Árboles y arbustos forrajeros de la región norte-tzotzil de Chiapas, México

Fodder trees and shrubs of the north-tzotzil region of Chiapas, Mexico

Guillermo Jiménez-Ferrer* Miriam López-Carmona* José Nahed-Toral*
Susana Ochoa-Gaona** Ben de Jong**

Abstract

Trees and shrubs have been recognized as a strategic resource to improve cattle systems. The objective of the present study was to identify woody species with fodder potential for the cattle systems in the northern mountains region of Chiapas, Mexico, incorporating the farmers' perceptions, chemical-nutritional analysis, and *in vitro* and *in situ* digestibility assays of the foliage. Through participatory workshops, the farmers recognized 60 useful woody species within the grazing areas. Of these, 18 are consumed by the cattle and they have multiple uses. Based on the perception and qualification of the farmers, the most promising fodder trees with the potential to be incorporated in a silvopastoral system were identified: *Pithecellobium dulce, Guazuma ulmifolia, Leucaena leucocephala, Leucaena esculenta, Gliricidia sepium, Saurauia scabrida, Chromolaena* sp, *Erythrina chiapasana, Acacia pennatula, Acacia angustissima, Eysenhardtia adenostylis, Calliandra houstoniana* and *Mimosa albida*. Samples of tree foliage from two seasons of the year and from different grazing areas were collected, chemical composition and *in vitro* digestibility parameters of the foliage of these trees differed significantly between the wet and dry season. By means of a digestibility *in situ* assay with bovines, foliage of: *Acacia angusstisima, Acacia pennatula, Eysenhardtia adenostylis, Chromolaena* sp, and *Saurauia scabrida* was evaluated and it was shown that among them there is a high variation in the potential of degradation, rate of degradation and effective degradability of the dry matter. Four species are promising for the tropical part of the region (*Pithecellobium dulce, Guazuma ulmifolia, Leucaena leucocephala* and *L. esculenta*), two for the temperate zone (*Saurauia scabrida* and *Chromolaena* sp) and three that can be used in a large altitudinal range (*Erythrina chiapasana, Acacia angustissima* and *Eysenhardtia adenostylis*).

Key words: MOUNTAIN LIVESTOCK, TZOTZIL, CHIAPAS, LOCAL KNOWLEDGE.

Resumen

Los árboles y arbustos forrajeros han sido reconocidos como un recurso estratégico para mejorar los sistemas ganaderos. El objetivo del presente estudio fue identificar especies leñosas con potencial forrajero del sistema ganadero de montaña del norte de Chiapas, incorporando la percepción de los productores, análisis químico-nutrimental y ensayos de digestibilidad *in vitro* e *in situ* del follaje. Mediante talleres participativos, los productores reconocieron 60 especies leñosas útiles en las áreas de pastoreo, 18 de ellas son consumidas por el ganado bovino y tienen usos múltiples. Con base en la percepción y calificación de los productores se identificaron árboles con potencial silvopastoril: *Pithecellobium dulce, Guazuma ulmifolia, Leucaena leucocephala, Leucaena esculenta, Gliricidia sepium, Saurauia scabrida, Chromolaena* sp, *Erythrina chiapasana, Acacia pennatula, Acacia angustissima, Eysenhardtia adenostylis, Calliandra houstoniana* y *Mimosa albida*. Se recolectaron muestras de follaje de estos árboles en dos épocas del año y en diferentes áreas de pastoreo; se identificó una amplia variación en la composición química y parámetros de digestibilidad *in vitro* entre especies y entre las diferentes estaciones del año. Mediante un ensayo de digestibilidad *in situ* con bovinos, se evaluó el follaje de *Acacia angusstisima, Acacia pennatula, Eysenhardtia adenostylis, Chromolaena* sp, *Saurauia scabrida,* y se constató que entre ellas existe una amplia variación en el potencial de degradación, tasa de degradación y degradabilidad efectiva de la materia seca. Cuatro especies son promisorias para la zona cálida de la región (*Pithecellobium dulce, Guazuma ulmifolia, Leucaena leucocephala* y *L. esculenta*), dos para la zona fría *(Saurauia scabrida* y *Chromolaena* sp) y tres que pueden ser utilizadas en mayor amplitud altitudinal (*Erythrina chiapasana, Acacia angustissima* y *Eysenhardtia adenostylis*).

Palabras clave: GANADERÍA DE MONTAÑA, TZOTZIL, CHIAPAS, CONOCIMIENTO LOCAL.

Recibido el 4 de abril de 2006 y aceptado el 18 de octubre de 2007.
*El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Ganadería y Ambiente, Carretera Panamericana s/n, 29200, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México, Tel.: (967) 6749000, ext. 1410, Fax: (967) 6782322, correo electrónico: gjimenez@ecosur.mx
**El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Sistemas Silvícolas y Agroforestales, Carretera Villahermosa a Reforma, Km 15.5, Ranchería El Guineo, Segunda Sección, 86280, Telefax: (993) 3136110, Municipio Centro, Tabasco, México.

Introduction

In recent years, the need to incorporate traditional knowledge and local practices in rural community development programs and projects has been recognized.[1] Incorporation of traditional knowledge and participatory research are relevant to identifying needs of the rural population, prioritizing relevant research topics, and strengthening local capabilities. In this context, the search for viable participatory alternatives for sustainable cattle raising has increased in recent years and experiences have been successful in several regions of Asia, Latin America, and Africa.[2]

In many Mexican agricultural regions, cattle are integrated with various family economic and cultural activities. The majority of indigenous regions of Mexico are located in mountainous areas and cattle raising is organized in relation to agricultural cycles and resources in small agricultural and forest plots.[3] In mountainous areas (± 2000 masl) of the Tzotzil Mayan region of northern Chiapas, cattle raising is practiced in strict relation to agricultural and forest management. This mountain agrosilvopastoral system (MAS) is based on temporal and spatial cattle movement and consists of sequential management of cattle pasturing in communal pine-oak areas, agricultural lands in fallow, and corn (*Zea mays*) fields. During the winter and dry seasons, animals are kept in fallow areas (± 1000 masl) and principally fed on cornfield residues. Nevertheless, fodder is scarce due to frosts and winter droughts. During the rainy season, cattle are taken to forest areas (1 500-2 000 masl), where they pasture and browse.[4]

Fodder trees and shrubs have been recognized as a strategic resource for cattle. Their foliage and fruit could contribute to resolving nutritional restrictions during critical periods, and to developing stronger cattle systems, propitiating use of various environmental resources.[5] Several studies in other regions of the world have highlighted the great diversity of woody fodder species in traditional cattle systems, as well as profound local producer knowledge in managing these trees so as to integrate them into their systems.[6-8]

Traditional use of fodder trees in cattle systems is a common practice in southeast Mexico, especially in indigenous communities with cattle raising activity.[9-10] Use of this resource in agriculture and animal nutrition allows many low-income producers to maintain their herds alternately in agricultural and forest areas where low quality, highly seasonal grasses predominate and where there is social pressure on land-use.[4,11]

Southeast Mexico, particularly the Mayan region,

Introducción

En los últimos años se ha reconocido la necesidad de incorporar el conocimiento y prácticas tradicionales locales en programas y proyectos de desarrollo de las comunidades rurales.[1] Asimismo, la incorporación de conocimiento tradicional y la investigación participativa son relevantes para identificar necesidades de la población rural, priorizar temas relevantes de investigación y fortalecer las capacidades locales. En este contexto, la búsqueda de alternativas participativas viables para una ganadería sustentable ha tenido auge en los últimos años y se han generado experiencias exitosas en diversas regiones de Asia, América Latina y África.[2]

En muchas regiones campesinas de México, la ganadería bovina está integrada a las diversas actividades económicas y culturales de las familias. La mayor parte de las zonas indígenas del país se caracterizan por estar en tierras de ladera y en donde la ganadería está organizada en función de los ciclos y recursos agrícolas en pequeñas parcelas agrícolas y forestales.[3] En las áreas de montaña (± 2 000 msnm) de la región maya-tzotzil del norte de Chiapas, la ganadería bovina se practica en estrecha relación con la agricultura y manejo del bosque. Este sistema agrosilvopastoril de montaña (SAM) se basa en el movimiento del ganado tanto temporal como espacialmente y consiste en un manejo secuencial del pastoreo de ganado bovino en áreas comunales de bosque de pino-encino, en acahuales (tierras agrícolas en descanso) y en áreas de maíz (*Zea mays*). En el invierno y en la estación seca, los animales se mantienen en los sitios agrícolas en descanso (± 1 000 msnm), alimentándose principalmente de residuos de cosecha de maíz. Sin embargo, el forraje es escaso debido a la presencia de heladas y sequía invernales. Durante la época de lluvias, el ganado es trasladado a las áreas forestales (1 500-2 000 msnm), donde pastorea y ramonea.[4]

Los árboles y arbustos forrajeros han sido reconocidos como un recurso estratégico para la ganadería, que puede contribuir, mediante su follaje y frutos, a resolver las restricciones de alimento en épocas críticas. De igual manera, este recurso contribuye a desarrollar sistemas ganaderos más fuertes, propiciando el uso de múltiples recursos ambientales.[5] En otras regiones del mundo, diversos estudios han resaltado la alta diversidad de especies de árboles forrajeros en sistemas tradicionales ganaderos, y el profundo conocimiento local de los productores para manejar estos árboles de manera integrada a sus sistemas.[6-8]

El uso tradicional de árboles forrajeros en sistemas ganaderos es una práctica común en el sureste de México, especialmente en comunidades indígenas con actividad ganadera.[9-10] La utilización de este

is an area of interest due to its high biodiversity.[12] Some researchers have paid attention to fragmented forest areas and agricultural lands in this region, pointing out an important presence of multiple-use trees as a potential resource for producers.[10,13]

Several studies conducted in indigenous communities of the Chiapan Highlands in Mexico,[14] as well as in lowland areas,[15-17] have demonstrated the presence of fodder trees and shrubs used in cattle systems for diverse purposes and with diverse management practices. Some examples of important fodder tree and shrub genera identified in Chiapas are: *Erythrina, Buddleia, Saurauia, Cordia, Alnus, Calliandra, Acacia, Gliricidia, Diphysa, Acacia, Leucaena, Guazuma, Pithecellobiun* and *Thitonia*. Nevertheless, in other areas such as transitional and mountainous zones, information obtained on these resources is insufficient, and there is a dearth of studies on fodder trees which include producers perceptions and incorporate nutritional value of foliage.

The aim of the present study was to identify principal woody species with fodder potential in MAS, incorporating producer perceptions. Specific objectives were to identify producer tree preferences and determine nutritional value of foliage through studies of chemical composition and *in situ* digestibility.

Material and methods

Study area

The study was carried out in the communities Rincon Chamula (17° 08' N and 92° 55' W), Ruben Jaramillo (17° 10' N and 92° 54' W) and Lazaro Cardenas (17° 07' N and 92° 41' 98" W), located in the physiographic province of the mountains of northern Chiapas.[18] R. Chamula and R. Jaramillo are located on gradients of 700 to 2300 m. Climate is temperate-subhumid in the highland zone and semi-warm subhumid in lowland areas. Natural vegetation is composed of mountainous mesophile forest remnants, as well as pine, pine-oak, and pine-oak-liquid amber forest. Lazaro Cardenas is located between 600 and 800 masl, and has a warm, sub-humid climate. The region's population is principally indigenous Tzotzil Mayan.

Local knowledge, use, and fodder value

Researchers worked with two groups of cattle ranchers, one with 10, and the other with 12 producers. Through a participatory workshop in R. Chamula and in R. Jaramillo, fodder trees and shrubs were identified in order to select promissory species.[19,20] Producers were interviewed as to uses and ecological conditions of the trees and shrubs, and botanical samples of

recurso en la agricultura y alimentación animal permite a muchos productores de bajos recursos, mantener a sus hatos alternadamente en áreas agrícolas y forestales, en donde predominan pastos de baja calidad, fuerte estacionalidad y existe una presión social sobre el uso de la tierra. [4,11]

El sureste de México, particularmente la región maya, es un área de interés debido a su alta biodiversidad.[12] En esta región, algunos investigadores han prestado atención en áreas forestales fragmentadas y en las tierras agrícolas y pecuarias, en donde indican importante presencia de árboles de uso múltiple como recurso potencial para los productores.[10,13]

Diversos estudios conducidos en comunidades indígenas del Altiplano de Chiapas, México,[14] así como en zonas bajas,[15-17] han demostrado la presencia de árboles y arbustos forrajeros utilizados en sistemas ganaderos con diferentes usos y diversas prácticas de manejo. Algunos ejemplos de importantes géneros de árboles y arbustos forrajeros identificados en Chiapas son: *Erythrina, Buddleia, Saurauia, Cordia, Alnus, Calliandra, Acacia, Gliricidia, Diphysa, Acacia, Leucaena, Guazuma, Pithecellobiun* y *Thitonia*. Sin embargo, en otras áreas como en las zonas de transición y de montaña, la información obtenida sobre estos recursos es insuficiente. Asimismo, son escasos los estudios sobre árboles forrajeros que incluyan la percepción de los productores e incorporen el valor nutritivo del follaje.

El objetivo del presente trabajo fue identificar las principales especies leñosas con potencial forrajero del SAM, incorporando la percepción de los productores. Los objetivos específicos fueron: identificar las preferencias de árboles por parte de los productores y determinar el valor nutritivo del follaje mediante estudios de composición química y digestibilidad *in situ*.

Material y métodos

Área de estudio

La investigación se realizó en las comunidades de Rincón Chamula (17° 08' N y 92° 55' O), Rubén Jaramillo (17° 10' N y 92° 54' O) y Lázaro Cárdenas (17° 07' N y 92° 41' 98" O), ubicadas en la provincia fisiográfica de las montañas del norte de Chiapas.[18] R. Chamula y R. Jaramillo están localizados en un gradiente entre 700 y 2 300 m. Su clima es templado- subhúmedo en la zona alta y semicálido-subhúmedo en la zona baja. La vegetación natural está compuesta por remanentes de bosque mesófilo de montaña y bosques de pino, de pino-encino y pino-encino-liquidámbar. Lázaro Cárdenas se localiza entre los 600 y 800 msnm; su clima es cálido subhúmedo. En la región la población es principalmente indígena de origen maya-tzotzil.

woody fodder species were collected. Transects were carried out in the four habitat types in which cattle are pastured (fallow lands, pine forest, agricultural land, and grasslands). In a second workshop on tree identification, producers were shown fresh samples of fodder species which they had identified in the first workshop. Producers assigned a rating to each of the variables by species: palatability, abundance, availability during the dry season, uses, growth, reproduction, use in soil improvement, and capability for regrowth. For each species, a rating was assigned to each variable: bad (0), average (2) and good (3). Species were ordered by point value, and those obtaining more points were selected for bromatological evaluation and an *in situ* digestibility study. Taxonomic identification was carried out in the ECOSUR herbarium, where the botanical samples are located.

In vitro *chemical-nutritional and digestibility analysis of woody fodder species foliage*

Five hundred grams of fresh leaves and petioles of fodder trees were collected during two seasons: dry (April), and rainy (October). Analyses included dry matter (DM), crude protein (CP), ash, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hemicellulose, and *in vitro* digestibility of dry matter (IVDDM).[21,22]

In situ *degradation assay for promissory species in a cattle raising community*

In Lazaro Cardenas, an assay with bovines cannulated in the rumen was carried out in order to evaluate *in situ* degradation of dry matter of five principal species identified in the workshops: *Acacia angusstisima, Acacia pennatula, Eysenhardtia adenostylis, Chromolaena* sp, and *Saurauia scabrida*. Four Zebu × Swiss steers of ± 300 kg live weight with cannula* permanently in the rumen were used. During the assay, steers were housed indoors in individual 4 m × 4 m pens. Once each morning (7:00 am), they were fed *ad libitum* a basal diet of Taiwan grass (*P. purpureum*) chopped and mixed with green foliage (leaves and petioles) of *Gliricidia sepium (shante)* (75:25, dry base).

The bag technique was used to measure rumen digestion kinetics for dry matter of tree foliage selected.[12] Five grams of foliage sample of each species was weighed and placed in a 10 × 20 cm bag* with 53 micron pore size. Incubation times were: 3, 6, 12, 24, 48, 72 and 96 h. Bags were incubated by duplicate in each animal. After incubation, bags were washed in a washing machine for five minutes and dried in a forced air oven at 60°C for 72 h. Samples were dried and weighed in a field laboratory installed in the study

Conocimiento local, uso y valor forrajero

Se trabajó con dos grupos ganaderos de diez y 12 productores, respectivamente. En R. Chamula y R. Jaramillo, mediante un taller participativo en cada comunidad, se identificaron árboles y arbustos forrajeros para luego seleccionar las especies promisorias.[19,20] Se realizaron entrevistas a productores sobre usos y condiciones ecológicas de los árboles y arbustos, y se recolectaron ejemplares botánicos de las especies leñosas forrajeras. Se realizaron transectos en los cuatro tipos de hábitat en que pastorea el ganado (acahual, bosque de pino, agrícola y pastizales). En un segundo taller de identificación de árboles, se mostró a los productores una muestra fresca de las especies forrajeras por ellos indicadas en el primer taller. Los productores asignaron una calificación a cada una de las variables por especie: palatabilidad, abundancia, cantidad de follaje, usos, crecimiento, reproducción, caducidad del follaje, función como mejorador de suelo y capacidad de rebrote. A cada especie por cada variable se le asignó una calificación: malo (0), regular (2) y bueno (3). Las especies se ordenaron por puntuación decreciente y las que obtuvieron mayor puntaje se seleccionaron para la evaluación bromatológica y estudio de digestibilidad *in situ*. La identificación taxonómica se realizó en el herbario de Ecosur, donde se encuentran depositados los ejemplares botánicos.

Análisis químico-nutrimental y digestibilidad in vitro *del follaje de leñosas forrajeras*

Se recolectaron 500 g de hojas y pecíolos frescos de árboles forrajeros en dos épocas del año: época seca (abril) y época húmeda (octubre). Los análisis incluyeron materia seca (MS), proteína cruda (PC), cenizas, fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), hemicelulosa y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS).[21,22]

Ensayo de degradación in situ *del follaje de especies promisorias en una comunidad ganadera*

En Lázaro Cárdenas se llevó a cabo un ensayo con bovinos canulados en el rumen para evaluar la degradación *in situ* de la materia seca de seis principales especies identificadas en los talleres: *Acacia angusstisima, Acacia pennatula, Eysenhardtia adenostylis, Chromolaena* sp, *Saurauia scabrida*. Se utilizaron cuatro toros de raza Cebú × Suizo de ± 300 kg de peso vivo, con cánula* permanente en el rumen. Durante el ensayo, los toros permanecieron en pequeños apartados de

*Bar Diamond Inc. Parma, Idaho, Estados Unidos de América

community, and later analyzed at Ecosur. Degradation parameters for dry matter were estimated using Orskov and McDonald's mathematical model:[23]

$$p = a + b(1 - e^{-ct})$$

where:

p = degradation of dry matter (%) after t hours
a = rapidly degradable soluble portion (zero intercept)
b = slowly degradable portion (asymptote of the exponential)
c = constant fractional rate of degradation of degradable insoluble component (% per hour)
t = incubation time (h).

Effective degradability (P) of DM was calculated using flow rates of 2%, 5% and 8% per hour:

$$P = a + [bc/(c+k)]$$

where:

P = effective degradability
a, b, c = constants described in equation 1
k = fractional rate of flow in the rumen

Constants of degradation were calculated using the software NAWAY[24] and submitted to statistical analysis (GLM-Anova).[25] In order to analyze differences of the variables for degradation per season, in all species the Student "t" test was used.

Results

Local use and knowledge of woody species in pasture areas

Principal agrosilvopastoral practices identified in MAS were dispersed trees and living fences in grasslands, fallow lands, and agricultural areas. A total of 60 useful woody species were identified within pasture areas (Table 1). The majority are native trees of multiple uses and are important components of the zone's natural vegetation, well adapted to local environmental conditions. Many of these trees are a result of natural regeneration, and some are planted by producers. Judged by the producers, the majority of species present have more than one use: 19 as fodder, 30 for firewood, eight provide lumber, seven as living fences, and 13 for fence-posts. Trees with the most varied uses are: S*aurauia scabrida, Acacia angustissima, Eysenhardtia adenostylis, Guazuma ulmifolia, Quercus segoviensis* and *Quercus peduncularis*. Of the species useful as fodder,

4 × 4 m. La alimentación base se realizó con pasto Taiwán (*P. purpureum*) picado y mezclado con follaje verde (hojas y pecíolo) de *Gliricidia sepium* (Shante) (75:25, en base seca) suministrada *ad libitum* una vez al día por la mañana (7:00 h).

Para medir la cinética de la digestión ruminal de la materia seca del follaje de los árboles seleccionados se empleó la técnica de la bolsa.[12] Se pesaron cinco gramos de muestra de follaje de cada especie, las cuales se introdujeron en cada bolsa* de 10 × 20 cm y 53 micron de tamaño de poro. Los tiempos de incubación fueron: 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 h. Las bolsas fueron incubadas por duplicado en cada animal. Después de la incubación, las bolsas se lavaron en una lavadora por cinco minutos, y posteriormente se pusieron a secar en un horno de aire forzado a 60°C por 72 h. El secado y pesado de las muestras se realizó en un laboratorio de campo instalado en la comunidad de estudio y posteriormente los análisis se realizaron en Ecosur. Los parámetros de degradación de la materia seca se estimaron mediante el modelo matemático de Orskov y McDonald:[23]

$$p = a + b(1 - e^{-ct})$$

donde:
p = degradación de la materia seca (%) después de t horas
a = fracción soluble y rápidamente degradable (intercepto tiempo cero)
b = fracción lentamente degradable (asíntota de la exponencial)
c = tasa constante fraccional de degradación del componente degradable insoluble (% por hora)
t = tiempo de incubación (h).

La degradabilidad efectiva (P) de la MS se calculó usando las tasas de flujo de 2%, 5% y 8% por hora:

$$P = a + [bc/(c+k)]$$

donde:
P = degradabilidad efectiva
a, b, c = constantes descritas en la ecuación 1
k = tasa de flujo fraccional en el rumen.

Las constantes de degradación fueron calculadas por medio del software NAWAY[24] y sometidas a análisis estadístico (GLM-Andeva).[25] Para analizar las diferencias de las medias de las variables de degradación por época, en todas las especies se utilizó la prueba "t" de Student.

*Bar Diamond Inc. Parma, Idaho, Estados Unidos de América

14 were trees and five were shrubs present in a disperse manner in grasslands and cornfields.

Table 2 shows producer perceptions on fodder tree quality. Producers mentioned that foliage of species identified for fodder is mainly used for browsing, and that *Guazuma ulmifolia, Pithecellobium dulce* and *Leucaena* sp were the most highly appreciated species in lowland zones (< 1 000 masl). In intermediate and highland zones (> 1 000 masl) the generu *Acacia, Saurauia scabrida, Chromolaena* sp, *Calliandra houstoniana* and *Erythrina chiapasana* stood out. Producers recognized the importance of fodder trees, especially those which provide fruit and foliage. Nevertheless, they do not take advantage of some of the species in an intensive, systematic manner; they do not cut and transport foliage as an animal dietary complement.

With respect to producer perception of palatability, this is associated with intensity of animal browsing on foliage of woody species. Producers indicated that the majority of fodder species are moderately or well accepted by cattle, with the exception of *Diphysa robinioides* and *Gliricidia sepium* which were considered to have a bad taste. Nevertheless, both species are appreciated for their multiple uses, for example as living fences to enclose pastures and provide shade, especially in lowland zones (< 1 000 masl). The following characteristics were rated as acceptable: amount of foliage during the rainy season, growth, reproduction, capacity for re-growth, and soil improvement. Nevertheless, the great majority of species have limits for foliage production during the dry season, with the exception of *Saurauia scabrida, Pithecellobium dulce* and *Chromolaena* sp.

Results showed that the majority of species which producers indicated to be soil improvers belong to the legume family. With respect to flowering in general, this occurs principally during the spring and fall, and producers indicated that *Gliricidia sepium* and *Erythrina* sp are easy to propagate by stakes from March to May. Based on producer perceptions, a group of species with high point-ratings were identified: *Saurauia scabrida, Chromolaena* sp, *Guazuma ulmifolia, Pithecellobium dulce, Erythrina chiapasana, Acacia pennatula* and *Eysenhardtia adenostylis*; species with intermediate point-ratings were: *Leucaena esculenta, Acacia angustissima, Mimosa albida, Calliandra houstoniana* and *Leucaena leucocephala*; and species with low point-ratings were: *Diphysa robinioides, Calliandra grandiflora, Gliricidia sepium, Verbena carolina, Desmodium tortuosum* and *Sageretia elegans* (Table 2).

Chemical composition and in vitro *digestibility evaluation of selected woody fodder species*

Table 3 shows chemical composition and *in vitro*

Resultados

Uso y conocimiento local de especies leñosas en áreas de pastoreo

Las principales prácticas agrosilvopastoriles identificadas en el SAM fueron árboles dispersos y cercos vivos, en pastizales, acahuales (tierras en descanso) y áreas agrícolas. Se identificó un total de 60 especies leñosas útiles dentro de las áreas de pastoreo (Cuadro 1). La mayoría son árboles nativos de uso múltiple y componentes importantes de la vegetación natural de la zona, con buena adaptación a las condiciones ambientales locales. Muchos de estos árboles son parte de la regeneración natural y algunos son sembrados por los productores. A juicio de los productores, la mayoría de las especies presentó más de un uso: 19 fueron registradas como forrajeras, 30 fueron mencionadas por su utilización como leña, ocho aportan madera, siete se usan en cercos vivos y 13 son utilizadas para obtener postes para cercas muertas. Los árboles que más usos presentaron son: *Saurauia scabrida, Acacia angustissima, Eysenhardtia adenostylis, Guazuma ulmifolia, Quercus segoviensis* y *Quercus peduncularis.* De las especies útiles como forraje, 14 fueron árboles y cinco arbustos, con presencia en pastizales y milpa como árboles dispersos.

El Cuadro 2 muestra la percepción que tuvieron los productores sobre la calidad de los árboles forrajeros. Los productores mencionaron que el follaje de las especies identificadas como forrajeras es aprovechado principalmente por ramoneo, y mencionaron que *Guazuma ulmifolia, Pithecellobium dulce* y *Leucaena* sp fueron las especies forrajeras más apreciadas en las zonas bajas (< 1 000 msnm.). En la zonas intermedias y altas (> 1 000 msnm) destacó el género *Acacia, Saurauia scabrida, Chromolaena* sp*, Calliandra houstoniana* y *Erythrina chiapasana.* Los productores reconocieron la importancia de los árboles forrajeros, especialmente aquellos que aportan frutos y follaje; sin embargo, no aprovechan de forma intensiva y sistemática algunas de las especies, ya que no se lleva a cabo ni corte ni acarreo de follaje para la complementación de alimento animal.

Respecto a la percepción de los productores sobre palatabilidad, ésta se asocia con la intensidad de ramoneo que tienen los animales sobre el follaje de las especies leñosas. Los productores indicaron que la mayoría de las especies forrajeras tienen regular y buena aceptación por el ganado, con excepción de *Diphysa robinioides* y *Gliricidia sepium*, que fueron considerados de mala palatabilidad. No obstante, ambas especies son apreciadas por sus diversos usos, como cercos vivos para delimitar potreros y proporcionar sombra, especialmente en zonas bajas (< 1 000 msnm). El taller mostró que las características: cantidad de

Cuadro 1

PLANTAS LEÑOSAS ÚTILES EN ÁREAS DE PASTOREO EN EL NORTE-TZOTZIL DE CHIAPAS, MEXICO

USEFUL WOODY PLANTS IN PASTURE AREAS IN THE TZOTZIL NORTH OF CHIAPAS, MEXICO

Family	*Species*	*Local name*	*Uses*	*Habitat*
Actinidiaceae	*Saurauia scabrida*	Ajoj	1-2-4-5-6	pdt
Araliaceae	*Oreopanax obtusifolius*	Mutut	2	f
Amaranthaceae	*Iresine* sp	Sacaj ´te	2-5	pdt
Anacardiaceae	*Rhus schiedeana*		7	pdt
	Rhus terebinthifolia	Pajul	3	pdt
Betulaceae	*Alnus acuminata*	Cox	2	pdt
Boraginaceae	Cordia odorata	Hormiguillo	3	hc
Capparidaceae	*Cleome spinosa*	Paitaj	6	f
Caprifoliaceae	*Sambucus mexicana*	Chij ´tej	7	f
Compositae	*Chromolaena* sp	Kanannish ´te	1-2	pdt
	Eupatorium macrophyllum	Chalan ´buck	11	f
	Senecio deppeanus	Sakil ´nal	7	pdt
	Smallanthus maculatus	K´ail	7	f
	Vernonia canescens	Citit	2	pdt
Cornaceae	*Cornus disciflora*	Sahuayan te	2	pdt
Cupressaceae	*Juniperus comitana*	Cipres	5	pof
Euphorbiaceae	*Croton draco*	Shist bot	2-7	a-pof
Fagaceae	*Quercus peduncularis*	Tulán	2-3-5	pdt
	Quercus segovienss	Chiquin ib	2-4-5	f
Leguminosae	*Acacia tortuosa*	Espina blanca	1-2	pdt
	Acacia angustissima	Timbre	1-2-8-13-15	hc, pdt
	Acacia pennatula	Xhish'té	1-2	pdt
	Calliandra grandiflora	Shis´ni	1	pdt
	Calliandra houstoniana	Shashim	1-2-10	hc, f
	Cassia sp	Oj´t	2	f
	Desmodium tortuosum	Veel'ka	1	f
	Diphysa robinioides	Can ´te	1-4-5	pdt
	Erythrina chiapasana	U´kum	1-4-6	pdt
	Eysenhardtia adenostylis	Yash'té	1-2-5-7	pdt
	Gliricidia sepium	Shan´te	1-2	pdt
	Inga rodrigueziana	Shel´el	*2-9*	f
	Leucaena esculenta	Guash colorado	1-2-4-5-6	pdt
	Leucaena leucocephala	Guash	1-2-4-6	hc
	Lonchocarpus sp	Chenek´te	2	pas
	Lysiloma aff. multifoliatum	Pakac´te	2-5	pof
	Lysiloma sp	Yas ´te	1-2	hc
	Mimosa albida	Lot om ´chij	1	hc, f
	Myrica cerifera	Sat ín	1-12	pdt
	Phitecellobium dulce	Patzahua	1-2-5	pof
Loganiaceae	*Buddleia americana*	Poshil Sikel	7	f
Meliaceae	*Cedrela odorata*	Cedro	3-7	f, pdt
Myrsinaceae	*Parathesis* sp	Mutut	2	f
	Rapanea juergensenii	Tilil	3	hc
	Rapanea myricoides	Atsam ´te	5	pdt
	Synardisia venosa	multa tilil	2-5	pdt
Myrtaceae	*Psidium guajava*	Poto	2-6	f, hc
Onagraceae	*Fuchsia paniculata*	k´anan	2	pdt
Pinaceae	*Pinus devoniana*	Pino	3-7	pdt
Platanaceae	*Platanus mexicana*	Salpa ´te	2-3	f
Piperaceae	*Piper auritum*	Mumum	6	f
Polygonaceae	*Coccoloba barbadensis*	Bordon	3	hc
Rhamnaceae	*Sageretia elegans*	shis ´bolom	7	f
Rosaceae	*Rubus adenotrichus*	Tanzat	7	pdt
	Rubus coriifolius	Mora	6	pdt
Sapindaceae	*Dodonaea viscosa*	Bak ´te	2-5-14	pdt
Solanaceae	*Solanum torvum*	Kuxpeul	7	f
Sterculiaceae	*Guazuma ulmifolia*	A´kit	1-2-3-7	hc
Tiliaceae	*Heliocarpus* sp	Bot	4	f
Verbenaceae	*Lantana camara*	Chili wet	7	f
	Verbena carolina	Chchipak´te	1-7	pdt

Uses: 1) Fodder, 2) Firewood, 3) Wood, 4) Living fence, 5) Posts, 6) Edible, 7) Medicinal, 8) Dye, 9) Coffee shade tree, 10) Gun powder, 11) Weaving, 12) Paraffin, 13) Curing leather, 14) Wood for home-building, 15) Fermentation

Habitat: pasture with dispersed trees (pdt); hillside cornfield (hc); fallow land; (f); pine-oak forest (pof)

digestibility of foliage of those species which producers rated as having high or intermediate value. In general, variation in nutritional value was found from one season to another. The most succulent species was *Erythrina chiapasana*, while that with the greatest percentage of dry matter during both seasons was *Acacia pennatula*. Seventy five percent of species analyzed have more than 12% CP during the dry season, and 83% reach those levels during the rainy season. Variation exists among *in vitro* digestibility values for dry matter (IVDDM) from one season to another. IVDDM values are greater than 45% in more than half of the species during the dry season, while during the rainy season these values diminish for almost all species. IVDDM values stand out for *Erythrina chiapasana* (62.3% and 51%) and *Chromolaena* sp (73.2% and 46.2%). Values for acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) were greater than 25% in all species, with variation between the two seasons. Ash content had a range of 5.0% to 11.8%, and hemicellulose showed values from 1.2% to 22.7%.

follaje en la época de lluvia, crecimiento, reproducción, capacidad de rebrote y mejoradores de suelo se calificaron con valores aceptables. Sin embargo, la gran mayoría de las especies tienen limitaciones para producción de follaje en época seca, a excepción de *Saurauia scabrida, Pithecellobium dulce* y *Chromolaena* sp.

Los resultados observados mostraron que la mayoría de las especies señaladas por los productores como mejoradoras de suelo pertenecen a la familia de las leguminosas. Respecto de la floración, ésta se presenta principalmente en primavera y otoño, e indicaron que *Gliricidia sepium* y *Erythrina* sp son fáciles de propagar mediante estacas de marzo a mayo. De acuerdo con la percepción de los productores, se identificó un grupo de especies con puntaje alto: *Saurauia scabrida, Chromolaena* sp, *Guazuma ulmifolia, Pithecellobium dulce, Erythrina chiapasana, Acacia pennatula* y *Eysenhardtia adenostylis*; especies con puntaje intermedio: *Leucaena esculenta, Acacia angustissima, Mimosa albida, Calliandra houstoniana* y *Leucaena leucocephala*; y especies con puntaje bajo: *Diphysa robinioides, Calliandra grandiflora, Gliricidia sepium, Verbena carolina, Desmodium tortuosum* y *Sageretia elegans* (Cuadro 2)

Cuadro 2

EVALUACIÓN PARTICIPATIVA DE ESPECIES LEÑOSAS FORRAJERAS EN DOS COMUNIDADESDE LA REGIÓN NORTE-TZOTZIL DE CHIAPAS

PARTICIPATORY EVALUATION OF WOODY FODDER SPECIES IN TWO COMMUNITIES OF THE NORTH-TZOTZIL REGION OF CHIAPAS

Species	*Palatability*	*Abundance*	*Uses**	*Foliage*	*Growth*	*Reproduction*	*Caducifolia*	*Nitro. Fix.*	*Cap. Fo regrowth*	*Points*
Saurauia scabrida	3	3	8	3	3	3	3	3	3	32
Chromolaena sp	3	3	4	3	3	3	3	3	3	28
Guazuma ulmifolia	3	3	8	2	3	3	0	3	3	28
Pithecellobium dulce	3	3	4	3	3	3	3	3	3	28
Erythrina chiapasana	3	2	6	3	3	3	0	3	3	26
Acacia pennatula	3	3	4	2	3	3	0	3	3	24
Eysenhardtia adenostylis	3	2	8	2	3	2	0	2	2	24
Leucaena esculenta	3	2	10	2	0	2	0	2	2	23
Acacia angustissima	2	2	10	0	0	3	0	2	3	22
Mimosa albida	3	3	0	2	3	3	0	3	3	20
Calliandra houstoniana	2	3	6	0	0	3	0	2	3	19
Leucaena leucocephala	3	2	6	2	2	0	0	0	2	17
Diphysa robinioides	0	0	6	0	2	0	0	2	2	12
Calliandra grandiflora	2	0	2	0	2	2	0	0	2	10
Gliricidia sepium	0	0	4	0	0	2	0	2	2	10
Verbena carolina	3	0	2	2	0	0	0	0	3	10
Desmodium tortuosum	3	0	2	0	0	0	0	0	3	8
Sageretia elegans	2	0	0	0	0	2	0	0	3	7

0 = bad 2 = average 3 = good *Uses = Value represents number of uses multiplied by 2

In situ *evaluation of foliage*

Table 4 shows the chemical composition of foliage of species used for animal feed in the in situ degradability assay. Table 5 shows constants for degradation and effective degradation (ED) of DM. Results show that the potentially degradable portion (a + b) showed differences (P < 0.01) among species, but not as an effect of the season variable. The highest average annual values were for *Chromolaena* sp (90.2%), *Saurauia scabrida* (76.7%), and *Eysenhardtia adenostylis* (71.7%). Lowest values were for *Acacia angustissima* (38.5%) and *A. pennatula (*42.07%).

With respect to the rapidly degradable portion of DM, there was a difference among species (P < 0.05) and between seasons (P < 0.05); the highest averages were for species of the Acacia genus. The slowly degradable fraction (b) of DM showed differences (P < 0.05) among species. In some species, such as *A. angustissima, S. scabrida* and *E. adenostylis,* variation occurred (P < 0.05) with the season. Showed high values in both seasons for *Chromolaena* sp (71.2%-85.9 %) and *S. scabrida* (61.2%-67.1%).

The degradation rate (c) for DM showed differences among species and seasons (P < 0.01). These, on average, were high for *A. angustissima* (29%/h), *E. adenostylis* (18%/h) and *C. lobuta* (12%/h), compared to *A. pennatula* (8%/h) and *S. scabrida* (7%/h).

With respect to ED of the DM, differences (P < 0.01) were observed among species. ED did not show differences (P > 0.05) due to season of collection, and average annual values were high for *Chromolaena* sp (79.7%), intermediary for *E. adenostylis* (66%) and *S.*

Evaluación química y de digestibilidad in vitro *de las leñosas forrajeras seleccionadas*

En el Cuadro 3 se muestra la composición química y la digestibilidad *in vitro* del follaje de las especies calificadas por los productores con valores altos e intermedios. En general, se encontró variación en los valores nutrimentales de una época del año a otra. La especie más suculenta fue *Erythrina chiapasana,* mientras que la que tuvo mayor porcentaje de materia seca en las dos épocas del año fue *Acacia pennatula.* El 75% de las especies analizadas tiene más de 12% de PC en la época seca, y 83% alcanza los mismos niveles en la época de lluvias. Existe una variación entre los valores de digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS) de una época del año a otra. Los valores de DIVMS son superiores a 45% en más de la mitad de las especies para la época seca, para la época húmeda estos valores disminuyeron en casi todas las especies. Sobresalen los valores de DIVMS de *Erythrina chiapasana* (62.3% y 51%) y *Chromolaena* sp (73.2% y 46.2%). Los valores de fibra detergente ácida (FDA) y fibra detergente neutra (FDN) fueron mayores a 25% en todas las especies, con variación entre las dos épocas del año. El contenido de cenizas tuvo un rango entre 5.0% y 11.8%, y el de hemicelulosa presentó valores que van de 1.2% a 22.7%.

Evaluación in situ *del follaje*

En el Cuadro 4 se muestra la composición química del follaje de las especies utilizadas para la alimentación de los animales en el ensayo de degradabilidad

Cuadro 3

CARACTERÍSTICAS QUÍMICO NUTRIMENTALES (%) DE LAS ESPECIES FORRAJERAS SELECCIONADAS EN DOS ÉPOCAS DEL AÑO

CHEMICAL NUTRITIONAL CHARACTERISTICS (%) OF FODDER SPECIES SELECTED DURING TWO SEASONS

Species	*Dry matter (DM)*		*Crude protein (CP)*		*In vitro digestibility of DM*		*Neutral detergent fiber (NDF)*		*Acid detergent fiber (NDF)*		*Ash*		*Hemicellulose*	
	D	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D	R
Acacia angustissima	47.8	36.9	19.5	24.2	37.4	25.6	44.2	57.0	29.3	41.9	5.0	5.5	14.9	15.1
Acacia pennatula	53.1	41.9	11.0	20.5	28.7	39.5	49.5	34.5	42.3	41.2	6.6	6.2	7.2	-
Calliandra houstoniana	42.5	37.0	15.1	13.4	27.5	20.7	48.3	76.3	34.7	65.9	8.7	6.4	13.7	10.3
Chromolaena sp	32.4	23.4	10.1	10.8	73.2	46.2	36.6	58.8	35.4	52.2	10.4	11.2	1.2	6.6
Erythrina chiapasana	17.8	22.5	21.6	21.0	62.3	51.0	53.5	37.9	33.7	39.9	7.9	8.2	19.8	-
Eysenhardtia adenostylis	32.8	30.1	19.0	15.8	55.7	52.3	43.3	61.4	25.0	40.2	6.8	6.8	18.3	21.2
Guazuma ulmifolia	32.0	33.8	13.6	14.9	34.9	41.6	68.8	60.4	49.7	48.1	6.1	9.5	19.1	12.3
Leucaena esculenta	49.9	33.1	17.9	23.8	54.2	55.9	47.9	58.6	25.4	35.9	5.9	5.6	22.3	22.7
Leucaena leucocephala	36.3	33.3	19.1	16.8	50.0	38.0	50.5	56.5	32.9	44.9	6.1	6.6	17.5	11.6
Mimosa albida	49.0	35.9	15.6	17.5	22.3	24.7	42.3	38.8	33.4	46.2	5.0	4.1	8.8	-
Pithecellobium dulce	43.0	34.7	17.9	19.3	48.0	47.3	44.3	55.9	33.7	44.7	11.8	8.7	10.6	11.2
Saurauia scabrida	32.3	27.6	7.1	8.2	48.41	40.6	48.1	38.4	38.8	62.0	7.3	8.0	9.3	-

D = dry season (April), R = rainy season (October).

scabrida (61%), and low for *A. angustissima* (39.1%) and *A. pennatula* (37.7%). In species such as *A. angustissima* and *A. pennatula*, a slight reduction in ED was shown when rate of passage increased. This was not the case for *S. scabrida* and *E. adenostylis*, which decreased more than 25% when rate of passage increased.

Discussion

In this study, participation and local knowledge played a fundamental role in rating and selecting promissory woody fodder species. Small-scale farmers are familiar with species important to cattle systems, and they use them in a variety of ways; they are a part of the producers´ life strategy. They recognize that tree and shrub species benefit the animals and their environment, preventing them from losing weight during the dry season. Nevertheless, it is evident that there are limits to making more intensive use of this resource, even though important fodder tree species of the genera *Erythrina, Gliricidia, Leucaena, Acacia, Calliandra* and *Guazuma* are present in SAM areas. They are marginally used because producers do not know their potential as animal feed, in providing environmental services, and in increasing biodiversity, as has been demonstrated in agroforestry systems in other tropical regions of the world.[5]

Nutritional evaluation studies of fodder tree foliage in mountainous areas are not as numerous as those of tropical lowland regions. Studies by Le Houérou,[6] in Africa, and Thapa *et al*.,[7] in Nepal, stand out; results on the pattern of variation of foliage chemical composition among species coincide with those of this study, which may be related to one or more of the following factors: season of harvest or sampling, sampling site (climate × soil), sampling techniques, species or origin, plant part sampled, and analytical procedure. [26]

The majority of woody fodder species selected in *in situ*. El Cuadro 5 presenta las constantes de degradación y degradación efectiva (DE) de la MS. Los resultados permiten observar que la fracción potencialmente degradable (a + b) mostró diferencias ($P < 0.01$) entre especie, pero no por efecto de la variable época del año. Los valores promedio anuales más altos fueron para *Chromolaena* sp (90.2%), *Saurauia scabrida* (76.7%) y *Eysenhardtia adenostylis* (71.7%). Los valores más bajos fueron para *Acacia angustissima* (38.5%) y *A. pennatula* (42.07%).

Respecto a la fracción rápidamente degradable de la MS, hubo diferencia entre especies ($P < 0.05$) y entre épocas ($P < 0.05$); los promedios más altos fueron para las especies del género *Acacia*. La fracción lentamente degradable (b) de la MS mostró diferencias ($P < 0.05$) entre especies. En algunas especies como *A. angustissima, S. scabrida* y *E. adenostylis* ocurrió una variación ($P < 0.05$) por el efecto de la época del año. Se observaron valores altos en ambas épocas para *Chromolaena* sp (71.2%-85.9 %) y *S. scabrida* (61.2%-67.1%).

La tasa de degradación (c) para la MS mostró diferencias entre especies y épocas ($P < 0.01$), éstas, en promedio, fueron altas para *A. angustissima* (29%/h), *E. adenostylis* (18%/h) y *C. lobuta* (12%/h), en comparación con *A. pennatula* (8%/h) y *S. scabrida* (7%/h).

Respecto a la DE de la MS, se observaron diferencias ($P < 0.01$) entre especies. La DE no presentó diferencias ($P > 0.05$) por efecto de época de recolección, y los valores promedio anuales fueron altos para *Chromolaena* sp (79.7%), intermedios para *E. adenostylis* (66%) y *S. scabrida* (61%) y bajos para *A. angustissima* (39.1%) y *A. pennatula* (37.7%). En especies como *A. angustissima* y *A. pennatula* se presentó una ligera reducción de la DE cuando la tasa de pasaje se incrementó, no así en *S. scabrida* y *E. adenostylis*, que tuvieron una reducción de más del 25% cuando se incrementó la tasa de pasaje.

Cuadro 4

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%) DEL FORRAJE BASE DEL ENSAYO DE DIGESTIBILIDAD *in situ* PARA EVALUAR ÁRBOLES DEL SISTEMA GANADERO DE MONTAÑA DEL NORTE DE CHIAPAS, MÉXICO

CHEMICAL COMPOSITION (%) OF FODDER BASED ON STUDY OF *in situ* DIGESTABILITY TO EVALUATE TREES IN THE MOUNTAIN CATTLE RAISING SYSTEM OF NORTHERN CHIAPAS, MEXICO

Contents	*Gliricidia sepium*	*Pennisetum purpureum*
Dry matter	25.6	35.2
Organic matter	87.1	91.2
Crude Protein	21.2	10.8
Neutral detergent fiber	59.5	75.1
Acid detergent fiber	26.6	42.7

Cuadro 5

PARÁMETROS DE LA DEGRADACIÓN DE LA MATERIA SECA DEL FOLLAJE DE ÁRBOLES FORRAJEROS DEL SISTEMA GANADEROS DE MONTAÑA, RECOLECTADOS EN DOS ÉPOCAS EN EL NORTE DE CHIAPAS, MÉXICO

DEGRADATION PARAMETERS OF DRY MATTER OF FODDER TREE FOLIAGE OF THE MOUNTAIN CATTLE RAISING SYSTEM, COLLECTED DURING TWO SEASONS IN NORTHERN CHIAPAS, MEXICO

Species		*a*	*b*	*a + b*	*c*	$DE_{0.02}$	$DE_{0.05}$	$DE_{0.08}$
Acacia angustissima	D	25.06 [a]	11.65 [a]	36.71 [a]	0.3733 [a]	38.98[a]	36.93 [a]	35.45[a]
	R	23.24 [a]	16.29 [b]	40.22 [b]	0.2125 [b]	39.17[a]	37.80 [a]	37.38[a]
	x	24.15	13.97	38.46	0.2929	39.07	37.36	36.41
Acacia pennatula	D	25.23 [a]	14.99 [a]	40.23 [a]	0.0741 [a]	38.31[a]	34.66 [a]	32.60[a]
	R	26.73 [a]	17.18 [a]	43.91 [a]	0.0867 [a]	37.00[a]	34.05 [a]	32.39[a]
	x	25.98	16.08	42.07	0.0804	37.65	34.35	32.49
Eysenhardtia adenostylis	D	12.79 [a]	57.98 [a]	70.78 [a]	0.2028 [a]	66.35[a]	59.34 [a]	53.94[a]
	R	9.80 [b]	62.77 [b]	72.57 [a]	0.1743 [b]	65.73[a]	58.86 [a]	53.57[a]
	x	11.29	60.37	71.67	0.1885	66.04	59.1	53.75
Chromolaena sp	D	4.79 [a]	85.97 [a]	90.76 [a]	0.1648 [a]	78.34[a]	66.60 [a]	58.14[a]
	R	18.42 [b]	71.26 [b]	89.68 [a]	0.0950 [b]	81.06[a]	69.72 [a]	61.53[a]
	x	11.60	78.61	90.22	0.1299	79.7	68.16	59.83
Saurauia scabrida	D	6.10 [a]	67.09 [a]	73.20 [a]	0.0908 [a]	61.55[a]	49.37 [a]	41.63[a]
	R	15.64 [b]	61.24 [b]	76.68 [a]	0.0587 [b]	60.50[a]	48.26 [a]	40.76[a]
	x	10.87	64.16	76.68	0.0747	61.02	48.81	41.19

a = Soluble component; *b* = Slowly degrading component
c = Fractional rate of degradation (h^{-1}); *a* + *b* = Potentially degradable fraction
x = Average of the two seasons
DE = Effective degradability calculated at a different flow rate (h^{-1})
Means followed by unequal letters within the species statistically differ ($P < 0.05$).
D = dry season (April), R = rainy season (October).

the study region have high levels of crude protein (CP), which surpass CP content of regional native grasses. Although theoretically a seasonal variation could exist among nutritional levels of each species, this study shows that species exist which show similar values between seasons. At least ten of these species maintained CP values greater than 12%, a level recommended by some authors for selection of woody fodder plants.[27]

In general, it was shown that potential degradability of DM was high for *Chromolaena* sp, *S. scabrida* and *E. adenostylis*. IVDDM of *Chromolaena* sp showed different values between the two seasons. Nevertheless, potential of ruminal degradation was similar during dry and rainy seasons. At the same time, rate of ruminal degradation of DM for *Chromolaena* sp was

Discusión

En este estudio la participación y el conocimiento campesino jugaron un papel fundamental en la valoración y la selección de las especies leñosas promisorias para forraje. Los campesinos conocen las especies de importancia para el sistema ganadero, hacen un uso diverso de ellas y son parte de su estrategia de vida como productores. Reconocen que las especies arbóreas y arbustivas benefician a los animales y su entorno, evitando que éstos pierdan peso durante la época seca del año; sin embargo, se observa que tienen restricciones para hacer un uso más intensivo de este recurso, a pesar de que importantes especies de árboles forrajeros de los géneros *Erythrina, Gliricidia, Leucaena, Acacia, Calliandra* y *Guazuma* están presentes en

significantly different ($P < 0.05$) and greater during the dry season (0.16/h) than the rainy season (0.09/h). *A. angustissima* also showed a greater degradation rate ($P < 0.05$) during the dry season, indicating that these species could be more widely consumed during the dry season, constituting an important resource for supplementing the diet of pasturing cattle during critical periods. It is notable that the rate and magnitude of degradation of DM and of CP are influenced by several factors, such as solubility, which in turn is largely determined by the relation between the soluble and insoluble portions of fodder.[23]

At the same time, it was shown that the potential for degradation and ED of the DM of the genus Acacia was low, compared to the parameters found for tropical herbaceous species which have 32% to 80% degradation of DM.[28] Ramirez and Garcia[29] recorded similar results upon evaluating *Acacia berlandieri* in northern Mexico. Also, degradation values of DM of the genus *Acacia* found in this study were lower than those found in species such as *L. leucocephala, C. cajan, G. ulmifolia, T. longiradiata, G. sepium* and *B. alicastrum* in southeast Mexico.[30]

Species such as *A. angustissima* and *A. pennatula* showed low ruminal digestibility, perhaps due to presence of secondary metabolites such as tannins. Nevertheless, this resource requires further studies, as it is widely used as browsing material in MAS. The low parameters of ruminal degradability found in local tree foliage suggest carrying out studies of secondary metabolites in foliage and post-harvest management of this foliage. Regarding this, several studies in Africa have shown presence of secondary metabolites in foliage of the genus *Acacia* and the importance of henification and sun-drying of *Acacia angustissima* foliage in order to increase digestibility.[31,32] The species *Chromolaena* sp, *S. scabrida* and *E. adenostylis* deserve special attention because of their acceptable levels of ruminal degradation of MS. Because of this, subsequent studies must be carried out in the area of animal response as well as agronomic and agroforestry aspects.

The region's wide range in altitude implies differentiation of promissory species according to ecological zone. In higher altitude areas, *Saurauia scabrida* and *Chromolaena* sp have wide presence. Nevertheless, they have low levels of crude protein, they show acceptable levels in ruminal degradability parameters, and furthermore, they possess other important characteristics, such as persistence of leaves during the dry season, great capacity for re-growth, and multiple uses. Species of the region's subtropical zones (*Pithecellobium dulce, Guazuma ulmifolia, Leucaena leucocephala* and *L. esculenta*) showed acceptable values in crude protein content and *in vitro* digestibility of DM, but

áreas del SAM, se aprovechan marginalmente debido a que los productores desconocen su potencial para la alimentación animal, aporte de servicios ambientales y mejoramiento de la biodiversidad, como se ha demostrado en sistemas agroforestales de otras regiones tropicales del mundo.[5]

Los estudios de evaluación nutritiva del follaje de árboles forrajeros en zonas de montaña no son tan numerosos como los que se llevan a cabo en regiones tropicales bajas. Destacan los estudios de Le Houérou,[6] en África, y Thapa *et al.*,[7] en Nepal, cuyos resultados sobre el patrón de variación de la composición química del follaje entre especies, coinciden con los de este trabajo, lo cual puede estar asociado con uno o más de los siguientes factores: estación de cosecha o muestreo, sitio de muestreo (clima × suelo), técnicas de muestreo, especie o procedencia, parte vegetal muestreada y procedimiento analítico.[26]

La mayoría de las especies leñosas forrajeras seleccionadas en la región de estudio tienen buenos niveles de proteína cruda (PC), que superan al contenido de PC de los pastos nativos de la región. A pesar de que teóricamente puede existir una variación estacional entre los niveles de nutrimentos de cada especie, en este trabajo se aprecia que existen especies que presentaron valores similares entre épocas del año. Por lo menos diez de estas especies se mantuvieron con valores de más de 12% de proteína cruda, nivel recomendado por algunos autores para la elección de leñosas forrajeras.[27]

En general, se observó que el potencial de degradabilidad de la MS fue alto para *Chromolaena* sp, *S. scabrida* y *E. adenostylis*. La DIVMS de *Chromolaena* sp presentó valores diferentes en las dos épocas del año; sin embargo, el potencial de degradación ruminal en la época seca y de lluvias fue similar. Asimismo, la tasa de degradación ruminal de la MS de *Chromolaena* sp fue significativamente diferente ($P < 0.05$) y superior durante la seca (0.16/h), respecto de la de lluvia (0.09/h). *A. angustissima* presentó también una tasa de degradación superior ($P < 0.05$) en la época seca, ello indica que estas especies podrían tener mayor consumo en la época de estiaje y constituirse en un recurso importante para la complementación de la dieta del ganado en pastoreo en épocas críticas. Se destaca que la tasa y la magnitud de la degradación de la MS y la PC están influidas por diversos factores como la solubilidad, la que, a su vez, está determinada en gran medida por la relación entre la fracción soluble e insoluble del forraje.[23]

Asimismo, se observó que el potencial de degradación y DE de la MS del género *Acacia* fue baja, si se comparan con los parámetros encontrados para especies herbáceas tropicales que tienen entre 32% y 80%.[28] Resultados similares registraron Ramírez

they are recommendable only for lowland areas (< 1 000 masl). Other species exist which are adapted to a greater range of altitude (1 200 to 2 000 masl), with low to medium nutritional levels, but with good phenological characteristics and multiple uses, such as *Erythrina chiapasana, Acacia angustissima* and *Eysenhardtia adenostylis.*

The importance of carrying out workshops and participatory studies for analyzing and finding potentials and limits of diverse productive alternatives has been widely confirmed by several authors.[33,34] Studies such as that of Roothaert and Franzel,[8] in Africa, show the importance of using the participatory focus and traditional indigenous knowledge in searching for sustainable cattle raising alternatives.

Traditional indigenous knowledge of fodder plant qualities and characteristics was determinant in selection of promissory species, affirming that traditional producer knowledge contributes to the search for silvopastoral alternatives for developing cattle raising activities in the northern-Tzotzil region of Chiapas.

This study found five promissory woody species for the lowland zone (*Pithecellobium dulce, Guazuma ulmifolia, Leucaena leucocephala, L. esculenta* and *Gliricidia sepium*), two for the highland area (*Saurauia scabrida* and *Chromolaena* sp) and three which may be used at intermediary altitudes in the study communities (*Erythrina chiapasana, Acacia angustissima* and *Eysenhardtia adenostylis*).

Due to the characteristics indicated in this study, the species identified to have greater potential constitute a useful resource for designing strong cattle raising systems. Intensive use of these species suggests carrying out further participatory studies which precisely determine their productive potential, animal response, and agro-forestry management.

Referencias

1. Sinclair FL, Walker DH. A utilitarian approach to the incorporation of local knowledge in agroforestry research and extension. In: Buck LE, Lassoie JP, Fernandes EC, editors. Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems. New York: Lewis Publishers, 1999: 245-275.
2. Mosquera-Losada MR, McAdam C, Rigueiro AR. Silvopastorlism and sustainable land management, Lugo (Spain): CAB Int, 2005.
3. Parra VM, Díaz B, Los Altos de Chiapas: Agricultura y Crisis Rural. Tomo 1. Los Recursos Naturales. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur, 1997.
4. López CM, Jiménez-Ferrer G, De Jong B, Ochoa S, Nahed TJ. El sistema ganadero de montaña en la Región norte-tzotzil de Chiapas, México. Vet Méx 2001; 32: 93-102.
5. Murgueitio E. Silvopastoral systems in the Neotropics.

y García[29] al evaluar *Acacia berlandieri* en el norte de México. También los valores de degradación de la MS del género *Acacia* encontrados en este ensayo fueron inferiores a los hallados en especies como *L. leucocephala, C. cajan, G. ulmifolia, T. longiradiata, G. sepium* y *B. alicastrum*, en el sureste de México.[30]

Las especies como *A. angustissima* y *A. pennatula* mostraron baja digestibilidad ruminal debido quizá a la presencia de metabolitos secundarios como los taninos; sin embargo, este recurso requiere posteriores estudios, pues es ampliamente usado como un material de ramoneo en el SAM. Los bajos parámetros de degradabilidad ruminal encontrados en el follaje de árboles locales, sugiere realizar estudios de metabolitos secundarios en el follaje y manejo poscosecha de éste. Al respecto, diversos estudios en África han mostrado presencia de metabolitos secundarios en el follaje del género *Acacia* y la importancia de la henificación y el secado al Sol del follaje de *Acacia angustissima* para mejorar su digestibilidad.[31,32] Las especies *Chromolaena* sp, *S. scabrida* y *E. adenostylis* merecen especial atención por sus aceptables niveles de degradación ruminal de la MS. Por ello es necesario realizar estudios subsecuentes tanto en el ámbito de la respuesta animal como en los aspectos agronómico y agroforestal.

El amplio rango altitudinal de la región implica la diferenciación de especies promisorias por zona ecológica. En la zona de mayor altitud, *Saurauia scabrida* y *Chromolaena* sp tienen amplia presencia; sin embargo, tienen bajos niveles de proteína cruda, presentan niveles aceptables en los parámetros de degradabilidad ruminal y, además, cuentan con otras características importantes, como la persistencia de hojas durante la época seca, buena capacidad de rebrote y usos múltiples. Las especies de las zonas subtropicales de la región (*Pithecellobium dulce, Guazuma ulmifolia, Leucaena leucocephala* y *L. esculenta*) presentaron valores aceptables en el contenido de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la MS; pero son recomendables sólo en las partes bajas (< 1 000 msnm). Existen otras especies que se adaptan a mayor rango altitudinal (de 1 200 a 2 000 msnm), con niveles nutrimentales bajos a medios, pero con buenas características fenológicas y usos múltiples, como *Erythrina* chiapasana, *Acacia angustissima* y *Eysenhardtia adenostylis.*

La importancia de realizar talleres y ensayos participativos, para analizar y encontrar las potencialidades y limitaciones de diversas alternativas productivas, ha sido confirmada ampliamente por diversos autores.[33,34] Estudios como el de Roothaert y Franzel,[8] en África, muestran la importancia de utilizar el enfoque participativo y el conocimiento tradicional indígena para la búsqueda de alternativas sustentables para la ganadería.

El conocimiento tradicional indígena sobre las cualidades y características de las plantas forrajeras fue determinante en la selección de especies promisorias, por lo que se puede afirmar que el conocimiento tradicional de los productores contribuye a la búsqueda de alternativas silvopastoriles para el desarrollo de la actividad ganadera en la región norte-tzotzil de Chiapas.

En este trabajo se encontraron cinco especies leñosas promisorias para la zona baja (*Pithecellobium dulce, Guazuma ulmifolia, Leucaena leucocephala, L. esculenta* y *Gliricidia sepium*), dos para la zona alta (*Saurauia scabrida* y *Chromolaena* sp) y tres que pueden ser usadas en rango altitudinal intermedio en las comunidades de estudio (*Erythrina chiapasana, Acacia angustissima* y *Eysenhardtia adenostylis*).

Por las características señaladas en este trabajo, las especies identificadas con mayor potencial constituyen un recurso útil para el diseño de fuertes sistemas ganaderos. Su aprovechamiento intensivo sugiere profundizar estudios participativos que determinen con precisión su potencial productivo, la respuesta animal y el manejo agroforestal.

In: Mosquera MR, McAdam J, Rigueiro-Rodriguez A, editors. International Silvopastoral and Sustainable Land Management, Lugo (Spain): CAB Int, 2005: 24-29.

6. Le Houérou HN. Chemical composition and nutritive value of browse in West Africa. In: Le Houérou HN, editor. Browse in Africa. Addis Ababa (Etiopía): ILCA, 1980:261-90.
7. Thapa B, Walker DH, Sinclair FL. Indigenous knowledge of the feeding value of tree fodder. Anim Feed Sci Technol 1997; 67: 97-114.
8. Roothaert RL, Franzel S. Farmers' preferences and use of local fodder trees and shrubs in Kenya. Agroforestry Syst 2001; 52:239-252.
9. Nahed JT, Villafuerte L, Grande D, Perez-Gil, RF, Aleman TS, Carmona J. Fodder shrub and tree species in the Highlands of Southern Mexico. Anim Feed Sci Technol 1997; 68: 213-223.
10. Soto-Pinto ML. Plantas útiles de cuatro comunidades de Chiapas: perspectivas en el uso sostenible de la tierra. Fitotecnia Mex 1990; 13:149-168.
11. Nahed TJ, Sanchez A, Grande D, Perez-Gil F. Evaluation of promissory tree species for sheep feeding in The Highlands of Chiapas, Mexico. Anim Feed Sci Technol 1998; 73: 59-69.
12. Steep RS. Mountain ethnobiology and development in highland Chiapas, Mexico. Mountain Res Dev 2002; 20 (3): 218-219.
13. Toledo VM, Batiz A, Becerra R, Martínez E, Ramos HC. La selva útil: Etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. Interciencia 1995: 20:177-187.
14. Camacho D, Nahed J, Ochoa S, Jimenez G, Soto L, Grande D *et al*. Traditional knowledge and fodder potential of the genus Buddleia in the Highland of Chiapas, Mexico. Anim Feed Sci Technol 1999; 80:123-134.
15. Guillén J, Jiménez-Ferrer G, Nahed TJ, Soto-Pinto L. Ganadería indígena en el norte de Chiapas, En: Hernández L, editor. Historia ambiental de la ganadería en México. Xalapa, Ver: Instituto de Ecología AC, 2001, 276 p.
16. López-Merlín D, Soto-Pinto L, Jiménez-Ferrer G, Hernández-Daumás S. Relaciones alométricas para la predicción de biomasa forrajera y leña de *Acacia penatula* y *Guazuma ulmifolia* en dos comunidades del Norte de Chiapas, México. Interciencia 2003; 28: 334-339.
17. Jiménez-Ferrer G. Árboles y arbustos con potencial forrajero en el Norte de Chiapas México (tesis doctoral). Mérida (Yucatán) México: Universidad Autónoma de Yucatán, 2000.
18. Breedlove DE. Introduction to the Flora of Chiapas. San Francisco (California): Academy of Science, 1981.
19. Grupo de Estudios Ambientales. Evaluación Rural Participativa: Una Propuesta Metodológica. México (DF): WRI/GEA, A.C., 1993.
20. International Institute for Environmental and Development. Rapid Rural Appraisal. Special Issue on livestock. RRA Notes 20. London (UK): IIED, 1994.
21. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 15th ed. Washington, D.C, (USA): AOAC, 1990.
22. Van Soest, PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J Dairy Sci 1991;74: 3583-3597.
23. Orskov ER, McDonald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. J Agric Sci 1979;92:449-503.
24. Rowett Research Institute. Software for Feeds Ruminal Degradation. version 2000. Aberdeen (UK): RRI, 1995.
25. SAS Institute. SAS/STAT, Cary (NC) USA: SAS Institute Inc, 1990.
26. Borel R. Aspectos críticos de las metodologías de evaluación nutritiva de árboles y arbustos forrajeros. En: Ruiz M y Ruiz, editores. Nutrición de rumiantes: Guía metodológica de investigación, San José (Costa Rica): IICA-RISPAL, 1990: 21-30.
27. Flores OI, Bolívar DM, Botero JA, Ibrahim MA. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el trópico. Livest Res Rural Dev. 1998;10: 1-10.
28. Norton B. The nutritive value of tree legumes. In: Gutteridge C, Shelton H, editors. Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. Queensland (Australia): CAB Int, 1994:177-192.
29. Ramirez RG, Garcia CG. Nutrient profile and *in situ* digestion of forage from *Leucaena leucocephala* and *Acacia berlandieri*. Forest, Farm, and Community Tree Research Reports, Arkansas (USA): Winrock, International 1996: 27-31.
30. Ku-Vera J. Nutritive value of trees and shrubs for

ruminants. In: Mosquera MR, McAdam J, Rigueiro-Rodriguez A, editors. International Silvopastoral and Sustainable Land Management, Lugo (Spain): CAB Int, 2005: 83-86.
31. Kaitho RJ, Umunna NN, Nsahlai IV, Tamminga S, Bruchem JV, Hanson J *et al*. Palatability of multipurpose tree species: effect of species and length of study on intake and relative palatability by sheep. Agroforestry Syst 1996;33: 249-261.
32. Odenyo AA, Osuji PO, Reed JD, Smith AH, Mackie RI, McSweeney CS *et al*. *Acacia angustissima*: Its anti-nutrients constituents, toxicity and possible mechanisms to alleviate the toxicity – a short review. Agroforestry Syst 2003; 59:141-147.
33. Chambers R. Methods for Analysis by Farmers: The professional Challenge. Farming Syst Res-Extension 1993; 4:88-101.
34. Witcombe JR, Joshi KD, Sthapit BR. Farmer participatory crop improvement. Exp Agric 1996;32: 453-468.