

Productividad de *Panicum maximum* bajo *Pinus caribaea*¹

Luis Gallo², Eduardo Somarriba³, Muhammad Ibrahim³, Glenn Galloway³

Palabras claves: Costa Rica, índices de densidad de rodal, modelos de regresión, sistemas silvopastoriles

PRODUCTIVITY OF *Panicum maximum* BELOW *Pinus caribaea*

RESUMEN

SUMMARY

Se estudió la productividad de *Panicum maximum* bajo rodales de *Pinus caribaea* de diferentes densidades arbórea. Se evaluaron cinco modelos de regresión y cinco índices de densidad de rodal (área basal, factor de cubrimiento de copas, índice de Reineke, espaciamiento relativo, biomasa de follaje). La productividad de *P. maximum* decreció a medida que aumentó la densidad del rodal. Se recomienda utilizar un modelo exponencial negativo ($y = 52.517 e^{-0.104x}$; $y = \text{kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$; $x = \text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$), con área basal (x) como índice de densidad de rodal, para modelar la productividad (y) de *P. maximum* bajo *P. caribaea*.

The productivity of *Panicum maximum* was studied under stands of *Pinus caribaea* with different tree densities. Five regression models and five stand density indexes (basal area, crown cover factor, Reineke's index, relative spacing, foliage biomass) were evaluated. The productivity of *P. maximum* decreased as the tree stand density increased. Stand basal area (x) and a negative exponential function ($y = 52.517 e^{-0.104x}$; $y = \text{kg DM ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$; $x = \text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$) are recommended to model the productivity (y) of *P. maximum* under *P. caribaea*.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los árboles y la respuesta de la vegetación del sotobosque constituyen dos aspectos determinantes del manejo silvopastoril para la producción simultánea de madera y forraje. El objetivo de este estudio fue evaluar cinco diferentes formas funcionales y cinco índices de densidad de rodal forestal para modelar los cambios de la productividad de *Panicum maximum* bajo rodales de *Pinus caribaea* de diferentes densidades.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una finca localizada en Pavones, Turrialba (9°54' N, 83°7' O; altitud 600 m; 3240 mm año⁻¹; humedad relativa 89%). Los suelos se clasifican como Typic Tropohumult y Typic Humitropept. Las plantaciones de *P. caribaea* (un total de 532 ha) fueron establecidas entre 1976-1981 con el objetivo de producir pulpa para papel. El espaciamiento inicial fue de 2.5 x 2.5 m (1600 árboles ha⁻¹). Se establecieron seis parcelas permanentes para medición del crecimiento de las pasturas bajo rodales con 10 - 20 m² ha⁻¹ de área basal. Las parcelas midieron 1000 m² (50 x 20 m) de

área útil y 1400 m² de bordes. Las seis parcelas se ralearon en el año 1986, reduciendo el área basal a 8-14 m² ha⁻¹. Entre 1985-1990 se midió en estas parcelas el crecimiento de los árboles, la composición botánica de la pastura y la productividad de *P. maximum*.

Los modelos evaluados fueron: $y = a + b x$; $y = a + b \log(x)$; $\log y = a + b x$; $y = a e^{bx}$; $y = a b^{-x}$, siendo "y" el crecimiento de *P. maximum* (kg MS ha⁻¹ día⁻¹) y "x" los índices de densidad de *P. caribaea*. Se probaron los siguientes índices de densidad de rodal: área basal, índice de Reineke (Reineke, 1933), factor de cubrimiento de copas (Krajicek *et al.*, 1961), espaciamiento relativo (Wilson, 1946) y biomasa de follaje utilizando la ecuación presentada por Egunjobi (1976).

RESULTADOS

La productividad de *P. maximum* varió entre 3 - 23 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ (Cuadro 1). La productividad de la pastura disminuyó a medida que aumentó la densidad de los rodales (Figura 1). Los modelos de regresión explicaron ($p < 0.01$) entre 39-62% de la variación en productividad de *P. maximum*.

¹ Basado en Gallo L (1998) Crecimiento de *Panicum maximum* bajo *Pinus caribaea*: relaciones dosel - pradera. Tesis Mag Sc CATIE, Turrialba, Costa Rica. 82 p. ² MSc Agroforestería Tropical CATIE. 1998 Forest@micro.edu.uy. ³ CATIE, Turrialba, Costa Rica. esomarri@catie.ac.cr; mibrahim@catie.ac.cr; galloway@catie.ac.cr

Cuadro 1. Productividad de *Panicum maximum* e indicadores de densidad de *Pinus caribaea* por parcela e intervalos de medición (1986-1990). Pavones, Costa Rica.

Parcela	Intervalo	<i>P. maximum</i>		Indicadores de densidad de <i>P. caribaea</i>			
		MS	g	IDR	CCF	RS	BC
1	1	17	14	311	48	25	6207
1	2	9	19	392	59	22	9742
1	3	4	21	427	64	19	12736
2	1	23	14	295	44	31	6926
2	2	15	17	341	50	25	10337
2	3	8	20	394	57	24	13066
2	4	4	22	417	60	23	15020
3	1	15	14	292	43	27	8302
3	2	9	18	360	52	24	12072
3	3	5	19	371	53	23	14130
4	1	17	9	191	29	35	3950
4	2	18	10	210	32	33	5188
4	3	13	12	247	37	29	7300
4	4	10	13	269	39	27	8603
5	1	17	12	263	40	28	5284
5	2	20	17	349	52	23	9089
5	3	10	19	383	57	21	11749
5	4	6	20	405	59	19	13410
6	1	22	9	194	30	32	3410
6	2	12	12	258	38	29	5764
6	3	7	15	306	45	26	8412
6	4	3	16	329	48	22	10788

g = área basal (m² ha⁻¹); MS= materia seca (kg ha⁻¹ día⁻¹); IDR = índice de densidad de rodal; CCF = factor de cubrimiento de copas(%); RS = índice de espaciamiento relativo(%); BC = biomasa de follaje del rodal (kg ha⁻¹). Los intervalos de medición promedian el crecimiento de *P. maximum* entre 1986 - 1990.

DISCUSIÓN

Los modelos exponencial negativo y lineal fueron los que mejor explicaron la disminución de la productividad de *P. maximum* ante incrementos de la densidad de rodales de *P. caribaea*. Estas observaciones fueron consistentes con resultados de zonas templadas con *Pinus ponderosa* (Mitchell y Bartling, 1991). El modelo $y = a e^{-bx}$ resulta el más indicado de los modelos evaluados en este estudio porque: 1) es linealizable ($\log y = a - bx$) y esto permite estimar un coeficiente de determinación mediante mínimos cuadrados; 2) es sencillo; 3) la variable dependiente e independiente se miden en escalas naturales, fáciles de interpretar y 4) tiende a cero a altas densidades de rodal y no hacia valores negativos como ocurre con los modelos lineales.

El poder predictivo de los índices de densidad sobre la productividad de la pradera fueron todos muy similares y se podría utilizar cualquiera. El área basal y el índice de Reineke son funciones directas del dap y de la población del rodal (N). El factor de cubrimiento de copas se basa en una estimación de los diámetros de copa en función del dap para calcular la proyección de la copa y extrapolar la superficie de copas a una hectárea. Su cálculo, por lo tanto, depende nuevamente del dap y de N. La biomasa de copa es también una estimación alométrica basada en el dap y la altura, ajustada por N. El único índice que no incorpora explícitamente el dap es el espaciamiento relativo (RS), el cual se calcula en función de la altura dominante y del espaciamiento medio de los árboles (el cuál es una medida de N). Sin embargo, si tomamos en cuenta que existe una fuerte correlación entre dap y altura ($r = 0.73$), no es de extrañar que la capacidad explicativa de RS sea muy similar a la de los indicadores basados en el dap.

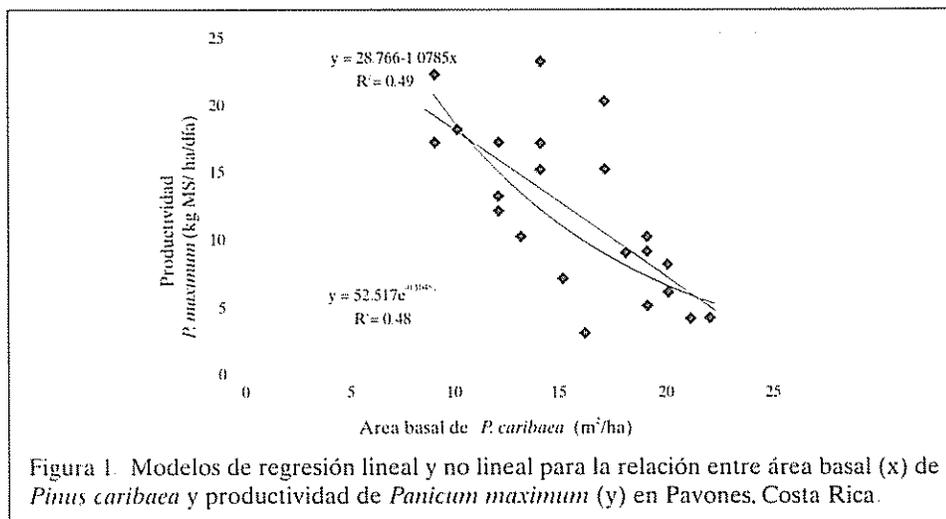


Figura 1. Modelos de regresión lineal y no lineal para la relación entre área basal (x) de *Pinus caribaea* y productividad de *Panicum maximum* (y) en Pavones, Costa Rica.



La productividad de *Panicum maximum* bajo *Pinus caribaea* disminuyó a medida que aumentó la densidad de los rodales (Foto: E. Somarriba)

En este estudio, la población de los rodales después del raleo en 1986 se mantuvo constante durante el período de mediciones, por lo que el comportamiento de los índices de densidad refleja el desarrollo en el dap de los rodales. De los índices evaluados, el área basal es el más fácil de calcular e interpretar y se utiliza normalmente para prescribir raleos, lo que permite planificar el manejo para la producción simultánea de madera y forraje.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El rendimiento de *P. maximum* se redujo a medida que aumenta la densidad de los rodales de *P. caribaea*. Se recomienda utilizar una función exponencial negativa

con el área basal como variable independiente para modelar esta relación. Es necesario investigar más sobre el crecimiento de *P. maximum* a bajas densidades de rodal.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Egunjobi JK (1976) An evaluation of five methods for estimating biomass of an even-aged plantation of *Pinus caribaea* L. *Oecologia Plantarum* 11(2): 109-116
- Krajicek JE, Brinkman KA and Gingrich SF (1961) Crown competition - a measure of density. *Forest Science* 7:36-42
- Mitchell JE and Bartling PN (1991) Comparison of linear and no linear overstory-understory models for ponderosa pine. *Forest Ecology and Management* 42:195-204
- Reineke LH (1933) Perfecting a stand-density index for even aged forest. *Journal of Agricultural Research* 46:627-638
- Wilson FG (1946) Numerical expression of stocking in terms of height. *Journal of Forestry* 77(8):483-486