

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Use of tropical forage diversity in paired combinations of woody plants as an indicator of preference for inclusion in the design of silvopastoral systems in dry zones

Uso de la diversidad forrajera tropical en combinaciones pareadas de leñosas forrajeras como indicador de preferencia para su inclusión en el diseño de sistemas silvopastoriles en zonas secas

Nelson Pérez A.¹, Muhammad Ibrahim², Cristóbal Villanueva², Christina Skarpe³, Hubert Guerin⁴

ABSTRACT

The effects of climate change on bovine feed availability in dry areas is a major constraint; as an innovation ten woody forages were selected in the dry zone of Rivas (Nicaragua), within which there are functional differences (nutritional, physical and phenological), that show the variability among the woody ones, such as leguminous without thorns (*Albizia niopoides*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Samanea saman*) leguminous with thorns (*Acacia farnesiana*, *Mimosa pigra*) and the woody ones no leguminous (*Moringa oleifera*, *Brosimum alicastrum*, *Cordia dentata* y *Guazuma ulmifolia*) that represent part of the tropical forage diversity, in dry zones with high possibility of integrate the woody ones with better forage characteristics in the design of silvopastoral systems to strategies of bovine feeding. There are not many studies developed, where foraged species are combined to determine the preference of the bovine in control tests of the coffee field, and the first one to be a short test where effective consumption time as a measure factor is integrated. Forage trees of thin branches < 1.0 cm was used for this testing, taking different selected individuals of each woody species. Likewise, 5 cows in production with similar characteristics were used, which before and after the testing remained with food and water available. The forage was arranged trays in pairs of woody species, according to the order of randomization; 225 combinations were executed; 45 combinations per cow (random); 25 daily combinations (random order); 3

RESUMEN

Los efectos del cambio climático frente a la disponibilidad de alimento bovino en zonas secas es una gran limitante, como innovación se seleccionaron diez forrajes leñosos en la zona seca de Rivas (Nicaragua); dentro de las cuales existen diferencias funcionales (nutricionales, físicas y fenológicas) que muestran la variabilidad entre las leñosas tales como leguminosas sin espinas (*Albizia niopoides*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Samanea saman*); leguminosas con espinas (*Acacia farnesiana*, *Mimosa pigra*) y leñosas no leguminosas (*Moringa oleifera*, *Brosimum alicastrum*, *Cordia dentata* y *Guazuma ulmifolia*). Estas representan parte de la diversidad forrajera tropical de zonas secas con alta posibilidad de integrarlas en el diseño de sistemas silvopastoriles como estrategias de alimentación bovina. Son pocos los estudios desarrollados en donde se combinan especies forrajeras para determinar la preferencia de los bovinos en pruebas controladas de cafetería, la primera, como una prueba corta se usó la metodología de pruebas de cafetería con leñosas pareadas, en donde se integra el tiempo efectivo de consumo como factor de medición. Para esto se utilizó forraje de ramas delgadas <1,0 cm de diferentes individuos seleccionados de cada especie leñosa. Se utilizaron 5 vacas en producción con similares características, las cuales antes y después de las pruebas permanecieron con alimento y agua disponible. Se dispusieron atados en parejas de leñosas de acuerdo al orden de aleatorización. Se realizaron 225 combinaciones; 45 combinaciones por vaca (aleatorio) 25 combinaciones diarias (orden aleatorio); 3 minutos por evento; (75 minutos prueba/día); tiempo total de la prueba 11,25 horas; número de especies 10 y número días de prueba 9. Se evaluó el tiempo de consumo de cada leñosa, número de bocados/especie, y se obtuvo el consumo por diferencia de forraje ofrecido y rechazado. Estos resultados reflejan mayor preferencia y consumo de forraje, influenciado por la combinación de especies que presentan diferencias en sus rasgos físicos, nutricionales y fenológicos contrastantes que favorecen un mayor grado de preferencia cuando son ofrecidas individualmente. Lo anterior es explicado por razones asociadas a la

Fecha de recepción: 08/03/2012
Fecha de aceptación: 14/05/2012

¹ Centro de Investigación Nataima, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica. El Espinal (Colombia). nperez@corpoica.org.co; neperez3@yahoo.com

² Escuela de Posgrado, Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza - CATIE. Turrialba, Costa Rica.

³ Facultad Forestal y Manejo de la Vida Silvestre, Hedmark University College. Elverum (Noruega).

⁴ Livestock Nutrition Coordination, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement - CIRAD. Montpellier (Francia).

minutes per each event; (75 minutes test/day); and a total test time of 11.25 hours, a number of species 10 during 9 days. Each of the forage specie was assessed, number of bits/woody species consumption time. The consumption was obtained for difference each of fodder specie offered and declined. These results reflect a bigger preference in the consumption of forage, influenced by the combination of species that present differences in their physical features, nutritional and phenological contrasts that favor a bigger grade of preference when comparing the woody ones offered individually. The ideas above can be explained by reasons that are associated to the integration of nutritional effects of the combination as synergic effects in the digest system, of the elements of the combination of woody or with an increasing in the palatability and consumption of species.

Keywords: coffee methodology, dry matter, effective time consumption, functional trait

integración de efectos nutricionales de la combinación como efectos sinérgicos a nivel digestivo de los componentes de la combinación de leñosas o con un incremento en la palatabilidad y consumo de las especies.

Palabras clave: método de cafetería, materia seca, tiempo efectivo de consumo, rasgo funcional

INTRODUCCIÓN

En el trópico seco de América Central existe un periodo de ausencia de lluvias que varía de cuatro a siete meses, incidiendo en la cantidad y calidad de forrajes, afectando la productividad y rentabilidad de las fincas ganaderas y el deterioro de los recursos naturales. En este sentido, un gran número de leñosas forrajeras muestran potencialidades para ser utilizadas como estrategias de alimentación bovina para mitigar efectos de cambio climático y deficiencias nutricionales en zonas secas.

En estos paisajes ganaderos encontramos diversidad de especies leñosas con distintas propiedades funcionales relacionadas con el flujo de nutrientes que contribuyen a los sistemas de alimentación en estos agroecosistemas. En dichas comunidades arbóreas se ofrecen diversos productos bioquímicos que en los animales puede producir diversidad de interacciones que no han sido explicadas con las formas tradicionales de estudiar los nutrientes de las plantas. En consecuencia, un desequilibrio de nutrientes o la presencia de toxinas en la dieta pueden limitar la preferencia de forrajes y su consumo o dar una sensación de saciedad a los animales.

Para identificar características de preferencia en los forrajes, se han realizado pruebas de consumo en diferentes estudios con diferentes métodos de cafetería bajo observación del comportamiento de los animales y la preferencia de especies forrajeras en pastoreo, especialmente para herbívoros no domésticos, pequeños rumiantes y bovinos. Son pocas las pruebas desarrolladas en condiciones controladas, en donde se prueben diferentes especies forrajeras disponibles para consumo ad libitum dentro de las praderas y otras diseñadas como pruebas de cafetería para medir el consumo de las especies leñosas en experimentos controlados.

Con el fin de contribuir a la identificación de características relacionadas a la preferencia de las leñosas consumidas por los bovinos, se diseñó un estudio basado en la preferencia de leñosas combinadas en pares, usando el método de cafetería controlado. Se utilizó como estimadores, el consumo, tiempo de consumo, número y tamaño de bocados. Estas variables identifican las le-

ñosas más preferidas por los bovinos, y permite diseñar sistemas silvopastoriles con las leñosas combinadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fueron seleccionadas 10 especies leñosas con potencial forrajero basados en estudios de la región, en las que figuran: *Acacia farnesiana*, *Albizia niopoides*, *Brosimum alicastrum*, *Cordia dentata*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala*, *Mimosa pigra*, *Moringa oleifera* y *Samanea saman*. Los criterios definidos para esta selección obedecieron a que las leñosas presentan mayor información de contenidos nutricionales en fuentes secundarias; conocimiento local sobre usos forrajeros en fincas ganaderas; especies con mayor disponibilidad de forraje en época seca; leñosas con mayor abundancia observada en la región; consumo directo observado en bovinos y registros en la base de datos del proyecto FUNCITree-CATIE. Para complementar la información de campo, se usó la matriz de rasgos funcionales (características físicas, nutricionales y fenológicas) de las leñosas obtenida por Pérez *et al.* (2011).

El experimento se desarrollo en la finca Santa Gertrudis en el municipio de Belén, Rivas (Nicaragua). Se usó la infraestructura de comederos construidos en cemento y corrales en madera disponibles. El sistema productivo en la finca es leche y cría, predominando la raza cebú, siendo manejados en pastos naturales y naturalizados y en época seca suplementan su alimentación. Con 30 dde anterioridad a las pruebas, se realizó un proceso de acostumbamiento a los bovinos hacia el consumo de las leñosas utilizadas. Días previos a la prueba, se realizó una prueba preliminar, que consistió en la aplicación de la metodología (método de cafetería), con el propósito de ajustar algunos factores de medición en la prueba, como la cantidad de forraje a ofrecer; el tiempo de consumo en

cada evento; altura de colocación del forraje ofrecido, el orden y forma de entrada de los animales a cada evento.

La recolección de forraje se efectuó durante todos los días de 6:00 a 8:00 am de ramas delgadas hasta 1,0 cm de diámetro, de diferentes individuos seleccionados de cada especie leñosa (diámetro a la altura del pecho - DAP y alturas similares). Antes de cada evento, se pesó un 1 kg de forraje en balanza de precisión (error 0,01). Se formaron atados de cada especie amarrados en forma vertical hacia abajo y altura entre 120 a 150 cm, los cuales se dispusieron como parejas de leñosas, de acuerdo al orden de aleatorización (previo ajuste en la prueba preliminar). También se utilizaron 5 bovinos (vacas en producción) con similar peso edad y estado sanitario, las cuales antes y después de las pruebas permanecieron con alimento y agua disponible. La entrada a cada prueba se hizo de forma individual (previo ajuste en la prueba preliminar). Se realizaron 225 combinaciones pareadas durante 9 d. Se desarrollaron 45 combinaciones por vaca de forma aleatoria, 25 combinaciones diarias (el orden de las combinaciones del día fue aleatorio); cada prueba tuvo una duración de 3 min por evento, los cuales fueron contabilizados con un cronómetro deportivo; (75 min de las pruebas por día) con un tiempo total de la prueba de 11,25 h (Tablas 1 y 2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Preferencia por consumo de las leñosas

De este modo, la diversidad de especies leñosas en una pradera, ofrece diferentes matices alimenticios representados en sabores, olores, tonos de colores, contenidos nutricionales y tamaño y dureza de hojas distintos que inducen la preferencia de un bovino por una especie en particular. Es así, como los bovinos prefieren especies le-

Tabla 1. Combinaciones por vaca para la prueba de preferencia de leñosas forrajeras

Especie	G. ulmifolia	G. sepium	M. pigra	B. alicastrum	A. farnesiana	L. leucocephala	A. saman	C. dentata	M. oleifera	A. niopoides	Total
<i>G. ulmifolia</i>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	9
<i>G. sepium</i>			10	11	12	13	14	15	16	17	8
<i>M. pigra</i>				18	19	20	21	22	23	24	7
<i>B. alicastrum</i>					25	26	27	28	29	30	6
<i>A. farnesiana</i>						31	32	33	34	35	5
<i>L. leucocephala</i>							36	37	38	39	4
<i>A. saman</i>								40	41	42	3
<i>C. dentata</i>									43	44	2
<i>M. oleifera</i>										45	1
<i>A. niopoides</i>											

Tabla 2. Combinaciones aleatorizadas de leñosas para prueba de preferencias

Día	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Bovinos	Pruebas día
1	<i>S. saman</i> <i>M. oleifera</i>	<i>L. leucocephala</i> <i>S. saman</i>	<i>S. saman</i> <i>A. niopoides</i>	<i>M. pigra</i> <i>M. oleifera</i>	<i>G. ulmifolia</i> <i>S. saman</i>	5	25
2	<i>G. ulmifolia</i> <i>G. sepium</i>	<i>M. pigra</i> <i>L. leucocephala</i>	<i>A. farnesiana</i> <i>A. niopoides</i>	<i>A. farnesiana</i> <i>S. saman</i>	<i>C. dentata</i> <i>A. niopoides</i>	5	25
3	<i>L. leucocephala</i> <i>C. dentata</i>	<i>M. pigra</i> <i>A. farnesiana</i>	<i>G. ulmifolia</i> <i>C. dentata</i>	<i>B. alicastrum</i> <i>A. farnesiana</i>	<i>G. sepium</i> <i>L. leucocephala</i>	5	25
4	<i>M. pigra</i> <i>B. alicastrum</i>	<i>B. alicastrum</i> <i>L. leucocephala</i>	<i>M. pigra</i> <i>S. saman</i>	<i>G. sepium</i> <i>M. oleifera</i>	<i>M. oleifera</i> <i>A. niopoides</i>	5	25
5	<i>C. dentata</i> <i>M. oleifera</i>	<i>G. ulmifolia</i> <i>L. leucocephala</i>	<i>B. alicastrum</i> <i>M. oleifera</i>	<i>S. saman</i> <i>C. dentata</i>	<i>G. sepium</i> <i>A. farnesiana</i>	5	25
6	<i>G. sepium</i> <i>B. alicastrum</i>	<i>G. sepium</i> <i>C. dentata</i>	<i>G. ulmifolia</i> <i>B. alicastrum</i>	<i>L. leucocephala</i> <i>M. oleifera</i>	<i>A. farnesiana</i> <i>L. leucocephala</i>	5	25
7	<i>M. pigra</i> <i>A. niopoides</i>	<i>A. farnesiana</i> <i>M. oleifera</i>	<i>G. sepium</i> <i>M. pigra</i>	<i>L. leucocephala</i> <i>A. niopoides</i>	<i>A. farnesiana</i> <i>C. dentata</i>	5	25
8	<i>G. ulmifolia</i> <i>M. pigra</i>	<i>B. alicastrum</i> <i>A. niopoides</i>	<i>B. alicastrum</i> <i>C. dentata</i>	<i>G. sepium</i> <i>A. niopoides</i>	<i>G. ulmifolia</i> <i>M. oleifera</i>	5	25
9	<i>G. sepium</i> <i>S. saman</i>	<i>G. ulmifolia</i> <i>A. niopoides</i>	<i>M. pigra</i> <i>C. dentata</i>	<i>B. alicastrum</i> <i>S. saman</i>	<i>G. ulmifolia</i> <i>A. farnesiana</i>	5	25

Variables: Preferencia por consumo (materia seca de forraje ofrecido – forraje rechazado), tiempo efectivo de consumo, número de bocados, tamaño de bocados. Los datos fueron analizados con el software Infostat (Balzarini *et al.* 2010), usando estadística de modelos mixtos.

ñosas con hojas grandes (con lóbulos bipinados o imparipinnados), como es el caso de *A. saman*, *L. leucocephala*, *M. oleifera* y *A. niopoides* quienes fueron las leñosas que en forma individual (Tabla 3) y combinadas, mostraron los mayores consumos (Figura 1), tiempos de consumo (Figura 2) y tamaño de bocado (Figura 4) vaca/día.

Sin embargo, también (Wright y Westoby 1999; Pérez *et al.*, 2011), consideran la existencia de otros factores que condicionan la preferencia de los bovinos como la digestibilidad del forraje al estar relacionada con la presencia de rasgos químicos como el contenido de nitrógeno y fosforo mejorando el sabor y calidad del forraje; la alta presencia de taninos condensados (TC) en las hojas y tallos delgados que actúan como mecanismo de defensa contra herbivoría; la succulencia o dureza de hojas y tallos reflejado en el contenido de materia seca (MS) y material fibroso que disminuyen también la preferencia (Van Soest, 1994; Lyons *et al.*, 2001a; Pérez *et al.*, 2011), además de la experiencia previa y memoria de consumo generada por los bovinos con anterioridad (Sandoval-Castro *et al.*, 2005; Pinto *et al.*, 2010). Como también del tipo de animal y los diferentes estados productivos. En este sentido, la selección de alimentos mezclados es beneficioso para el pastoreo de rumiantes (Rosales, 1994; Hill *et al.*, 2009). Esto, debido a tres razones principales: 1) la mezcla de diferentes tipos de alimentos sustitutivos reduce la dependencia de los animales por un solo forraje, lo que minimiza la probabilidad de agotar un forraje en el medio ambiente, 2) la mezcla puede ser beneficiosa para permitir que el animal ingiera una variedad de plantas forrajeras que contengan concentraciones de toxinas sub-agudas

en lugar de ingerir una dosis aguda (Hill *et al.*, 2009). 3) la mezcla puede dar lugar a mejoras en la calidad nutricional de la dieta de los animales, que regule el equilibrio de nutrientes (Rosales, 1994; Hill *et al.*, 2009).

En el Tabla 3 se observa la preferencia individual de las leñosas en 25 de las 45 combinaciones ofrecidas por vaca, en donde muestran las especies que evidencian ser más preferidas y consumidas en gramos de materia seca (gMS). Las leñosas *A. niopoides*, *L. leucocephala*, *S. saman* y *M. oleifera* son especies que tienen sus hojas más concentradas en las puntas de las ramas en forma bipinadas (*A. niopoides*, *L. leucocephala*) y emparipinadas (*S. saman* y *M. oleifera*), lo que permite ventajas comparativas frente a las leñosas con hojas simples como *G. ulmifolia* y *C. dentata*.

Al examinar la preferencia de leñosas para las primeras combinaciones (Figura 1) de acuerdo al consumo (gMS), en la cual presenta diferencias significativas entre las combinaciones con $P \leq 0,0001$ y $\alpha = 0,05$. La combinación de *L. leucocephala* – *S. saman* obtuvo mayor preferencia por consumo por evento seguido por la combinación *S. saman* – *M. oleifera*. Las dos primeras combinaciones pareadas tienen hojas con lóbulos imparipinnados y bipinados. Presentan además, altos contenidos de nitrógeno (3,79; 3,67 y 3,19, respectivamente), y no tienen presencia de espinas que actúan como mecanismos de defensa contra la herbivoría (Lyons *et al.*, 2001b; Pérez *et al.*, 2011). Lo anterior evidencia que la especie observada en mayor número de combinaciones con alta preferencia fue *S. saman* (7), seguida por *A. niopoides* (6), *L. leucocephala* (4) y *C. dentata* con *G. ulmifolia* (3), es así

Tabla 3. Preferencia individual de leñosas en combinaciones sobresalientes

Día_Combinación ¹	Leñosa forrajera	Preferencia individual (gMS) ²
9_2	<i>A. niopoides</i>	259,91
2_2	<i>L. leucocephala</i>	241,04
1_2	<i>S. saman</i>	223,90
9_4	<i>S. saman</i>	210,00
5_4	<i>S. saman</i>	202,45
1_1	<i>M. oleifera</i>	201,41
9_1	<i>S. saman</i>	197,40
1_1	<i>S. saman</i>	197,00
1_2	<i>L. leucocephala</i>	191,78
8_2	<i>A. niopoides</i>	179,33
1_3	<i>S. saman</i>	161,54
1_5	<i>S. saman</i>	154,38
8_4	<i>A. niopoides</i>	148,14
6_4	<i>L. leucocephala</i>	146,50
7_4	<i>A. niopoides</i>	141,86
1_5	<i>G. ulmifolia</i>	135,76
6_5	<i>L. leucocephala</i>	133,56
7_4	<i>L. leucocephala</i>	131,40
7_1	<i>A. niopoides</i>	128,74
2_5	<i>C. dentata</i>	124,63
3_5	<i>L. leucocephala</i>	113,12
5_2	<i>L. leucocephala</i>	112,46
3_1	<i>L. leucocephala</i>	108,94
1_3	<i>A. niopoides</i>	104,74
2_4	<i>S. saman</i>	102,53

¹ Día_combinación: Se refiere a la multiplicación de las dos variables, la primera indica el día en que efectuó la prueba. La segunda al número de combinación correspondiente al día indicado.

² La preferencia individual (gMS): Fue medida en eventos de consumo de 3 min en donde a cada especie se cronometró el tiempo de consumo.

que podría favorecer su inclusión y diseño de sistemas silvopastoriles para zonas secas.

Velázquez (2005), durante su estudio en época seca, identificó 7 especies como muy apetecibles para los bovinos, dentro de éstas reportó que *S. saman* fue la especie de mayor preferencia por consumo. En ovinos, el consumo de *G. ulmifolia* fue de 34 gMS/min y para otras especies el consumo fue menor a 60 gMS/min (Sosa *et al.*, 2004). La baja preferencia de las especies forrajeras en pequeños rumiantes está asociada al desarrollo morfológico y estructural de las plantas (Burns *et al.*, 2001).

Los rasgos nutricionales característicos, especialmente nitrógeno y fósforo de las especies más preferidas como *S. saman*, *L. leucocephala*, *A. niopoides* y *M. oleifera*. De la misma forma (Van Soest, 1994; Lyons y Machen, 2000), estiman que la preferencia de forraje asume diferenciación nutritiva y morfológica en las diferentes partes de la planta, la madurez del forraje y en la dureza de hojas y tallos. En este sentido, la DIVMS, FDN, FDA, Cenizas, Ca y P muestran correlaciones negativas con TC -0,57;

-0,88; -0,79; -0,58; -0,71 y -0,44 respectivamente, indicando que a medida que disminuye la DIVMS, los contenidos de fibra y minerales se aumenta el contenido de TC y viceversa, convirtiéndose en una limitante para la calidad del forraje, para la preferencia y el consumo.

También Stewart y Dunsdon (2003) reportaron que el N muestra una relación directa en forma positiva con TC (0,45), indicando que a medida que aumenta el contenido de N, también lo hace el TC, esta relación llama la atención debido a la influencia que podría ejercer el TC sobre la degradación de la proteína (proteína encapsulada) en el rumen de los bovinos, convirtiéndose en otra limitante nutricional.

Stewart y Dunsdon (2003) alcanzaron consumos de *L. leucocephala* de 4,16 gMS/min con ovejas. En el mismo estudio, evaluaron las especies *A. niopoides* y *S. saman*, la primera leñosa presentó mayor consumo oscilando entre 3,15 ± 2,89 y 199 ± 82,78 gMS/h y *S. saman* con consumos inferiores que oscilaron entre 0 y 2,41 ± 1,50 gMS/h, siendo menos preferida por los ovinos. La diferencia radica en el uso de especies animales distintas, y que los ovinos posiblemente son más selectivos que los bovinos y presentan menor capacidad corporal para almacenar alimentos. De la misma manera, Sandoval-Castro *et al.* (2005), en su estudio realizado con bovinos en México, evaluó el consumo de árboles forrajeros en pastoreo (gMS/min), evaluaron diferentes leñosas forrajeras, encontrando consumos para *L. leucocephala* de 22,18 g, *G. ulmifolia* 13,47 g y *B. alicastrum* 38,56 g. Se puede asumir que las diferencias en los resultados de preferencia por consumo en estos estudios, obedece al uso de distintas metodologías con ofrecimientos de forrajes individuales y combinados a especies animales distintas en algunos casos. En el Tabla 4 se muestran las 10 mejores combinaciones de leñosas pareadas con su error estándar.

Tabla 4. Combinaciones con mayor preferencia por consumo

Leñosas combinadas	Preferencia (gMS)/evento
<i>L. leucocephala</i> - <i>S. saman</i>	415,68 ± 64,94
<i>S. saman</i> - <i>M. oleifera</i>	398,41 ± 26,47
<i>G. ulmifolia</i> - <i>A. niopoides</i>	300,73 ± 30,49
<i>L. leucocephala</i> - <i>M. pigra</i>	291,82 ± 59,23
<i>G. ulmifolia</i> - <i>S. saman</i>	290,14 ± 81,48
<i>A. niopoides</i> - <i>L. leucocephala</i>	273,27 ± 61,99
<i>C. dentata</i> - <i>S. saman</i>	268,95 ± 57,47
<i>S. saman</i> - <i>A. niopoides</i>	266,28 ± 22,60
<i>S. saman</i> - <i>G. sepium</i>	219,22 ± 19,84
<i>S. saman</i> - <i>B. alicastrum</i>	214,17 ± 14,83

En la Figura 1, se observa la preferencia por consumo de leñosas para las mejores combinaciones pareadas por evento de 3 min para la variable día_combinación, las cuales presentaron la siguiente comparación de medias.

Preferencia por tiempo efectivo de consumo

Uno de los criterios de preferencia de la prueba de cafería fue el tiempo que las bovinos dedicaron al consumo de cada leñosa, el cual jugó papel importante en la identificación de las más preferidas por los bovinos. La variable día_combinación mostró diferencias significativas con $P \leq 0,0001$ y $\alpha = 0,05$. Al observar la prefe-

rencia de las 15 primeras leñosas pareadas (Figura 2) que exhiben los mayores tiempos efectivos dedicados al consumo de forraje (evento de 3 min), las mejores combinaciones correspondieron a *S. saman* – *M. oleifera* (1,49 min) y *L. leucocephala* – *S. saman* (1,39 min). Estas dos primeras combinaciones (Figura 2), fueron las mismas observadas con mayor preferencia por consumo, pero en orden invertido, lo que continúa indicando que las especies más gustosas para los bovinos son *S. saman*, *L. leucocephala* y *M. oleifera* lo cual se vio reflejado en más tiempo y mejor consumo. La Tabla 5 muestra los tiempos de consumo dedicados por los bovinos a las mejores 10 combinaciones pareadas.

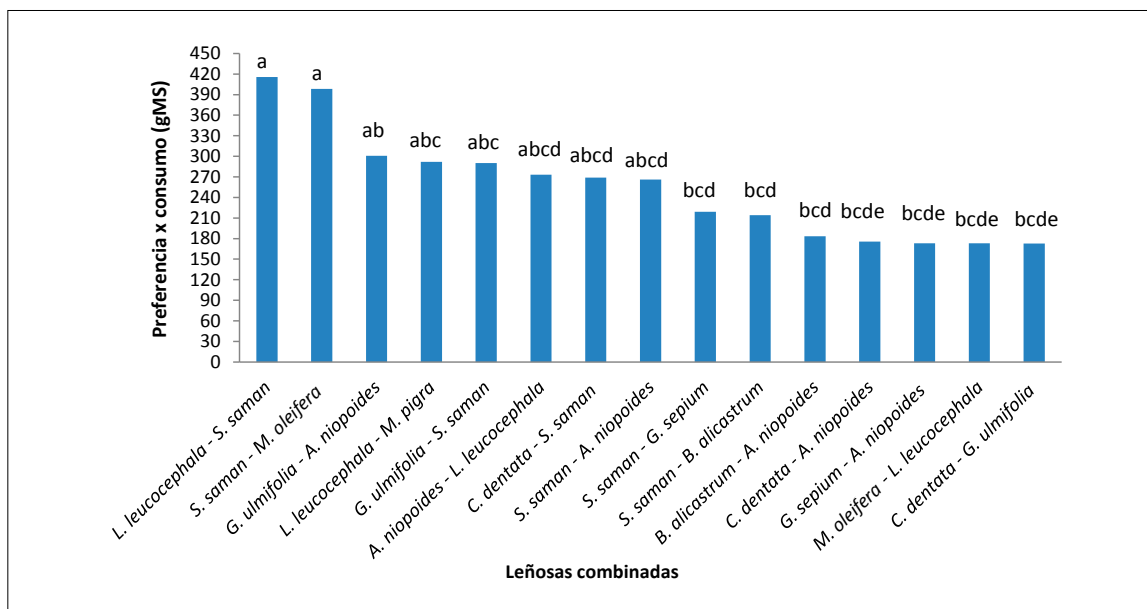


Figura 1. Preferencia por consumo de las combinaciones pareadas de forrajes leñosos

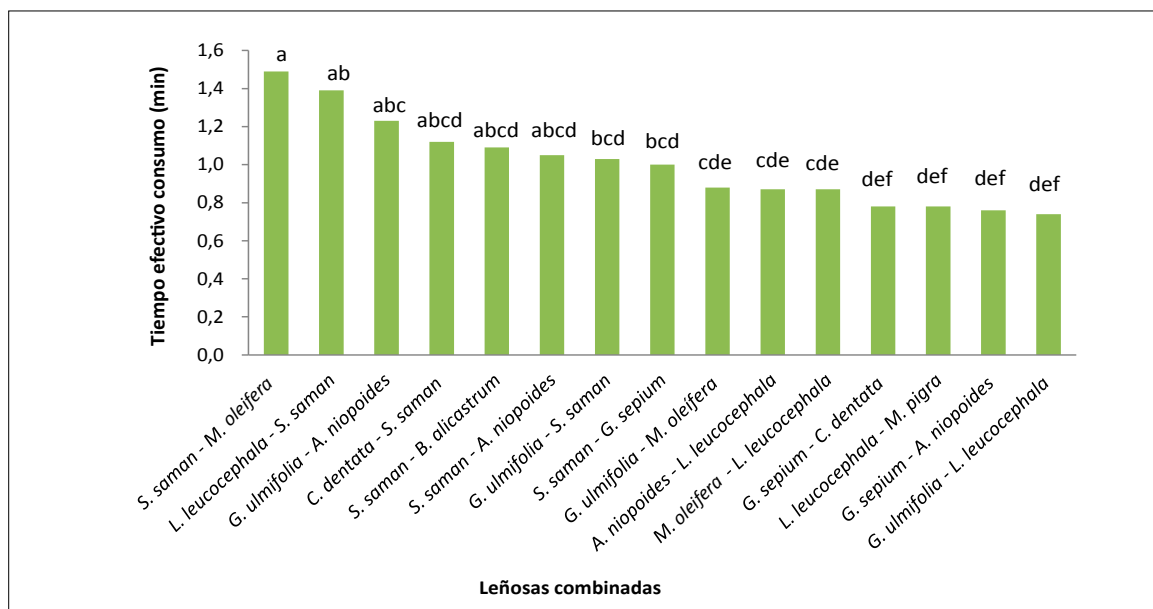


Figura 2. Tiempo efectivo de consumo para las combinaciones pareadas

Tabla 5. Combinaciones preferidas por tiempo de consumo

Leñosas combinadas	Tiempo efectivo (min)
<i>S. saman</i> - <i>M. oleifera</i>	1,49 ± 0,21
<i>L. leucocephala</i> - <i>S. saman</i>	1,39 ± 0,26
<i>G. ulmifolia</i> - <i>A. niopoides</i>	1,23 ± 0,30
<i>C. dentata</i> - <i>S. saman</i>	1,12 ± 0,25
<i>S. saman</i> - <i>B. alicastrum</i>	1,09 ± 0,35
<i>S. saman</i> - <i>A. niopoides</i>	1,05 ± 0,14
<i>G. ulmifolia</i> - <i>S. saman</i>	1,03 ± 0,24
<i>S. saman</i> - <i>G. sepium</i>	1,00 ± 0,31
<i>G. ulmifolia</i> - <i>M. oleifera</i>	0,88 ± 0,15
<i>A. niopoides</i> - <i>L. leucocephala</i>	0,87 ± 0,17

El tamaño de las hojas, la succulencia o dureza de las mismas, la digestibilidad y contenidos de nitrógeno podrían favorecer el consumo rápido, mientras que la presencia de espinas, la distribución de las hojas en las ramas, altos contenidos de fibra detergente ácida (FDA) y TC podrían limitarlo como un mecanismo de defensa de las plantas contra la herbivoría, jugando así un papel muy importante para las preferencias de los forrajes (Pérez *et al.*, 2011). La Figura 2 evidencia el comportamiento de los bovinos sobre las mejores preferencias por tiempo efectivo de consumo sobre las combinaciones pareadas.

Bocados por minuto como criterio de preferencia de leñosas

Los bocados por minuto aportaron información importante para determinar las preferencias de las leñosas que más consumen los bovinos. Estas combinaciones mostraron diferencias significativas con $P \leq 0,0001$ y $\alpha = 0,05$. La Figura 3, muestra las combinaciones con mayor número de bocados efectuados por minuto, en las cuales se observa que las mas mordidas fueron *C. dentata* - *A. niopoides*; *G. ulmifolia* - *S. saman*; *G. ulmifolia* - *G. sepium* y *C. dentata* - *G. ulmifolia*. Se podría asumir que dichas combinaciones están influenciadas por la presencia de las leñosas *C. dentata* y *G. ulmifolia* con seis observaciones en las 10 primeras combinaciones (Tabla 6). Lo anterior indica que las leñosas con mayor número de bocados podrían tener mayor preferencia para los bovinos, pero mostraron bajos consumos de forraje. De este modo, se asume que un mayor número de bocados con consumos bajos indica que los bovinos presentaron dificultad para obtener un volumen de forraje mayor en cada mordida. Este comportamiento podría ser explicado por la mayor distribución espacial de las hojas en sus ramas (*G. ulmifolia* y *C. dentata*) y la presencia de espinas (*A. farnesiana* y *M. pigra*) que estarían asumiendo la función de defensa contra herbivoría y desde luego, la preferencia. Por lo anterior, los bovinos necesitarían mayor tiempo y

Tabla 6. Combinaciones preferidas por número de bocados

Leñosas combinadas	Tiempo (minutos)
<i>C. dentata</i> - <i>A. niopoides</i>	51,75 ± 9,04
<i>G. ulmifolia</i> - <i>S. saman</i>	33,61 ± 9,04
<i>G. ulmifolia</i> - <i>G. sepium</i>	28,15 ± 7,06
<i>C. dentata</i> - <i>G. ulmifolia</i>	26,65 ± 4,04
<i>C. dentata</i> - <i>S. saman</i>	22,69 ± 4,02
<i>C. dentata</i> - <i>L. leucocephala</i>	21,12 ± 5,22
<i>S. saman</i> - <i>M. oleifera</i>	21,10 ± 1,85
<i>G. ulmifolia</i> - <i>M. oleifera</i>	18,49 ± 2,65
<i>G. sepium</i> - <i>C. dentata</i>	18,43 ± 4,17
<i>L. leucocephala</i> - <i>S. saman</i>	18,19 ± 3,07

número de mordidas para llenar su requerimiento frente a leñosas bipinadas e imparipinadas.

En este sentido, se considera que los bovinos pueden aumentar su velocidad de consumo para compensar parcialmente la reducción de tamaño de bocado, pero los tamaños de bocados pequeños, en forma general, no pueden compensar las dificultades en pastoreo (Dicko y Sikená, 1992; Lyons *et al.*, 2001b; Pérez *et al.*, 2011). Sin embargo, Sosa *et al.* (2004), en su estudio con ovinos, encontró que *G. ulmifolia* mostró mayor número de bocados/min (17), para otros pequeños rumiantes fue menor a 12,6 bocados/min. Benavides (1994), observó 38 bocados/min de *C. dentata* en bovinos.

Se puede considerar que las diferencias en resultados por número de bocados en varios estudios, obedece a la disimilitud entre metodologías con ofrecimientos individuales y combinados a especies animales distintas. En este sentido, también se ha observado que en pastoreo sostenido, a menudo se reduce el valor forrajero del pastizal debido al agotamiento de algunas especies, representando la sustitución por especies menos palatables (Chacón y Stobbs, 1976). Sin embargo, su agotamiento depende de la capacidad de rebrote, la calidad nutritiva, la digestibilidad y la baja presencia de elementos secundarios, haciendo que estas sean más consumidas (Tobler *et al.*, 2003). Las combinaciones de leñosas que mostraron el mayor número de bocados por minuto, se observan en la comparación de medias. La Figura 3 presenta las leñosas con más alto número de bocados.

Tamaño de bocado como criterio de preferencia de leñosas

Los tamaños de bocados (gMS), en las leñosas combinadas mostraron diferencias significativas con $P \leq 0,0001$ y

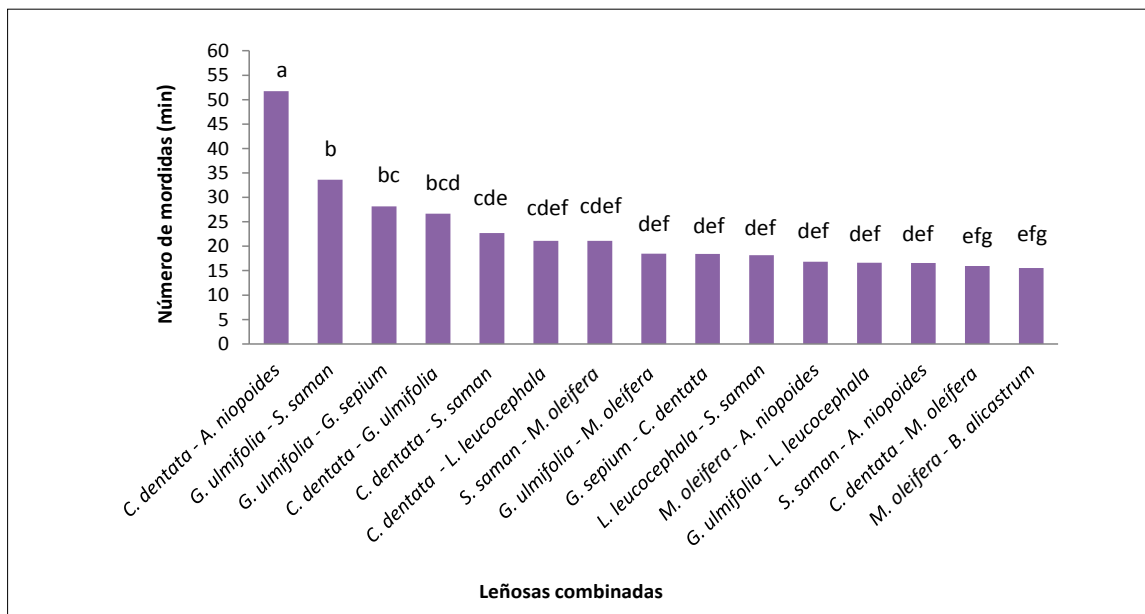


Figura 3. Número de bocados por minuto en combinaciones pareadas de leñosas forrajeras

$\alpha = 0,05$. La Tabla 7 presenta las combinaciones de las leñosas que evidenciaron tendencias importantes en las preferencias de los bovinos con mordidas de mayor tamaño.

Tabla 7. Combinaciones preferidas por tamaño de bocados de leñosas forrajeras

Leñosas combinadas	Tiempo (minutos)
<i>A. niopoides</i> - <i>L. leucocephala</i>	9,45 ± 1,63
<i>S. saman</i> - <i>A. niopoides</i>	8,76 ± 0,87
<i>L. leucocephala</i> - <i>G. sepium</i>	7,58 ± 1,14
<i>L. leucocephala</i> - <i>S. saman</i>	7,56 ± 1,11
<i>S. saman</i> - <i>M. oleifera</i>	7,13 ± 0,66
<i>G. ulmifolia</i> - <i>A. niopoides</i>	6,49 ± 1,34
<i>S. saman</i> - <i>G. sepium</i>	6,17 ± 1,38
<i>B. alicastrum</i> - <i>A. niopoides</i>	6,13 ± 1,75
<i>S. saman</i> - <i>B. alicastrum</i>	5,78 ± 1,66
<i>M. oleifera</i> - <i>L. leucocephala</i>	5,56 ± 1,13

Sin embargo, la preferencia por tamaño de bocado de bovinos en las diferentes leñosas está influenciado por el área foliar específica que permite un mayor o menor bocado, la distribución observada de las hojas en las ramas y la presencia de espinas limitan o favorecen tomar un mayor número de hojas por bocado (Lyons *et al.*, 2001b; Pérez *et al.*, 2011).

En la Figura 4, se observan las comparaciones de medias de las diferentes combinaciones, en donde las leñosas bipinadas (*A. niopoides* y *L. leucocephala*) y emparipinadas

(*S. saman*, *G. sepium* y *M. oleifera*), continúan presentando las mayores preferencias de los bovinos. Sin embargo, las leñosas que más se repiten en las combinaciones son *L. leucocephala* (6), *S. saman* (6), *A. niopoides* (5), *G. sepium* (4) y *G. ulmifolia* (4), indicando que estas leñosas son las mejores opciones para combinar e integrar a los sistemas de alimentación en sistemas silvopastoriles para zonas secas.

Las leñosas encontradas con mayor tamaño de bocado podrían estar asociados con las porciones de forrajes más gustosos de las plantas leñosas (hojas) que son consumidas primero (Van Soest, 1994; Lloyd *et al.*, 2010). Como también a altos contenidos de nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo del forraje de las leñosas más preferidas *S. saman*, *L. leucocephala* y *A. niopoides* (Pérez *et al.*, 2011).

Leñosas bipinadas e imparipinadas con forrajes suaves, succulentos y con bajos niveles de taninos condensados como *L. leucocephala*, *A. niopoides*, *G. sepium*, *S. saman* y *M. oleifera* podrían tener una mayor producción de biomasa, mejor resistencia a herbivoría y capacidad para la producción de rebrotes, favoreciendo de este modo la preferencia por consumo (Pérez *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES

Las leñosas forrajeras *S. saman*, *L. leucocephala*, *A. niopoides* y *M. oleifera* presentaron la mayor preferencia por parte de los bovinos y representan las mejores opciones para la combinación de especies forrajeras en el diseño de sistemas silvopastoriles para zonas secas.

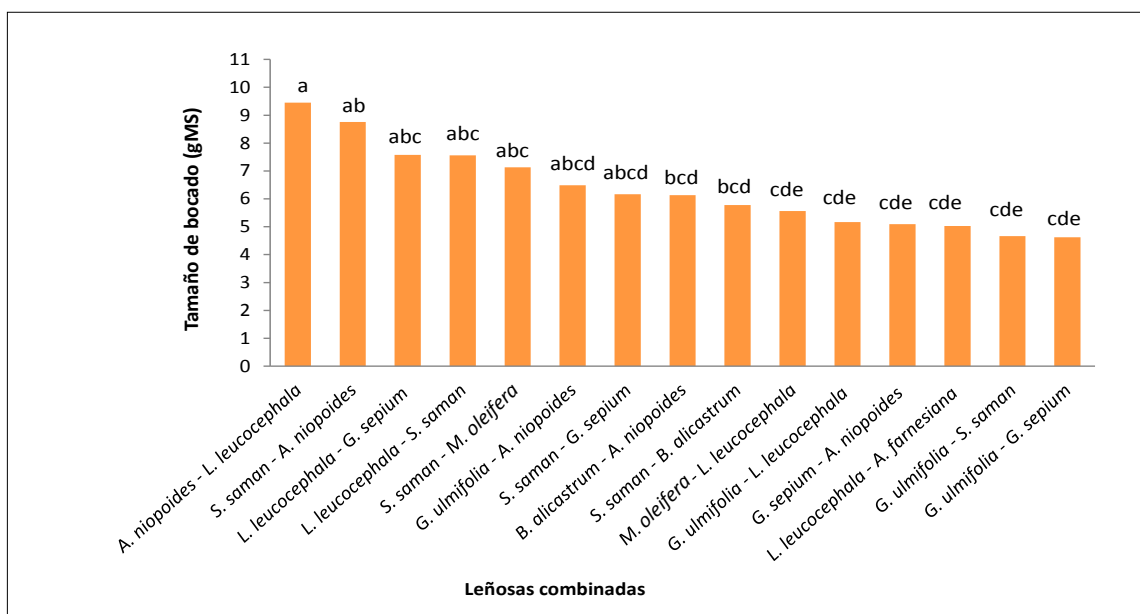


Figura 4. Tamaño de bocados para las combinaciones pareadas de leñosas forrajeras

La preferencia de leñosas estuvo influenciada por rasgos nutricionales como nitrógeno, fósforo y contenidos de fibra; físicos como tamaño de hojas, formas bipinadas e imparipinadas de sus hojas que permite obtener un mayor tamaño de bocado, la presencia de espinas limita el consumo y la distribución espacial de sus hojas en las ramas puede aumentar

el número de mordidas, el tiempo de consumo y restringir un mayor tamaño de bocado.

AGRADECIMIENTOS

La investigación fue financiada por el proyecto FUNCITree del programa GAMMA de CATIE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balzarini M, González G, Tablada E, Casanoves F, Di Rienzo J, Robledo C. 2010. Manual del usuario InfoStat versión 2010. Córdoba, Argentina: Editorial Brujas Argentina; Universidad Nacional de Córdoba, Grupo InfoStat.
- Benavides, JE. 1994. Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". Roma: FAO; CIPAV. pp. 367-394.
- Burns JC, Fisher DS, Mayland HF. 2001. Preference by sheep and goats among hay of eight tall fescue cultivars. *J Anim Sci* 79(1):213.
- Chacón E, Stobbs TH. 1976. Estimation of herbage consumption by grazing cattle using measurements of eating behaviour. *Grass Forage Sci* 31(2):81-87.
- Dicko MS, Sikena LK. 1992. Feeding behaviour, quantitative and qualitative intake of browse by domestic ruminants. En: Speedy A, Pierre PL, editores. Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Roma: FAO, Animal Production and Health Paper.
- Hill J, Chapman DF, Cosgrove GP, Parsons, AJ. 2009. Do ruminants alter their preference for pasture species in response to the synchronization of delivery and release of nutrients? *Range Ecol Manage* 62(5):418-427.
- Lyons RK, Machen RV. 2000. Interpreting grazing behavior. L-5385. En: Texas AgriLife Extension Service. Grazing Management, <http://animalscience.tamu.edu/files/2012/04/beef-interpreting-grazing-behavior.pdf>; consulta: junio de 2012.
- Lyons RK, Machen R, Forbes TDA. 2001a. ¿Porqué cambia la calidad del forraje de los pastizales? E-99S. En: Texas AgriLife Extension Service. Grazing Management, http://repository.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/87063/pdf_1488.pdf?sequence=1; consulta: junio de 2012.
- Lyons RK, Machen R, Forbes TDA. 2001b. Entendiendo el consumo de forraje de los animales en pastizales. E-100S. En: Texas AgriLife Extension Service. Grazing Management, http://repository.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/87064/pdf_1489.pdf?sequence=1; consulta: junio de 2012.
- Lloyd KM, Pollock ML, Mason NWH, Lee WG. 2010. Leaf trait-palatability relationships differ between ungulate species: evidence from cafeteria experiments using naïve tussock grasses. *NZ J Ecol* 34(2):219-226.
- Pérez N, Ibrahim M, Skarpe C, Villanueva C, Guerin H, Detlefsen G. 2011. Rasgos funcionales nutricionales de especies leñosas en sistemas silvopastoriles y su contribución a la sostenibilidad de la ganadería bovina en la época seca en el departamento de Rivas, Nicaragua [Tesis de maestría]. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

- Pinto R, Hernández D, Gómez H, Cobos MA, Quiroga R, Pezo D. 2010. Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México. Usos y características nutricionales. *Universidad y Ciencia* 26(1):19-31.
- Rosales M. 1994. Mezclas de forrajes: Uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". Roma: FAO; CIPAV. pp. 145-160.
- Sandoval-Castro CA, Lizarraga-Sánchez HL, Solorio-Sánchez FJ. 2005. Assessment of tree fodder preference by cattle using chemical composition, *in vitro* gas production and *in situ* degradability. *Anim Feed Sci Technol* 123-124(Part 1):277-289.
- Sosa EE, Pérez D, Ortega L, Zapata G. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Téc Pecu Méx* 42(2):129-144.
- Stewart JL, Dunsdon AJ. 2003. Evaluación preliminar de la calidad potencial como forraje de un rango de especies de *Leucena*. *Pasturas Tropicales* 20(3):36-50.
- Tobler MW, Cochard R, Edwards PJ. 2003. The impact of cattle ranching on large-scale vegetation patterns in a coastal savanna in Tanzania. *J Appl Ecol* 40(3):430-444.
- Van Soest PJ. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2a ed. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Velázquez R. 2005. Selectividad animal de forrajes herbáceos y leñosos en pasturas naturalizadas en función de épocas, manejo y condición de paisaje en Muy Muy, Nicaragua [Tesis de maestría]. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Wright IJ, Westoby M. 1999. Differences in seedling growth behaviour among species: trait correlations across species, and trait shifts along nutrient compared to rainfall gradients. *J Ecol* 87(1):85-97.