

# Variación genética en árboles forrajeros

## J. L. Stewart

Instituto Forestal de Oxford, Universidad de Oxford, South Parks Road, Oxford OX1- 3RB, U.K.

Dirección electrónica: janet.stewart@plant-sciences.oxford.ac.uk

### I. INTRODUCCIÓN

Las actividades de investigación y desarrollo relacionadas con árboles forrajeros involucran un rango amplio de disciplinas científicas incluyendo entre otras, agroforestería, nutrición de rumiantes, bioquímica e investigación en sistemas agropecuarios.

Los objetivos de este artículo son explorar algunos de los temas sobre recursos genéticos relevantes al desarrollo de árboles forrajeros para productores en el trópico y enfatizar la importancia de dar consideración a estos temas aún en áreas de investigación que no están relacionadas directamente con la variación genética. Las metodologías de evaluación se ilustrarán utilizando los ejemplos de *Gliricidia sepium* y varias especies de *Leucaena*. Ambos forrajes leguminosos, ampliamente distribuidos en el mundo, han sido profundamente investigados y han estado sujetos a las redes de investigación en mejoramiento genético a nivel mundial. También se discutirán temas relacionados con conservación y mejoramiento genético de recursos forrajeros arbóreos a un nivel más local.

### II. POR QUE CONSIDERAR LA DIVERSIDAD GENETICA EN LA EVALUACION DE FORRAJE?

La extensión y el patrón de la variación genética dentro de una especie debería ser una consideración central en la evaluación de árboles forrajeros. La variación puede explotarse para dar un mejoramiento genético a través de la selección en una amplia variedad de características.

A diferencia de muchos cultivos forrajeros herbáceos, la gran mayoría de especies de árboles utilizadas para forraje han tenido hasta el momento poca o ninguna mejora sistemática. En algunas especies, todavía subsisten algunas poblaciones silvestres y relativamente sin disturbar, aunque muchas poblaciones han tenido perturbaciones genéticas por siglos de domesticación indígena, a menudo ad hoc. Con frecuencia existe un gran ámbito para el mejoramiento de muchos aspectos de las características agronómicas y nutritivas del árbol. La diversidad genética en este contexto debería evaluarse en términos de los rasgos de interés directo de los productores.

Los investigadores no siempre reconocen la importancia de conocer la extensión de la variación genética dentro de una especie, a menos que ellos estén trabajando específicamente con temas de recursos genéticos. La información en el valor nutritivo, por ejemplo, se presenta frecuentemente con poca información acerca del origen de la población estudiada o la cantidad de árboles muestreados. De hecho, algunos estudios utilizan material de una planta individual y presentan los datos como representativos de toda la especie. Es claro que esto puede engañoso si existe un alto grado de variación, y esto es probable que ocurra en el caso de especies arbóreas que son aún, en términos genéticos, poblaciones esencialmente silvestres. Palmer e Ibrahim (1996) encontraron, por ejemplo, que los niveles de taninos condensados variaron desde 3.8% a 11.1% en hojas liofilizadas de diferentes procedencias de *Calliandra calothyrsus* y la variación en la digestibilidad del nitrógeno de hojas frescas varió desde 24.5% hasta 79.8%. Estas cifras también indican el grado de mejoramiento que puede alcanzarse simplemente por selección de material genético de buena calidad.

### III. ENFOQUES PARA CUANTIFICAR LA VARIACION GENETICA

Una imagen completa de la variación genética existente en una especie arbórea requiere de una exploración exhaustiva del rango nativo de la especie, seguida por colección de semilla de todas las partes del rango. Esta recolección de semillas debe diseñarse para muestrear tanto como sea posible la variación ambiental existente.

A continuación, se debe evaluar el germoplasma, preferiblemente bajo un rango amplio de condiciones agroecológicas, en función de características cuidadosamente definidas relacionadas con la producción y calidad del forraje; esto se discute más adelante. Sólo se pueden hacer comparaciones válidas entre genotipos que crezcan juntos en el mismo sitio, para evitar confundir los efectos genotípicos y ambientales.

Este enfoque es el único modo confiable de capturar toda la variación genética disponible y seleccionar para tipos de suelo y condiciones climáticas particulares. Es, sin embargo, extremadamente caro y muy demorado. Con frecuencia, esto requiere trabajo en varios países tanto en las etapas de exploración/colección como en las etapas de evaluación, de tal manera que esto sólo se intentado hasta el momento para un manejo de especies arbóreas forrajeras. Los ejemplos son *Gliricidia sepium*, *Calliandra calothyrsus* y un rango de especies de *Leucaena* de América Central (Pottinger, 1992), varias especies de Acacias Africanas incluyendo *A. erioloba* (Barnes *et al.*, 1997) y *A. karroo* (Barnes *et al.*, 1996), y *Prosopis cineraria* en India (Arya *et al.*, 1995). Por las mismas razones, en forma general, esto es solamente posible para agencias e instituciones donantes con un alcance regional o global. Por ejemplo los programas de mejoramiento de *Gliricidia sepium*, *Leucaena*, *Calliandra calothyrsus* y las Acacias Africanas fueron todos coordinados por el Instituto de Ingeniería Forestal de Oxford y financiados por el programa de Investigación de Ingeniería Forestal del Departamento del Reino Unido para el Desarrollo Internacional, DFID (anteriormente ODA).

Esto no significa que iniciativas a pequeña escala para mirar la variación genética en un área más limitada no sean útiles. En las colinas de Nepal, por ejemplo, los árboles forrajeros son de importancia central en el sistema agropecuario y el conocimiento indígena acerca de su uso está desarrollado en forma amplia (Thapa *et al.*, 1997a, 1997b), pero las percepciones del valor relativo de diferentes especies difiere marcadamente aún en áreas relativamente pequeñas. La posibilidad que esto podría ser debido a la variación genética debería ser investigado en un gran número de especies importantes a nivel local.

Así como para la variación dentro-de-especies, también han habido varios estudios de la variación-entre-especies dentro de un género, donde los rasgos deseables de una especie se han estado buscado en otras especies menos conocidas pero estrechamente relacionadas. Un ejemplo es la evaluación de especies y procedencias de *Erythrina* por Larbi et al. (1996), utilizando una técnica de fermentación *in vitro*. Las colecciones de semillas de todas las especies y sub-especies conocidas de *Leucaena* han sido ensambladas por el Instituto de Ingeniería Forestal de Oxford (Hughes, 1998), de nuevo con financiamiento de FRP y evaluadas tanto en una red de ensayos de campo como en varios estudios de laboratorio y ensayos de alimentación. Los investigadores involucrados en la evaluación de este y otro germoplasma de *Leucaena* han formado una red informal, LEUCNET (Shelton *et al.*, 1995), y ha habido también una iniciativa de investigación mayor financiada por el Centro Australiano para la Investigación Agrícola Internacional, ACIAR, y coordinada por la Universidad de Queensland, que está interesada específicamente en la investigación de la variación genética en la calidad de forraje dentro de *Leucaena*.

#### **IV. RASGOS VARIABLES IMPORTANTES EN ARBOLES FORRAJEROS**

La mayoría de los estudios para medir la variación en especies agroforestales se concentran en mediciones de crecimiento y producción en ensayos de campo replicados, ya sea en estación experimental o en campos de productores. Además de las producciones de biomasa los ensayos de campo frecuentemente incluyen la evaluación de otras características agronómicas importantes como hábito (partición de biomasa entre madera y hoja; comportamiento de ramificación), respuestas a corte repetido, tolerancias ambientales (por ejemplo a suelos ácidos, sequía o salinidad) y estacionalidad de la producción de forraje. Si bien todos estos son importantes en el desarrollo de suministros constantes y sostenibles de forraje, no son toda la historia. El valor nutritivo del follaje, como lo determinan su composición química y características físicas, es también de importancia principal. Lamentablemente la evaluación de la calidad, ya sea en el laboratorio o en ensayos de

alimentación, es mucho más compleja, cara y más demorada que las mediciones agronómicas, lo cual quizás explica por qué la selección dentro de especies en árboles forrajeros se basa en criterios de producción a pesar de la importancia potencial de la variación en los rasgos de calidad.

También es mucho más difícil evaluar la variación en la calidad de forraje (a diferencia de la producción) en el ámbito menos formal de experimentos en finca, el cual es el enfoque preferido en forma creciente en muchas investigaciones agroforestales (e.g. Leakey y Simons, 1998).

El OFI ha adoptado un enfoque secuencial en el programa de evaluación de árboles forrajeros leguminosos. Una vez se han identificado poblaciones de alta productividad, el siguiente paso ha sido la estimación de la extensión de la variación genética entre estas procedencias en términos de los rasgos de calidad. Una vez se conozcan las ganancias relativas alcanzables por selección de la producción o la calidad, se puede desarrollar una estrategia de mejoramiento para maximizar los beneficios generales de la variación genética existente o disponible.

El indicador definitivo de la calidad del forraje es su efecto en la producción y la salud animal. Esto solamente puede cuantificarse mediante ensayos de alimentación a largo plazo en los cuales se evalúen los rasgos de producción como crecimiento, leche o producción de lana. El número de animales requeridos por tratamiento depende de la variación entre animales y la magnitud de las diferencias ha ser detectadas, pero típicamente podrían ser del orden de ocho por tratamiento. Claramente, un ensayo de alimentación que involucre numerosas procedencias no es una opción posible, y se deben entonces utilizar como método de escrutinio, indicadores de calidad experimentalmente menos difíciles de medir, si hay muchas procedencias de interés potencial. Esto incluye mediciones de los componentes principales de la hoja, especialmente proteína cruda (PC) y fibra (FDA, FDN); compuestos secundarios, particularmente supuestos factores anti-nutricionales como taninos, saponinas, y una variedad de compuestos tóxicos como el amino ácido tóxico no-proteico, mimosina, encontrado en muchas especies de *Leucaena* (D'Mello, 1992).

Además de los análisis químicos, también se usan indicadores más directos de las respuestas de los animales. Estos incluyen digestibilidad de la materia seca *in vitro* o *in sacco*, la cinética de la fermentación ruminal en el tiempo utilizando perfiles de producción de gas *in vitro* y experimentos con animales a corto plazo para determinar la aceptabilidad relativa de un rango de forrajes antes de embarcarse en un experimento animal a mayor de escala. Hay dos enfoques principales con respecto a los estudios de aceptabilidad: pruebas de preferencia tipo “Cafetería” y medición en corto plazo de tasas de ingestión de alimentos ofrecidos secuencialmente (Kenney y Black, 1984). Cualquiera de estos indicadores de calidad pueden usarse para clasificar ordenadamente un rango de procedencias o de especies en función de la calidad, pero es claro que el orden de la clasificación probablemente difiera de acuerdo con el criterio utilizado, de modo que puede ser necesario combinar la información de diferentes rasgos en un índice global de calidad que puede ser utilizado como base para la selección.

Este fue el enfoque utilizado por el OFI en el estudio de la variación genética de la calidad de forraje dentro del género *Leucaena*, el cual se describe más adelante.

## V. LA BUSQUEDA DE NUEVO MATERIAL PROMETEDOR - EL EJEMPLO DE *LEUCAENA*

*Leucaena leucocephala* fue el árbol forrajero más ampliamente promovido e intensivamente investigado desde finales de los años setentas, cuando fue aclamado como un “árbol milagro”, hasta que el advenimiento de una peste defoliadora, el psyllido *Heteropsylla cubana*, que se esparció a través de los trópicos a mediados de los años ochenta, redujo drásticamente las producciones de follaje de *L. leucocephala*. Desde entonces, se han evaluado procedencias de otras especies de *Leucaena* en colecciones ensambladas por la Universidad de Hawaii, CSIRO en Australia y el OFI en el Reino Unido (Hughes, 1998), como alternativas a *L. leucocephala*. En un principio, la búsqueda se concentró principalmente en la tolerancia a el psyllido y esto se encontró, hasta cierto grado, en algunas especies de *Leucaena* (Napompeth y Macdicken,

1990). Mientras que la crisis del psyllido en *Leucaena* proveyó el ímpetu para el establecimiento de ensayos de campo para comparar diferentes especies, estos ensayos también revelaron que varias especies tenían potencial de producción de follaje comparable con *L. leucocephala*. Ya que se hizo evidente que otras *Leucaenas* podrían tener producciones muy altas, varios investigadores han comenzado a investigar la variación que existe dentro del género en función de calidad del follaje. En este artículo se describe uno de estos ensayos. No se pretende en esta conferencia revisar el estado actual del conocimiento en la calidad del forraje de *Leucaena*, sino más bien proveer un ejemplo de un posible enfoque para evaluar números relativamente grandes de taxa poco conocidas con potencial como cultivo forrajero.

El proceso de evaluación descrito aquí utilizó solamente un ensayo, administrado por el proyecto CONSEFORH en el valle de Comayagua en Honduras. Estudios previos de biomasa en este sitio habían revelado que las dos especies menos conocidas, *L. macrophylla subsp. p. nelsonii* y *L. collinsii subsp. zacapana*, obtuvieron producciones más altas que *L. leucocephala* bajo presión moderada de psyllidos y hormigas cortadoras de hojas. Un estudio posterior basado en la calidad (Stewart y Dunsdon, en prensa) evaluó muestras de hojas de 22 taxa (i.e. especies y subespecies) y cinco híbridos inter-específicos cultivados en el mismo ensayo. Las mediciones de laboratorio incluyeron PC, FDA, FDN, taninos condensados, taninos totales (actividad de precipitación de proteína: Hagerman, 1987) y digestibilidad in vitro (Tilley y Terry, 1963). Además, se llevó a cabo una prueba de preferencia utilizando ovejas en el sitio de ensayo en Comayagua. En este, se ofrecieron 13 taxa y dos híbridos a tres grupos de ovejas adultas por cuatro horas en 18 días consecutivos. A cada grupo se le ofreció la alimentación en un corral circular con los 15 alimentos ofrecidos en cubetas alrededor del perímetro. Se midió la aceptabilidad relativa de cada forraje en función de la ingestión de materia seca por hora.

En este estudio, cada variable relacionada con calidad dio una clasificación diferente a los taxa. Para identificar los taxa más prometedores, se desarrollaron índices de calidad forrajera, los cuales se

combinaron con rasgos seleccionados para dar un valor único como base para la selección entre taxa. Cada índice se calculó como la “suma de diferencias ajustadas del promedio”. Por cada rasgo que contribuyó al índice, se sustrajo la media general del promedio de cada lote de semillas y el resultado, llamado la “diferencia ajustada” se expresó en múltiplos de la desviación estándar para ese rasgo. Esto tiene el efecto de dar a cada rasgo igual peso en el índice por la transformación a una distribución normal estándar en cada caso. Una diferencia ajustada positiva indica un lote de semillas mejor que el promedio para el rasgo en cuestión.

Se sumaron las diferencias ajustadas para los rasgos individuales de cada lote de semillas para obtener el valor del índice global, con los más altos valores positivos indicando los lotes de semillas más prometedores.

Los rasgos ha incluir en el índice deben ser cuidadosamente seleccionados de modo que sean independientes unos de otros. En el estudio de *Leucaena*, se produjeron tres índices. El primero combinó solamente datos de proteína cruda y digestibilidad in vitro. La información de taninos y fibra no se incluyó porque ambos mostraron una correlación negativa fuerte con la digestibilidad in vitro. En el segundo índice, se incluyó la producción de biomasa además de la proteína cruda y la digestibilidad; y en el tercero, también se incluyó el consumo de materia seca obtenido en el ensayo de cafetería. Aunque los taxa fueron clasificados inicialmente en forma diferente por cada índice (Stewart y Dunsdon, en prensa), cuando se analizaron juntos, ayudaron a clarificar las fortalezas relativas de los diferentes taxa en función de calidad, productividad y palatabilidad. Por ejemplo, *L. shannonii subsp. shannonii* tuvo excelentes valores de calidad, con la más alta puntuación en el índice de PC/Digestibilidad (así como la más baja FDA de cualquier especie y bajos niveles de taninos). Sin embargo, este taxon se desempeñó relativamente mal en función de producción, no solamente en este sitio sino también, en forma consistente, en otros siete sitios en una red de ensayo anterior abarcando tres especies de *Leucaena* y varias otras especies multipropósito Centroamericanas (Stewart y Dunsdon, 1994).



Hay un alto grado de habilidad para cruzamiento entre especies en *Leucaena*, lo que da posibilidades extras para la explotación de la variación genética útil; se pueden desarrollar híbridos inter-específicos con atributos útiles de ambos padres. De esta forma, la alta calidad de *L. shannonii subsp. shannonii* podría incorporarse en un híbrido con una especie de más alta productividad.

#### **VI. CUANTA MEJORA ES POSIBLE DENTRO DE UNA ESPECIE? EL EJEMPLO DE *GLIRICIDIA SEPIUM***

Mientras el propósito del trabajo en *Leucaena* descrito anteriormente fue buscar variación genética útil en calidad de forraje a nivel de especies, la investigación de OFI en calidad de forraje de *Gliricidia sepium* es un ejemplo de un estudio de la variación intra-específica, y muestra los beneficios potenciales de la selección de procedencias por producción y calidad de forraje.

*Gliricidia sepium* es un árbol nativo de México y América Central pero ha sido introducido ampliamente en los trópicos en los últimos 200 años. La mayoría de las introducciones no han sido documentadas y han sido de calidad genética desconocida; muchas, probablemente, tenían una base peligrosamente estrecha, utilizando quizás semillas de solamente uno o algunos pocos árboles. *Gliricidia* es un verdadero árbol multipropósito; su forraje es tan solo unos de sus usos, otros incluyen cercas vivas (su uso principal en gran parte de su rango nativo), postes, sombra o apoyo para cosechas perennes, y abono verde. Sin duda, su uso como forraje es poco uniforme. En algunos países, no necesariamente en la misma región (incluyendo Indonesia, Sri Lanka y Colombia) es un árbol forrajero importante, mientras que en otras partes se ha reportado un problema de palatabilidad y no se utiliza como forraje.

Las colecciones amplias de procedencias de *Gliricidia* se ensamblaron en los inicios de los años ochenta (Hughes, 1987) y se han distribuido en más de 100 instituciones para su evaluación en ensayos de campo, casi totalmente en términos de supervivencia, crecimiento y producción. Los resultados de 34 de estos ensayos fueron compilados por Dunsdon y

Simons (1996), incluyendo datos de producción de biomasa foliar de 16 sitios. Estos resultados identificaron claramente a la procedencia Retalhuleu de Guatemala, como superior a todas las demás procedencias en producción de follaje. Su desempeño promedio era de un 30% por encima de la media, en todos los sitios. Otras dos procedencias, Monterrico (Guatemala) y Belén Rivas (Nicaragua), fueron también notables por una producción de follaje consistentemente más alta que el promedio.

Sobre la base de estos hallazgos, bancos de forraje de las tres procedencias de mejor comportamiento se establecieron en instituciones de investigación de ganadería en cinco países tropicales: La universidad de Peradeniya, Sri Lanka; BALITNAK, Java, Indonesia; CATIE, Costa Rica; ILRI, Nigeria y CIPAV, Colombia (Stewart *et al.*, en prensa). El problema de la aceptabilidad de *Gliricidia* presentaba una preocupación particular; si se demostraba que esto tenía una base genética, algunas de las procedencias más productivas podrían resultar impalatables y por lo tanto no aptas como forraje. Para ayudar a clarificar este tema, dos variedades locales (poblaciones no-nativas) se incluyeron también en todos los cinco sitios; una de Colombia que es consumida ávidamente por el ganado y las ovejas, y otra del sur de Nigeria en donde los productores no han podido adoptar *Gliricidia* como un cultivo forrajero porque el ganado rehúsa a comerla.

Se diseñaron dos ensayos de alimentación (pruebas de preferencia) en dos de los cinco sitios, en los cuales todas las procedencias se ofrecieron simultáneamente a ovejas de pelo (en Colombia: Benneker y Vargas, 1994) o cabras (en Costa Rica: López, 1995). El material de las variedades locales se incluyó en ambos sitios, y en ambos casos, estas fueron preferidas en mayor escala que cualquiera de las otras procedencias. Un ensayo de cafetería más exhaustivo con 28 procedencias de *Gliricidia* cultivadas juntas en un sitio en Nigeria (Larbi *et al.*, 1993) mostró una asociación geográfica interesante entre aceptabilidad relativa y la latitud del sitio original de colección de semilla. Las procedencias sureñas (Costa Rica / Nicaragua) fueron mucho más preferidas que las norteñas (México), aunque la variedad local de Nigeria también fue muy preferida.

Está claro que estos estudios con rumiantes pueden detectar diferencias entre procedencias en olor y/o sabor, pero el hecho que el material local fue más preferido en todos los casos sugiere que el acostumbramiento a una procedencia en particular puede ser un factor determinante más fuerte de preferencia que diferencias absolutas entre procedencias en aceptabilidad.

En otros ensayos de alimentación se midió la ingestión y ganancia de peso vivo en ovejas o cabras que estaban en corrales individuales y se les ofreció solamente una única procedencia. Solamente uno de cada siete experimentos mostró un efecto significativo de la procedencia en ingestión y ninguno mostró efecto alguno en ganancia de peso vivo. Es posible que pequeñas diferencias entre procedencias se hayan enmascarado por el alto nivel de variación entre animales (se utilizaron entre 4 y 8 animales por tratamiento; esto puede no haber sido suficiente para dar significado estadístico a pequeñas diferencias, pero esto es lo máximo que se puede cuando se comparan cinco diferentes tratamientos). Sin embargo, es poco probable que pequeñas diferencias puedan tener significado práctico para productores, quienes solamente mantendrán líneas de germoplasma mejorado si claramente se puede demostrar un beneficio.

Además de los ensayos de alimentación, se analizaron muestras de hojas de los mismos cinco sitios en sus contenidos de PC, FDA y FDN, y la cinética de su fermentación por el método de Theodorou *et al.* (1994). Todos estos excepto FDN, mostraron diferencias pequeñas (10% o menos) pero estadísticamente significativas entre procedencias, pero los efectos de sitio fueron mucho mayor que los efectos de procedencias (Wood, *et al.*, en prensa).

Los resultados de los estudios de laboratorio y los ensayos de alimentación sugieren que es válido seleccionar procedencias de *Gliricidia sepium* para forraje basado exclusivamente en producción de follaje, ya que este rasgo muestra mucha más variación entre-procedencias que el valor nutritivo, y las diferencias en este último, no son probablemente, lo suficientemente grandes para ser de importancia práctica para productores.

## VII. EL SIGUIENTE PASO: LA CONSERVACION, MULTIPLICACION Y DISEMINACION DE GERMOPLASMA SELECCIONADO

Una vez se han identificado como superiores ciertas procedencias (poblaciones), ya sea en términos de producción o de rasgos relacionados con calidad, estas pueden cultivarse en viveros o bancos de semillas para su diseminación entre productores. Esto permite la rápida multiplicación de material de alta calidad, así como la validación en finca de los resultados de investigación obtenidos en estación experimental o en el laboratorio. Este ha sido el enfoque adoptado por OFI para *Gliricidia sepium* (Pottinger *et al.*, 1996), y también para *Leucaena* y *Calliandra calothyrsus*. Los productores tienen que poder ver un beneficio claro y tangible del material seleccionado para ameritar su incorporación en su sistema agrícola.

Si la especie existe ya localmente, puede ser difícil de mantener la identidad genética del germoplasma seleccionado, particularmente si la propagación es por polinización abierta. Esto es menos problemático si la especie puede propagarse por cortes, como en el caso de *Gliricidia sepium*. El establecimiento oportuno de bancos de semilla en áreas en las cuales una especie es nueva, por otra parte, podría tener un efecto considerable en la calidad genética de la variedad local.

Las introducciones de especies en áreas nuevas se hacen a menudo con poca consideración de las consecuencias del recurso genético, utilizando semillas o cortes de solamente uno o algunos pocos árboles. De la misma forma, cuando una especie introducida comienza a hacerse popular, como ha ocurrido recientemente en el caso de *Calliandra calothyrsus* para suelos estériles ácidos, hay una oleada repentina en la demanda de semilla, la cual se obtiene generalmente de dondequiera que esté disponible, sin consideración alguna por su origen.

El establecimiento de bancos de semilla también puede tener una función de conservación *ex situ* importante, si la población nativa original es pequeña y/o está amenazada. Un buen ejemplo es la procedencia altamente productiva Retalhuleu de *Gliricidia sepium*, que está restringida a un pequeño sitio ribereño en Guatemala. Desde que se hicieron las colecciones de semilla iniciales, cerca de la mitad de esta población

extremadamente valiosa desde el punto de vista genético, ha sido destruida por contratistas de leña, pero la semilla de *Retalhuleu* desde entonces se ha venido usando para establecer trece bancos de semilla a través de los trópicos, asegurando así su supervivencia.

Así como la conservación *ex situ*, una vez ciertas poblaciones han sido identificadas como prioritarias para conservación genética puede haber oportunidades para protegerlas *in situ*. En árboles forrajeros, donde la domesticación ha tenido lugar por comunidades locales durante muchos siglos, y donde pueden haber otros usos importantes además de forraje, el concepto de conservación *circa situm* o, conservación a través del uso (Cooper et al., 1992; Kanowski y Boshier, 1997) puede ser particularmente apropiado. Cuando una especie está amenazada a lo largo de todo su rango, unas colecciones completas de semilla que capturen toda la diversidad genética disponible tienen un valor de conservación importante así como también ofrecen una base para la selección de material superior. Este enfoque doble ha sido adoptado por un programa de ICRAF que trabaja con *Prosopis africana*, un árbol forrajero importante en Africa del Oeste (Tchoundjeu et al., 1997). Se reconoce que la diversidad genética a ser encontrada en muchas especies de árboles forrajeros representa un gran recurso sin explotar, una llave tanto para mejorar los suministros de forrajes en el presente como para asegurar su suministro continuado en el futuro.

## VIII. REFERENCIAS

- ARYA, S., BISHT, R.P., TOMAR, R., TOKY, O.P. Y HARRIS, P.J.C. (1995). Genetic variation in minerals, crude protein and structural carbohydrates of foliage in provenances of young plants of *Prosopis cineraria* (L.) Druce in India. a. *Agroforestry Systems* 29 (1), 1-7.
- BARNES, R.D., FILER, D.L. Y MILTON, S.J. (1996). *Acacia karroo*. Monograph and Annotated Bibliography. Tropical Forestry Paper 32. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. 77ápp.
- BARNES, R.D., FAGG, C.W. Y MILTON, S.J. (1997). *Acacia erioloba*. Monograph and Annotated Bibliography. Tropical Forestry Paper 35. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. 66 pp.
- BENNEKER, C. Y VARGAS, J.E. (1994). Estudio del consumo voluntario de 5 ecotipos de matarratón realizado con ovejas africanas bajo tres dietas diferentes. *Livestock Research for Rural Development*, 6(1): 81-89.
- COOPER, D., VELLVÉ, R. Y HOBDELINK, H. (1992). Growing Diversity: Genetic Resources and

- Local Food Security. Intermediate Technology Publication, London. 165 pp.
- D'MELLO, J.P.F. (1992). Chemical constraints to the use of tropical legumes in animal nutrition. *Animal Feed Science and Technology* 38, 237-261.
- DUNSDON, A.J. Y SIMONS, A.J. (1996). Provenance and progeny trials. En: Stewart, J.L., Allison, G.E. y Simons, A.J., eds. *Gliricidia sepium*. Genetic resources for farmers. Tropical Forestry Paper 33. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. 125 pp.
- HAGERMAN A.E. (1987) Radial diffusion method for determining tannin in plant extracts. *Journal of Chemical Ecology* 13 (3), 437-449.
- HUGHES, C.E. (1987). Biological considerations in designing a seed collection strategy for *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. (Leguminosae). *Commonwealth Forestry Review* 66 (1), 31-48.
- HUGHES, C.E. (1998). *Leucaena*. A genetic resources Handbook. Tropical Forestry Paper 37. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. 274 pp.
- KANOWSKI, P. Y BOSHIER, D. (1997). Conserving the genetic resources of trees in situ. En: Maxted, N., Ford-Lloyd, B.V. y Hawkes, J.G., eds. *Plant Genetic Conservation. The in situ approach*. Chapman and Hall, London. 446 pp.
- KENNEY, P.A. Y BLACK, J.L. (1984). Factors affecting diet selection by sheep. I. Potential intake rate and acceptability of feed. *Australian Journal of Agricultural Research* 35, 551-563.
- LARBI, A., KURDI, O.I., SAID, A.N. Y HANSON, J. (1996). Classification of *Erythrina* provenances by rumen degradation characteristics of dry matter and nitrogen. *Agroforestry Systems* 33 (2), 153-163.
- LARBI, A., OSAKWE, I.I. Y LAMBOURNE, J.W. (1993). Variation in relative palatability to sheep among *Gliricidia sepium* provenances. *Agroforestry Systems*, 22, 221-224.
- LEAKEY, R.R.B. Y SIMONS, A.J. (1998). The domestication and commercialization of indigenous trees in agroforestry for the alleviation of poverty. *Agroforestry Systems* 38, 165-176.
- LÓPEZ, S. (1995). Evaluación de compuestos secundarios y consumo voluntario de cinco procedencias de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., en dos épocas del año, en el trópico húmedo de Costa Rica. CATIE, Costa Rica. M.Sc. Tesis (unpubl.), 78 pp.
- NAPOMPETH, B. Y MACDICKEN, K.G., EDS. (1990). *Leucaena Psyllid: Problems and Management*. Proceedings of an international workshop, Bogor, Indonesia, 16-21 January 1989. Winrock International, Morrilton, Arkansas, U.S.A. 208 pp.
- PALMER, B. E IBRAHIM, T.M. (1996). *Calliandra calothyrsus* forage for the tropics - a current assessment. En: Evans, D.O., ed. *International Workshop on the Genus Calliandra*. Bogor, Indonesia, 23-27 January 1996. Winrock International, Morrilton, Arkansas, U.S.A. 268 pp.
- POTTINGER, A.J. (1992). Nitrogen fixing tree research networks coordinated by the Oxford Forestry Institute. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports* 10, 7-12.
- POTTINGER, A.J., CHAMBERLAIN, J.R. Y MACQUEEN, D.J. (1996). Linking international evaluation of agroforestry tree species with farmer's objectives. *Agroforestry Forum* 7(4), 11-13.
- SHELTON, H.M., PIGGIN, C.M. Y BREWBAKER, J.L., EDS. (1995) LEUCNET - the *Leucaena* research and development network. En:
- LEUCAENA - OPPORTUNITIES AND LIMITATIONS. PROCEEDINGS OF A WORKSHOP, BOGOR, INDONESIA, 24-29 JANUARY 1994. ACIAR Proceedings 57. ACIAR, Canberra. 241 pp.
- STEWART, J.L. Y DUNSDON, A.J. (1994). Performance of 25 Central American dry zone hardwoods in a pantropical series of species elimination trials. *Forest Ecology and Management* 65, 183-193.
- STEWART, J.L. Y DUNSDON, A.J. (EN PRESA). Preliminary evaluation of fodder quality in a range of *Leucaena* species. Submitted to *Agroforestry Systems*.

- STEWART, J.L., DUNSDON, A.J., KASS, M., LÓPEZ ORTIZ, S., LARBI, A., PREMARATNE, S., TANGENDJAJA, B., WINA E. Y VARGAS, J.E. (EN PRENSA). Genetic variation in the nutritive value of *Gliricidia sepium*. 1. Acceptability, intake, digestibility and live weight gain in small ruminants. Submitted to *Animal Feed Science and Technology*.
- STEWART, J.L. (1996). Utilization. En: Stewart, J.L., Allison, G.E. y Simons, A.J., eds. *Gliricidia sepium*. Genetic resources for farmers. Tropical Forestry Paper 33. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. 125 pp.
- TCHOUNDJEU, Z., WEBER, J. Y GUARINO, L. (1997). Germplasm collections of endangered agroforestry tree species: the case of *Prosopis africana* in the semi-arid lowlands of West Africa. *Agroforestry Systems* 39, 91-100.
- THAPA, B., WALKER, D.H. Y SINCLAIR, F.L. (1997A). Indigenous knowledge of the feeding value of tree fodder. *Animal Feed Science and Technology* 67 (2-3), 97-114.
- THAPA, B., WALKER, D.H. Y SINCLAIR, F.L. (1997B). Indigenous knowledge of the feeding value of tree fodder. *Animal Feed Science and Technology* 68 (1-2), 37-54.
- THEODOROU, M. K., WILLIAMS, B. A., DHANOA, M. S., MCALLAN, A. B. Y FRANCE, J. (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 48, 185-197.
- TILLEY, J.M.A. Y TERRY, R.A. (1963). A two stage technique for in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grasslands Society* 18: 104-111.
- WOOD, C.D., STEWART, J.L. Y VARGAS, J.E. (En prensa). Genetic variation in the nutritive value of *Gliricidia sepium*. 2. Leaf chemical composition and fermentability by an in vitro gas production technique. Submitted to *Animal Feed Science and Technology*.