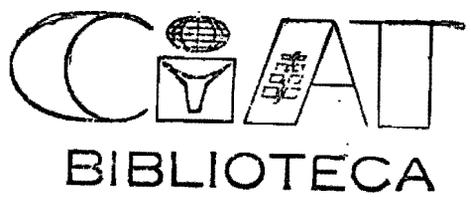


01550



**EVALUACION Y ADAPTACION DE LEGUMINOSAS ARBUSTIVAS
EN SUELOS ACIDOS INFERTILES DE AMERICA TROPICAL¹**



Pedro J. Argel y Brigitte L. Maass²

716176
18 JUL. 1994

¹ Trabajo presentado en Taller Internacional sobre Arboles Fijadores de Nitrógeno en Suelos Acidos, Turrialba, Costa Rica, 3-8 julio, 1994.

² Agrónomos del Programa de Forrajes Tropicales de CIAT, A.A. 6713, Cali, Colombia.

EVALUACION Y ADAPTACION DE LEGUMINOSAS ARBUSTIVAS EN SUELOS ACIDOS INFERTILES DE AMERICA TROPICAL

Pedro J. Argel y Brigitte Maass

Resumen

Se estima que alrededor de 58% de los suelos en la parte tropical de América Latina pertenecen al orden de los oxisoles y ultisoles, los cuales se caracterizan por alto contenido de aluminio, baja saturación de bases intercambiables y alta acidez. En estos suelos predominan diversas actividades agropecuarias, destacándose entre todas la ganadería. Se sabe que las leguminosas arbustivas son fuente barata de proteína para los animales; además, se emplean como coberturas del suelo y barreras vivas para reducir erosión, o como barbechos temporales para mejorar la fertilidad del suelo. En este sentido un número considerable de estudios se han realizado en América tropical con las arbustivas *Erythrina* spp., *Leucaena* spp. y *Gliricidia sepium*, pero hasta la fecha las introducciones evaluadas de estas leguminosas han mostrado pobre adaptación a suelos ácidos con alto contenido de aluminio. Estudios agronómicos más recientes han identificado a las arbustivas *Flemingia macrophylla*, *Desmodium velutinum*, *Codariocalyx gyroides*, *Calliandra* sp (CIAT 20400), *Tadehagi* spp. y *Cratylia argentea* con buena adaptación a los suelos ácidos infértiles de la región. Sin embargo, el consumo de estas arbustivas por parte de los animales es bajo, lo que parece estar asociado con altos niveles de taninos condensados particularmente en *F. macrophylla*, *Calliandra* sp. (CIAT 20400) y *Tadehagi* spp., o la presencia de otros factores anticualitativos aún no plenamente identificados como en *C. argentea*. Esta última tiene atributos agronómicos importantes como son: tolerancia a la sequía, rápido establecimiento, buen rebrote después del corte, altos rendimientos de MS y bajo contenido de taninos condensados (0.2%). Estudios de consumo con esta especie indican que tanto ovinos como bovinos prefieren las hojas maduras a los rebrotes jóvenes, particularmente si las hojas han sido cortadas y secadas al sol. No existen reportes que indiquen la contribución a la fertilidad del suelo ni el posible uso alternativo de ésta u otras leguminosas arbustivas adaptadas a suelos ácidos infértiles; por lo tanto, se necesitan mayores esfuerzos para mejorar la caracterización de éste germoplasma en cuanto a su contribución al sostenimiento y mejoramiento del suelo, así como el estudio de factores anticualitativos que limitan el consumo animal.

Introducción

Las leguminosas arbóreas y arbustivas son fuente económica de proteína para la producción animal; además pueden mejorar la fertilidad y la protección del suelo, proporcionar sombra, mejorar barbechos temporales y el reciclaje de nutrientes, servir de cobertura del suelo, utilizarse como barreras vivas para reducir erosión y como fuentes de leña para uso doméstico. De hecho, la literatura reporta ampliamente los beneficios que en los distintos sistemas de producción agropecuaria, ofrecen las arbustivas *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* y especies de *Erythrina* y *Acacia* (Pezo et al., 1989; Wesley y Powell, 1993).

Es muy común la utilización de las arbustivas mencionadas como suplementos de dietas animales cuando se utilizan gramíneas de baja calidad; también para mejorar el consumo y la digestibilidad del nitrógeno (N) y de la materia seca (MS), lo cual se traduce generalmente en mayores ganancias de peso animal e incrementos en producción de leche.

Suelos ácidos. Suelos ácidos (pH entre 3.8 a 5.5) con alta concentración de aluminio (saturación de Al >de 60%) y bajos niveles de calcio y otros nutrientes, pertenecen al orden de los oxisoles y ultisoles, los cuales representan 58% (884 millones de ha) de los suelos de América tropical (Sánchez e Isbell, 1979). Los oxisoles son escasos en Centroamérica y El Caribe (sólo 0.6 millones de ha), pero predominan en los Escudos de Guyana y Brasil, las sabanas de Colombia y Venezuela y el cerrado brasileiro, así como la cuenca este del Amazonas. En cambio, los ultisoles son comunes en áreas de alta precipitación en Centroamérica (alrededor de 20 millones de ha), lo mismo que suelos jóvenes ácidos, denominados inceptisoles.

Las actividades agropecuarias en regiones con tipos de suelo como los mencionados anteriormente, son considerables en América tropical, incluyendo ganaderías de carne, de doble propósito y leche. Pero en estas regiones la disponibilidad de leguminosas arbustivas es nula o muy escasa, debido a la falta de germoplasma adaptado con características deseables que pueda ser adoptado fácilmente por los productores.

Adaptación de arbustos a suelos ácidos. Las arbustivas tradicionales como *G. sepium* y *L. leucocephala* tienen adaptación marginal a suelos ácidos con alta concentración de aluminio y bajos niveles de calcio y otros nutrientes. Glover y Brewbaker (1990) encontraron correlaciones altamente positivas entre altura de *G. sepium*, el pH y el contenido de calcio en el suelo, y correlaciones altamente negativas entre altura y saturación de Al.

Además de ofrecer un valor forrajero aceptable, algunas leguminosas arbustivas tales como *Albizia lebeck*, *Cajanus cajan*, *Desmodium discolor*, *Pithecellobium dulce* y *Sesbania grandiflora*, pueden adaptarse a suelos pobres y ácidos (Brewbaker y Macklin, 1990; Mannetje y Jones, 1992). De manera similar, Perdomo (1991) evaluó 25 leguminosas arbóreas y arbustivas en dos suelos diferentes (un ultisol muy ácido y un vertisol fértil), e identificó las siguientes especies adaptadas a suelo ácido: *Flemingia macrophylla*, *Cratylia argentea* y *Calliandra* sp (CIAT 20400).

Sin embargo, es probable que en el estudio de Perdomo (1991) se hayan descartado especies como *A. lebeck*, *C. cajan* y *Clitoria fairchildiana* por confundir la adaptación ambiental con el efecto de los cortes frecuentes y bajos, que fue demostrado por Lazier (1981) con *Codariocalyx gyroides* en Belice. Además del régimen de corte que está definido por altura y frecuencia,

Horne et al. (1985) resaltaron varios factores que influyen y pueden llevar a confundir la adaptación ambiental de una especie, tales como: la edad del primer corte, la densidad de siembra, el material de propagación (semilla o estaca), la inoculación con rizobio y micorriza, el régimen de corte, condiciones ambientales, material genético utilizado y finalmente las interacciones entre estos factores.

También es común la investigación de un rango genético muy estrecho dentro de una especie determinada, lo cual puede llevar a resultados contradictorios; por ejemplo, Szott et al. (1991) identificaron a *G. sepium* como una de las especies adaptadas a los suelos ácidos de Yurimaguas en la Amazonía peruana (pH 4.2 a 4.7 y saturación de Al entre 60 y 80%).

Objetivo. El objetivo de esta revisión es presentar resultados de evaluaciones de leguminosas arbustivas realizadas durante los últimos años en suelos ácidos infértiles de América tropical, que han permitido la identificación de especies con potencial forrajero y para otros usos agropecuarios. Nos basamos principalmente en resultados generados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) debido a que una extensa revisión bibliográfica identificó pocos trabajos a nivel regional que ampliaran este tema.

Adaptación y Evaluaciones Agronómicas

En contraste con los árboles, los arbustos se caracterizan por tener un hábito de ramificación que se inicia prácticamente en la base del cuello del tallo (Banerjee, 1989). En general, los arbustos no crecen más de 4 a 6 m de altura y el diámetro de la base del tallo permanece por debajo de los 10 cm de grosor.

Este tipo de leguminosas arbustivas han sido las más evaluadas durante la última década en los suelos ácidos infértiles de América tropical. Las evaluaciones agronómicas y de adaptación se han realizado a nivel de parcelas pequeñas y bajo un determinado régimen de corte. Las mismas parcelas han sido aprovechadas para observar aceptabilidad animal.

Las ventajas de las especies arbustivas sobre las herbáceas son las de ofrecer mayor rendimiento de MS, mejor persistencia, mejor tolerancia al mal manejo y la capacidad de retener forraje de mejor calidad en condiciones de alto estrés ambiental. Lo anterior es extremadamente importante en condiciones de suelos ácidos infértiles, debido a que las plantas no solo deben soportar el estrés impuesto por el suelo, sino también las presiones bióticas y de estrés temporal por falta de humedad. El Cuadro 1 muestra características de suelo donde se han evaluado leguminosas arbustivas en los últimos años en América tropical. Luego se presentan las especies evaluadas y los resultados más relevantes hasta la fecha.

Cratylia argentea (Desvaux) O. Kuntze

Sinónimos: *C. floribunda* Bentham

Dioclea floribunda Desvaux

Esta leguminosa arbustiva, nativa de la amazonía de Brasil, Perú y Bolivia, así como del cerrado brasileiro (Queiroz, 1991), es reconocida por alta tolerancia a la sequía y alta producción de forraje de buena calidad (Otero, 1961; Aroeira y Xavier, 1991). Evaluaciones agronómicas han identificado su buena adaptación a condiciones de suelos ácidos representados por Quilichao (Perdomo, 1991), Carimagua, Caquetá y La Libertad en Colombia; Pucallpa

en Perú y Coronel Pacheco en Brasil (ver características de estos sitios en Cuadro 1). También se reporta buen desempeño en suelos moderadamente ácidos de Manabí, Ecuador (Ramírez et al., 1990). Se ha indicado que esta planta tiene una curva de crecimiento tipo cúbico, el cual es lento al principio, pero que se acelera a partir de los 63 días (Xavier et al., 1990).

Evaluaciones agronómicas de una pequeña colección de *C. argentea* han mostrado variación intraespecífica en rendimiento de materia seca (RMS)(ver Cuadro 2) y en producción de semilla (CIAT, 1988). Los RMS varían de acuerdo al sitio de crecimiento, pero se destaca la buena producción de forraje de esta especie en una variedad de condiciones ambientales, incluyendo sitios con suelos pobres ácidos. Así por ejemplo, en suelos inceptisoles moderadamente fértiles de Atenas (trópico subhúmedo; pH 5.9) y de Guápiles (trópico muy húmedo; pH 5.6) en Costa Rica, se han encontrado rendimientos foliares anuales de 5 y 16 t/ha respectivamente (CIAT, 1993). Mientras tanto, en suelos de menor fertilidad tipo latosol (pH 4.7) de Brasil, los rendimientos totales han variado desde 4 hasta un acumulado de 14 t/ha a los 189 días de crecimiento (Xavier et al., 1990). En un ultisol de Caquetá los RMS foliar de una colección de *C. argentea* variaron de 10 a 148 g/planta en la época de mínima y de 14 a 135 g/planta en la época de máxima precipitación (CIAT, 1993) (Cuadro 2).

Una de las cualidades de *C. argentea* es el alto contenido foliar de N. Se han encontrado valores de 7.0% a los 21 días de edad y de 2.0% a los 189 días (Xavier et al., 1990), lo cual es más evidente si se inocula la planta con cepas adecuadas de rizobium, particularmente en condiciones de suelos ácidos. Por ejemplo, en Carimagua la inoculación de esta leguminosa con las cepas CIAT

3561 y CIAT 3564 provenientes de *C. mollis*, incrementó el contenido de N en la parte aérea 1.8 veces y el número de nódulos 3.9 y 2.6 veces respectivamente (CIAT, 1987). Así mismo en un suelo del Valle del Cauca en Colombia (pH 4.8 y 76% saturación de Al), la inoculación de esta especie con la cepa CIAT 3561 incrementó significativamente el N foliar con respecto al tratamiento sin inóculo (Rondón et al. sin publicar). De manera similar, esta leguminosa responde positivamente a la inoculación con cepas de micorriza (Almeida y Vasconcelos, 1985).

En Quilichao, una colección de 11 accesiones de *C. argentea* ha persistido por más de cinco años bajo cortes periódicos. No se han observado daños por enfermedades o plagas hasta la fecha. Los recursos genéticos de esta especie, mantenidos ex situ en los bancos de germoplasma de EMBRAPA/CENARGEN (Centro Nacional de Pesquisas en Recursos Genéticos y Biotecnología) en Brasil y del CIAT en Colombia, son muy limitados. Ambas instituciones están llevando a cabo en la actualidad, misiones colaborativas de colección en el cerrado brasileiro.

Calliandra spp.

Las especies de *Calliandra* crecen generalmente entre 4 a 6 m de altura o hasta 12 m y 20 cm de diámetro en condiciones favorables de crecimiento. Dentro de este género la especie *C. calothyrsus* Meissn. se encuentra en altitudes bajas y moderadas (0 a 1900 msnm) desde el sureste de México hasta Panamá; o sea que su distribución natural es básicamente Centroamericana (Hernández, 1991). Esta especie posee denso follaje, profundo sistema radicular, extraordinaria capacidad de rebrote, rápido crecimiento y alta

capacidad de nodulación, por esto se le considera con enorme potencial para sistemas agroforestales. Las raíces presentan abundante infección con micorriza, lo cual ayuda a la planta a obtener fósforo del suelo.

Calliandra sp. (CIAT 20400) respondió significativamente a la inoculación con la cepa CIAT 4909 + 4910 en un suelo ácido del Valle del Cauca; los incrementos de las plantas inoculadas superaron cinco veces el área foliar y más de seis veces los RMS y el N total con respecto al control (Rondón et al. sin publicar). La inoculación superó el efecto de fertilizar las plantas con 150 kg/ha de N.

En 1936 se introdujeron en Indonesia semillas de *C. calothyrsus* provenientes de Guatemala y para 1980 se estimaba que había en la isla de Java 170,000 ha de esta planta, utilizada principalmente por los campesinos de esa isla como leña (National Academy Press, 1988).

C. calothyrsus está estrechamente relacionada con *C. tetragona*, *C. acapulensis*, *C. grandiflora* y *Calliandra* sp. (CIAT 20400; especie probablemente nueva de acuerdo a comunicación personal de Hernández, 1990). Esta última ha mostrado buena adaptación a suelos ácidos infértiles de Quilichao y Carimagua en Colombia (CIAT, 1987; Perdomo, 1991); sin embargo, la accesión estudiada tuvo muy baja digestibilidad y alto contenido de taninos (Perdomo, 1991). Aunque se acepta que *Calliandra* se adapta a suelos pobres, ésta se da mejor en suelos moderadamente ácidos de origen volcánico y en sitios con 2,000 a 4,000 mm de precipitación por año situados entre 250 a 800 msnm; falta sin embargo, mayor investigación en diferentes tipos de suelos para definir mejor el rango de adaptación de esta leguminosa. La planta no tolera sitios inundados (National Academy Press, 1988; Wiersum

y Rika, 1992). La colección más grande de *Calliandra* fue realizada por CATIE y OFI (Oxford Forestry Institute, Inglaterra)(Wiersum y Rika, 1992).

Flemingia macrophylla (Willdenow) Merrill

Sinónimo: *F. congesta* (Aiton) Roxburg

Este arbusto de crecimiento erecto (1.5 a 2.5 m) es nativo del sureste asiático y ampliamente naturalizado en el este y oeste Africano (Asare et al., 1984; Budelman y Siregar, 1992). Su distribución natural va desde el nivel del mar hasta los 2,000 m de altura en sitios con 1,100 a 2,850 mm de precipitación. Se caracteriza por tolerar períodos secos prolongados, pero a la vez puede soportar suelos saturados de humedad y aún inundados temporalmente (Budelman, 1988; Budelman y Siregar, 1992). Otra de sus cualidades es la alta capacidad que tiene de ramificación a partir de la base del tallo (Thomas y Schultze-Kraft, 1990).

Evaluaciones agronómicas realizadas en suelos ácidos infértiles de Pucallpa (Perú), Carimagua, Villavicencio (La Libertad), Caquetá y Quilichao en Colombia, la han mostrado como uno de los arbustos de mejor adaptación a esas condiciones (CIAT 1986, 1987, 1990 y 1993). Así mismo, esta arbustiva ha tenido muy buen desempeño en condiciones de suelos moderadamente fértiles en Costa Rica representados por Atenas y Guápiles, v.gr. inceptisoles con muy baja concentración de Al (CIAT, 1990).

Los RMS foliares de 23 accesiones de *F. macrophylla* variaron de acuerdo a la época del año y dependieron del grado de fertilización aplicado en Carimagua (Cuadro 2). Plantas fertilizadas durante la época de lluvias con una fórmula recomendada para cultivos, tuvieron un rendimiento foliar de 23

g/planta contra 16 g para plantas fertilizadas con una fórmula para pastos. Estos rendimientos fueron respectivamente de 6 y 4 g/planta para el periodo seco (3 a 4 meses). La fertilización afectó el número de ramas/planta, pero no la digestibilidad foliar de la MS, la cual tuvo un promedio bastante bajo de 20% (CIAT, 1993). Los RMS reportados son comparables a los observados en otros lados del trópico (Asare et al., 1984; Budelman, 1988). Sin embargo, el nivel de producción de una colección grande de *F. macrophylla* en condiciones de trópico húmedo en Colombia (Caquetá) es mucho más alto (Cuadro 2), lo cual corrobora su buena adaptación a sitios mal drenados.

La colección de 80 accesiones de *F. macrophylla* mantenida ex situ en CIAT (Colombia), no solamente presenta alta variación morfológica, sino también variabilidad en RMS (Belalcázar y Ciprian, 1994). La accesión CIAT 17407 es una de las de mejor desempeño tanto en Pucallpa como en Carimagua (CIAT, 1990). En términos generales ésta especie se ha mostrado mejor adaptada a suelos ácidos que *F. lineata* (L.) Roxburgh ex Aiton (CIAT, 1987). Su principal limitación forrajera radica en los altos niveles de taninos que contiene y por ende en baja palatabilidad y digestibilidad para el ganado. La producción de semilla es satisfactoria. En Carimagua, la mayoría de las accesiones sufrió severos ataques de antracnosis; sin embargo, no se identificaron reportes adicionales sobre ataques de plagas ni de enfermedades.

Especies de *Desmodium* y géneros aliados

Las plantas consideradas dentro de este grupo de arbustivas y subarbustivas pertenecen a las especies *D. velutinum* (Willdenow) DeCandole, *D. strigillosum* Schindler, así como *Tadehagi triquetrum* (L.) Ohashi (Sinónimo:

D. triquetrum) y *Codariocalyx gyroides* (Roxburgh ex Link) Hasskarl (Sinónimo: *D. gyroides* DC.), estrechamente relacionado con el género *Desmodium*. Todos estos se distribuyen naturalmente en el sureste asiático (Schultze-Kraft, 1985; Schultze-Kraft et al., 1897; CIAT, 1990; Mannetje y Jones, 1992), aunque el *D. velutinum* se reporta también como nativo de Africa, Madagascar y Malasia (Mzamane y Ahishi, 1986).

El *C. gyroides* alcanza una altura de 1 a 3 m. Crece bien en sitios con capa freática alta, mal drenados, pero no es resistente a la sequía. Tolera bien suelos ácidos de baja fertilidad y con altos contenidos de Al (Soedomo, 1992). En el CIAT se mantiene una colección de germoplasma de 30 accesiones de origen geográfico amplio, las cuales han mostrado buena adaptación a suelos ácidos de Pucallpa, Carimagua y Quilichao (RMS de 8 t/ha en un período de 40 semanas en este último), además a suelos mal drenados de Caquetá (CIAT, 1990). En Carimagua se encontraron rendimientos de 12,569 Kg/ha (suma de 10 cortes) asociado con la gramínea *Andropogon gayanus*. En este ambiente mostró mejor aceptabilidad por los animales que *D. ovalifolium* CIAT 350 (CIAT, 1978), y no fue afectado por el nemátodo de los nudos aéreos del tallo (*Pterotylenchus cecidogenus*), que afecta severamente a éste último (CIAT, 1984) y al *D. velutinum* y *D. strigillosum* (CIAT, 1988). Sin embargo, el *C. gyroides* es muy susceptible al nemátodo del nudo de la raíz (*Meloidogyne javanica*); además ha mostrado moderada susceptibilidad a enfermedades foliares causadas por Micoplasma, *Rhizoctonia* y *Cercospora* (Lenné, 1981; CIAT, 1990).

Esta leguminosa no toleró cortes bajos (40 a 50 cm de altura) en condiciones de trópico subhúmedo en Costa Rica, y períodos secos de más de 4 meses

la afectaron severamente (CIAT, 1990). Pero una colección evaluada en Caquetá (cortes realizados cada 9 semanas a 100 cm) mostró alto vigor de rebrote y alta producción de semilla. Durante el primer año de evaluación los RMS foliares variaron de 22 a 211 g/planta en la estación de mínima y de 31 a 311 g/planta en la estación de máxima precipitación, lo cual indica considerable variación intraespecífica que amerita mayores evaluaciones futuras de esta especie (Cuadro 2).

D. velutinum es un subarbusto semierecto de morfología variable y con hojas de un solo folíolo, el cual puede ser establecido por medios vegetativos o semilla (Asare et al., 1984; Mzamane y Agishi, 1986; Schultze-Kraft et al., 1987; Cárdenas, 1990), aunque la semilla presenta cierto grado de dureza por lo que se recomienda la escarificación (Akinola et al., 1991). Esta leguminosa se adapta a condiciones de Carimagua y Quilichao, pero de adaptación marginal a Pucallpa y el cerrado Brasileiro; sin embargo, la colección evaluada ha mostrado alta variación intraespecífica, principalmente en RMS, proporción de hojas, contenido de PC y minerales, y producción de semilla (CIAT, 1986, 1990; Perdomo, 1991; Cárdenas, 1990).

En Carimagua esta especie respondió a condiciones de mejor fertilidad del suelo; así por ejemplo, los RMS fueron de 8 y 6 g durante el período de lluvias para plantas fertilizadas con una fórmula para cultivos y pastos respectivamente, y de 2 y 1 g/planta durante el período de mínima precipitación. La fertilización no afectó la digestibilidad de la MS, la que tuvo un promedio de 52%. Esta leguminosa presenta alta defoliación en lugares con más de 4 meses secos (CIAT 1986, 1993). Además es afectada por sitios mal

drenados, como en Caquetá (Colombia), aunque en este sitio los RMS fueron considerablemente más altos que en Carimagua (Cuadro 2).

La colección de germoplasma de *D. velutinum* mantenida en CIAT es bastante grande (más de 140 accesiones) y morfológicamente variada (Cárdenas, 1990; Belalcázar y Ciprián, 1994). Aún no se conoce en forma detallada el rango de adaptación de esta especie a diferentes condiciones edafo-climáticas y las respectivas interacciones de genotipo por medio ambiente.

D. strigillosum es un subarbusto ramificado de hojas trifoliadas muy parecido a algunas variedades de *D. herocarpon* como el cv Florida Carpon. Ha mostrado buena adaptación a suelos ácidos de Carimagua y San Isidro en Costa Rica, aunque se defolia severamente durante el período seco (CIAT, 1989). Igual adaptación a suelos ácidos pobres ha mostrado la subarbusciva *T. triquetrum*. En Pucallpa por ejemplo, tuvo niveles aceptables de producción forrajera y buena producción de semilla (CIAT, 1990). Varias especies de éste género respondieron a condiciones de mayor fertilidad del suelo en Carimagua (CIAT, 1993). Los RMS foliar por planta fueron de 12 y 5 g y de 2 y 1 g durante el período lluvioso y seco de plantas fertilizadas con una fórmula para cultivos y para pastos respectivamente (Cuadro 2). La digestibilidad de la MS no fue afectada por los fertilizantes y tuvo índices bajos de alrededor de 30%.

***Cajanus cajan* (L.) Millspaugh**

Sinónimo: *C. indicus* Spreng.

El *C. cajan* conocido comúnmente como guandul o frijol de palo, puede medir de 3 a 4 m de altura y es un arbusto muy ramificado. Es una especie perenne, pero usualmente se le considera como anual o bianual, principalmente por la

susceptibilidad que presenta a algunas enfermedades foliares. Dentro de esta especie existe un rango muy amplio de adaptación a situaciones climáticas y edáficas, tolerando valores de pH entre 5 y 7 (Skerman et al., 1988). El guandul se cultiva principalmente para alimentación humana; su utilización como forrajera fue estudiado ampliamente en Brasil y resumido por Seiffert y Thiago (1983) y Costa (1987).

Costa y Paulino (1990) reportaron producción forrajera total acumulada para el guandul de 6.1 a 8.3 t/ha según la variedad utilizada, en un período de 7 a 8 meses realizando cortes mensuales a 50 cm de altura en un suelo muy ácido (pH 4.8) de Rondonia (Brasil). En el mismo sitio, Costa y Alves (1988) identificaron un efecto significativo en los RMS por efecto de la fertilización con 50 kg/ha de P₂O₅. En suelos del cerrado brasileiro la producción total de forraje puede llegar a 4 t/ha de MS (Seiffert y Thiago, 1983) y se le utiliza como heno, en ensilaje y como banco de proteína; esta planta no resiste el pastoreo pesado. Los mayores rendimientos reportados se han conseguido con frecuencias de corte cada 90 días a una altura de 50 a 70 cm (Costa, 1987).

La amplia colección de germoplasma de *C. cajan* mantenida en ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics) probablemente contiene ecotipos aún poco estudiados con potencial forrajero.

***Leucaena* y otras especies**

A mediados de la década de los años 70 el CIAT inició un programa de selección y cruces de *Leucaena* con el objeto de encontrar materiales adaptados a condiciones de suelos ácidos con alta saturación de Al, comunes en las sabanas tropicales de Sur América. Se encontró que *L. diversifolia*

(Schlechtendal) Bentham, *L. pulverulenta* (Schlechtendal) Bentham, *L. macrophylla* Bentham y *L. shannoni* J.D. Smith, tenían mejor adaptación a la acidez que *L. leucocephala* (Lamarck) de Wit (CIAT, 1982), por lo que se pensó en utilizarlas como fuentes de cruzamiento con esta última. Inicialmente se identificaron varias progenies fértiles de retrocruces entre *L. leucocephala* cv Cunningham con 104 cromosomas y *L. pulverulenta* con 56 (CIAT, 1978). Selecciones de cruces se establecieron en el campo en Carimagua y mostraron pobre crecimiento a pesar de tener buen desarrollo inicial durante las primeras semanas. El análisis foliar permitió determinar que el factor limitante de crecimiento no era toxicidad por Al (no fue mayor de 200 ppm en las hojas), sino los niveles muy bajos de Ca en las plantas (aproximadamente 0.4%; CIAT, 1984). Esto estuvo asociado a la poca penetración de las raíces, lo cual causó severo estrés de humedad durante el período seco.

El hábito de crecimiento de *Centrosema arenarium* Bentham no es de tipo enredadera y por lo tanto se le considera un subarbusto. Las plantas adultas pueden alcanzar una altura de 1.20 a 1.60 m en condiciones de Carimagua (Thomas y Schultze - Kraft, 1990). Tanto en esta localidad como en Quilichao y el cerrado brasileiro, esta leguminosa ha mostrado buena adaptación a suelos ácidos pobres; sin embargo, en el último sitio la planta fue afectada por ataques foliares de *Mycoplasma* (CIAT, 1986).

Otras arbustivas que mostraron adaptación potencial a los suelos ácidos de Quilichao, fueron las siguientes: *Acacia angustissima*, *A. tortuosa*, *Albizia lebeck*, *Clitoria fairchildiana*, *Dendrolobium umbellatum*, *Erythrina fusca*, *Phyllodium longepis*, *P. pulchellum* (CIAT, 1988), *Bauhinia* sp. (accesión CIAT 17922), varias *Calliandra* spp. (e.g. CIAT 21416 y 21419), *C.*

magdalenae, *Cassia* sp. (CIAT 7975), *Senna multifuga* y *S. siamaea* (Maass, datos sin publicar). Sin embargo, no existen reportes posteriores sobre el potencial forrajero de estos materiales en otras condiciones de suelos ácidos.

Cualidades Forrajeras y Evaluaciones bajo Pastoreo

Lo descrito previamente permite concluir que existe un número considerable de arbustos y subarbustos adaptados a suelos ácidos infértiles de América tropical. Sin embargo, una característica muy generalizada de este germoplasma es el bajo índice de consumo voluntario reportado para ovinos y bovinos, particularmente durante el período lluvioso del año. Lo anterior se ha asociado con altos niveles de taninos condensados, los cuales reducen la palatabilidad y digestibilidad de los forrajes, pero también ha influido el estado de madurez del material comestible (hojas y tallos tiernos), y posiblemente otros factores anticalidad aún no identificados plenamente.

Niveles de taninos condensados reportados para *Phyllodium* spp., *Tadehagi* spp. y *F. macrophylla* en muestras secadas al sol, han sido de 19, 16 y 37% respectivamente (CIAT, 1993). Además, aunque se ha observado variabilidad dentro del material estudiado de *F. macrophylla*, la digestibilidad in vitro de la MS de ésta ha mostrado rangos bajos de 25 a 31%, por lo que se le considera una arbustiva de escasa posibilidad forrajera. Por otro lado, las arbustivas *D. velutinum*, *Uraria* spp. y *C. argentea*, presentan bajos niveles de taninos y mejor digestibilidad que las anteriores. Una revisión completa sobre la calidad y el consumo animal de estas arbustivas es presentada por Lascano et al. en capítulo aparte de este mismo volumen.

Prioridades futuras

Es claro que la disponibilidad de leguminosas arbustivas para los sistemas agropecuarios presentes en suelos ácidos infértiles de América tropical, es limitada. Por esta razón, es imperativo dedicar mayores esfuerzos de investigación en el futuro inmediato alrededor de las siguientes prioridades:

1. Ampliar la base genética mediante colecciones sistemáticas o intercambio de germoplasma, de géneros y especies como *Cratylia*, *Calliandra*, *D. velutinum*, etc. que han mostrado buena adaptación a suelos ácidos infértiles.
2. Caracterizar mejor el rango de adaptación de especies arbustivas con amplia variabilidad genética, por ejemplo *G. sepium*, *Calliandra* spp., *D. velutinum* y *C. cajan*.
3. Caracterizar mejor el germoplasma adaptado en cuanto a requerimientos nutricionales y necesidades de inoculación, tanto con rizobio como con micorrizas. Así como capacidad fijadora de N y grado de reciclaje de nutrientes.
4. Identificar otras opciones de uso para el germoplasma adaptado, tales como mejoramiento de barbechos, barreras vivas para reducir erosión, cultivo en franjas, y la posible integración de estas arbustivas con sistemas sostenibles de producción.

Referencias

- Akinola, J. O.; Afolayan, R. A. and Olorunju, S. A. S. 1991. Effects of storage, testa colour and scarification method on seed germination of *Desmodium velutinum* (Willd.) DC. *Seed Science and Technology* 19: 156-166.

- Almeida, R. T. de; Freire, V. F. e Vasconcellos, I. 1985. Infecção de micorrizas vesículo-arbusculares em gramíneas e leguminosas herbáceas e arbustivas em dois solos do estado do Ceará. *Ciencia Agronômica (Brasil)* 16(1): 69-73.
- Aroeira, L. J. M. e Xavier, D. F. 1991. Digestibilidade e degradabilidade da *Cratylia floribunda* no rúmen. *Pasturas Tropicales* 13(3): 15-19.
- Asare, E. O.; Sheru, Y. and Agishi, E. A. 1984. Preliminary studies on indigenous species for dry season grazing in the northern Guinea savanna zone of Nigeria. *Tropical Grasslands* 18(3): 148-152.
- Banerjee, A. K. 1989. Shrubs in tropical forest ecosystems. Examples from India. World Bank Technical Paper No. 103, Washington D.C. 132 p.
- Belalcázar G., J. y Ciprián R., A. 1994. Caracterización morfológica de arbustos y árboles en la colección mantenida en el CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Manuscrito. 41 p.
- Brewbaker, J.L. and Macklin, B. 1990. Nitrogen fixing trees for fodder in agroforestry systems. In: More, E. (ed) *Agroforestry Land-Use Systems*. Nitrogen Fixing Tree Association (NFTA), USA, pp. 53-61.
- Budelman, A. 1988. The performance of the leaf mulches of *L. leucocephala*, *Flemingia macrophylla* and *G. sepium* in weed control. *Agroforestry Systems* 6: 137-145.
- Budelman, A. and Siregar, M.E. 1992. *Flemingia macrophylla* (Willd.) Merr. In: Marnette, L. 't and Jones, R.M. (eds.). *Plant Resources of South-East Asia*. No. 4 Forages. Pudoc, Wageningen, The Netherlands, pp. 131-133.

- Cárdenas, J. E. 1990. Evaluación preliminar de una colección de la leguminosa forrajera tropical *Desmodium velutinum* (Willd.) DC. Tesis Ing. Agron. Universidad Nacional de Colombia (Palmira). Facultad de Ciencias Agropecuarias. 137 p.
- CIAT. 1978. Annual Report. Document 02E1-78. April 1978, pp. B5-B174.
- CIAT. 1982. Informe Anual Programa de Pastos Tropicales 1981. Serie CIAT 02 STP(2)82, Diciembre 1982, pp. 33.
- CIAT. 1984. Programa de Pastos Tropicales. Informe Anual 1982. CIAT Serie ISSN 0120-2391, Enero 1994, pp. 159.
- CIAT. 1986. Agronomy Carimagua. In: Annual Report 1986. Tropical Pastures. Working Document No. 25, 1987, pp. 45-57.
- CIAT. 1987. Agronomía Trópico Húmedo. In: Informe Anual 1987. Pastos Tropicales. Documento de Trabajo No. 45, 1988, pp. 5.1-5.11.
- CIAT. 1988. Agronomía Llanos. In: Pastos Tropicales. Documento de Trabajo No. 59, 1989, pp. 6.1-6.15.
- CIAT. 1990. Informe Anual 1990. Programa de Pastos Tropicales. Documento de Trabajo No. 89, pp. 8.1-8.10 y 10.1-10.14.
- CIAT. 1993. Informe Bianual 1992-1993, Programa de Forrajes Tropicales. CIAT. Documento de Trabajo No. 136, 1993, pp. 4-1 a 5-1.
- Costa, N. de L. 1987. Recomendacoes técnicas para o cultivo do guandu. Comunicado Técnico No. 49, EMBRAPA/UEPEA, Porto Velho, RO, Brasil. 7 p.
- Costa, N. de L. e Alves, P.M.P. 1988. Avaliacao de cultivares de guandu sob dois niveis de fertilizacao fosfatada em Porto Velho-RO. Comunicado Técnico No. 51, EMBRAPA/UEPEA, Porto Velho, RO, Brasil. 7 p.

- Costa, N. de L. and Paulino, V.T. 1990. Forage production of pigeon pea varieties in Rondonia's Savannas. Nitrogen Fixing Tree Research Reports 8:120.
- Cuesta, P. 1985. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en el Piedemonte Llanero, Colombia. En: CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1985. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. E. A. Pizarro (ed.). Reunión (tercera, 21- 24 octubre 1985, CIAT). Cali, Colombia. vol II, pp. 801-809.
- Glover, N. and Brewbaker, J.L. 1990. *Gliricidia sepium*: Uses, management and genetic improvement. In: More, E. (ed.) Agroforestry Land-Use Systems. Nitrogen Fixing Tree Association (NFTA), USA, pp. 97-100.
- Gualdrón, R.; Salinas, J. y Escobar, C. 1982. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Carimagua, Colombia. En: CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1983. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales; resultados 1979-1982. E. A. Pizarro (ed.). Reunión (segunda, 27-29 septiembre 1982, CIAT). Cali, Colombia, pp. 91-99.
- Hernández, H. M. 1991. Taxonomía, distribución y biología reproductiva de *Calliandra calothyrsus* (Leguminosae, Mimosoideae), una especie con potencial agroforestal. Anales Instituto Biología Universidad Nacional Autónoma México. Serie Botánica 62(2): 121-132.

- Horne, P.M.; Catchpoole, D.W. and Ella, A. 1985. Cutting management of tree and shrub legumes. 1985. In: Blair, G.J.; Ivory, D.A. and Evans, T.R. (eds.). Forages in Southeast Asian and South Pacific Agricultures. Proceedings of an International Workshop held at Cisarva, Indonesia. ACIAR Proceedings Series No. 12, pp. 164-169.
- Lazier, J. 1981. Effect of cutting height and frequency on dry matter production of *Codariocalyx gyroides* (syn. *Desmodium gyroides*) in Belize, Central America. *Tropical Grasslands* 15:10-16.
- Lenné, J. M. 1981. Reactions of *Desmodium* species and other tropical pasture legumes to the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Tropical Grasslands* 15(1): 17-20.
- Mannetje, L. 't and Jones, R.M. (eds.). 1992. Plant Resources of South-East Asia. No. 4 Forages. Pudoc, Wageningen, The Netherlands. 300 p.
- Mzamane, N. and Agishi, E. C. 1986. *Desmodium velutinum* (Willd.) DC. : A promising leguminouse browse shrub of Nigeria's savannas. PGRC/E-ILCA. Germplasm Newsletter 12:24-26.
- National Academy Press. 1983. *Calliandra*: A versatile small tree for the humid tropics. Report of an Ad Hoc Panel of the Advisory Committee on Technology Innovation and others. Washington, D.C., 42 p.
- Otero, J.R. de. 1961. Feijao bravo (*Cratylia floribunda* Benth.) En: Informacoes sobre algumas plantas forrageiras. Serie Didactica No. 11. Ministerio da Agricultura, Servico de Informacao Agrícola, Rio de Janeiro, Brasil, pp. 194-195.

- Perdomo, P. 1991. Adaptación edáfica y valor nutritivo de 25 especies y accesiones de leguminosas arbóreas y arbustivas en dos suelos contrastantes. Trabajo dirigido de grado de zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, 127 p.
- Pezo, D.; Kass, M.; Benavides, J.; Romero, F. and Chaves, C. 1989. Potential of legume tree fodders as animal feed in Central America. In: C. Davendra (ed.). Shrubs and tree fodders for farm animals. Proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia, 24-29 July 1989, pp. 163-175.
- Pizarro, E. A.; Franco, L. H. y Gómez, A. 1985. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Santander de Quilichao, Colombia. En: CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1985. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. E. A. Pizarro (ed.). Reunión (tercera, 21-24 octubre 1985, CIAT). Cali, Colombia. vol 1, pp. 549-564.
- Queiroz, L.P. de 1991. O genero *Cratylia* Martius ex Benthham (Leguminosae: Papilionoideae: Phaseoleae): Revisao Taxonomica e aspectos biologicos. Tese de maestria, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Sao Paulo, Brasil. 128 p.
- Ramírez, P.J.; Loo, G.; Piguave, E y Farfán, C. 1990. Introducción y Evaluación de germoplasma forrajero en El Carmen, Manabí, Ecuador. En: Keller-Grein, G. (ed.). Reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales RIEPT-Amazonía I, Lima, Perú, 1990. CIAT. Documento de Trabajo No. 75, V.1, pp. 371-378.

- Sánchez, P. A. e Isbell, R. F. 1979. Comparación entre los suelos de los trópicos de América Latina y Australia. En: Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Luis E. Tergas y Pedro A. Sánchez (eds.). CIAT, Serie 0356-5, Agosto 1979, pp. 29-58.
- Schultze-Kraft, R.; Lascano, C.; Benavides, G. and Gomez, J.M. 1989. Relative palatability of some little-known tropical forage legumes. In: 16th International Grassland Congress, 16, Nice, France, 1989. Proceedings. Versailles Cedex, France, Association Francaise pour la Production Forragere .v.2, pp. 785-786.
- Schultze-Kraft, R.; Gani, A. and Siregar, M. E. 1987. Collection of native forage legume germplasm in Sumatra, Indonesia. IBPGR Newsletter 11(1): 4-6.
- Schultze-Kraft, R. 1985. Exotic and native legumes for forage production in Southeast Asia. In: Blair, G.J.; Ivory, D.A. and Evans, T.R., eds. Forages in Southeast Asian and South Pacific Agriculture. Proceedings of an International Workshop, Cisarua, Indonesia, 1985. Canberra, Australian Centre for International Agriculture Research. Proceedings Series No. 12, pp. 36-42.
- Seiffert, N.F. e Thiago, L.R.L. de S. 1983. Guandu-planta forrageira para a producao de proteina. Comunicado Tecnico No. 21, EMBRAPA/CNPQC, Campo Grande, MS, Brasil. 4 p.
- Skerman, P.J.; Cameron, D.G. and Riveros, F. 1988. Tropical forage legumes. 2nd ed. FAO Plant Production and Protection Series, No. 2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, pp. 539-547.

- Soedomo, R. 1992. *Codariocalyx gyroides* (Roxb. ex Link) Hassk. In: Mannerje, L. 't and Jones, R.M. (eds.). Plant Resources of South-East Asia. No. 4 Forages. Pudoc, Wageningen, The Netherlands, pp. 97-98.
- Szott, L.T.; Palm, C.A. and Sánchez, P.A. 1991. Agroforestry in acid soils of the humid tropics. *Advances in Agronomy* 45:275-301.
- Thomas, D. and Schultze-Kraft, R. 1990. Evaluation of five shrub by legumes in comparison with *Centrosema acutifolium* in Carimagua, Colombia. *Tropical Grasslands* 24(2): 87-92.
- Westley, S. B. and Powell, M.(eds.). 1993. *Erythrina* in the new and old worlds. Nitrogen Fixing Tree Association. Nitrogen Fixing Tree Research Reports. Special Issue 1993, 358 p.
- Wiersum, K.F. and Rika, I.K. 1992. *Calliandra calothyrsus* Meissn. In: Mannerje, L. 't and Jones, R.M. (eds.). Plant Resources of South-East Asia. No. 4 Forages. Pudoc, Wageningen, The Netherlands, pp. 68-70.
- Xavier, D. F.; Carvalho, M. M. e Botrel, M. A. 1990. Curva de crescimento e acumulacao de proteina bruta da leguminosa *Cratylia floribunda*. *Pasturas Tropicales*, 12(1): 35-38.

Cuadro 1. Sitios y características de suelos ácidos (0-20 cm) donde se han evaluado leguminosas arbustivas en años recientes en América tropical.

Sitio	Tipo de Suelo	pH (H ₂ O)	P (ppm)	Cationes Intercambiables (meq/100g)				Sat. Al (%)	Fuente
				Al	Ca	Mg	K		
Quilichao (Colombia)	Ultisol	3.8	2.5	4.3	0.44	0.05	0.12	87	Pizarro et al. 1985
La Libertad (Colombia)	Oxisol	4.2	2.3	3.8	1.18	0.11	0.12	73	Cuesta, P. 1985
Carimagua (Colombia)	Oxisol	4.1	1.5	3.6	0.36	0.09	0.11	86	Gualdrón et al. 1982
Caquetá (Colombia)	Ultisol	4.5	5.7	5.1	1.65	1.13	0.42	62	Maass, B., sin publicar
Coronel Pacheco (Brasil)	Latosol	4.7	1.9	1.2	--	--	--		Xavier et al. 1990
San Isidro (Costa Rica)	Ultisol	4.6	2.4	2.7	0.6	0.22	0.18	73	CIAT, 1988

Cuadro 2. Desempeño de las leguminosas arbustivas *C. gyroides*, *C. argentea*, *D. velutinum*, *F. macrophylla* y *Tadehagi* spp. en sitios diferentes de Colombia (modificado de CIAT, 1993; y Maass et al. sin publicar).

Especie (No. de accesiones)	Sitio (Fertilización) ^b	Rendimiento foliar de MS (g/planta) ^a			
		Precipitación Media	máxima Rango	Precipitación Media	mínima Rango
<i>C. gyroides</i> (27)	Caquetá (P)	180	31-311	98	22-211
<i>C. argentea</i> (10)	Carimagua (P)	25	n.d.	n.d.	n.d.
(11)	Villavicencio (P)	56	n.d.	n.d.	n.d.
(11)	Caquetá (P)	63	14-135	42	10-148
<i>D. velutinum</i> (48)	Carimagua (C)	8	3-18	2	0.5-6
	Carimagua (P)	6	1-11	1	0.1-2
(86)	Caquetá (P)	27	1-145	15	2-59
<i>F. macrophylla</i> (23)	Carimagua (C)	23	1-42	6	0.3-13
	Carimagua (P)	16	2-34	4	0.2-7
(57)	Caquetá (P)	178	15-362	111	7-227
<i>Tadehagi</i> spp. (41)	Carimagua (C)	5	5-28	2	0.5-4
	Carimagua (P)	5	2-11	1	0.4-3

a) Rebrote de 9 ó 12 semanas en Caquetá o Carimagua respectivamente.

b) Fertilización recomendada para el establecimiento de pastos (P) o cultivos (C):

	N	P	K	Mg	S	Zn	Cal dolomítica
(C)	100	80	80	20	20	5	500
(P)	0	20	20	12	12	-	-