

Arboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería

Jorge E. Benavides

Investigador y Consultor
Turrialba, Costa Rica

I. INTRODUCCIÓN

Entre el 45% y 78% de los productores agrícolas de América Central posee fincas entre 3.5 y 10 ha, las cuales ocupan entre el 0.4 y el 10.0% de la tierra cultivada (CATIE, 1985). Además de esta situación, las restricciones de tierra y capital y la ubicación de una gran proporción de las pequeñas fincas en zonas no aptas para las actividades agropecuarias, limitan o imposibilitan la explotación bovina. En tales condiciones la energía presente de los alimentos disponibles en la mayoría de estas fincas, apenas es suficiente para satisfacer los requerimientos de mantenimiento de los vacunos (McDowell y Bove, 1977 citado por Raun, 1983).

A las consideraciones anteriores debe añadirse la falta de acceso de los productores a tecnologías adecuadas para la producción; el crecimiento demográfico y otros aspectos relacionados a la situación económica y social de América Central. En este sentido el desarrollo de alternativas tecnológicas adecuadas a las condiciones ecológicas y socioeconómicas de la región, debe jugar un papel decisivo en la generación de bienes de consumo de manera más sostenida y más acorde con el uso racional de los recursos naturales.

Numerosas prácticas tradicionales de uso de la tierra (deforestación, pastoreo extensivo y extractivo, ausencia de técnicas para controlar erosión, actividades agropecuarias en zonas no aptas, etc.), conllevan deterioros del equilibrio ecológico y de la capacidad productiva de los suelos (Garríguez, 1983; Jiménez, 1983; Heuveldop y Chang, 1981). Por otra parte la producción y calidad de los pastos en el trópico son afectadas tanto por factores climáticos (Minson y McLeod, 1970; Stobbs, 1975; Cubillos *et al.*, 1975) como por las restricciones de tierra, y capital imperantes en la mayoría de las pequeñas fincas (Avila *et al.*, 1982).

Lo señalado anteriormente se relaciona con las condiciones ecológicas de la región y con el tipo de tecnología agropecuaria que históricamente se aplica en América Central desde la Colonia. En la época precolombina los grandes herbívoros del pleistoceno habían desaparecido (Janzen y Martin, 1982) y no se explotaban rumiantes en forma doméstica. En dicha época los únicos rumiantes autóctonos eran venados que son eminentemente ramoneadores (Sands, 1983; Morales, 1983). Por otra parte, en todas las zonas de vida la vegetación predominante era de tipo arbóreo y arbustivo y, con la excepción del maíz,

había muy poca presencia de gramíneas y éstas no representaban una fuente importante de alimentos para los herbívoros endémicos (Jansen y Martin, 1982; National Geographic, 1992; Skerman y Rivero, 1992). Lo anterior indica una vocación natural de la tierra hacia formaciones vegetales muy diferentes a las que existen actualmente en la mayor parte de la región.

El asentamiento de los colonos españoles en Meso-américa implicó la introducción de tecnologías de uso de la tierra diferentes a las utilizadas por los indígenas y en la que se destacan el uso del arado y la ganadería con la necesaria siembra de gramíneas para alimentar los animales (Meza y Bonilla, 1990; Tosi Jr. y Voertman, 1977). Tales tecnologías, que se siguen aplicando hasta nuestros días, han contribuido en forma significativa al deterioro y eliminación de la cobertura natural de la tierra con sus subsecuentes efectos negativos sobre el suelo y la bio-diversidad. Así mismo ha significado esquivar las posibilidades de utilización racional de los bosques, en aras de una productividad cuestionable en el mediano y largo plazo. En relación con la ganadería tradicional, " es un hecho poco alentador, para los expertos en prados de gramíneas darse cuenta de que, probablemente, son más los animales que se alimentan de arbustos y árboles, o de asociaciones en las que las leñosas desempeñan un papel importante, que sobre verdaderos prados de gramíneas y leguminosas." (Commonwealth Agricultural Bureau Publication, No. 10, 1974, citado por Skerman *et al.*, 1991).

El deterioro de las tierras vírgenes es un proceso que se inicia con la siembra de granos aprovechando la fertilidad presente después de la tumba del bosque. Una vez que esta fertilidad decae, la tierra se abandona o se destina a la agricultura intensiva o a la ganadería que, en la mayor parte de los casos, es de tipo extensivo y extractivo (Sands, 1983). A partir de la década de los cincuenta, más del 50% de los bosques ha sido sustituido por agricultura migratoria o por pastizales (Collins, 1990; UNESCO, 1979; National Geographic, 1992), que en la mayoría de los casos, son sobrepastoreados en pequeñas fincas o son sólo capaces de soportar muy poco número de animales por unidad de área en las grandes explotaciones (Collins, 1990). En América Central, si no es con el uso de gran cantidad de insumos y mano de obra, no se puede mantener una alta productividad de los pastos debido, entre otras cosas, a la rápida invasión de leñosas autóctonas que pugnan por establecerse. "...mientras el hombre se empeña en mantener los pastizales, la naturaleza lucha por el desarrollo de los bosques." (Skerman y Rivero, 1992).

Cabe preguntarse entonces: Qué hubiera sucedido si, en lugar de utilizar el arado e introducir gramíneas, se hubiesen desarrollado tecnologías adecuadas para aprovechar la vocación natural de la región?. Se pueden integrar, de manera productiva y rentable, especies leñosas en los sistemas de producción animal predominantes en la región?. A la respuesta parcial de estas preguntas, apuntan los resultados de la investigación con árboles y arbustos forrajeros que se presentan en este documento.

II. LA INVESTIGACIÓN EN ÁRBOLES FORRAJEROS

Para que un árbol o arbusto pueda ser calificado como forrajero debe reunir ventajas tanto en términos nutricionales, como de producción y de versatilidad agronómica, sobre otros forrajes utilizados tradicionalmente. En tal sentido los requisitos para tal calificación son: i) que su consumo por los animales sea adecuado como para esperar cambios en sus parámetros de respuesta; ii) que el contenido de nutrimentos sea atractivo para la producción animal; iii) que sea tolerante a la poda y iv) que su rebrote sea lo suficientemente vigoroso como para obtener niveles significativos de producción de biomasa comestible por unidad de área.

Identificación y caracterización de especies

Datos obtenidos con los productores y de la literatura indican la presencia de leñosas con potencial forrajero en el trópico húmedo de la costa Atlántica de Costa Rica y del Petén en Guatemala; en sitios semiáridos en República Dominicana y cercanos a la costa del Sur de Honduras; en zonas montañosas con períodos largos de sequía y serios problemas de erosión en la vertiente Pacífica de Costa Rica y en sitios de clima templado por encima de 1500 msnm en los altiplanos de Guatemala y Costa Rica. La observación de los animales ha permitido localizar especies particularmente apetecidas y con altos niveles de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y de proteína cruda (PC). Ello ha permitido, identificar especies que normalmente no tenían ningún valor de uso y ampliar la utilidad de aquellas que tienen otros propósitos.

Una de las maneras de identificar especies con potencial forrajera es mediante la observación de las preferencias de los animales en pastoreo o ramoneando. Trabajando con cabras en un bosque del trópico húmedo se encontró que, de 84 especies consumidas por lo menos una vez, nueve de ellas representaron el 54% del total de bocados de los animales. Así mismo, se encontró que las dos especies más apetecidas fueron las de mayor contenido de PC y DIVMS (Cuadro 1). En condiciones más áridas al Sur de Honduras, donde la precipitación se concentra en 5 o 6 meses del año, la selección de las especies es influida por las lluvias que determinan cambios en el tipo de vegetación. Durante los meses de lluvia predomina la selección de plantas herbáceas y durante la sequía los arbustos constituyen el principal componente de la dieta. Así mismo, también es diferente la fracción de la planta que es consumida por los animales (Cuadro 2).

Cuadro 1: Frecuencia de consumo y calidad bromatológica de la vegetación seleccionada por cabras en un bosque secundario del trópico húmedo.

Especie	Frecuencia	MS,	PC,	DIVMS,
	de consumo %	%	%	%
<i>Vernonia brachiata</i>	10,1	22,6	29,6	68,4
<i>Acalypha macrostachya</i>	7,9	22,3	30,1	68,0
<i>Heliconia sp.</i>	7,6	23,4	20,0	38,1
<i>Panicum maximum</i>	6,7	22,6	16,9	54,1
<i>Clibadium sp.</i>	4,7	25,7	26,2	47,3
Helechos	4,6	30,7	20,1	26,3
<i>Croton schiedeanus</i>	4,4	32,7	27,1	23,4
<i>Govania polygama</i>	4,4	40,5	20,8	40,8
<i>Trofis sp.</i>	3,8	37,0	15,8	65,2
Otras especies ^{2/}				45,8

1/ Turrialba, Costa Rica. 2/ 75 especies. Rodríguez, 1982, citado por Benavides, 1991.

Cuadro 2: Frecuencia de bocados y valores bromatológicos de las especies más apetecidas por cabras entre marzo y septiembre en la zona Sur de Honduras.

Nombre	Nombre	Frecuencia	Parte de	DIVMS	PC
Común	Científico	de bocados	la planta	%	%
Pasto	Varias	38,0			
Jícaro	Crescentia	13,0	Flores	77,6	11,0
	<i>Alata</i>				
Carbón	Mimosa	10,5	Hojas	60,0	16,0
blanco	Platycarpa		Frutas	8	7,5
Nacascolo	Caesalpinia	7,0	Hojas	9,0	6,0
	<i>coriario</i>		Frutas	65,0	6,9
Cornizuelo	<i>Acacia</i>	5,7	Hojas		
	<i>insii</i>		Frutas		
Espino	<i>Acacia</i>	5,3	Hojas	55,0	22,0
blanco	<i>Farnesiana</i>				
Total		79,5			

Godier *et al.*, 1991

Para una selección preliminar de las plantas es recomendable medir la producción de biomasa en árboles que crecen de forma natural. Con esto, además de ganar tiempo, se puede conocer también la capacidad de supervivencia a la poda y preseleccionar a las mejores. En el Sur de Honduras a nivel del mar y en donde sólo llueve, de forma irregular durante seis meses del año, se han obtenido los mayores rendimientos con el Guácimo y el Tiguilote.

Cuadro 3. Producción de biomasa (kg MS/árbol/año) de algunas leñosas creciendo en condiciones naturales en la zona Sur de Honduras

Especie	Biomasa	Biomasa	Biomasa
	Total	Comestible	Comestible
Tigüilote <i>Cordia dentata</i>	14.3	6.4	44.8
Carbón blanco <i>Mimosa platycarpa</i>	3.9	0.8	20.5
Nacascolo <i>Caesalpinia coriara</i>	3.3	2.1	63.6
Carbón negro <i>Mimosa tenuiflora</i>	2.5	1.5	60.0
Madreado <i>Gliricidia sepium</i>	2.0	1.0	50.0
Pintadillo <i>Caesalpinia eriostachys</i>	1.5	0.5	33.3

1/ Cortes cada 4 meses.

Medina *et al.*, 1991.

Evaluación bromatológica

La mayoría de las especies estudiadas ha mostrado contenidos de PC muy superiores a los de los pastos tropicales y, en varios casos, también superior al de los concentrados comerciales. Así mismo, la DIVMS de algunos follajes es muy elevada. Por su elevada calidad destacan dos especies de euforbiáceas: Chicasquil ancho (*Cnidoscolus acotinifolius*) y Chicasquil fino (*C. chayamansa*), cuyo follaje también es utilizado para consumo humano (Araya, 1991). También sobresalen, además de las especies señaladas, con niveles de PC superiores al 20% y de DIVMS por encima del 70%, dos especies de moráceas: la Morera (*Morus* sp.) y una especie de *Ficus* (Amate) del Petén, Guatemala; dos malváceas como la Amapola (*Malvaviscus arboreus*) y el Clavelón (*Hibiscus rosa-sinensis*) y tres especies de la familia Asteraceae: Chilca (*Senecio* sp.), Tora blanca (*Verbesina turbacensis*) y Tora morada (*V. myriocephala*) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Materia seca, proteína cruda y digestibilidad del follaje de leñosas con potencial forrajero en América Central.

Especie	MS,%	PC,%	DIVMS,% ¹
Chicasquil fino (<i>Cnidoscolus aconitifolius</i>)	16,5	42,4	86,6
Morera (<i>Morus sp</i>)	28,7	23,0	79,9
Jícara (<i>Crescentia alata</i>) (flores)		11,0	77,6
Chicasquil ancho (<i>Cnidoscolus chayamansa</i>)	9,3	30,8	74,8
Tora morada (<i>Verbesina myriocephala</i>)	19,8	23,0	71,5
Chilca (<i>Senecio salignus</i>)	26,5	23,4	71,5
Amate (<i>Ficus sp.</i>)		14,4	71,3
Tora blanca (<i>Verbesina turbacensis</i>)	20,6	20,8	70,8
Clavelón (<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>)	24,8	21,0	70,0
Chaperno (<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>)		19,5	69,4
Ramón blanco (<i>Brosimum alicastrum</i>)		12,7	67,2
Zorrillo (<i>Roupala complicata</i>)	26,6	42,5	66,9
Amapola (<i>Malvaviscus arboreus</i>)	16,5	22,4	64,5
Chichipince (<i>Hamelia patens</i>)		17,5	61,6
Carbón blanco (<i>Mimosa platycarpa</i>)		16,0	60,0
Madero negro (<i>Gliricidia sepium</i>)	25,1	21,6	59,2
Nacascolo (<i>Libidibia coriaria</i>)		16,0	59,0
Ramón colorado (<i>Trophis racemosa</i>)		12,9	56,5
Poró enano (<i>Erythrina berteroana</i>)	22,9	24,3	55,0
Guácimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	37,6	15,6	54,3
Mano de león (<i>Dendropanax arboreus</i>)		12,1	52,7
Guarumo (<i>Cecropia peltata</i>)	19,7	19,8	51,8
Poró gigante (<i>Erythrina poeppigiana</i>)	24,0	23,8	51,3
Poró de cerca (<i>Erythrina cocleata</i>)	24,3	21,6	51,2
Copal (<i>Stemmadenia donnel-Smithii</i>)	19,1	24,4	50,6
Bilil (<i>Polimnia sp.</i>)	17,9	22,1	45,2

Tiguilote (<i>Cordia dentata</i>)	41,0	16,0	36,0
-------------------------------------	------	------	------

1/ Digestibilidad *in vitro* de la materia seca. Adaptado de: Hernández y Benavides, 1992; Araya et al., 1993; Mendizábal *et al.*, 1993; Reyes y Medina, 1992; Godier *et al.*, 1992; Medina, 1992 y Rodríguez *et al.*, 1987

El contenido en nutrimentos está afectado por la edad del rebrote y por el componente y su posición en la rama. En el follaje de Poró (*Eythrina poeppigiana*), en el trópico húmedo se han observado fuertes variaciones en los niveles de PC y DIVMS de todas las fracciones de la biomasa (Cuadro 5). Parece lógico presumir que esto está relacionado con las diferentes edades que tiene cada fracción dentro de la rama.

Cuadro 5. Materia seca, proteína cruda, digestibilidad *in vitro* y energía digestible de diferentes fracciones del follaje de *Eythrina poeppigiana*.

Fracción	MS, %	PC, %	DIVMS, %	ED ¹
Hoja apical	17,5	38,4	74,1	3,27
Hoja intermedia	25,5	30,5	33,5	1,48
Hoja basal	26,2	27,1	37,4	1,65
Tallo apical	17,0	12,2	54,4	2,40
Tallo intermedio	20,1	10,6	47,4	2,09
Tallo basal	21,5	9,2	34,1	1,50
Corteza	17,0	14,1	78,3	3,45

1/ Mcal/kg MS. 3 meses de rebrote. Benavides, 1983.

El estudio de sustancias anti-nutricionales es importante en caso de detectar problemas de aceptabilidad y consumo. Con el follaje de Madero negro, conocido por su contenido de cumarina, se han detectado limitaciones de consumo cuando el material es joven y con mayor DIVMS. Este problema parece estar relacionado con la procedencia del follaje, ya que durante una comparación con Poró, se utilizó follaje de Madero negro proveniente de dos sitios y, aparentemente, existe una importante relación del sitio y la edad con el nivel de consumo (Cuadro 6).

Respuesta animal

El Poró (*E. poeppigiana*), es una de las especies que han sido más estudiadas, observándose consumos superiores al 3.0% en cabras lactantes (Cuadro 7). Con el follaje de Guácimo y de Tiguilote se han obtenido niveles satisfactorios de ingestión con cabritos en crecimiento y se ha observado que, con algunas especies, ha sido necesario esperar hasta ocho semanas de adaptación antes que el consumo se estabilice (Cuadro 8). Con especies comunes en sitios de barbecho y sotobosques del subtrópico húmedo en el

Petén, Guatemala, se han reportado altos consumos cuando se suministra su follaje como suplemento a animales en pastoreo (Cuadro 9). No obstante los mayores consumos observados han sido con el follaje de Morera con el cual se han alcanzado niveles superiores al 3.5% del peso vivo en base seca en dietas con una base de pasto. En estos mismos ensayos el consumo total ha sido superior al 5.5% del PV.

Cuadro 6. Calidad de la dieta y consumo de Madero negro (*Gliricidia sepium*) y Poró (*Erythrina poeppigiana*) por cabras en diferentes periodos experimentales.

Parámetros	Período 1	Período 2	Período 3
Procedencia del follaje utilizado	Follaje del sitio1 Más de 4 meses de rebrote	Follaje del sitio 2 Menos de 3 meses de rebrote	Follaje del sitio 1 Menos de 3 meses de rebrote
Madero negro			
Consumo de MS, kg/an/día	1.65	0.61	0.37
MS de la biomasa, %	32.1	23.2	20.5
PC de la biomasa, %	18.4	22.1	23.0
DIVMS biomasa, %	51.2	60.1	63.4
Poró			
Consumo de MS	1.20	1.11	1.16
MS de la biomasa, %	19.8	19.7	19.6
PC de la biomasa, %	20.5	20.7	21.1
DIVMS biomasa, %	45.3	43.7	46.8

Rodríguez *et al.*, 1987

Cuadro 7. Consumo de follaje de Poró por cabras, suministrado como dieta única o como suplemento a dietas de pasto.

Tipo de dieta	Consumo % PV	Autores
Dieta única	3,5	Benavides y Pezo, 1986
Dieta única	3,3	Esnaola y Benavides, 1986
Con banano verde	3,3	Benavides y Pezo, 1986
Con plátano	2,8	Rodríguez et al., 1987
Con banano verde y pasto	1,5	Esnaola y Ríos, 1986

Cuadro 8. Variación del consumo (g MS/an/día) de follaje de leñosas forrajeras por cabras jóvenes estabuladas en la zona sur de Honduras .

Alimento	Inicio	Semana 3	Semana 6	Semana 9
Guácimo	354	359	741	861
Tiguilote	278	273	365	498
Pasto Guinea	161	157	425	402

Medina, 1994

Cuando se cuenta con poco follaje, ya sea por que la plantación es pequeña o por que se trabaja con la biomasa producida por plantas creciendo naturalmente, se han improvisado algunos procedimientos de observación para calificar la aceptabilidad de los materiales. En este caso se ofrece el follaje de diferentes especies al mismo tiempo y, a medida que transcurre la prueba, se eliminan las más consumidas para conocer el nivel de consumo de las restantes. No necesariamente las especies con mayor DIVMS y PC, son las más apetecidas inicialmente por los animales y que, tal como se mencionó anteriormente para algunas especies, son necesarios períodos de adaptación superiores a los utilizados con forrajes tradicionales. Con cabras jóvenes a las que se les ofrecieron simultáneamente cantidades similares de follaje de Chicasquil ancho, Chicasquil fino, Jocote y Guácimo se observó, que al eliminar sucesivamente el follaje más consumido, se incrementó el consumo de los restantes. Así mismo, se encontró que, con la excepción del período en el que se utilizó sólo el follaje de menor calidad, la sumatoria del consumo de todos los follajes se incrementó entre períodos experimentales (Cuadro 10).

Cuadro 9. Consumo de materia seca por ovinos de especies leñosas del bosque secundario en el Petén, Guatemala.

Especies	Consumo % del peso vivo ¹	Desviación típica
<i>Cecropia peltata</i>	2,1 ^a	0,4
<i>Brosimum alicastrum</i>	2,0 ^a	0,9
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	1,4 ^{bc}	0,4
<i>Hamelia patens</i>	1,3 ^{bc}	0,3
<i>Dendropanax arboreus</i>	1,1 ^c	0,4
<i>Trophis racemosa</i>	1,1 ^c	0,7
<i>Ficus sp.</i>	0,5 ^d	0,2
<i>Spondias mombin</i>	0,3 ^d	0,2

Adaptado de Hernández y Benavides, 1993. 1/ Valores con letras iguales no difieren significativamente, $p < 0,05$.

Debido a su mediana digestibilidad, se ha encontrado que la complementación energética de raciones con follaje de *Erythrina* mejora notablemente los parámetros de respuesta de los animales y que con fuentes almidonadas el comportamiento productivo es mayor que con azúcares más simples. Al evaluar el efecto de cuatro fuentes energéticas sobre el consumo de Poró y el crecimiento en corderos se encontró que, en todos los casos donde los animales recibieron suplementación energética, los niveles de consumo y las ganancias de peso fueron mayores que los observados en los animales consumiendo sólo follaje. Así mismo, se encontró mejor respuesta con el banano verde y el ñame (almidones) que con la melaza (carbohidratos simples) (Cuadro 11).

Cuadro 10. Efecto de la sustracción del follaje más consumido en una dieta, sobre el consumo de otros follajes por cabras jóvenes alimentadas con una dieta basal de *Brachiaria*.

Consumo MS forraje, g/an/día	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
Guácimo	42	88	233	336
Chicasquil ancho	35	121	237	
Chicasquil fino	92	115		
Jocote	114			
Total suplementos	283	324	476	336

Vallejo *et al.*, 1992

Una adecuada proporción entre las fuentes de proteína (follaje de Poró) y energía (fruto de plátano) también es importante al utilizar dichos ingredientes en la dieta. Esto se desprende de un trabajo en el cual se ofreció a cabras lecheras dos niveles suplementarios de Poró y dos de plátano y en el que la mayor producción de leche ocurrió en aquellos tratamientos con una relación proteína/energía similar (Cuadro 12).

Cuadro 11. Ganancia de peso y consumo de corderos "Black belly" consumiendo follaje de Poró y diferentes fuentes energéticas.

Parámetros	Nada	Melaza	B ² . verde+ melaza	B. verde	Ñame
Peso promedio, kg	22,2	23,0	23,1	20,8	22,8
Ganancia, g/an/día ¹	74,0 ^c	92,0 ^{cb}	91,0 ^c	112,0 ^{ab}	128,0 ^a
Consumo de MS, % PV					
Poró	3,5	3,2	3,3	3,3	3,0
Suplemento	0,0	0,8	0,9	1,1	1,3
Total	3,5	4,0	4,2	4,4	4,3

1/ Valores con igual letra no difieren significativamente, p<0,05. 2/ Banano verde. Benavides y Pezo, 1986.

Cuadro 12. Producción de leche y relación proteína/energía de la dieta en cabras alimentadas con pasto y suplementadas con diferentes niveles de Poró y plátano verde.

Nivel de plátano	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Nivel de Poró	Alto	Alto	Bajo	Bajo
Leche, kg/an/día	1,27	1,09	1,09	1,13 ¹
PC/ED. (gr/Mcal)	40,0	45,0	35,0	40,0

1/ Interacción entre factores significativa, p<0,05. Adaptado de Castro, 1989.

Con las especies de mayor nivel de PC y DIVMS, se han obtenido los niveles de producción de leche más elevados, y se ha observado una respuesta muy significativa al suministrar niveles crecientes de follaje a animales recibiendo una dieta base de pasto. Tal es el caso del follaje de Amapola y Morera, con los que se han observado rendimientos crecientes en leche a medida que aumenta la cantidad de follaje en la ración, alcanzándose producciones de leche superiores a 2,2 y 2,6 kg/an/día, respectivamente, y normalmente posibles sólo con el uso de concentrados comerciales (Cuadro 13). Con estas dos especies se reportan consumos de materia seca superiores al 5% del peso vivo.

Bajo condiciones de trópico húmedo, en un módulo en el que se han manejado dos cabras durante tres años, alimentadas sólo con hojas de Morera y pasto, se han obtenido rendimientos superiores a los 800 kg de leche/an/lactancia de 300 días. En este mismo módulo se han observado, durante el mes pico de lactancia, producciones promedio superiores a 4.0 kg/an/día (Cuadro 14). También con hojas de Morera se han encontrado,

en corderos, respuestas crecientes en ganancia de peso, y superiores a 100 g/an/día, al aumentar la proporción de este forraje en la dieta (Cuadro 15).

Oviedo (1995) al comparar el follaje de Morera con el concentrado, como suplemento a vacas en pastoreo, obtuvo un nivel de producción de leche similar (13,2 y 13,6 kg/an/día, respectivamente) para cada suplemento a iguales niveles de consumo de MS (1,0% del PV) y muy superior al obtenido con sólo pastoreo (11,3 kg/an/día). El uso de Morera en la dieta no afectó el contenido de grasa, proteína y sólidos totales de la leche pero si mejoró el beneficio neto en comparación con el concentrado (US\$ 3,29 vs. 2.84, respectivamente). Esquivel *et al.* (1996), al reemplazar el 0, 40 y 75% del concentrado por follaje de Morera tampoco encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la producción de leche (14,2; 13,2 y 13,8 kg/an/día, respectivamente) de vacas Holstein en pastoreo y sin efectos apreciables en la calidad de la leche (Cuadro 16). También en este trabajo, considerando sólo los costos de alimentación, el ingreso neto por animal fue 11,5% superior con el máximo nivel de Morera al del obtenido con el concentrado.

Cuadro 13. Efecto de la suplementación con follaje de Amapola y Morera sobre la producción de leche de cabras.

Consumo MS de Morera, % PV ¹	1.0	1.8	2.6	3.5
Consumo de MS de K. Grass, % PV	3.2	2.9	2.6	2.1
Consumo de MS total, % PV	4.3	4.7	5.2	5.6
Leche, kg/an/día	2.0 ^b	2.3 ^a	2.5 ^a	2.5 ^a
Consumo MS de Amapola, % PV ²	1.0	1.8	2.6	3.5
Consumo de MS de K. Grass, % PV	2.9	2.5	2.1	1.6
Consumo de MS total, % PV	3.8	4.2	4.7	5.1
Leche, Kg/an/día	1.5 ^b	1.6 ^b	1.9 ^a	2.2 ^a

1/ López *et al.* 1993. 2/ Rojas y Benavides, 1992. 2/ Valores con igual letra no difieren significativamente, $p < 0,01$.

Cuadro 14. Producción de leche (kg/an/día) por lactancia de cabras alimentadas solamente con pasto y hojas de Morera en un módulo agroforestal.

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cabra 1	3.22	3.46	3.47	3.41	2.65	2.69	2.23	2.44	2.53
Cabra 1	3.41	3.93	3.53	3.44	2.91	2.67	2.68	1.86	1.71

Oviedo *et al.*, 1994

Con bovinos se han obtenido ganancias de peso biológicamente atractivas al utilizar el follaje Morera como suplemento. En el trópico húmedo de Turrialba con vaquillas de reemplazo Jersey x Criollo en pastoreo y suplementadas con Morera, la ganancia de peso fue superior (610 g/an/día) a la observada al suplementar con concentrado (410 g/an/día) (Oviedo y Benavides, 1995).

Cuadro 15. Ganancia de peso y consumo de corderos "Black Belly" alimentados con pasto y suplementados con varios niveles de follaje de Morera

Consumo de MS de morera, % PV ¹				
Parámetro	0	0,5	1,0	1,5
Peso inicial, kg	15,7	15,8	15,8	15,1
Ganancia, gr/an/día ²	60 ^b	75 ^b	85 ^{ab}	101 ^a
Consumo MS, kg/an/día				
King-grass ³	0,7	0,6	0,6	0,6
Morera	0,0	0,1	0,2	0,3
Total	0,7	0,7	0,8	0,9
Consumo, % PV	3,5	3,7	4,0	4,3

1/ Como porcentaje del peso corporal.

2/ Valores con igual letra no difieren significativamente, p<0,01.

3/ *Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*.

Benavides, 1986.

Cuadro 16. Efecto de la sustitución de concentrado por follaje de Morera (*Morus alba*) sobre la producción de leche y el consumo de vacas Holstein pastoreando Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

Relación concentrado/Morera			
Parámetro	100/0	60/40	25/75
Leche, kg/an/día	14.2	13.2	13.8
Consumo, kg MS/an/día			
Concentrado	6.4	4.2	1.9
Morera	0	2.8	5.5
Pasto	9.3	7.8	6.2
Total	15.7	14.8	13.6

Esquivel *et al.*, 1996.

Con toretes Criollos Romosinuanos recibiendo una dieta basal de pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*), se observaron incrementos de peso de 40, 690, 940 y 950 g/animal/día al suplementar con Morera en niveles equivalentes al 0; 0,90; 1,71 y 2,11% del PV (González, 1996). En este trabajo el estudio de presupuesto parcial arrojó una relación ingreso/costo de 0,10; 1,11; 1,18 y 0,97 para cada nivel de ganancia de peso, respectivamente

Uno de los problemas más serios de la ganadería es la drástica disminución de la disponibilidad y calidad del pasto durante la sequía. Entre las alternativas utilizadas está la del ensilaje de forraje durante las lluvias para utilizarlo luego en la sequía. Estos ensilajes normalmente se hacen con gramíneas tropicales que contienen un alto nivel de fibra y poca presencia de carbohidratos solubles, lo que afecta la fermentación y da como resultado un material de baja calidad. Debido a su poca fibra y alto nivel de carbohidratos el follaje de Morera puede ensilarse sin aditivos, mostrando un patrón láctico de fermentación, con pocas pérdidas en PC (entre 16 y 21% de PC) y manteniendo entre 66 y 71% de DIVMS (Vallejo, 1994; González, 1994), parámetros muy superiores a los de ensilajes fabricados con forrajes tropicales.

Al utilizar ensilaje sin aditivos de planta entera de Morera como suplemento a toretes en confinamiento, alimentados con una dieta basal de pasto Elefante, se han obtenido ganancias de peso superiores a 600 g/an/día con un consumo de Morera de 1,1% del PV en base seca (González, 1996). Por otra parte, cabras consumiendo ensilaje de Morera como dieta única, mostraron un consumo del 5,0% del PV en base seca y un rendimiento de 2,0 kg/an/día de leche (Vallejo, 1994).

Evaluaciones agronómicas

El uso de estacas es la técnica de propagación más adecuada ya que permite períodos de establecimiento más cortos, es de fácil ejecución y bien conocida por los productores. En algunas especies es posible plantar las estacas totalmente enterradas en forma horizontal. De esta forma se obtienen varias plantas por estaca y se ahorra material de propagación. Sin embargo existen importantes variaciones entre especies que es importante conocer antes de decidir sobre la técnica a utilizar (Cuadro 17).

La asociación de árboles leguminosos con gramíneas es una de las alternativas que más posibilidades tiene. Estas prácticas pueden enfocarse de dos maneras. En la primera se aprovecha, tanto la producción de la gramínea, como la producción del árbol asociado como forraje. Los resultados de un trabajo realizado en el trópico húmedo, en el que se intercaló pasto King-grass con Poró (*E. poeppigiana*), y en donde no hubo reposición de nutrientes al suelo y toda la biomasa producida se extrajo del sitio, han permitido establecer que la producción de pasto no se afecta por la presencia del árbol, ya que su poda frecuente disminuye la competencia por luz. También se encontró que se pueden obtener rendimientos de nutrientes, por unidad de área, que triplican la obtenida con el pasto en monocultivo (Cuadro 18). No obstante a corto plazo, en el caso del pasto, y a mediano plazo, en el caso del Poró, la producción decae por la extracción frecuente de material.

Cuadro 17. Efecto de la posición de siembra de estacas de Sauco, Amapola y Morera sobre la germinación y número de rebrotes.

Posición de siembra				
Horizontal			Vertical	
Especie	Germ., %	Reb/estaca	Germ., %	Reb/estaca
Amapola	58,0	1,0	87,5	4,3
Morera	90,4	2,1	100,0	3,1
Sauco	53,8	1,1	60,4	1,5

Esquivel y Benavides, 1993. Sin publicar

Cuadro 18. Producción de materia seca y proteína cruda de Poró y pasto King-grass sembrados en asociación y del pasto en monocultivo.

Parámetros	Año 1	Año 2	Promedio
Pasto y Poró en asociación			
Materia seca, tm/ha/año	35.0	26.8	30.9
Proteína cruda, tm/ha/año	2.87	2.74	2.81
Pasto en monocultivo			
Materia seca, tm/ha/año	25.8	19.8	22.8
Proteína cruda, tm/ha/año	1.18	0.94	1.03

Benavides *et al.*, 1989

La otra vía es utilizar el follaje de Poró asociado como abono verde para la gramínea. También, bajo condiciones de trópico húmedo y en un suelo de baja fertilidad, se observó que los rendimientos del pasto se incrementan al aplicar al suelo cantidades crecientes de follaje de Poró. Así mismo se encontró que la sola presencia del árbol, aún sin depositar su follaje, estimula una mayor producción de pasto que la obtenida en el pasto sin árboles (Cuadro 19).

Cuadro 19. Materia seca depositada, exportada y total (tm/ha/año) de Poró y de pasto King grass según niveles de follaje adicionado al suelo.

Proporción del follaje depositado en el suelo					
Parámetros	Testigo sin árboles	0 %	33 %	66 %	100 %
Producción¹					
Poró		9,0	8,6	8,2	9,2
Pasto	12,4 ²	21,0 ^c	20,6 ^c	26,6 ^b	30,3 ^a
Total	12,4 ²	30,0 ^c	29,2 ^c	34,8 ^b	39,5 ^a
Exportación					
Poró		9,0	6,3	2,2	0
Pasto	12,4 ²	21,0 ^c	20,6 ^c	26,6 ^b	30,3 ^a
Total	12,4 ²	30,0	26,9	28,8	30,3
Poró depositado		0	2,3	6,0	9,2

Tradicionalmente, en la ganadería, la relación entre los animales y el componente vegetal es en un solo sentido y el animal se beneficia de este último al obtener de él su alimento, pero no participa en su generación. En los sistemas de producción, en donde se manejan los animales estabulados, es posible establecer una relación en los dos sentidos al utilizar la mayor parte del estiércol como fertilizante. De esta forma se puede contar con un sistema más equilibrado al beneficiarse al componente vegetal de nutrientes aportados por los animales. Por otra parte, las especies con las mejores características forrajeras son grandes extractoras de nutrientes del suelo y no tienen la capacidad, como las leguminosas, de fijar nitrógeno, necesitando de la aplicación de altos niveles de fertilizante químico. Para encontrar una solución ecológicamente racional, se ha probado el uso de estiércol de cabra como abono en plantaciones de leñosas forrajeras, en las que se han obtenido altos y sostenidos rendimientos de biomasa que, en algunos casos, se incrementan a medida que transcurren los años

En un experimento con Morera de tres años de duración en donde se adicionaron al suelo niveles crecientes de estiércol, la producción de biomasa se incrementó significativamente y, a niveles isonitrogenados, los rendimientos fueron mayores que los obtenidos con el uso de fertilizante químico (NH₄-NO₃). Además se observó un incremento importante, entre años, en la producción de biomasa (Cuadro 20). Similares tendencias se han observado en una plantación de Amapola con el uso de cantidades iguales de estiércol, sin embargo, los rendimientos totales fueron menores y la producción con fertilizante químico fue mayor (Cuadro 21).

Cuadro 20. Producción entre años de biomasa total de Morera por efecto de la aplicación de estiércol de cabra al suelo.

Año, tm MS/ha	Nivel de estiércol				NH ₄ NO ₃
	0	240	360	480 ¹	480 ¹
1 ²	23,0 ^c	24,4 ^{bc}	26,6 ^b	31,1 ^a	26,7 ^b
2	21,3 ^c	25,2 ^b	27,6 ^{ab}	33,4 ^{ab}	29,7 ^b
3	22,9 ^d	28,2 ^c	32,6 ^b	38,2 ^{ab}	29,2 ^b

1/Kg de N/ha/año.

2/Valores

con igual letra horizontal no difieren significativamente, p<0,001.

Cuadro 21. Materia seca producida (tm/ha/año) por componente de la biomasa de Amapola, según nivel de estiércol aplicado al suelo.

Componente	Nivel de estiércol ¹				NH ₄ -NO ₃ ¹
	0	240	360	480	480
Hojas ²	5,8 ^c	6,2 ^{bc}	6,9 ^b	7,1 ^b	8,1 ^a
Tallo tierno	1,9 ^b	2,1 ^b	2,1 ^b	2,4 ^{ab}	2,7 ^a
Tallo leñoso	6,3 ^c	6,6 ^c	7,9 ^b	7,6 ^b	8,9 ^a
Total	14,0 ^c	14,9 ^{bc}	16,9 ^b	17,1 ^b	19,7 ^a
Comestible	7,7 ^c	8,3 ^{bc}	9,0 ^{bc}	9,5 ^b	10,8 ^a

1/ Equivalencia en kg de N/ha/año. 2/ Valores con igual letra horizontal no difieren estadísticamente, p<0,05.

En Costa Rica se utilizan cuatro variedades de Morera y, trabajando con tres de ellas en tres sitios de Costa Rica (Puriscal, Coronado y Paquera), Espinoza (1996) reporta rendimientos de MS total de 14,1; 22,3 y 25,4 tm/ha/año para cada variedad, respectivamente. El mismo autor determinó diferencias en la producción atribuibles a factores climáticos. En Paquera, a pesar de sufrir un largo período de sequía, la producción promedio de todas las variedades (31,2 tm MS/ha/año), duplicó la de Coronado (15,5 tm MS/ha/año) a pesar de su mejor régimen de lluvia. Esto se atribuye a la mayor luminosidad y mayores temperaturas de Paquera y a la alta nubosidad y menor temperatura de Coronado ubicado en una zona montañosa.

Un aspecto importante, en sitios con un tipo bimodal de precipitación, es la evaluación de técnicas de poda que permitan la producción de biomasa durante el verano. Para ello se

ha investigado sobre el efecto de las podas al final de la época lluviosa sobre la producción de biomasa en el período de sequía. En República Dominicana, la poda de Madero negro en Octubre, Noviembre y Diciembre, además de detener su floración, provoca rendimientos elevados y crecientes de biomasa comestible durante los meses de menor precipitación en el verano (Cuadro 22).

Cuadro 22. Efecto de la poda al final de la época lluviosa sobre la producción de biomasa de *Gliricidia sepium* en el período seco.

Componente	Mes de poda final ¹			
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
g/árbol/corte				
Tallos tiernos	66 ^b	60 ^c	69 ^b	96 ^a
Tallos leñosos	118 ^c	222 ^{bc}	315 ^b	569 ^a
Hojas ²	288 ^b	342 ^b	373 ^b	528 ^a
Comestible	355 ^b	402 ^b	442 ^b	624 ^a
Total	457 ^c	617 ^{bc}	755 ^b	1192 ^a

1/ Promedio de podas iniciales en Octubre, noviembre y diciembre.

2/ Valores con igual valor horizontal no difieren significativamente, $p < 0,02$

Adaptado de Hernández, 1988

Utilización de praderas naturales y sotobosques

Dado que los sistemas tradicionales de producción, en América Central, se basan en el ramoneo y pastoreo y en la utilización extensiva de la vegetación natural de praderas y sotobosques; es importante el estudio del comportamiento alimentario de los rebaños para evaluar las posibilidades de mejoramiento de dicho sistema sin provocar cambios drásticos en las formas de explotación que usa el productor. Al respecto el trabajo se orienta a: i) caracterizar las formas de utilización de la cubierta vegetal y ii) determinar la contribución de las especies de ramoneo en las dietas de los animales.

Con la observación de un rebaño de cabras que pastoreaba en áreas de praderas degradadas, se encontró una importante variación en el tipo de vegetación preferida por las cabras. Mientras que en los meses de sequía (marzo y abril) la preferencia de los animales era por especies leñosas, a medida que comenzaban las lluvias se incrementa, en forma drástica, la participación de vegetación herbácea (Cuadro 23).

Cuadro 23. Estacionalidad de las preferencias de diferentes especies botánicas y tipos de vegetación por cabras en pastoreo libre en el Sur de Honduras.

Especies y tipos	Marzo	Abril	Mayo	Julio	Agosto	Setiembre
<i>Mimosa platicarpa</i>	30.0	0.8	5.4	3.1	-	10.3
<i>Acacia farnesiana</i>	15.4	8.9	-	-	1.8	0
<i>Acacia insii</i>	11.3	6.8	-	5.1	-	4.0
<i>Cesalpineia coriarea</i>	18.6	5.2	6.7	2.8	-	-
<i>Crescentia alata</i>	-	41.1	4.2	-	-	56.2
Sarza	-	-	31.5	-	2.4	-
Total leñosas	75.3	62.8	47.8	11.0	4.2	70.5
Otras	19.4	33.4	8.2	17.8	2.3	10.3
Herbáceas	5.3	3.6	44.0	71.2	93.5	24.2

Godier *et al.*, 1991

Validación de tecnologías y evaluación económica

Para los aspectos económicos se han utilizado análisis de presupuesto parcial en los experimentos que se ejecutan a nivel de estación; análisis de rentabilidad (flujo e ingreso netos) ex post de las tecnologías implementadas en módulos demostrativos y análisis del beneficio familiar y del flujo e ingreso netos a nivel de finca. Los análisis efectuados hasta ahora indican que la aplicación de las tecnologías con árboles forrajeros en las fincas es económicamente rentable y que su presencia contribuye a mejorar la situación de la economía familiar.

En cabras lactantes alimentadas con una dieta basal de pasto, el uso de follaje de Poró y otros subproductos de la agricultura (banano de rechazo) como suplemento, es más rentable que el uso de concentrados a pesar de obtenerse una mayor producción con estos últimos (Cuadro 24).

Cuadro 24. Producción de leche, consumo de materia seca y beneficio económico obtenidos con dos dietas suministradas a cabras lactantes estabuladas.

Parámetros	Pasto+ Poró + Banano	Pasto + concentrado
Leche, kg/an/día	1,1	1,3 ¹
Consumo, kg MS/an/día		
King-grass	0,5	0,5
Banano maduro	0,6	
Poró	0,4	
Concentrado		0,7
Total	1,5	1,2
Beneficio parcial, US\$/an/día	0,6	0,5

1/ $p < 0,05$.
Gutiérrez, 1985.

El costo total (desde la siembra hasta el suministro) del follaje de algunas especies forrajeras, nutricionalmente similares a los concentrados comerciales, es mucho menor que el de estos últimos. Estudios realizados en Turrialba han permitido encontrar que el costo de un kilo de materia seca de concentrado, Morera y pasto King-grass puesto en el comedero es de US\$ 0,147; 0,044 y 0,035, respectivamente (Rojas, 1992). Esto en parte explica la rentabilidad encontrada en un módulo demostrativo agroforestal con cabras, que opera en el CATIE y en el que los animales se alimenta sólo con Morera y pasto (Cuadro 25).

Evaluación del impacto ambiental de las tecnologías

Estas evaluaciones se realizan con el propósito de elaborar recomendaciones orientadas a asegurar la sostenibilidad de la producción y optimizar la utilización de los recursos naturales. En el suelo, es importante conocer el efecto de las tecnologías utilizadas sobre sus características químicas y físicas y aunque estos efectos se detectan generalmente a largo plazo, la información que se recabe es útil para el monitoreo de los cambios.

Cuadro 25. Flujo de caja (US\$) para el análisis financiero del módulo agroforestal demostrativo con cabras en Turrialba, Costa Rica.

Descripción	Años		
	1991/92	1992/93	1993
A. Costos			
A.1 Inversiones ¹	72,3	72,3	45,2
A.2 Costo Oportunidad de la tierra	21,2	21,2	13,2
A.3 Variables, Mano de obra ²	455,3	511,7	319,4
Costo total	527,7	584,1	377,8
Costo actualizado	610,8	643,9	396,7
B. Ingresos			
B.1 Producción de leche	672,7	814,0	549,0
Ingresos actualizados	778,7	897,4	576,5
C. B - A actualizados	167,9	253,5	179,8
B/C ^{1,36}	1,3	1,4	1,5
VAN 601, ¹			

1/ Plantaciones de Morera-Poró y de pasto-Poró; instalaciones y Pie de cría.

2/ Corte, chapia y acarreo forraje; deshoje, picado y suministro forraje; ordeño; limpieza; fertilización con estiércol; sal mineral, desparasitante y mantenimiento.

Oviedo, Benavides y Vallejo, 1993

Parte de la investigación con árboles forrajeros es el desarrollo de técnicas de plantación que permitan la conservación del suelo en áreas con problemas de erosión. Asimismo las especies arbustivas pueden utilizarse para controlar las pérdidas de suelo gracias a que pueden plantarse en alta densidad, a que son perennes y a que permiten la asociación con otros cultivos.

Durante tres años, en un sitio de elevada pendiente y con serios problemas de erosión, se establecieron dos tipos de plantación con Amapola (Amapola en alta densidad, sembrada en contorno y asociada con pasto de piso y Amapola en contorno, mayor separación entre líneas y asociada con maíz) que se compararon con una plantación de maíz cultivado de forma tradicional (suelo desnudo). La medición de la cantidad de suelo lavado por año indicó que en las dos plantaciones con Amapola ocurrió una pérdida de suelo mucho menor que la observada en la plantación de maíz (Cuadro 26).

Cuadro 26. Pérdida de suelo (kg/ha/año) por escorrentía en tres tipos de plantación en áreas de ladera de la región de Puriscal).

Tipo de plantación	Año 1	Año 2
Maíz tradicional	1903	480
Amapola – Maíz	No hay datos	270
Amapola - Pasto	75	33

Adaptado de Faustino, 1992

III. CONCLUSIONES

Principales resultados

La investigación realizada hasta ahora por el CATIE sobre árboles forrajeros muestra que:

1. El follaje de numerosas especies de árboles y arbustos puede mejorar la calidad de las dietas tradicionalmente usadas para la alimentación de los animales. El contenido en proteína cruda de este follaje generalmente duplica o triplica al de los pastos y, en varios casos, el contenido energético es también muy superior; llegando, comparándose incluso con el de los concentrados comerciales. La presencia de estos follajes en las dietas incrementa significativamente la producción de leche y las ganancias de peso de los animales.
2. Numerosas especies de árboles producen abundantes niveles de biomasa comestible por unidad de área, son tolerantes a la poda y fácilmente manejables desde el punto de vista agronómico. En asociaciones de gramíneas con leñosas forrajeros se puede incrementar significativamente la producción de proteína cruda por unidad de área con respecto a la obtenida con el pasto en monocultivo.
3. En asociación con pasturas, algunas especies de árboles no afectan o pueden incrementar significativamente la producción de las gramíneas.
4. En época de sequía, los árboles pueden producir cantidades superiores de forraje que las obtenidas con el pasto y tal producción es mucho más sostenida que la del pasto en condiciones en las que no se utiliza fertilizante químico.
5. Por encontrarse especies forrajeras en la mayoría de las zonas de vida de América Central, se pueden desarrollar sistemas silvopastoriles en diversas condiciones ecológicas. Además, por su versatilidad de manejo agronómico, pueden ser utilizados en sitios y fincas con limitaciones de área y propiciar una mayor sostenibilidad de la producción de forrajes sin competencia con otras actividades agrícolas.

Impactos de la investigación agroforestal con cabras

Un buen ejemplo del efecto que han tenido las tecnologías desarrolladas, son los cambios que se han operado en las explotaciones con cabras en Costa Rica en la última década. En

este país, al mismo tiempo que se ha incrementado la utilización de leñosas forrajeras y se ha disminuido el uso de gramíneas de piso, se ha observado un sustancial incremento en el tamaño de los hatos y en los niveles de producción de leche por animal (Cuadro 27).

Cuadro 27. Variación en las fuentes alimenticias, el tamaño del hato y la producción por animal entre 1982 y 1991 en las explotaciones caprinas de Costa Rica.

Año	1982	1988	1991
Melaza	10	7	6
Caña	25	13	6
Tapa de dulce	33	0	0
Vástago	16	20	6
Hojas	40	53	62
Frutos	25	47	61
Gigante	50	80	68
Imperial	30	13	18
Sorgo	20	7	3
Maíz	66	7	2
Kikuyo	20	7	6
Estrella	50	13	6
Pará	30	13	18
Tamaño del hato	19.8	22.0	28.0
Leche, kg/an/día	1.3	1.6	1.8

Castro *et al.*, 1993

En síntesis, la investigación con árboles y arbustos forrajeros realizada por el CATIE ha permitido demostrar la factibilidad de introducir el enfoque agroforestal como una alternativa no tradicional de investigación pecuaria. También ha sido posible desarrollar tecnologías de producción silvopastoril que implican un considerable incremento de la sostenibilidad y productividad por unidad de área y que pueden ser transferibles a las pequeñas y medianas fincas y adaptables a las condiciones de los grandes productores.

IV. REFERENCIAS

ARAYA, J.; BENAVIDES, J.E.; ARIAS, R.; RUIZ, A. 1993. Identificación y caracterización de árboles y arbustos con potencial forrajero en Puriscal, Costa Rica. In Seminario Centroamericano y del Caribe sobre

Agroforestería y Rumiantes Menores. (2., 1993, San José, Costa Rica). Memorias. Turrialba, Costa Rica., Comisión Nacional para el Desarrollo de la Actividad Caprina. p. irr. sin publicar

AVILA M.; NAVARRO L.A.; LAGEMANN J. 1982. Improving the small farm production systems in Central America. Preparado para la XVIII Conferencia Internacional de Economistas, Jakarta, Indonesia; CATIE, Turrialba, Costa Rica.

BENAVIDES, J. E. 1986. Efecto de diferentes niveles de suplementación con follaje de morera (*Morus sp.*) sobre el crecimiento y consumo de corderos alimentados con pasto (*Pennisetum purpureum*). In: Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas. Proy. Sistemas de Producción Animal. CATIE, Turrialba, C.R. 1986. Serie Técnica. Informe Técnico No. 67, pp. 40-42.

BENAVIDES, J.E. 1991. Integración de árboles y arbustos en los sistemas de alimentación para cabras en América Central: un enfoque agroforestal. El Chasqui (C.R.) No. 25:6-35.

BENAVIDES, J.E.; LACHAUX, M.; FUENTES, M. 1993. Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de Morera (*Morus sp.*). In Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería y Rumiantes Menores. (2., 1993, San José, Costa Rica). Memorias. Turrialba, Costa Rica., Comisión Nacional para el Desarrollo de la Actividad Caprina. p. irr. sin publicar

BENAVIDES, J.E.; PEZO, D. 1986. Evaluación del crecimiento y del consumo de materia seca en corderos alimentados con follaje de Poró (*Erythrina poeppigiana*) ad lib., suplementados con diferentes fuentes de energía. In Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas, en el Proyecto de Sistemas de Producción Animal. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 67. p. 43-47.

BENAVIDES, J.E.; RODRIGUEZ, R.A.; BOREL, R. 1989. Producción y calidad nutritiva del forraje de pasto King-grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) y Poró (*Erythrina poeppigiana*) sembrados en asociación. In Symposium sur l'alimentation des ruminants en milieu tropical (1., 1989, Point-Y-Pitre, Guadeloupe, France). Paturages et alimentation des ruminants en zone tropicale humide. Ed. por A. Xande; G. Alexandre. Point-a-Pitre, Guadeloupe, France, INRA, Station de Recherches Zootechniques. p. 367-376.

CATIE. 1985. Programa regional de capacitación para el desarrollo agrícola y la alimentación en el Istmo Centroamericano y la República Dominicana. In Políticas de investigación y desarrollo agropecuario (Turrialba, C.R., nov., 1984). Memorias. Turrialba, C.R., CATIE.

COLLINS, M., Ed. 1990. The last rain forests. Mitchell Breazley Publishers. IUCN. 200 p.

CUBILLOS, G.; VONHOUT, K.; JIMENEZ, C. 1975. Sistemas intensivos de alimentación del ganado en pastoreo. In El potencial para la producción del ganado de carne en América Tropical. CIAT., Cali, Colombia, Serie CS-10. p. 125-142.

ESQUIVEL, J.; BENAVIDES, J.E.; HERNANDEZ, I.; VASCONCELOS, J.; GONZALEZ, J.; ESPINOZA, E. 1996. Efecto de la sustitución de concentrado con Morera (*Morus alba*) sobre la producción de leche de vacas en pastoreo. In: Resúmenes. Taller Internacional "Los árboles en la producción ganadera". EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. p. 25.

ESPINOZA, 1996. Efecto del sitio y de la fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad de la biomasa de tres variedades de Morera (*Morus alba*). Tesis Mag.Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 86 p.

FAUSTINO, J. 1992. Efectos de la erosión hídrica y conservación de suelos en parcelas con pastos y árboles forrajeros. In Seminario Internacional de Investigación en Cabras (1., 1991, El Zamorano, Hond.) Memorias. El Zamorano, Hond., SRN v.1, p irr.

- GARRIGUEZ, R.L. 1983. Sistemas silvopastoriles en Puriscal In El componente arbóreo en Acosta y Puriscal, Costa Rica. Ed. por J. Heuveltop y L. Espinoza. CATIE, Turrialba, C.R. p 85-89.
- GODIER, S.; MEDINA, J.M.; BRUNSCHWIG, G.; WAELPUT, J.-J. 1991. Comportamiento alimenticio de un rebaño de cabras al pastoreo en una finca tradicional de la región Sur de Honduras. In Seminario Internacional de Investigación en Cabras (1., 1991, El Zamorano, Hond.). Memoria. El Zamorano, Hond., Secretaría de Recursos Naturales, Dirección General de Ganadería.
- GONZALEZ, J. 1996. Evaluación de la calidad nutricional de la Morera (*Morus sp.*) fresca y ensilada, con bovinos de engorda. Tesis Mag.Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 84 p.
- GUTIERREZ, R. 1985. Utilización del follaje de Poró (*Erythrina poeppigiana*) en combinación con Banano (*Musa sp. cv. "Cavendish"*) como suplemento al pasto King-grass (*Pennisetum purpureum x P. typhoides*) en cabras lecheras estabuladas. Turrialba, C.R., CATIE. 15 p. Inf. de trabajo especial para optar al grado de M.Sc.
- HERNANDEZ, M. 1988. Efecto de las podas al final de la época lluviosa en cercos vivos de Piñón Cubano (*Gliricidia sepium*) sobre la producción y calidad nutritiva de la biomasa en la época seca. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 84 p.
- HERNANDEZ, S.; BENAVIDES, J.E. 1993. Caracterización del potencial forrajero de especies leñosas de los bosques secundarios de El Petén, Guatemala. In Seminario Centroamericano de Agroforestería y Rumiantes Menores (1., 1992, Chiquimulas, Gua.). Memorias. s.n.t. s.p. Sin publicar.
- HEUVELDOP, J.; CHANG, B. 1981. Agroforestry for improvements of deforested mountains lands in Costa Rica: a pilot study. (Trabajo presentado en el 7mo. Congr. Mundial de IUFRO, Kyoto, Japón. 6-12 sept. 1981). Turrialba, Costa Rica, 6 p.
- JANZEN, D.H.; MARTIN, P.S. 1982. Neotropical anachronisms: The fruits the gomphotheres ate. Science (Washington), 215(1), 19-27.
- JEGOU, D.; WAELPUT, J. J.; BRUNSCHWIG, G. 1994. Consumo y digestibilidad de la materia seca y del nitrógeno del follaje de Morera (*Morus sp.*) y Amapola (*Malvabiscus arboreus*) en cabras lactantes. In: J.E. Benavides ed. "Arboles y arbustos forrajeros en América Central". Vol. I. Serie técnica, Informe técnico No. 236. Turrialba, C.R. CATIE. pp. 155-162.
- JIMENEZ, R. 1983. Situación forestal y medidas proteccionistas. In: El componente arbóreo en Acosta y Puriscal, Costa Rica. Ed. por J. Heuveltop y L. Espinoza. CATIE, Turrialba, C.R. p. 27-32.
- LIBREROS, H.F.; BENAVIDES, J.E.; KASS, D.; PEZO, D. 1993a. Productividad de una plantación asociada de Poró (*Erythrina poeppigiana*) y King Grass (*Pennisetum purpureum x P. typhoides*). I. Efecto de la adición de follaje al suelo sobre la producción y calidad de la biomasa. In Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería y Rumiantes Menores. (2., 1993, San José, Costa Rica). Memorias. Turrialba, Costa Rica. Comisión Nacional para el Desarrollo de la Actividad Caprina. p. irr. s.p. Sin publicar.
- LOPEZ, G.Z.; BENAVIDES, J.E. KASS, M.; FAUSTINO, J. 1993. Efecto de la frecuencia de poda y la aplicación de estiércol sobre la producción de biomasa de Amapola (*Malvaviscus arboreus*). In Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería y Rumiantes Menores. (2., 1993, San José, Costa Rica). Memorias. Turrialba, Costa Rica. Comisión Nacional para el Desarrollo de la Actividad Caprina. p. irr. s.p. Sin publicar.

- LOPEZ, G.Z.; BENAVIDES, J.E. KASS, M.; FAUSTINO, J. 1993. Efecto de la suplementación con follaje de Amapola (*Malvaviscus arboreus*) sobre la producción de leche en cabras estabuladas. In Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería y Rumiantes Menores. (2., 1993, San José, Costa Rica). Memorias. Turrialba, Costa Rica. Comisión Nacional para el Desarrollo de la Actividad Caprina. p. irr. s.p. Sin publicar.
- MEDINA, J.M. 1994. Observaciones sobre el consumo de follaje de Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), Tiguilote (*Cordia dentata*) y pasto Guinea (*Panicum maximum*) por cabras semi-estabuladas. In: In "Arboles y arbustos forrajeros en América Central". J.E. Benavides ed. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp 249-256.
- MEDINA, J.M.; ROUYER, B.; TEJADA, M.; LAYUS, M.; BOIRON, B. 1991. Evaluación preliminar de producción de biomasa de nueve especies de árboles en plantaciones naturales. In Reunión Anual del Programa de Cabras del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (3., 1991, El Zamorano, Hond.). Memorias. Tegucigalpa, C.R. CATIE. p.irr. (mimeo.).
- MENDIZABAL, G.; ARIAS, R.; BENAVIDES, J.E.; RIOS, E.; MARROQUIN, F. 1993. Utilización del follaje de plantas silvestres en la alimentación de rumiantes, en el Altiplano Occidental de Guatemala. s.n.t. 33 p. Sin publicar.
- MEZA, T.A.; BONILLA, H. 1990. Areas naturales protegidas de Costa Rica. Ed. Tecnológica de Costa Rica. Cartago, C.R. 320 p.
- MINSON, D.J.; McLEOD M.N. 1970. The digestibility of temperate and tropical grasses. Proc. XI Int. Grassl. Congr., Surfers Paradise, Queensland, Australia. p. 719-722.
- MORALES, M.A. 1983. Preferencias alimenticias entre dos especies de herbívoros (ganado vacuno y venado cola blanca). In. Conservación y manejo de la fauna silvestre en Latinoamérica. (Simposio, 10-11 oct., 1983, Arequipa, Perú). Contribuciones. Aguilar F., P.G., Ed. Lima, Perú. WWF/APECO. p.99
- NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY. 1992. The coexistence of indigenous peoples and the natural environment in Central America. Color (mapa).
- OVIDO, J. F. 1995. Morera (*Morus* sp.) en asocio con Poró (*Erythrina poeppigiana*) y como suplemento para vacas lecheras en pastoreo. Tesis M.Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 86 p.
- OVIDO, F.J.; BENAVIDES, J.E.; VALLEJO, M. 1993. Evaluación bioeconómica de un módulo agroforestal con cabras en el trópico húmedo In Sem. Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería y Rumiantes Menores. (2., 1993, San José, Costa Rica). Memorias. Turrialba, Costa Rica. Comisión Nacional para el Desarrollo de la Actividad Caprina. p. irr. s.p. Sin publicar.
- RAUN, N.S. 1982. The emerging role of goats in world food production. In International Conference of Goat Production and Disease, 3ra., Tucson, Ariz., EE.UU. Proceedings. Dairy Goat Journal, 1982. p. 133-141.
- REYES, E.; MEDINA, J.M. 1992. Comportamiento alimenticio de cabras pastoreando y ramoneando en un sitio de matorral de la zona Sur de Honduras. In Sem. Centroamericano de Agroforestería y Rumiantes Menores (1., 1992, Chiquimulas, Gua.). Memorias. s.n.t. s.p.
- RODRIGUEZ, Z.; BENAVIDES, J.E.; CHAVES, C.; SANCHEZ, G. 1987. Producción de leche de cabras estabuladas alimentadas con follaje de Madero negro (*Gliricidia sepium*) y de Poró (*Erythrina poeppigiana*) y suplementadas con plátano pelipita (*Musa* sp. cv. "Pelipita"). In *Gliricidia sepium* (Jacq.)

Walp.: management and improvement (1987, Turrialba, C.R.). Proceedings of a Workshop. Ed. by D. Withington; N. Glover; J.L. Brewbaker. Honolulu, Hawaii, EE.UU., NFTA. p. 212-216.

ROJAS, H. 1992. Análisis económico de la producción de leche de cabras alimentadas con diferentes niveles de Morera (*Morus* sp.) como suplemento al King grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*). Borrador de informe de práctica dirigida para obtener el título de bachiller. San José C.R., Univ. Estatal a Distancia. s.p.

ROJAS, H.; BENAVIDES, J.E. 1992. Producción de leche de cabras alimentadas con pasto y suplementadas con altos niveles de Morera. In Sem. Centroamericano de Agroforestería y Rumiantes Menores (1., 1992, Chiquimulas, Gua.). Memorias. s.n.t. s.p.

SANDS, M.W. 1983. Las cabras y la desertificación. Turrialba, C. R. CATIE. 23 p. In Curso Intensivo de Producción Caprina. (1983, Turrialba, C.R.). p.irr.

SKERMAN, P.J.; CAMERON, D.G.; RIVEROS, F. 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. Roma, FAO. 707 p.

SKERMAN, P.J.; RIVEROS, F. 1992. Gramíneas tropicales. Roma. FAO. 850 p.

STOBBS, T.H. 1975. Factors limiting the nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production. *Tropical Grasslands* 9(2): 141-150.

TOSI Jr., J.A.; VOERTMAN, R.F. 1977. Máximo aprovechamiento de los bosques. México. Bosque y fauna. 14(1),18-30. También en UNASYLVA vol.27 No.110.(1975).

UNESCO. 1979. Tropical grazing land ecosystems. France. UNESCO/FAO. 665 p.

VALLEJO, M.; LAPOYADE, N.; BENAVIDES, J.E. 1993. Evaluación de la aceptabilidad de forrajes arbóreos por cabras estabuladas en Puriscal, Costa Rica. In Seminario Centroamericano de Agroforestería y Rumiantes Menores (1., 1992, Chiquimulas, Gua.). Memorias. s.n.t. s.p.

VALLEJO, M.A. 1995. Efecto del premarchitado y la adición de melaza sobre la calidad del ensilaje de diferentes follajes de árboles y arbustos tropicales. Tesis Mag.Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 98 p.