquejes más largos (30–120 cm, 1–2 cm diámetro) han dado buenos resultados. Para *P. juliflora* se ha podido demostrar que una propagación por esquejes es también posible utilizando simples bolsas de plantación abiertas; sin embargo, las tasas de enraizamiento son mucho más altas con medidas para la conservación de alta humedad relativa del aire (cubierta plástica, humedecimiento) (26). Sustratos aireados como arena, gravilla o vermiculita son más aptos que tierra, y una temperatura radicular de ca. 35 °C estimula el crecimiento de las raíces. Hormonas de crecimiento favorecen el enraizamiento de los esquejes; un tratamiento con AIB (ácido indolbutírico) parece producir en general buenos resultados. Resultados también exitosos se han conseguido en diferentes especies de *Prosopis* con el uso de mezclas de AIB y AIA (ácido indolacético) y de AIB, NAA (ácido naftilacético) y tiamina (14, 34). En algunos casos, también se usan fungicidas. Los esquejes se cortan de preferencia durante el periodo de crecimiento activo de la planta. Alta intensidad lumínica y un

fotoperiodo de 13—16 horas parece favorecer el enraizamiento. En general, el uso de esquejes de tallo se presta para su aplicación a pequeña escala. La posibilidad de injerto ha sido también mostrada con éxito para algunas especies de *Prosopis* (1, 13, 18, 65). Regeneración *in-vitro* de plantas a partir de ápices de ramas nudos o otro tipo de propagación *in vitro* ha funcionado hasta ahora sólo en experimentos cortos.

Suelo. *P. pallida* posee un espectro ecológico muy amplio y está adaptado a una alta diversidad de suelos y hábitats (48). *P. pallida* se encuentra tanto en dunas de arena como en suelos pesados arcillosos o en suelos pedregosos, aunque prefiere suelos bien drenados. Un factor importante es la profundidad del suelo, ya que una baja profundidad o presencia superficial de la roca madre limitan el crecimiento de las plantas. Un efecto similar se observa bajo anegamiento. Una disminución del crecimiento de raíces restringe también el desarrollo de la parte aérea. El contenido de nitrógeno en el suelo no tiene una (gran) influencia en el establecimiento y crecimiento debido a la fijación de nitrógeno. Un contenido bajo de fósforo en el suelo puede, por el contrario, tener una gran influencia en el crecimiento, tanto directa como indirectamente, a través de la reducción de la actividad de las bacterias de *Rhizobium* asociadas (29). Suelos salinos o alcalinos son también frecuentemente poblados por *P. pallida*. Se pudo mostrar una concentración de sales de hasta 18 000 mg NaCl/L sin influencia en el crecimiento y las tasas de sobrevivencia, y que a concentraciones de 36 000 mg NaCl/L o 45 dS m⁻¹ (= agua de mar) todavía crecen y las plántulas se establecen (15, 41, 62). Además, se pudo mostrar que las plantas bajo valores altos de pH en el suelo, alto contenido de sales y estrés hídrico, pueden seguir fijando nitrógeno. Las especies de *Prosopis*, con el tiempo, mejoran considerablemente el suelo donde crecen; esto se debe no sólo a su capacidad para fijar nitrógeno sino también por la caída de hojas, el efecto de bomba de iones y modificaciones en la estructura y fauna del suelo; asimismo, el contenido de sales y la alcalinidad del suelo se reduce con el tiempo (56).

Cultivo. Para la siembra de *Prosopis* pueden usarse tanto el fruto completo como segmentos del fruto o semillas individuales. La tasa de germinación es, sin embargo, normalmente baja. Para la extracción de las semillas, la cubierta del fruto (exocarpo y mesocarpo) se puede remojar por 14 días, o bien los frutos recién cosechados se colocan en sacos cerrados, en cuyo caso el mesocarpo se desintegra mediante la acción de hongos (11, 48). También se puede efectuar una fermentación con estiércol por 14 días (43). Después de estos tratamientos, el mesocarpo se extrae fácilmente mediante un lavado y las semillas permanecen en el endocarpo. La remoción puramente mecánica del mesocarpo también es posible, pero normalmente es más laboriosa. El endocarpo puede removerse mediante remojo de los frutos en una solución ligeramente ácida o alcalina (por ejemplo, NaOH al 4 %) y un posterior tratamiento mecánico; sin embargo, en la mayoría de los casos se recomienda

una solución ligeramente alcalina. También se han usado exitosamente máquinas existentes para el procesamiento de alimentos (por ejemplo, trituradora de granos o moladora de carne) para la separación de las semillas de la cubierta del fruto (9, 47). Cantidades pequeñas pueden tratarse manualmente.

Las semillas de *P. pallida* presentan una latencia pronunciada (48). Una estratificación o escarificación (mecánica, térmica o química) de la testa favorece la asimilación de agua y la germinación en muchas especies de *Prosopis* (40, 64). Experimentos de germinación en *P. juliflora* muestran una tasa de germinación de 10% en semillas maduras sin pretratamiento, 50% con testas escarificadas y 90% en semillas frescas pretratadas. Se asume que la testa de semillas recién cosechadas no está todavía completamente endurecida (23). El pretratamiento puede realizarse con agua caliente (vertida sobre las semillas o 5–10 minutos de inmersión en agua hirviendo), ácido sulfúrico concentrado (15–30 minutos en 97% o 30 minutos en 60%) o vía escarificación mecánica (o una combinación). También, el paso por el tracto digestivo de animales, por ejemplo vacas, reduce la latencia. En frutos viejos la testa tiende a disolverse con el tiempo y las semillas pueden germinar sin pretratamiento; también, la remoción del endocarpo aumenta la germinación, pero no su daño o rompimiento. Se asume que el endocarpo contiene sustancias que inhiben la germinación. Las semillas también germinan mejor en legumbres ablandadas o quebradas. Para *P. juliflora* se ha podido demostrar que la temperatura óptima de germinación es ca. 20–30(–35) °C. Sobre o debajo de este rango de temperaturas las tasas de germinación disminuyen rápidamente. La concentración óptima de sales para la germinación y el crecimiento de las plántulas rodea los 100 mM (44). La propagación de *P. pallida* se realiza casi siempre en pequeños viveros. El material vegetal para *P. pallida* se obtiene normalmente de semillas colocadas en bolsas de polietileno. La profundidad óptima de siembra es de 10 mm (43). La tasa de germinación decrece rápidamente con profundidades de siembra bajo 20–30 mm. Las semillas también germinan en la superficie, pero raramente llevan al establecimiento de las plantas. El sombreado no es necesario cuando hay suficiente agua disponible; por el contrario, la tasa de sobrevivencia y la biomasa de las plántulas decrece con el sombreado (63). La siembra se efectúa normalmente 2–6 meses antes del inicio de la estación de lluvias. Estudios muestran que las plántulas de *P. pallida* alcanzan alturas 50–85 cm tres meses después de la siembra.

El tipo de plantación de *P. pallida* depende fuertemente de la utilización prevista, la naturaleza de los terrenos y la comercialización (48). En general, los árboles de *Prosopis* se pueden plantar individualmente, en hileras o en bloques. Plantaciones densas de 400–4000 árboles/ha se utilizan para producción de leña o para otros propósitos, con rotaciones cortas o para mejoramiento del suelo. Densidades más bajas de 100–400 árboles/ha se utilizan para la producción de legumbres,

agroforestería o usos silvopastorales. La plantación misma se realiza generalmente en forma manual, de la misma manera que con otras especies arbóreas. En Estados Unidos y Argentina se han introducido exitosamente plantadores mecánicos (17). Se recomienda hacer hoyos de plantación de 40–60 cm. Adicionalmente, algunos autores recomiendan una fertilización previa del terreno. La plantación se realiza lo más pronto posible después de las primeras lluvias significativas (> 50 mm). Plantas juveniles de *Prosopis* son sensibles a la competencia por luz y humedad, por lo que se debe dejar un radio de al menos 1 m libre de plantas alrededor de cada hoyo de plantación (52). La plantación puede también ser realizada mediante regeneración natural controlada. En tales casos, las plántulas naturalmente presentes en el terreno se trasplantan con el objeto de regenerar o densificar la población y se elimina la laboriosa tarea de propagación de plántulas.

En plantaciones de *Prosopis* para producción de leña o forraje, por lo general casi no se realizan cuidados culturales (48). Ya que árboles con amplias copas y troncos cortos producen más legumbres, se recomienda a veces una poda de la copa. Una poda hasta el tocón se aplica generalmente en plantaciones con fines de producción de leña y otros usos con rotaciones cortas y son bien toleradas por las especies de *Prosopis*. Este tratamiento produce un incremento de la producción de biomasa total.

Enfermedades y daños. Los principales peligros para *P. pallida* son los insectos, los que pueden manejarse mediante el uso de insecticidas. Hormigas y termitas pueden dañar principalmente plántulas y plantas juveniles; los cortapalos o serrucheros (escarabajos cerambícidos) y los dípteros psílidos son un problema principalmente en América, pero también coleópteros, langostas y larvas pueden dañar las plantas. Las hojas son atacadas por larvas de lepidópteros de las familias Geometridae y Tortricidae; en Lambayeque, arbustos hemiparásitos del género *Psittacanthus* suelen crecer en sus ramas. Lagartijas del género *Microlophus* suelen atacar plántulas, yemas florales y brotes tiernos, mientras que algunas aves, como *Geositta peruviana* “pampero peruano”, pueden comerse las semillas expuestas en el suelo. Los frutos y semillas son atacados también por insectos de las familias Tortricidae (coleópteros) y Bruchidae (lepidópteros), en tanto que la madera fresca sufre el ataque de varios coleópteros xilófagos conocidos como “taladros” que pertenecen a las familias Bostrichidae, Cerambycidae y Buprestidae (2, 25, 28). Una lista de los daños que ocurren en Perú se encuentra en Díaz Celis (11).

Cosecha y rendimiento. En el Perú, los usos principales del algarrobo son el aprovechamiento de la madera como recurso energético; las hojas, ramas y legumbres (conocidas como algarrobas en norte y huarangas en Nasca) para forraje de ganado, principalmente caprino, y para la producción de miel de algarrobo (“algarrobina”) (27, 50, 59). Es significativo que la fuente principal de carbón en el Perú procede

justamente de esta especie; según datos oficiales, el 90 % de la producción de carbón (47 260 t) procede del algarrobo (12). Los principales productos de exportación del algarrobo son en forma de algarrobina y de semillas o harina de semillas (“harina de algarroba”) para productos nutracéuticos. La colecta de los frutos debe ser realizada, en lo posible, directamente de los árboles, especialmente los totalmente maduros y bien desarrollados. Frutos que se encuentran en el suelo por largo tiempo corren mayor peligro de infestación o daño. La colecta de frutos para forraje o para su procesamiento posterior se efectúa generalmente en forma manual, donde se recolectan los frutos que se encuentran en el suelo. En la región norte del Perú los frutos suelen recogerse todos los días y en la medida en que van cayendo las vainas, para lo cual se tienden plásticos o mantas debajo del árbol (25). La cosecha de legumbres es relativamente baja en los primeros años, con 2—4 kg en los primeros 2—3 años de fructificación (48). La estimaciones de rendimiento para un cultivo productivo son altamente divergentes, con 5—100 kg/planta en Perú, y hasta 420 kg/planta para *P. juliflora* en Brasil (11, 54). En general, se asume que algunos adultos producen hasta 100 kg/planta, mientras que el rendimiento promedio es de 40 kg/planta. En una plantación de 100 plantas/ha, el rendimiento por hectárea es, por lo tanto, ca. 4 t.

VI. POSCOSECHA.....

Para la producción de semillas, los frutos son sometidos, después de la cosecha, a un secado controlado. Diferentes secadores de ventilador o a leña se usan exitosamente para el secado de legumbres de *Prosopis* (48). Un control de la infestación por insectos se puede realizar mediante congelación, tostado o inmersión en agua fría (11). Se ha señalado que la temperatura óptima de almacenamiento para semillas de *Prosopis* es de 0 a 4 °C, y se recomienda un tratamiento con fungicidas e insecticidas o un biocida natural, por ejemplo, aceite de neem (23, 38). Generalmente, se recomienda desprender las semillas de las legumbres antes del almacenamiento.

Para el almacenamiento de las semillas se debe poner atención a que éstas deben ser almacenadas en lugares secos y que las legumbres sean protegidas del ataque de insectos, especialmente de las familias Bruchidae y Pyralidae (48). En Perú se utilizan bodegas especiales de 5 x 5 x 4 m de tamaño, en las que pueden almacenarse 40 t de legumbres (11). En algunos casos, las bodegas son selladas con arcilla. En la India se disponen las legumbres en capas alternadas con capas de arena, con lo que la capacidad de almacenamiento se aumenta en alrededor de 3 años. Fumigaciones con insecticidas o tratamiento con neem se han empleado en India, en algunos casos, para el control de daños durante el almacenamiento.




1) Bosque de *Prosopis pallida*; 2) Hábito; 3) Hojas; 4) Flores; 5) Flores (virado 90°); 6) Cosecha de frutos ("algarroba"). Fotos: 1, 2, 6: PDRS-GIZ Sede Piura; 3, 5: Hartmut H. Hilger; 4: Maximilian Weigend

VII. LITERATURA

1. Alban L, Matorel M, Romero J, Grados N, Cruz G, Felker, P. 2002. Cloning of elite, multipurpose trees of the *Prosopis juliflora/pallida* complex in Piura, Peru. *Agroforestry Systems*, 54(3):173-182.
2. Alemán M, Espinoza E, Navarro A. 2009. Plan de manejo forestal – recurso forestal *Prosopis pallida* “algarrobo”. Asociación Comunal para el Manejo del Bosque Seco de la Cuenca de Bocapán (ACMBB). Perú.
3. Beresford-Jones, D.G. 2005. Pre-Hispanic *Prosopis*-Human Relationships on the South Coast of Peru: Riparian Forests in the Context of Environmental and Cultural Trajectories of the Lower Ica Valley. Magdalene College, University of Cambridge. <http://www.arch.cam.ac.uk/dgb27/> [03.04.2012]
4. Bessega C, Ferreyra L, Vilardi, JC, Saidman BO. 2000. Unexpected low genetic differentiation among allopatric species of section *Algarobia* of *Prosopis* (Leguminosae). *Genetica* (The Hague) 109(3):255-266.
5. Brako L, Zarucchi JL. 1993. Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 45: i–xl, 1–1286.
6. Burghardt A, Espert S. 2007. Phylogeny of *Prosopis* (Leguminosae) as shown by morphological and biochemical evidence. *Australian Systematic Botany* 20:332–339.
7. Burghardt A, Brizuela M, Mom M, Albán L, Palacios R. 2010. Análisis numérico de las especies de *Prosopis* L. (Fabaceae) de las costas de Perú y Ecuador. *Rev. peru. biol.* 17(3): 317–323.
8. Burkart A. 1976. A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae). *J. Arnold Arbor.* 57(4):450–525.
9. Cruz G. 1999. Production and characterization and uses of *Prosopis* seed galactomannan. PhD thesis, ETH No. 13153, Switzerland.
10. De Oliveira VR, Pires IE. 1990. Pollination efficiency of *P. juliflora* (Sw) DC in Petrolina, Pernambuco. pp. 233-239. In: *The Current State of Knowledge on Prosopis juliflora*. (Eds.) M. A. Habit and J. C. Saavedra. FAO, Rome, Italy.
11. Díaz Celis A. 1995. Los Algarrobos. CONCYTEC, Lima, Peru.
12. Dirección de Información y Control Forestal y de Fauna Silvestre (DICFFS). 2010. Perú Forestal en Números – Año 2009. Ministerio de Agricultura – MINAG. Perú.
13. Ewens M, Felker P. 2003. The potential of mini-grafting for large-scale production of *Prosopis alba* clones. *Journal of Arid Environments* 55:379–387
14. Felker P, Clark PR. 1981. Rooting of mesquite (*Prosopis*) cuttings. *Journal of Range Management*, 34(6):466-8.
15. Felker P, Clark PR, Laag AE, Pratt PF. 1981. Salinity tolerance of the tree legumes: mesquite (*Prosopis glandulosa* var. *torreyana*, *P. velutina* and *P. articulata*), algarrobo (*P. chilensis*), kiawe (*P. pallida*) and tamarugo (*P. tamarugo*) grown in sand culture on nitrogen-free media. *Plant and Soil* 61:311-317.
16. Felker P, Clark PR, Osborn JF, Cannel GH. 1984. *Prosopis* pod production - comparison of North American, South American, Hawaiian, and African germplasm in young plantations. *Economic Botany* 38:36-51.
17. Felker P, Mclauchlan RA, Conkey A, Brown S. 1999. Case study: development of a swath harvester for small diameter (<10 cm) woody vegetation. *Biomass and Bioenergy* 17:1-17.
18. Felker P, Ewens M, Ochoa H. 2000. Environmental influences on grafting success of *Prosopis ruscifolia* (vinal) onto *Prosopis alba* (algarrobo blanco). *Journal of Arid Environments*, 46: 433–439.
19. Felker P, Medina D, Soulier C, Velicce G, Velarde M, Gonzalez C. 2005. A of environmental and biological factors (*Azospirillum* spp, *Agrobacterium rhizogenes*, *Pseudomonas aurantiaca*) for their influence in rooting cuttings of *Prosopis alba* clones. *Journal of Arid Environments*, 61:227–247.
20. Ferreyra R. 1987. Estudio sistemático de los algarrobos de la costa norte del Perú. Dirección de Investigación Forestal y de Fauna, Min. de Agricultura, Lima, Peru.
21. Ferreyra LI, Bessega C, Vilardi JC, Saidman BO. 2004. First report on RAPDs patterns able to differentiate some Argentinean species of section *Algarobia* (*Prosopis*, Leguminosae). *Genetica* 121: 33–42.
22. Ferreyra LI, Vilardi JC, Tosto DS, Julio NB, Saidman BO. 2010. Adaptive genetic diversity and population structure of the “algarrobo” [*Prosopis chilensis* (Molina) Stuntz] analysed by RAPD and isozyme markers. *Eur J Forest Res*, 129:1011–1025.
23. Ffolliot PF, Thames JL. 1983. Collection, Handling, Storage and Pre-treatment of *Prosopis* Seeds in Latin America. FAO, Rome, Italy.
24. Fosberg FR. 1966. Miscellaneous notes on Hawaiian plants-4. Bishop Museum Occasional Papers 23:129-138.
25. Galera FM. 2000. Las especies del género *Prosopis* (algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico. Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Versión en línea: <http://www.fao.org/docrep/006/ad314s/ad314s00.htm> [03.08.2011].
26. Goel VL, Behl HM. 1994. Cloning of selected genotypes of promising tree species for sodic sites. *Journal of the Indian Botanical Society*, 73:255-258.
27. Gushiken S, Acuña T, Torres J. 2001. Dinámica poblacional de los algarrobales (*Prosopis pallida*) y El Niño en la costa norte del Perú. En: J. Tarazona, W. E. Arntz y E. Castillo de Maruenda (eds). 2001. *El Niño en América Latina: Impactos Biológicos y Sociales*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Lima, pp. 213-223.
28. Huertas P. 1987-1988. Insectos consumidores de vainas de *Prosopis* en Olmos, dpto. de Lambayeque-Perú. *Zonas Áridas* 5: 2 – 18.
29. Jarrell WM, Virginia RA, Kohl DH, Shearer G, Bryan BA, Rundel PW, Nilsen ET, Sharifi MR. 1982. Symbiotic nitrogen fixation by mesquite and its management implications. pp. R1-R12. In: *Mesquite Utilization*. (Ed.) H. W. Parker. Texas Tech University, Lubbock, Texas, USA.
30. Johnston MC. 1962. The North American mesquites, *Prosopis* sect. *Algarobia* (Leguminosae). *Brittonia* 14:72-90.
31. Jørgensen PM, León-Yáñez S. 1999. Catalogue of the vascular plants of Ecuador. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 75: i–viii, 1–1181.
32. Killeen TJ, García Estigarribia E, Beck SG. 1993. *Guía Arb. Bolivia* 1–958.

33. Landeras G, Alfonso M, Pasiecznik NM, Harris PJC, Ramirez L. 2006. Identification of *Prosopis juliflora* and *Prosopis pallida* accessions using molecular markers. *Biodiversity and Conservation* 15:1829-1844.
34. Lima PCF. (1990) *Prosopis* vegetative propagation through cuttings. pp. 223-227. In: *The Current State of Knowledge on Prosopis juliflora*. (Eds.) M. A. Habit and J. C. Saavedra. FAO, Rome, Italy.
35. Liogier HA. 1988. Spermatophyta: Leguminosae to Anacardiaceae. *Descr. Fl. Puerto Rico & Adj. Isl.* 2:1-481.
36. Lopez BC, Sabate S, Gracia CA, Rodriguez R. 2005. Wood anatomy, description of annual rings, and responses to ENSO events of *Prosopis pallida* H. B. K., a widespread woody plant of arid and semi-arid lands of Latin America. *J. Arid Environm*, 61:541-554.
37. López BC, Rodríguez R, Gracia CA, Sabaté S. 2006. Climatic signals in growth and its relation to ENSO events of two *Prosopis* species following a latitudinal gradient in South America. *Global Change Biology*, 12(5): 897-906.
38. Lopez BC, Holmgren M, Sabate S, Gracia CA. 2008. Estimating annual rainfall threshold for establishment of tree species in water-limited ecosystems using tree-ring data. *Journal of Arid Environments*, 72(5):602-611.
39. Luna RK. 1996. *Prosopis juliflora* (Swartz) DC. In: *Plantation Trees*. International Book Distributors, Delhi, India.
40. Marmillon E. 1986. Management of algarrobo (*Prosopis alba*, *P. chilensis*, *P. flexuosa*, and *P. nigra*) in the semiarid regions of Argentina. *Forest Ecology and Management*, 16(1-4):33-40.
41. Meloni DA, Gulotta MR, Martinez, CA, Oliva MA. 2004. The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 16(1):39-46.
42. Mom MP, Burghardt AD, Palacios RA, Alban L. 2002. Los algarrobos peruanos: *Prosopis pallida* y su delimitación. *Arnaldoa*, 9(1):39-48.
43. Mutha N, Burman U. 1998. Effect of seed weight and sowing depth on germination and seedling quality of *Prosopis juliflora*. pp. 43-45. In: *Prosopis Species in the Arid and Semi-Arid Zones of India*. (Eds.) J. C. Tewari, N. M. Pasiecznik, L. N. Harsh and P. J. C. Harris. *Prosopis Society of India and the Henry Doubleday Research Association*, Coventry, UK.
44. Nasr SMH, Parsakhoo A, Naghave H, Koohi SKSK. 2011. Effect of salt stress on germination and seedling growth of *Prosopis juliflora* (Sw.). *New forests*. Online.
45. Otsamo A, Maua JO. 1993. Observations on pod production of planted *Prosopis juliflora*. *East African Agriculture and Forestry Journal* 58:111-114.
46. Palacios RA, Burghardt AD, Frias-Hernández JT, Olalde-Portugal V, Grados N, Albán L, Martínez-de la Vega O. 2011. Comparative study (AFLP and morphology) of three species of *Prosopis* of the Section Algarobia: *P. juliflora*, *P. pallida*, and *P. limensis*. Evidence for resolution of the “*P. pallida*-*P. juliflora* complex”. *Plant Syst Evol*
47. Pasiecznik N, Felker DP. 1992. Mechanical cleaning of *Prosopis* seed. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports* 10:186-188.
48. Pasiecznik NM. 2001. *The Prosopis juliflora - Prosopis pallida* complex: a monograph. Coventry: HDRA, 162pp.
49. Peacock JT, McMillan C. 1968. The photoperiodic response of American *Prosopis* and *Acacia* from a broad latitudinal Distribution. *Amer. J. Bot.*, 55(2):153-159.
50. Rodríguez R, Mabres A, Luckman B, Evans M, Masiokas M, Ektvedt TM. 2005. “El Niño” events recorded in dry-forest species of the lowlands of northwest Peru. *Dendrochronologia*, 22:181-186.
51. Rodríguez A, Álvarez R, Uhlenbrock M. 2005. Poverty and natural resource degradation: agropastoralism in the northern coast of Peru. *Zonas Áridas* 9: 83-106.
52. Ribaski J. 1990. Agroforestry system combining *P. juliflora* and buffel grass in the Brazilian semi-arid region: preliminary results. pp. 471-477. In: *The Current State of Knowledge on Prosopis juliflora*. (Eds.) M. A. Habit and J. C. Saavedra. FAO, Rome, Italy.
53. Sherry M, Smith S, Patel A, Harris P, Hand P, Trenchard L, Hendrson J. 2011. RAPD and microsatellite transferability studies in selected species of *Prosopis* (section Algarobia) with emphasis on *Prosopis juliflora* and *P. pallida*. *Journal of Genetics*, 90(2):251-164.
54. Silva S. 1990. *Prosopis juliflora* (Sw) DC in Brazil. pp. 29-55. In: *The Current State of Knowledge on Prosopis juliflora*. (Eds.) M. A. Habit and J. C. Saavedra. FAO, Rome, Italy.
55. Simpson BB. (Ed.). 1977. *Mesquite, its Biology in Two Desert Shrub Ecosystems*. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg, Pennsylvania, USA.
56. Singh YP, Singh G, Sharma DK. 2011. Ameliorative Effect of Multipurpose Tree Species Grown on Sodic Soils of Indo-Gangetic Alluvial Plains of India. *Arid Land Research and Management*, 25(1):55-74.
57. Solbrig OT, Cantino PD. 1975. Reproductive adaptations in *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoideae). *Journal of the Arnold Arboretum* 56:185-210.
58. Squeo FA, Holmgren M, Jiménez M, Albán M, Reyes L, Gutiérrez JR. 2007. Tree establishment along an ENSO experimental gradient in the Atacama desert. *Journal of vegetation science*. 18(2):195-202.
59. Torres M. 2001. *Compilación y análisis sobre los productos forestales no madereros (PFNM) en el Perú. Proyecto Informacion y analisis para el manejo forestal sostenible: integrando esfuerzos nacionales e internacionales (GCP/RLA/133/EC)*. Chile.
60. Vásquez L, Escurra J, Huamán A. 2010. Los algarrobos del Peru. *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú*.
61. Vega MV, Hernández P. 2005. Molecular evidence for natural interspecific hybridization in *Prosopis*. *Agroforestry Systems*, 64(3):197-202.
62. Velarde M, Felkera P, Degano C. 2003. Evaluation of Argentine and Peruvian *Prosopis* germplasm for growth at seawater salinities. *Journal of Arid Environments*, 55:515-531.
63. Vilela AE, Ravetta DA. 2000. The effect of radiation on seedling growth and physiology in four species of *Prosopis* L. (Mimosaceae). *Journal of Arid Environments*, 44:415-423.
64. Vilela AE, Ravetta DA. 2001. The effect of seed scarification and soil-media on germination, growth, storage, and survival of seedlings of five species of *Prosopis* L. (Mimosaceae). *J. arid. Environ*, 48 (2):171-184.
65. Wojtusik T, Felker P, Russell EJ, Bengé MD. 1993. Cloning of erect, thornless, non-browsed nitrogen fixing trees of Haiti's principal fuelwood species (*Prosopis juliflora*). *Agroforestry Systems*, 21(3):293-300.

PERÚ BIODIVERSO

 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Confederación Suiza

Departamento Federal de Asuntos Económicos DFAE
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



PERÚ Ministerio de Comercio
Exterior y Turismo

prom
perú



PERÚ Ministerio
del Ambiente