

Modelaje de opciones silvopastoriles sostenibles para el sistema ganadero de doble propósito en el trópico húmedo¹

Javier Botero², Muhammad Ibrahim³, Bastiaan Bouman⁴,
Hernán Andrade⁵, Juan Carlos Camargo⁵

Palabras claves: Análisis financiero, programación lineal, uso de la tierra

RESUMEN

Programación lineal y el programa PASTOR fueron utilizados para modelar una finca ganadera de 70 ha que podría incluir: 1) pasturas naturales con y sin cercas vivas; 2) mezclas de *Brachiaria brizantha/Arachis pintoi*; 3) pasturas en callejones (*B. brizantha/Erythrina berteroana*) y 4) pastoreo en plantaciones de *Tectona grandis*. En todos estos sistemas modelados se consideró la posibilidad de plantar *T. grandis* en linderos, excepto en suelos infértiles y mal drenados. Si el precio de la leche se incrementa 10 o 25%, el modelo predice que la producción de leche se incrementaría 14 o 41%, respectivamente. El modelo predice máximos ingresos netos cuando se plantan linderos de *T. grandis* en pasturas naturales o mezclas de *B. brizantha/A. pintoi*. El pastoreo de plantaciones de *T. grandis* no parece ser una alternativa atractiva en fincas ganaderas, a menos que los precios de la madera se incrementen en un 10%.

MODELLING OF SUSTAINABLE SILVOPASTORAL OPTIONS FOR DUAL PURPOSE CATTLE SYSTEMS IN THE HUMID TROPICS

SUMMARY

Linear programming and the "PASTOR" programme were used to model a cattle farm of 70 ha which could include: 1) natural pasture with and without living fence posts; 2) a *Brachiaria brizantha/Arachis pintoi* mixture; 3) an alley pasture (*B. brizantha/Erythrina berteroana*); and 4) grazing in *Tectona grandis* plantations. In all land use options modelled, planting *T. grandis* in borderlines was considered, except with infertile poorly drained soils. If current milk prices were increased by 10 or 25%, the model predicts that milk production will increase by 14 or 41%, respectively. Growing *T. grandis* in borderlines of natural and *B. brizantha/A. pintoi* pastures were the land use systems selected by the model to maximise net returns. Grazing of *T. grandis* plantations does not appear to be attractive for cattle farms unless timber prices increase by 10%.

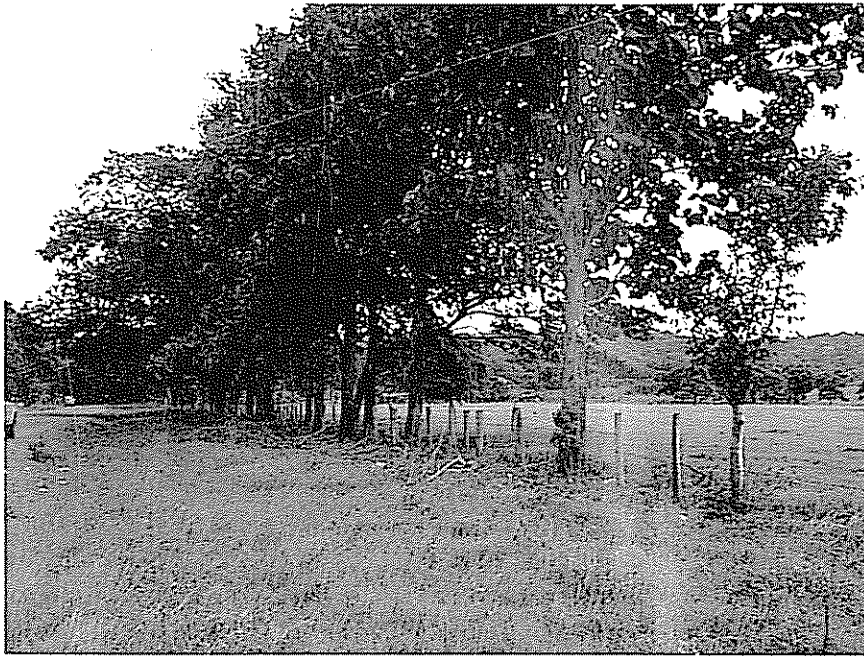
INTRODUCCIÓN

La insostenibilidad de los sistemas de producción animal en los trópicos se debe principalmente a la degradación de las pasturas (Toledo, 1994). En pasturas degradadas, la capacidad de carga se puede reducir en un 65% (Hordward, 1988). Un gran porcentaje del ganado en América Central se está explotando en el sistema de doble propósito; ya que la leche genera utilidades y proporciona un flujo constante de caja para el funcionamiento de la finca (Kaimowitz, 1996). Una opción viable para el manejo sostenible de la ganadería, son los sistemas silvopastoriles. El objetivo de esta investigación fue desarrollar un modelo de maximización, a través de programación lineal (Hillier y Lieberman, 1986), que permitiera evaluar sistemas ganaderos sostenibles en la Zona Atlántica de Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó información colectada en la Zona Atlántica de Costa Rica. Se analizaron varias alternativas de producción animal para pasturas degradadas. La función objetivo maximizó el ingreso neto, utilizando coeficientes técnicos generados por PASTOR (Pasture and Livestock Technical Coefficients Generator) (Bouman y Nieuwenhuys, 1998). La información se obtuvo de 50 entrevistas a productores de la región y de fuentes secundarias. El modelo de programación lineal es desarrollado en GAMS 2.25 (Brooke *et al.*, 1992). Los escenarios se desarrollaron para una finca de 70 ha (promedio encontrado en las entrevistas), de las cuales el 43% son SFW (suelos desarrollados de depósitos aluviales jóvenes); el 43% son SIW (suelos viejos, bien drenados, de baja fertilidad, con pendiente entre 10 y

¹ Basado en Botero JA (1998) Exploración de opciones silvopastoriles para la sostenibilidad del sistema doble propósito en el trópico húmedo. Tesis Mag Sc., CATIE, Turrialba Costa Rica 99 p. ² MSc Agroforestería Tropical, CATIE, 1998. ³ CATIE, Turrialba, Costa Rica. mibrahim@catie.ac.cr. ⁴ IIRRI, Filipinas. ⁵ Asistentes de investigación, CATIE. handra@catie.ac.cr; jcamarg@catie.ac.cr



La plantación de *Tectona grandis* en linderos de pasturas naturales y mejoradas es la opción más viable para maximizar los ingresos de la finca (Foto: L. Meléndez)

20%, principalmente Oxisoles e Inceptisoles) y el 14% son SFP (suelos jóvenes aluviales, bien drenados, de alta fertilidad (Inceptisoles y Andosoles).

Los sistemas de uso de la tierra que se modelaron fueron: 1) pastura natural con y sin *Tectona grandis*; 2) *Brachiaria brizantha* más *Arachis pintoi* con y sin *T. grandis*; 3) pasturas en callejones (*B. brizantha-Erythrina berteroana*) y 4) plantaciones puras de *T. grandis*. Se consideró la siembra de *T. grandis* en linderos, excepto en el caso de suelos infértiles y mal drena-

dos. Se evaluó el efecto de incrementos o decrementos del precio (10 o 25%) de la leche y de la madera sobre los ingresos netos y el uso de la tierra en la finca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aumento del precio de la leche en 10 y 25%, generó un incremento (10 a 42%) en la producción de leche de la finca y de los ingresos netos (Cuadro 1), pero el volumen de madera producido en la finca fue estable (130–140 m³ año⁻¹). En términos del uso de la tierra, incrementos en el precio de la leche estimularon la plantación de pasturas mejoradas o pasto natural (Cuadro 2). La siembra de *B. brizantha*/*A. pintoi* (12–18 ha) enriquecida con *T. grandis* fue importante para maximizar los ingresos de la finca, debido a que estas pasturas pueden soportar carga animal

alta (6 animales ha⁻¹), además de producir madera. El establecimiento de plantaciones puras de *T. grandis* podría ser un uso importante de la tierra (34% de la finca) si el precio de la madera se incrementa en un 10% (Cuadro 3). Con los precios actuales de la madera, el alto costo de establecimiento y manejo y el largo plazo de los ingresos no hacen atractivo el establecimiento de plantaciones puras (Holmann *et al.*, 1992; Holmann y Estrada, 1997). Los sistemas que permiten la producción ganadera junto con la forestal, como linderos con maderables en potreros y árboles dispersos, son mas

Cuadro 1. Efecto de cambios en el precio de la leche sobre el ingreso neto y producción de leche y madera en fincas de la Zona Atlántica de Costa Rica.

Parámetro	Escenario (Cambios en precio de leche)				
	-25%*	-10%	BASE	+10%	+25%
Precio de leche (colones l ⁻¹)	45	54	60	66	75
Ingreso neto (1000 colones ha ⁻¹ año ⁻¹)	32.8	39.6	44.0	48.7	57.5
Leche (kg año ⁻¹)	52274	52274	52274	59801	73773
Madera (m ³ año ⁻¹)	140	140	140	130	140

* tasa de cambio: 1\$US = 250 colones (junio 1998)

Cuadro 2. Efecto de cambios en el precio de la leche sobre el área (ha) dedicada a diferentes usos de la tierra en una finca ganadera de 70 ha de la zona Atlántica de Costa Rica.

Uso de la tierra (ha)	Precio de la leche (colones l ⁻¹)				
	45	54	60*	66	75
<i>Brachiaria erecta</i>	0	0	0	0	10
Pasto natural + cerca muerta	0	0	0	9	0
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i> + <i>T. grandis</i>	12	12	12	14	18
Pasto natural + <i>T. grandis</i>	46	46	46	46	40
Plantación de <i>T. grandis</i>	2	2	2	0	2
Sin uso	10	10	10	1	0

*Precio de leche en el escenario base (junio 1998).



El establecimiento de plantaciones forestales puras de *Tectona grandis* en fincas ganaderas solo sería atractiva si los precios de la madera aumentan un 10% sobre el precio actual (foto: L Meléndez)

Cuadro 3. Efecto de un incremento del 10% en el precio local de la madera sobre el área (ha) dedicada a diferentes usos de la tierra en una finca ganadera de 70 ha de la zona Atlántica de Costa Rica.

Uso de la tierra	Precio de la madera (colones m ³)	
	17500	19250
Pasto natural + <i>Tectona grandis</i>	46	0
<i>Brachiaria brizantha</i> + <i>Arachis pintoi</i> + <i>T. grandis</i>	13	5
Plantación de <i>T. grandis</i>	1	30
Sin uso	10	35

Tasa de cambio: 1 US\$ = 250 colones (junio 1998).

atractivos debido a que permiten ingresos en el corto plazo. En otros estudios, el enriquecimiento de cercas vivas con árboles maderables contribuyó a un aumento de 15 % en los ingresos de las fincas lecheras (Holmann *et al.*, 1992).

CONCLUSIONES

La plantación de *T. grandis* en linderos de pasturas naturales y mejoradas fue la opción más viable para maximizar los ingresos de la finca. El establecimiento de plantaciones forestales puras de *T. grandis* en fincas ganaderas solo sería atractiva si los precios de la madera aumentan un 10% sobre el precio actual.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Bouman BAM and Nieuwenhuys A (1998) Exploring sustainable beef cattle farming options in the humid tropics: a case study for the Atlantic Zone of Costa Rica. In International Seminar on Agrarian Policies: A Decision Making Opportunity (1998 Heredia, Costa Rica). Proceedings. Heredia Universidad Nacional. 23 p
- Brooke A, Hendrick D and Meeraus A (1992) GAMS Release 2.25 A user's guide. Boyd & Fraser publishing company USA. 289 p
- Hillier PBR and Liebezman G J (1986) Introduction to Operations Research 4th ed. Hoden Day, USA 887 p
- Hordward P (1988) Cattle subsystem expansion in Honduras and Nicaragua: the creation of a relative surplus population as a primordial cause of deforestation. In World Rural Sociology Congress (7 1988, Bologna, Italy) pp. 45-70
- Holmann F, Romero F, Montenegro J, Chana C, Oviedo E y Baños A (1992) Rentabilidad de sistemas silvopastoriles con pequeños productores de leche en Costa Rica: Primera aproximación. Turrialba 42 (1): 79-89
- Holmann F y Estrada R (1997) Alternativas agropecuarias en la región Pacífico Central de Costa Rica: Un modelo de simulación aplicable a sistemas de doble propósito. In: C. Lascano; F. Holmann (eds.) Conceptos y Metodologías de Investigación en Fincas con Sistemas de Producción Animal de Doble Propósito. Cali Colombia. CIAT/CONSORCIO TROPILECHE pp. 134-152
- Kaimowitz D (1996) Livestock and deforestation in Central America in the 1980s: a policy perspective. Jakarta, Indonesia Center for International Forestry research (CIFOR) 88 p
- Toledo JM (1994) Livestock productions on pasture: parameters for sustainability. In: Holman J (ed) Animal Agriculture and Natural Resources in Central America: Strategies for Sustainability; Proceedings of a Symposium/Workshop. San José Costa Rica. pp 125-136