

C. Castro¹, D. Paciullo¹, M. Müller¹, C. Gomide¹, M. Pires¹, V. Souza²

¹Embrapa Ganado Lechero, R. Eugênio do Nascimento, 610, Barrio Dom Bosco, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil E-mail: castro@cnpq.embrapa.br

²UFLA-Universidad Federal de Lavras, Brasil

RESUMEN

La mezcla de árboles con pasturas es una alternativa para promover la sostenibilidad de sistemas de producción animal en pastisales. Todavía, el efecto de la sombra sobre la reproducción de gramíneas no fue esclarecido completamente y puede comprometer su autoperpetuación sexual en sistemas silvopastoriles. Para determinar el efecto de la sombra de árboles en la propagación sexual de *Brachiaria decumbens* se conducirán evaluaciones en un sistema silvopastoril implementado en 1998 cuya pastura fue establecida en bandas de 30 metros de ancho, alternadas por bandas compuestas por 4 hileras de árboles con espaciado de 3 x 3 metros. Los tratamientos fueron: sombra (medio de la banda de árboles) y sol (medio de la banda de pastura). La floración fue supervisada por el recuento de inflorescencias y posterior producción de semillas. Las semillas cosechadas al inicio de la desgrana natural fueron sometidas a la prueba de germinación y los primeros resultados fueron utilizado como estimación del vigor. El potencial de revegetación fue estimado por el recuento de las nuevas plántulas desde los semilleros. La sombra no cambió el comienzo de la floración, pero el número de inflorescencias se vio afectado, impactando negativamente en la producción de semillas. La intensidad de sombreado en que se produjeron las semillas no afectó su poder germinal, aunque las producidas en el sol fueran más vigorosas. La ausencia del efecto de la sombra en la aparición de nuevas plántulas es un indicio de no comprometer los semilleros al nivel de sombreado derivado de árboles en el sistema.

Palabras claves: *Brachiaria decumbens*, sistemas silvopascícolas, sombra, fenología, reproducción sexual

Introducción

Sistemas Silvopastoriles son asociaciones de árboles y arbustos con pasturas y herbívoros, siendo una alternativa viable para promover la sostenibilidad de los sistemas de producción animal a pastos. Sin embargo, los efectos de la reducción de la luminosidad, derivada del sombreado impuesto por los árboles, todavía no están completamente dilucidados y los estudios relacionados con el proceso reproductivo de las gramíneas consorciadas pueden contribuir a una mejor comprensión de los mecanismos implicados en su perpetuación sexual en sistemas agroforestales ganaderos. En estos sistemas, los árboles ofrecen varias ventajas para el medio ambiente y los animales; sin embargo, el sombreado puede afectar no sólo la productividad forrajera y la producción de semillas de las especies herbáceas consorciadas, pero pueden comprometer, sobre todo, el vigor y poder germinal de esos, con impactos negativos en la autoperpetuación sexual de las gramíneas, a través de la contratación de banco de semillas del suelo (semilleros) en las pasturas arboladas. La dimensión del semillero refleja la capacidad de revegetación natural de las zonas que sufrieron acción deletérea debido a alguno evento (sequía; las heladas; fuego; superpastejo), sin embargo, el sombreado resultante de los árboles puede afectar la perpetuación sexual de las especies forrajeras componentes del sistema silvopastoril, comprometiéndolo la formación, el mantenimiento y la posterior contratación de los semilleros.

Objetivos: Evaluar los efectos del sombreado de árboles consorciados en sistema silvopastoril sobre la floración, producción y calidad fisiológica de semillas y aparición de nuevas plántulas de *B. decumbens* desde los semilleros

Materiales y Métodos

Este estudio fue realizado en la Estación Experimental de Embrapa Ganado Lechero (Coronel Pacheco, Zona da Mata, MG, Brasil), donde la precipitación media mensual es de 60 mm y la temperatura media de 17°C, de abril a septiembre, y 230 mm y 24°C, de octubre a marzo. Las evaluaciones se realizaron en una pastura de *Brachiaria decumbens* establecida en bandas de 30 m de ancho, alternadas por bandas de 10 m de ancho, que consisten en cuatro filas de árboles, orientadas al norte y el sur (Figura 1), en área de Latosol rojo y amarillo, topografía montañosa, 30% de declividad. El sistema silvopastoril fue establecido en 11/1997, con braquiária cultivar Basilisk y las especies de árboles *Eucalyptus grandis* y *Acacia mangium* plantadas en espaciado de 3 x 3 m, que tenían, en 06/2007, diámetros medios a la altura del pecho de 25,50 y 20,00 cm y alturas medias de 21,70 m y 14,20 m, respectivamente. Para estimar la radiación incidente fue utilizado un ceptómetro (DECAGON, modelo 80 LP), realizandose mediciones bimestrales en días con cielo limpio, en tres momentos durante el día (9:00, 12:00 y 15:00). Tomando como referencia los valores medios de las mediciones realizadas en el sol (en el centro de la pastura, a 15 m de las bandas de árboles) obtuviese el nivel medio del sombreado de 60,20% en la porción de pastura cubierta de árboles (mediciones realizadas en el centro de la banda de árboles, entre las dos filas centrales). Los tratamientos eran: sombra (en el medio de la banda de árboles) y el sol (en el medio de la banda de pastura).

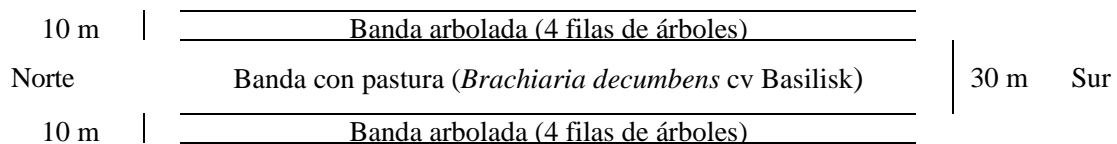


Figura 1 - disposición de bandas de árboles y pasturas en el sistema silvopastoril

El florecimiento fue supervisado por dos años (06/2007 hasta 05/2009), a través del recuento de inflorescencias contenidas en un armazón de metal de 1m². Fue adoptado el delineamiento estadístico completamente al azar, con ocho repeticiones; en cada parcela la armazón fue lanzada diez veces al azar y las inflorescencias en ella contenidas fueron contadas; la densidad media de inflorescencias de la parcela se obtuvo pela media de las diez condes. La producción media de semillas se estima por el recuento de las contenidas en diez inflorescencias, multiplicando el valor obtenido por el número medio de inflorescencias en la área de la armazón utilizada. Se evaluó la calidad fisiológica de semillas a través de su vigor y poder germinal. Las semillas fueron cosechadas (01/2008 y 01/2009) en inflorescencias que recientemente habían comenzado la degrana natural; después de secas y limpias en condiciones ambientes, fueron tratadas con solución de hipoclorito de sodio (2,5%) y sometidas a la prueba de germinación (diez repeticiones de 100 semillas cada una, siguiendo el delineamiento estadístico completamente al azar) bajo temperaturas alternadas (20/35°C); los resultados de la primera recuento de la prueba de germinación, en el séptimo día, fue considerada como estimativa de su vigor (Pollock y Roos, 1972); esta prueba se dio por terminada en el 21º día y el conteo total de plántulas normales utilizado como estimación del poder germinal de las semillas. El potencial de revegetación natural de la gramínea fue estimado por el tamaño del semillero (también conocido como banco de semillas del suelo), evaluado a través del recuento "in loco" de las plántulas originadas del mismo. Así, fueron demarcadas parcelas de 1 m² (ocho por tratamiento, siguiendo el delineamiento estadístico completamente al azar) en que se eliminó toda vegetación preexistente. Plántulas de braquiária originadas del semillero fueron contadas toda semana y retiradas de la área evaluada, sin considerar las nuevas plantas originadas de rebrotes; dichas evaluaciones se realizaron en la temporada de lluvias, en los períodos de 11/2007 hasta 05/2008 y 11/2008 hasta 05/2009. Los resultados han sido sometidos a análisis estadística usando el paquete estadístico SISVAR.

Resultados**FLORECIMIENTO**

Hubo efecto significativo de la sombra y mes del año en el florecimiento de la braquiaria (Tabla 1). A pesar de que el sombreado tenga reducido el número de inflorescencias formadas, no se vio afectado el comienzo de la floración, comportamiento similar a lo de *Setaria faberii* (Knake, 1972). Ya Cipollini (2005) constató demora en el florecimiento de plantas de *Arabidopsis thaliana* cultivadas en la sombra. Las más altas densidades de inflorescencias fueron observadas en plantas no sombreadas (Figura 2), excepto en 09 y 10/2007 y en 09, 10 y 11/2008, cuando plantas en el sol no poseían inflorescencias y en las bandas sombreadas las plantas ya tenían inflorescencias, aunque pocas, y en 02/2009, cuando la densidad de inflorescencias en sombra es 28% superior a la observada en sol, posiblemente debido a humedad del suelo ligeramente superior en las áreas sombreadas en este mes (28,83% en la banda de árboles y 27,19% en la banda de pastura) durante ocurrencia de veranillo, fenómeno común en la temporada lluviosa de esta región (Precipitación: 01/2009=278,7 mm; 02/2009=105,1 mm). Las mayores densidades de inflorescencias ocurrieron en sol en 03 y 12/2008, mientras que se ha producido un pico de florecimiento en sombra en 02/2008 y 02/2009. La constatación de que el sombreado cambia el florecimiento diverge de estudios con otras gramíneas y Oliveira y Humphreys (1986) informaron que el florecimiento de *Panicum maximum* no se vio afectado por el sombreado. Sin embargo, el efecto de la sombra en la conducta reproductiva de *Launaea taraxacifolia* se vio agravado hasta el punto donde sólo plantas no sombreadas florecieran (Sakpere y Aremu, 2008), similares a constataciones en *Cynodon dactylon* (Dong y Kroon, 1994).

Tabla 1 - Análisis de varianza de datos# relativos a la densidad de inflorescencias y número de nuevas plántulas de *B. decumbens* originadas desde el semillero, en el sol y a la sombra

	Densidad de inflorescencias			Nuevas plântulas		
	GL	OM	Pr>F	GL	OM	Pr>F
Tratamientos	1	65,724	0,000 *	1	10,199	0,077 ns
Meses	24	29,874	0,000 *	13	100,635	0,000 *
Residuo	358	0,342		209	3,226	
CV (%)		36,710			44,470	

* Significativo ($p < 0,05$)

ns - no significativo

Datos procesados para \sqrt{x}

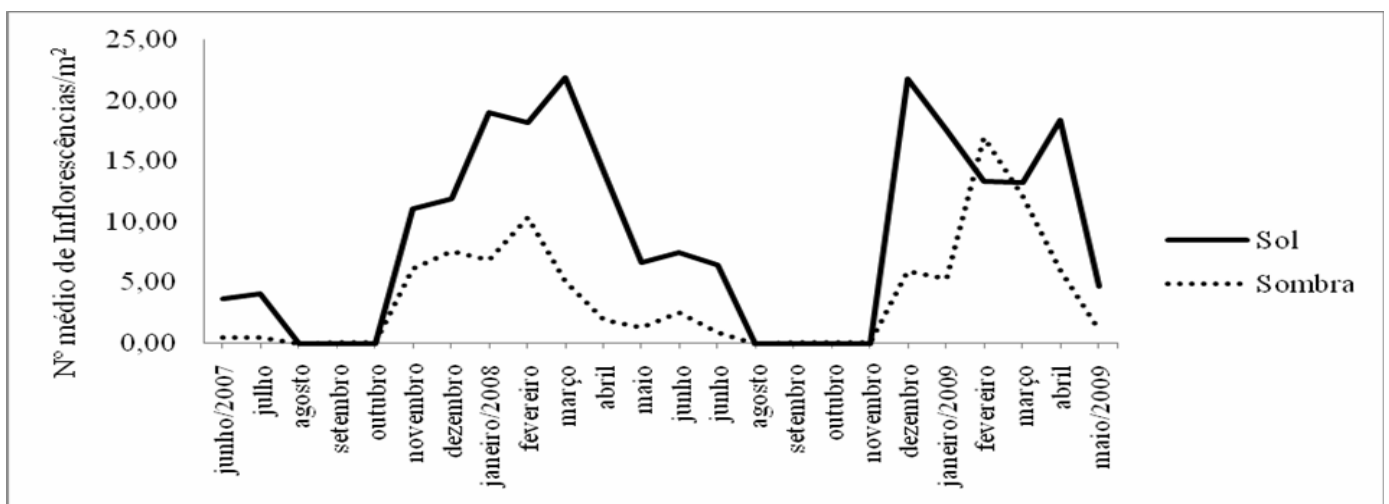


Figura 2 - Densidad media de inflorescencias de *B. decumbens* producidas en el sol y a la sombra

PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

En la Tabla 2 se nota que el número medio de semillas/inflorescencia era aproximadamente el mismo para ambos tratamientos; esta variable fenológica parece ser una característica asociada a la especie, poco afectada por

los tratamientos probados. Benvenuti (2007), bajo estudio con otras especies herbáceas, también encontró sólo ligera reducción del número de semillas/fruto debido a lo cultivo sombreado. A su vez, la variación en el número medio de semillas/m² en los meses puede ser atribuida a variaciones observadas en la densidad media de inflorescencias (Figura 1); esta variable parece que han sido afectada por la luminosidad, con evidente efecto del sombreado al reducir la cantidad de semillas producidas debido al menor número de inflorescencias formadas. Esa comprobación se respaldada por Humphreys y Riveros (1985) y Oliveira y Humphreys (1986), que afirman ser la producción de semillas, esenciales para la auto perpetuación de la mayoría de las gramíneas en pasturas, especialmente sensible a sombreado. Otros estudios (Steckel et al., 2003; Ricalde et al., 2004; Benvenuti, 2007) también encontraron producción de semillas inferior en plantas sombreadas y Cheplick (2005) hace afirmación de que la capacidad de *Microstegium vimineum* crecer y asignar fotoasimilados para la producción de semillas en condiciones sombreadas es fundamental para su persistencia en esta condición.

Tabla 2 - Cantidad media de semillas de *B. decumbens* producidas en el sol y a la sombra

Meses	Semillas		Número medio/m ²	
	Media por inflorescencia		Sol	Sombra
	Sol	Sombra	Sol	Sombra
Junio/2007	63.50	64.25	231.14	28.27
Julio	62.25	63.88	256.47	28.11
Agosto	-----	-----	-----	-----
Septiembre	-----	63.00	-----	3.15
Octubre	-----	61.88	-----	1.86
Noviembre	63.75	62.50	703.80	386.25
Diciembre	64.63	63.38	767.74	480.38
Enero/2008	64.75	63.50	1231.54	433.07
Febrero	64.88	63.50	1183.32	656.59
Marzo	63.75	62.38	1398.67	321.23
Abril	62.13	62.13	875.96	115.56
Mayo	63.00	63.88	418.32	85.59
Junio	62.63	64.75	465.93	165.76
Julio	61.00	64.63	390.40	59.46
Agosto	-----	-----	-----	-----
Septiembre	-----	64.63	-----	2.59
Octubre	-----	62.50	-----	2.50
Noviembre	-----	64.75	-----	3.89
Diciembre	65.50	64.88	1430.52	386.66
Enero/2009	65.25	64.13	1143.18	341.15
Febrero	65.88	64.50	880.09	1096.50
Marzo	64.50	64.75	856.56	782.18
Abril	63.25	63.38	1163.80	382.79
Mayo/2009	64.00	64.75	302.08	69.93
Medias	63.80	63.72	805.85	265.16

CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS

Vigor de las semillas

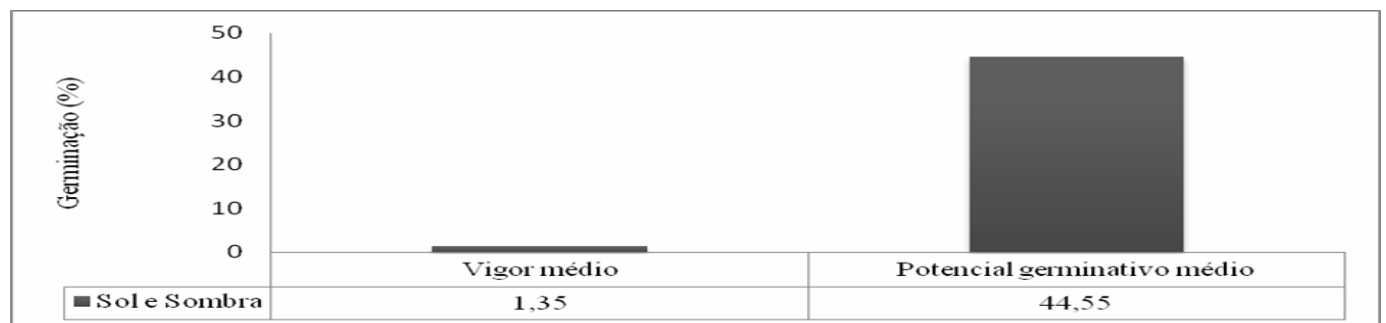
Aunque que la reducción de la actividad fotosintética en plantas sombreadas puede contribuir a la más pequeña conducción de fotoasimilados para las funciones reproductivas y, en consecuencia, menos acumulación de sustancias de reserva en los tejidos de las semillas que se formó en esta condición, lo que resulta en semillas menos vigorosas, en el presente estudio el sombreado impuesto no afectó significativamente el vigor de las semillas (Tabla 3; Figura 3).

Tabla 3 - Análisis de la varianza de datos relativos a el vigor# y poder germinal de semillas de *B. decumbens* producidas en el sol y a la sombra

	Prueba de germinación					
	Vigor			Poder germinal		
	GL	QM	Pr > F	GL	QM	Pr > F
Tratamientos	1	0,348	0,112 ns	1	40,000	0,428 ns
Años	1	1,670	0,001 *	1	0,100	0,968 ns
Resíduo	37	0,131		37	62,211	
CV (%)		27,93			17,70	

* Significativo ($p < 0,05$)

ns - no significativos

Datos procesados para $\sqrt{x + 0,5}$ **Figura 3 - Vigor y poder germinal medios de semillas de *B. decumbens* producidas en el sol y a la sombra****Poder germinal de las semillas**

El poder germinal no fue afectado por la sombra (Tabla 3; Figura 3), en contraste con Smith (1973) y Salisbury y Ross (1985), que afirman que hay pruebas de que las condiciones ambientales, incluyendo la luminosidad, en las cuales las plantas desarrollan sus semillas ejercen gran influencia sobre su poder germinal futuro. La ausencia de efecto significativo del sombreado en el vigor y en el poder germinal es una indicación de que la reducción de luminosidad debido a el consorcio de árboles en sistema silvopastoril, lo que resulta en el 60% de sombreado, no alteró el almacenamiento de sustancias en los tejidos de reserva de las semillas producidas en esta condición.

APARICIÓN DE NUEVAS PLÁNTULAS ORIGINADAS DEL SEMILLERO (banco de semillas del suelo)

La sombra no afectó la aparición de nuevas plántulas de braquiária desde el semillero, sin embargo, la aparición de estas variaron entre los meses evaluados (Tabla 1). Para ambos tratamientos, valores más altos de la variable "nuevas plántulas" se observaron en 12/2007, fase inicial de la temporada lluviosa, mientras que los valores más bajos se produjeron en 04 y 05/2008 (1,88 y 0,13 respectivamente), inicio de la sequía (Figura 4). El tamaño del semillero, estimado "in situ" por medio de la técnica de emergencia de plántulas adaptada a la capa superficial del suelo (Gashaw et al., 2002), se refiere a la capacidad de revegetation natural de zonas que sufrieron acción deletérea del clima, cómo prolongada sequía (Barrett y Cochrane, 2007), evento natural o humano, como fuego (Paula y Pausas, 2008), entre otros. Varios factores afectan la acumulación de semillas en el suelo (Kramberger et al., 2005; King, 2007) y es de gran importancia para profundizar la comprensión del papel de los semilleros en la persistencia de poblaciones de plantas (Csontos, 2007; Richardson y Kludge, 2008); esta falta de conocimiento es aún más intensa en la agrostología, especialmente cuando se refiere a poblaciones de gramíneas forrajeras en sistemas silvopastoriles. La ausencia de efecto de la sombra en la emergencia de nuevas plántulas de braquiária desde el semillero es un signo prometedor de no comprometimiento de la formación y mantenimiento de esse por el nivel de sombreado prevalente en las bandas de árboles en el sistema evaluado. Se recomienda monitoreo durante más largo período a fin de comprender mejor la dinámica del semillero en pasturas consorciadas con árboles.

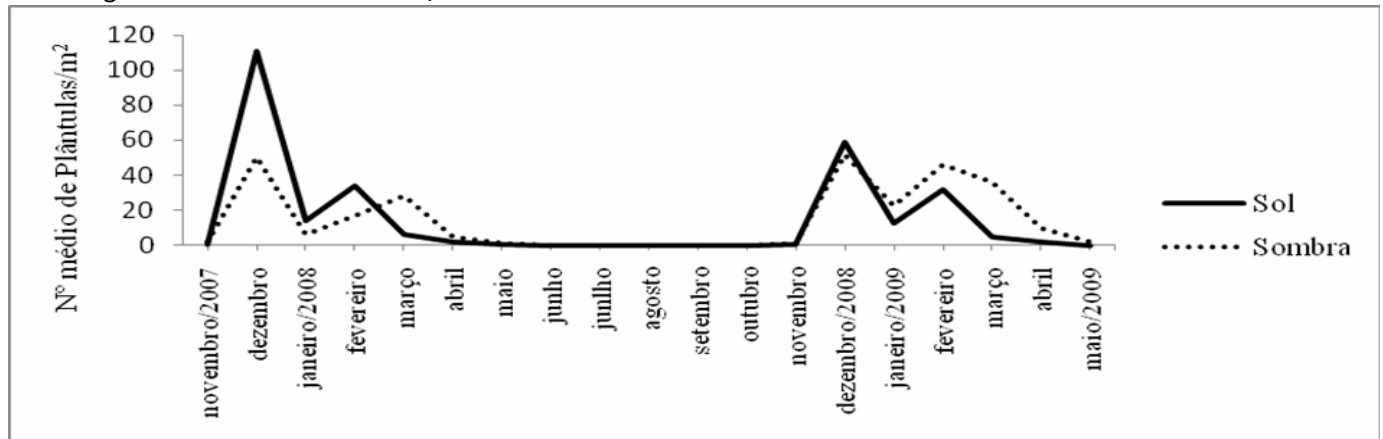


Figura 4 - Nº medio de plântulas de *B. decumbens* originadas del semillero, en el sol y a la sombra

Conclusiones

La sombra no alteró el comienzo de la floración, pero disminuyó el número de inflorescencias formadas y, en consecuencia, la cantidad de semillas producidas. El poder germinal de las semillas no se vio afectado por la sombra, mientras que las producidas en esta condición han sido menos vigorosas. El nivel de sombreado impuesto no afectó el semillero del suelo.

Bibliografía

- Barrett, S., Cochrane, A. Population demography and seed bank dynamics of threatened obligate seeding shrub *Grevillea maxwellii*. Journal of Royal Society of Western Australia, v.90, p.165-174, 2007.
- Benvenuti, S. Role of weed emergence time for the relative seed production in maize. Italian Journal of Agronomy, v.2, p.23-30, 2007.
- Cheplick, G.P. Biomass partitioning and reproductive allocation in invasive cleistogamous grass *Microstegium vimineum*: influence of light environment. Journal of Torrey Botanical Society, v.132, p.214-224, 2005.
- Cipollini, D. Interactive effects of shading and jasmonic acid on morphology, phenology, seed production and defense traits in *Arabidopsis thaliana*. International Journal of Plant Sciences, v.166, p.955-959, 2005.
- Csontos, P. Relict seed bank of dolomite grasslands in the soil of *Pinus nigra* plantations. Tajokologiai Lapok, v.5, p.117-129, 2007.
- Dong, M., Kroon, H. Plasticity in morphology and biomass allocation in *Cynodon dactylon*, a grass species forming stolons and rhizomes. Oikos, v.70, p.99-106, 1994.
- Gashaw, M. et al. Soil seed bank dynamics of fire-prone wooded grassland, woodland and dry forest ecosystems in Ethiopia. Nordic Journal of Botany, v.22, p.5-17, 2002.
- Humphreys, L.R., Riveros, F. Tropical Pasture Seed Production. FAO, Roma, pp. 203. 1985.
- King, T.J. The roles of seed mass and seed banks in grassland. Plant Ecology, v.193, p. 233-239, 2007.
- Knake, E.L. Effect of shade on giant foxtail. Weed Science, v.20, p. 588-592, 1972.
- Kramberger, B. et al. Periodic very late cut of permanent grassland as a measure to facilitate self-seeding of grasses. Berichte ueber Landwirtschaft, v.83, p. 431-446, 2005.
- Oliveira, P.R.P., Humphreys, L.R. Influence of level and timing of shading on seed production in *Panicum maximum*. Australian Journal of Agricultural Research, v.37, p. 417-424, 1986.
- Paula, S., Pausas, J.G. Burning seeds: germinative response to heat. Journal of Ecology, v.96, p. 543-552, 2008.
- Pollock, B.M., Roos, E.E. Seed and seedling vigour. In: Koslowski, T.T. Seed Biology. NY, Academic Press, v.1, p.314-387, 1972.
- Ricalde, S.L.C. et al. Phenology, seed production and germination of seven endemic *Mimosa* species of the Tehuacan-Cuicatlan Valley, Mexico. Journal of Arid Environments, v.58, p. 423-437, 2004.

5to. Congreso Forestal de Cuba Abril/2011

- Richardson, D.M., Kluge, R.L. Seed banks of invasive Australian *Acacia* species in South Africa. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics*, v.10, p.161-177, 2008.
- Sakpere, A.M.A., Aremu, O.A. The growth of *Launaea taraxifolia* and its response to shading. *Research Journal of Botany*, v.3, p.90-96, 2008.
- Salisbury, F. B., Ross, C. W. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing Company, pp.540. 1985.
- Smith, H. Light quality and germination: ecological implications. En: Heydecker, W. (Ed.). *Seed Ecology*, Pennsylvania State University Press, pp. 219-231. 1973.
- Steckel, L.E. et al. Effects of shading on *Amaranthus* growth. *Weed Science*, v.51, p. 898-903, 2003.