

Evaluación agronómica de ocho gramíneas mejoradas en un sistema silvopastoril con poró (*Erythrina poeppigiana*) en el trópico húmedo de Turrialba

Julio Bustamante¹
Muhammad Ibrahim²
John Beer³

Palabras clave: evaluación agronómica, gramíneas mejoradas, materia seca, biomasa, sistema silvopastoril, *Erythrina poeppigiana*, Costa Rica.

¹ M.Sc. Agroforestería, CATIE, 1991. Telefax: 416-7878

² Investigador, CATIE. Tel: (506) 556-6418. E-mail: mibrahim@catie.ac.cr

³ Profesor Investigador Principal, CATIE. Tel: (506) 556-7830. E-mail: jbeer@catie.ac.cr

RESUMEN

Se estudió el comportamiento agronómico de ocho gramíneas mejoradas: *Brachiaria brizantha*, CIAT 6780 (Bb 6780); *B. brizantha*, CIAT 664 (Bb 664); *B. dictyoneura*, CIAT 6133 (Bd 6133); *B. humidicola*, CIAT 6369 (Bh 6369); *Panicum maximum*, CIAT 16061 (Pm 16061); *P. maximum*, CIAT 16051 (Pm 16051); *Cynodon nlemfuensis* (Cn) y *Pennisetum purpureum* cv enano (EE) establecidas a pleno sol o asociadas con *Erythrina poeppigiana* (podado cada seis meses) en Turrialba, Costa Rica (600 msnm, temperatura promedio de 22°C y 2636 mm precipitación anual) Se utilizó un diseño de bloques al azar, en un arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones de las parcelas principales, donde las parcelas principales fueron la presencia/ausencia de *E. poeppigiana* y las parcelas pequeñas fueron las ocho gramíneas seleccionadas

Los mayores valores para el índice de área foliar (IAF) fueron observados con Pm 16051 (8.7), Pm 16061 (5.5) y Bh 6369 (4.9) bajo *E. poeppigiana*. Los IAF de las gramíneas fueron mayores en la asociación con árboles excepto para EE, Bb 664 y Bd 6133. En la asociación con árboles, disminuyó la relación hoja:tallo (H:T) en todas las gramíneas y aumentó la producción de materia seca (MS), con excepción de EE y Bd 6133. Sin embargo, la producción de todas las gramíneas disminuyó cuando se acercaron al tronco del árbol. Los mayores valores de producción de MS fueron para *P. maximum* asociado con *E. poeppigiana*.

AGRONOMIC EVALUATION OF EIGHT IMPROVED GRASSES GROWN IN SILVOPASTORAL SYSTEMS WITH *Erythrina poeppigiana* IN THE HUMID TROPICS OF TURRIALBA, COSTA RICA

ABSTRACT

The agronomic behaviour of eight improved grasses (*Panicum maximum*, CIAT 16061 (Pm 16061); *P. maximum* CIAT 16051 (Pm 16051); *Brachiaria brizantha*, CIAT 6780 (Bb 6780); *B. brizantha*, CIAT 664 (Bb 664); *B. dictyoneura*, CIAT 6133 (Bd 6133); *B. humidicola* CIAT 6369 (Bh), *Pennisetum purpureum* cv Dwarf (EE) and *Cynodon nlemfuensis* (Cn) established in full sunlight and in association with *Erythrina poeppigiana* (pruned every 6 months) was studied in Turrialba, Costa Rica (600 masl; Temp 22°C; ppt 2636 mm/yr) A randomised complete block design with four repetitions of the main plots was used, with the main plots being the presence/absence of *E. poeppigiana* and a split plot arrangement for the graminacea.

Leaf area index (LAI) was highest for Pm 16051 (8.7), Pm 16061 (5.5) and Bh 6369 (4.9) associated with *E. poeppigiana*. LAI of the grass species was higher in the tree association except for EE, Bb 664 and Bd 6133. Leaf stem ratio (LSR) of all the grasses decreased and dry matter (DM) yields increased, with the exception of EE and Bd 6133, in the tree association. However yields of grasses decreased close to the tree trunks. Highest DM yields were observed with the *P. maximum* associated with *E. poeppigiana*.

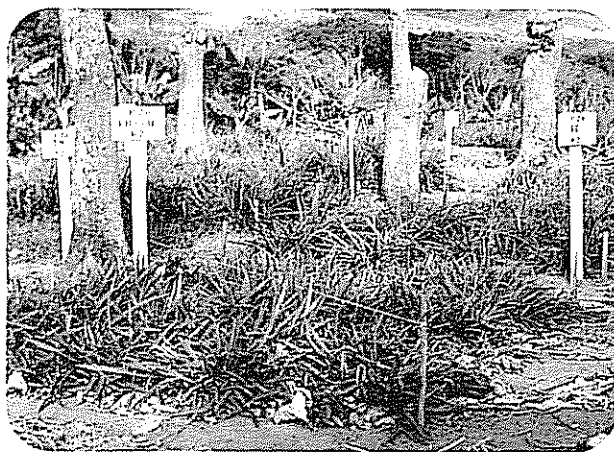
INTRODUCCIÓN

La ganadería es una de las actividades más importantes del agro en América Central. La alimentación del ganado se basa casi exclusivamente en pastos. Más del 60% de las tierras de ladera – que por sus características son muy susceptibles a sufrir una acelerada degradación – son pasturas (Lindarte y Benitoi, 1993). El uso de tecnologías no apropiadas propicia la reducción de la fertilidad del suelo y promueve el rebrote de pastos nativos de baja producción y calidad, lo que disminuye la productividad de las fincas. En los últimos años instituciones como el CIAT, CATIE y EMBRAPA han dedicado muchos esfuerzos a la selección de especies forrajeras que se adapten a diferentes condiciones edafoclimáticas. Resultados publicados para el trópico húmedo de Costa Rica muestran que especies como *Bracharia brizantha* (Ibrahim, 1994), *Panicum maximum* (Vallejos *et al.*, 1989) y *Pennisetum purpureum* Cv Mott (Ibrahim, 1989) son capaces de producir más de 20 ton MS/ha/año. Sin embargo, la persistencia de estas y otras gramíneas mejoradas depende de un adecuado manejo, de la fertilidad del suelo y en particular, de la disponibilidad de nitrógeno y fósforo.

Los sistemas silvopastoriles reúnen una serie de atributos que los hace atractivos para los productores: reciclan nutrientes del suelo, contribuyen al control de la erosión y producen forrajes y otros productos de valor como frutas y madera (Carvalho, 1997). Experimentos realizados en CATIE mostraron que árboles forrajeros como *Erythrina poeppigiana*, con cortes cada seis meses, pueden reciclar hasta 270 kg de nitrógeno/ha/año (Kass *et al.*, 1989; Alpizar, 1989), lo que representa una cantidad significativa de nutrimentos capaz de mantener altos niveles de producción en las gramíneas mejoradas.

A pesar de que hay referencias sobre el uso de diferentes gramíneas en el trópico (Miranda *et al.*, 1989; Monteiro *et al.*, 1982; Muñoz, 1985), son escasos los trabajos sobre gramíneas forrajeras que se adapten a condiciones de asocio con árboles en América Central y el Caribe. Estudios realizados por Bazill (1987) en el trópico húmedo de Costa Rica mostraron que las leguminosas se comportaron diferente bajo plantaciones de *Pinus caribaea* var *hondurensis*, observándose mayores producciones con *Centrosema* spp., *Desmodium* spp.,

Flemingia congesta y *Galactia striata*. Bajo condiciones similares, Bronstein (1984) observó que *Cynodon nlemfuensis* tuvo mayor producción de materia seca en asocio con *Erythrina poeppigiana* en relación con *Cordia alliodora* y el testigo (pleno sol).



Los árboles de *Erythrina poeppigiana* se manejaron con podas cada 6 meses, pesando su follaje antes de distribuirlo uniformemente entre las parcelas de gramíneas (Foto M. Ibrahim)

El presente trabajo pretende determinar cuáles gramíneas resultan altamente promisorias desde el punto de vista agronómico al asociarse con *E. poeppigiana*, para incorporarlas en sistemas silvopastoriles en condiciones del trópico húmedo bajo de Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental “La Montaña” del CATIE, ubicada en Turrialba (602 msnm, 2636 mm de precipitación y 22 °C de temperatura promedio). Los suelos son Typic Humitropept (Kass *et al.*, 1989), con textura franco-arcillosa, pH de 5 y un contenido de materia orgánica promedio de 6.18%.

Los tratamientos estuvieron dispuestos en un arreglo factorial con dos sistemas de cultivo: asociados con *E. poeppigiana* y en monocultivo de pasto como parcelas principales (Bustamante, 1991). Se utilizó un diseño de bloques al azar, en un arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones de las parcelas principales. En las parcelas con *E. poeppigiana* se trabajó con un total de 16 árboles; los cuatro árboles centrales, que habían sido plantados 13 años antes utilizando una distancia de 6 x 6 m, se consideraron como parcela útil y se dejó una línea de borde. Cada una de las parcelas grandes se dividió en

dos sub-parcelas. En cada sub-parcela (dos árboles útiles) se colocaron las ocho gramíneas en estudio (cada sub-sub-parcela de una gramínea era de 2,5 x 2,5 m): *B. brizantha*, CIAT 664 (Bb 664); *B. brizantha*, CIAT 6780 (Bb 6780); *B. dictyonera*, CIAT 6133 (Bd 6133); *B. humidicola*, CIAT 6339 (Bh 6369); *P. maximum*, CIAT 16051 (Pm 16051); *P. maximum*, CIAT 16061 (Pm 16061); *P. purpureum* cv Mott (EE) y *Cynodon nlemfuensis* (Cn)

Las gramíneas se plantaron después de eliminar toda la vegetación excepto los árboles; se utilizó material vegetativo, con una distancia de 0.30 x 0.30 m para las especies rastreras y de 0.40 x 0.40 m para las especies erectas y semi-erectas (*P. purpureum*, *B. brizantha* y *P. maximum*). Antes de iniciar las mediciones se hizo un corte de nivelación a 15 cm de altura para las especies erectas y a 5 cm para las rastreras; después el ensayo se manejó con cortes y mediciones cada 35 y 42 días para las especies rastreras y erectas, respectivamente, durante 10 ciclos. *E. poeppigiana* se manejo con podas cada seis meses; el follaje se pesó antes de distribuirlo uniformemente entre las parcelas de gramíneas.

Las variables de respuesta fueron: índice de área foliar (IAF), relación hoja:tallo (H:T) y producción de materia seca (MS) de las gramíneas. Para determinar el área foliar se tomo una sub-muestra de 50 g de cada especie; las hojas se separaron para medir el área foliar con un aparato Licor 300. Posteriormente, se introdujeron en la estufa para obtener peso seco constante y poder calcular el área foliar en m² a partir de la producción de materia seca de las hojas. La cuantificación de MS se midió en dos puntos elegidos al azar en cada sub-sub-parcela (a 1 y 3 m del fuste del árbol), con un marco de 0.25 m². Se anotó el peso total y los pesos de hojas y tallos; luego se extrajo al azar una sub-muestra de forraje verde de 200 g, se determinó la MS y se multiplicó por el peso verde de toda la materia cosechada dentro del marco.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Área foliar

Las gramíneas con mayor índice de área foliar (IAF) fueron: Pm 16051, Pm 16061 y EE (Cuadro 1); todas son especies de porte erecto. En el tratamiento con árboles, entre las gramíneas decumbentes sobresale la Bh

6369, que triplica a la Bd 6133 y Bb 664 y supera sustancialmente a la Bb 6780. En promedio, las gramíneas presentaron un IAF un 15 % mayor ($p < 0.05$) cuando estuvieron asociadas con árboles. La gramínea que mostró la mayor diferencia en área foliar entre tratamientos principales fue la Bh 6369 (+ 75%), seguida de Pm 16061 (+ 31%) y Bd 6133, que fue la que tuvo mayor IAF a pleno sol.

Cuadro 1. Índice de área foliar (IAF) de ocho gramíneas establecidas a pleno sol o en una plantación de *Erythrina poeppigiana* podado cada seis meses (promedio de 5 cortes).

Gramínea	Con árboles (1)	Sin árboles (2)	Diferencias en % (1-2/2)
Pm 16051 a*	8.7	8.0	9
Pm 16061 b	5.5	4.2	31
EE c	3.5	3.6	-3
Bh 6369 d	4.9	2.8	75
Bb 6780 d	3.2	2.6	23
Bb 664 e	1.5	1.6	-6
Cn e	2.1	1.9	11
Bd 6133 e	1.5	2.1	-29
Promedio	3.9	3.4	15

* Letras iguales indican que los promedios de todos los datos para las gramíneas no difieren estadísticamente ($p < 0.05$)

Otros resultados publicados han mostrado un efecto negativo de la sombra sobre el IAF de las especies forrajeras (Wong *et al.*, 1985; Wong, 1990; Zelada, 1996). Zelada (1996) observó que el IAF de tres gramíneas, incluyendo *B. brizantha* y *P. maximum*, disminuyó en forma cuadrática cuando el nivel de luz total se redujo de 100 a 25%. En este estudio se manejó la *E. poeppigiana* con podas cada seis meses, lo que permitió un alto porcentaje de transmisión de luz e indujo a las gramíneas a tener un comportamiento diferente. Posiblemente el mayor IAF de las gramíneas se debió al efecto benéfico de los árboles de *E. poeppigiana* en las condiciones físicas y químicas del suelo, debido a la fijación de nitrógeno y el ciclaje de nutrientes por medio de las deposiciones de hojarasca producto de las podas. Carbalho (1997) reportó en Brasil mayores concentraciones de N y K de las hojas verdes de *B. decumbens* y *B. brizantha* bajo árboles de sombra que a pleno sol.

Relación hoja:tallo

El asocio con *E. poeppigiana* produjo una relación H:T más estrecha en todas las gramíneas en comparación con la obtenida en el tratamiento sin árboles. Esta relación fue más marcada en Bd 6133, Bh 6369 y Pm 16061, que tuvieron una relación H:T de 35 a 50% menor en las parcelas con árboles (Cuadro 2)

Las gramíneas Pm 16051, Bh 6369, Pm 16061 y EE mantuvieron altos valores (> 4) de relación H:T con y sin árboles, a pesar que hubo una fuerte reducción en el tratamiento con árboles. Estudios agronómicos realizados en el trópico húmedo por Vallejos *et al* (1989) con 52 accesiones mostraron que los ecotipos Pm 16051 y Pm 16061 tuvieron el mayor valor de H:T (> 4), lo que es una característica genética de esos materiales. De las especies estoloníferas, la Bh 6369 fue la que evidenció la mejor relación H:T; también resultó afectada negativamente por la presencia de los árboles

Cuadro 2. Relación hoja:tallo de ocho gramíneas establecidas a pleno sol o en una plantación de *Erythrina poeppigiana* podada cada seis meses (promedio de 10 cortes).

Gramínea	Con árboles (1)	Sin árboles (2)	Diferencias en %((1-2)/(2)x100)
Pm 16051	6.3 a*	6.9 a	-9
Bh 6369	4.6 b	7.3 a	-37
Pm 16061	4.4 b	7.0 a	-37
EE	4.3 b	6.1 a	-30
Bb 6780	3.3 b	5.0 b	-34
Bd 6133	1.5 c	3.0 b	-50
Bb 664	1.2 c	1.7 c	-29
Cn	0.9 c	1.0 c	-10
Promedio	3.3 b	4.8 a	-31

* valores con letras iguales en la misma fila no son diferentes estadísticamente (p < 0 001)

La reducción en la relación H:T cuando las gramíneas crecen en asocio con *E. poeppigiana* podría estar relacionada con el efecto de la sombra de los árboles, aunque este no fue muy fuerte. Por lo general las gramíneas presentan mayor elongación de entrenudos cuando crecen bajo sombra (artificial) o dentro de cultivos perennes, donde la luz es de baja calidad (Wilson y Ludlow, 1990). Los resultados de Zelada (1996)

muestran que la relación H:T de *B. brizantha* y *P. maximum* con niveles de sombra superiores al 50% fue reducida

Producción de materia seca

La producción de MS fue menor a un metro del fuste del árbol (Cuadro 3), especialmente para las gramíneas Pm 16061, Pm 16051 y Cn, que redujeron su producción entre un 40 y un 50%. Se supone que la baja producción de MS observada en las gramíneas más cercanas al árbol se relaciona con el mayor grado de sombra y, posiblemente, con una mayor competencia de las raíces de los árboles. Este fenómeno depende del diámetro de la copa, de la luminosidad, del sistema radicular de los árboles y de las condiciones del sitio (suelo, clima) entre otros aspectos. En contraste, en ambientes más secos (precipitación de 450 – 700 mm por año), Belsky *et al* (1993) observaron que los niveles de producción de pastura siempre fueron mayores bajo la copa de *Acacia tortilis* (691 g/m²/año) que a pleno sol (328 g/m²/año).

Cuadro 3. Producción de materia seca (kg/ha) de ocho gramíneas, a dos distancias del tallo de *Erythrina poeppigiana*, la que se podó cada seis meses (promedio de cinco ciclos).

Gramíneas	Productividad a diferentes distancias del árbol		Diferencia(%) ((1-2)/(2)x100)
	1 metro (1) (kg/ha)	3 metros (2) (kg/ha)	
Pm 16061	3988 b*	7124 a	-44
Pm 16051	4013 b	7909 a	-49
EE	2588 b	3149 a	-18
Bb 6780	2756 b	3020 a	-9
Bb 664	1611 b	1944 a	-17
Bd 6133	1612 b	1746 a	-8
Bh 6369	1861 b	2054 a	-9
Cn	1013 b	1715 a	-41
Promedio	2430	3583	-32

* valores con letras iguales en la misma fila no son estadísticamente diferentes (p < 0 001)

La producción total de materia seca de las gramíneas fue mayor en la asociación con *E. poeppigiana* excepto para EE y Bd 6133 (Cuadro 4). La producción de *P. maximum* siempre fue superior a 20 t/ha/año y aumentó entre 11-43 % cuando estuvo asociado con *E. poeppigiana*. Los resultados de Zelada (1996) mostraron que la producción

de MS de *P. maximum* 16051 y 16061 tuvo una tendencia a disminuir con mayor sombreado, pero estas especies siempre mantuvieron mayor producción comparadas con *Brachiaria brizantha* y *C. nlemfuensis*. En este estudio la producción de la mayoría de las *Brachiarias* y de *C. nlemfuensis* aumentó entre un 20 y un 50% cuando estuvieron asociados. Alpizar (1989) también reportó un aumento del 8% en la producción de *C. nlemfuensis* (sinónimo *C. plectostachyus*) cuando estuvo asociado con *E. poeppigiana* en el mismo sitio, pero cuando estuvo asociado con *Cordia alliodora* la producción se redujo en un 31% en relación con las parcelas a pleno sol.

Cuadro 4. Producción acumulativa de ocho gramíneas (kg MS/ha/5 ciclos) establecidas a pleno sol o en una plantación con *Erythrina poeppigiana* podada cada seis meses

Gramínea	Con árboles (1)	Sin árboles (2)	Diferencia % ((1-2)/2)
Pm 16061	29804 a*	20791 b	43
Pm 16051	27780 a	24987 b	11
Bb 6780	14437 a	10471 b	38
EE	14343 b	16061 a	-11
Bh 6369	9787 a	8162 b	20
Bb 664	8885 a	6175 b	44
Bd 6133	8393 b	9467 a	-11
Cn	6818 a	4490 b	52

*Valores con letras iguales en la misma fila no difieren estadísticamente ($p < 0.05$)

CONCLUSIONES

Los resultados del ensayo muestran diferencias significativas en el comportamiento de las gramíneas asociadas con *E. poeppigiana*. En relación con las otras especies, *P. maximum* 16061 y 16051 tienen mayores niveles de producción, los que aumentan en la asociación con *E. poeppigiana*. Se recomienda estudiar las gramíneas promisorias en sistemas silvopastoriles bajo pastoreo con diferentes densidades de árboles.

Debe señalarse que el manejo de la poda de árboles en pasturas requiere más mano de obra que los sistemas de pastoreo tradicionales. Estas tecnologías tienen más aplicación en sistemas de doble propósito o de leche, donde el manejo del potrero es más intensivo y la

rentabilidad es mayor en relación con los sistemas extensivos. De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, es posible que se incremente la producción de pasto si se utiliza un mayor espaciamiento entre árboles (por ejemplo 8 x 8 m) y se aumenta la frecuencia de podas de cada seis a cada cuatro meses. Esto permitiría contar con mayor radiación para el crecimiento de la vegetación herbácea cerca del fuste.



Se observaron diferencias entre las gramíneas asociadas con *E. poeppigiana*. Los *panicum* tuvieron mayores niveles de producción comparados con otras especies (Foto M. Ibrahim)

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ALPIZAR, L. 1989. Resultados del "Experimento Central" del CATIE: asociaciones de pastos y árboles de sombra. In Beer J.W., Fassbender H. y Heuvelodop J. Avances en la Investigación Agroforestal CATIE Turrialba, Costa Rica pp 237-243.
- BAZILL J.A. 1987. Evaluation of tropical forage legumes under *Pinus caribaea* var *hondurensis* in Turrialba, Costa Rica. *Agroforestry Systems* (Holanda)5: 97-108.

- BELSKY, A J; MWONGA, M.; DUXBURY, J.M 1993 Effects of widely spaced trees and livestock grazing on understory environments in tropical savannas. *Agroforestry Systems* (Holanda) 24: 1-20
- BRONSTEIN G E. 1984 Producción comparada de una pastura de *Cynodon plectostachyus* asociada con árboles de *Cordia alliodora*, con árboles de *Erythrina poeppigiana* y sin árboles. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 110 p.
- BUSTAMANTE, J 1991. Evaluación del comportamiento de ocho gramíneas asociadas con poró (*Erythrina poeppigiana*) y solas. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 131 p.
- CARBALHO, M. 1997. Asociaciones de pasturas con árboles en la región centro sur del Brasil. *Agroforestería en las Américas* 4 (15): 5-8.
- IBRAHIM, M.A. 1989. Respuesta del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* Schum) a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo en la zona húmeda de Guápiles, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 123 p.
- IBRAHIM, M.A. 1994. Productivity, compatibility and persistence of grass legume pastures in the humid tropics of Costa Rica. Ph.D. thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands 140 p.
- KASS, D.L.; BARRANTES, A.; BERMUDEZ, W; JIMENEZ, M.; SANCHEZ, J. 1989. Resultados de seis años de investigación de cultivo en callejones (alley cropping) en "La Montaña", Turrialba, Costa Rica. *El Chasqui* (C.R.) 19: 5-24.
- LINDARTE, E.; BENITO, C 1993. Sostenibilidad y agricultura de laderas en América Central. Cambio Tecnológico y Cambio Institucional. IICA Serie de documentos de Programas, No 33. 120 p.
- MIRANDA, J.; MORA, M.; PIEDRA, M.; NAVARRO, J. 1989. Evaluación de especies forrajeras para el trópico muy húmedo. I. Establecimiento y adaptación de gramíneas. Resúmenes VIII Congreso Centroamericano y del Caribe en Med. Vet. y Zootec.; San José, C.R. pp 52
- MONTEIRO, D. 1982. da C.C.M.; de LUCAS, E.D.; SOUTO, M.S. 1974. Estudio de seis especies forrajeras do género *Brachiaria*. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. Serie Zootecnia (Brasil) 9:17-20.
- MUÑOZ, M.K. 1985. La Amazonia ecuatoriana también tiene su pasto mejorado: INIAP-NAPO-701 (*Brachiaria humidicola*). *Pastos Tropicales, Boletín Informativo* (Colombia) 7:1-3
- VALLEJOS, A.; PIZARRO, E.A.; CHAVES, C.; PEZO, D.; FERREIRA, P. 1989. Evaluación agronómica de gramíneas en Guápiles, Costa Rica. 2. Ecotipos de *Panicum maximum*. *Pasturas Tropicales* (Colombia) 11(2): 10-15.
- WILSON, J.R.; LUDLOW, M.M. 1990. The environment and potential growth of herbage under plantations. In: *Forages for Plantation Crops*. Eds. H.M. Shelton and W.W. Stur. ACIAR Proceedings No. 32. pp 10-24
- WONG, C.C.; RAHIM, H.; MOHD SHARUDIN, M.A. 1985. Shade tolerance potential of some tropical forages for integration with plantations. 1. Grasses. *Mardi Res. Bull.* 13(3): 225-247
- _____. 1990. Shade Tolerance of Tropical Forages: A Review. In: *Forages for plantation crops*. ACIAR proceedings No. 32. pp 64-69.
- ZELADA, E.S. 1996. Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en la zona Atlántica de Costa Rica. Tesis MSc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 88p.