

## Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical

Alexander Navas Panadero\*

### RESUMEN

Los sistemas de producción bovina en el país se han desarrollado a partir de conceptos y tecnologías de revolución verde, donde se privilegia el monocultivo de gramíneas, eliminando de las áreas de pastoreo la cobertura arbórea. Este modelo no ha tenido en cuenta las condiciones climáticas de los diferentes ecosistemas tropicales, en los cuales variables como temperatura, humedad relativa y evaporación pueden limitar la eficiencia productiva y reproductiva de los animales, además de ser un factor de riesgo para la presencia de enfermedades en el hato. Las razas *Bos Taurus* y *Bos Indicus* presentan rangos de termoneutralidad donde pueden expresar su potencial genético, cuando los animales se salen de esta zona confort entran en estrés calórico el cual reduce su desempeño y en ocasiones puede causar la muerte. Los sistemas silvopastoriles tienen múltiples funciones, entre ellas contribuyen a reducir el estrés

calórico, ya que bajo la copa de los árboles se reduce entre 2 y 9° C la temperatura con relación a las áreas de potrero abierto, se han encontrado diferencias en la reducción de la temperatura entre tipos de sistemas silvopastoriles y entre especies, siendo los arreglos de árboles en grupo o bosquetes y las especies con copa densa las que tienen mayor efecto. Se debe analizar las interacciones entre los componentes para diseñar un sistema que incorporen una cobertura arbórea suficiente para lograr la reducción del estrés calórico, sin que los árboles lleguen a afectar la producción de forraje en los potreros. Los sistemas silvopastoriles contribuyen a mejorar el bienestar animal.

**Palabras clave:** ganadería, agroforestería, bienestar animal, agroecosistemas, reproducción, producción.

\* DMVZ, M.Sc. Agroforestería Tropical. Docente Asistente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de La Salle. Correo electrónico: [anavas@unisalle.edu.co](mailto:anavas@unisalle.edu.co)

Fecha de recepción: noviembre 3 de 2009.

Fecha de aprobación: febrero 26 de 2010.

## **IMPORTANCE OF SILVOPASTORAL SYSTEMS ON CALORIC STRESS REDUCTION IN TROPICAL LIVESTOCK PRODUCTIONS**

### **ABSTRACT**

Livestock systems in Colombia have been developed taking concepts and technologies from the green revolution, where gramineous monocrop is privileged over arboreal cover in grazing lands. This model has not taken into account the climatic conditions of the different tropical ecosystems, in which variables as temperature, relative humidity and evaporation can limit the animal's productive and reproductive efficiency, besides being a risk factor for illness occurrence in the herd. *Bos Taurus* and *Bos Indicus* breeds show termoneutral ranges where its genetic potential can be expressed. However, out of this comfort area animals can enter in caloric stress which in consequence reduces its performance and sometimes can end up causing death. Silvopastoral systems comprise several functions; it contributes to lessen caloric

stress since temperature under the tree canopy can reach between 2 and 9°C lower in comparison to open pastures. Differences in temperature reduction have been found among silvopastoral systems and species, being the tree group arrangements and the species with high density canopy, those with superior effect. Interactions among components should be analyzed in order to design systems that incorporate enough arboreal cover to achieve caloric stress reductions, but without affecting forage production in pastures. Silvopastoral systems contribute to improve animal welfare.

**Keywords:** livestock, agroforestry, agroecosystems, reproduction, production.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción bovina en el país tienen gran importancia económica, esta actividad se realiza en un amplia área del territorio nacional y en diferentes agroecosistemas. Las variables climáticas particulares de cada zona agroecológica como temperatura, precipitación, humedad relativa y vientos puede afectar negativamente el desempeño de animales que no están adaptados a estas condiciones.

La mayoría de los sistemas ganaderos se desarrollan bajo condiciones extensivas, donde predomina el monocultivo de gramíneas y la ausencia de la cobertura arbórea, producto de conceptos y tecnologías de revolución verde que, en la actualidad, están siendo reevaluadas. Estas tecnologías han generado problemas ambientales como degradación del suelo, contaminación de las aguas y emisiones de gases con efecto invernadero (Navas, 2007).

Algunas de las tecnologías empleadas en la ganadería no tiene en cuenta las condiciones agroecológicas donde se encuentra la finca, condiciones que muchas veces tampoco son tomadas en cuenta para la selección de los animales, la conservación de alimentos, el establecimiento de prácticas de manejo, etc. Las tecnologías que no son validadas según las condiciones del agroecosistema pueden generar en muchos casos indicadores productivos, reproductivos y económicos negativos, que se reflejan en la baja productividad y rentabilidad de esta actividad en Colombia.

Actualmente, la ganadería en nuestro país tiene gran potencial para acceder a mercados internacionales los cuales, además de valorar la calidad del producto (carne y/o leche, genética, etc.), tienen en cuenta aspectos relacionados con el bienestar animal, la conservación de los recursos naturales y aspectos sociales, razones para reevaluar las tecnologías y rediseñar los sistemas ganaderos.

Colombia es un país tropical en el cual se encuentra múltiples agroecosistemas que difieren entre sí en características como suelos, topografía, vegetación, condiciones ambientales (precipitación, temperatura, humedad relativa, evapotranspiración, etc.). El desarrollo de tecnologías a partir del análisis sistémico bajo estas condiciones hace que los animales puedan expresar su potencial genético mejorando la rentabilidad de las fincas.

Los sistemas silvopastoriles a través del uso del árbol como componente productivo permite mejorar los sistemas de producción ganadera en los diferentes agroecosistemas, mitigar los efectos negativos ambientales generados por los sistemas tradicionales, mejorar el bienestar de los animales e incrementar la productividad animal.

El desempeño del animal se ve afectado en sistemas de ganadería tropical basados en áreas de pastoreo sin cobertura arbórea, debido al estrés calórico que puede reducir la producción (leche y/o carne) y reproducción (Hahn, 1999). Los animales pueden presentar estrés calórico por altas temperaturas en zonas de trópico bajo, pero también se observa en zonas de trópico alto en las cuales la temperatura baja drásticamente en las primeras horas del día y después se incrementa sobrepasando la zona de termoneutralidad de los animales. En cualquiera de los casos el estrés calórico puede afectar la salud y productividad e incluso llegar a incrementar la mortalidad en los hatos.

El uso de árboles en los sistemas ganaderos tiene múltiples funciones; fuente de alimentación animal, recuperación de la fertilidad del suelo, regulador del balance hídrico, fijador de CO<sub>2</sub>, entre otros; pero un efecto muy importante es la generación de microclimas en los potreros a través de las copas, permitiendo a los animales reducir el estrés calórico.

## CONDICIONES AMBIENTALES Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN BOVINA

La producción es el reflejo de la eficiencia en todos los procesos que se dan en el sistema, ésta debe ser medida a través de indicadores productivos, reproductivos, económicos y ambientales. Las condiciones climáticas presentes en la finca deben ser consideradas para la toma de decisiones como la genética de los animales, los planes sanitarios, la alimentación y manejo en general, estas condiciones pueden limitar el aprovechamiento de algunos de los recursos utilizados.

La selección de razas o cruces busca mejorar la producción, utilizando los recursos existentes en la finca, para ello es necesario brindar bienestar a los animales de manera que ellos puedan expresar el potencial genético. El bienestar animal es un aspecto que ha tomado gran importancia en la apertura de nuevos mercados que exigen condiciones más naturales en los procesos productivos.

Las condiciones climáticas en que viven los animales pueden limitar su desempeño productivo y reproductivo, incluso pueden ser un factor de riesgo para la presentación de enfermedades. Los bovinos son animales homeotermos, tienen un rango de temperatura ambiente o zona confort en el cual pueden vivir, producir y reproducirse adecuadamente. La zona confort o zona de termoneutralidad varía según el tipo de raza o composición racial del animal, razas *Bos Taurus* presentan rangos entre 5 y 20° C (Cowan *et ál.*, 1993), mientras que en razas *Bos Indicus*, el ideal está entre 10 y 27°C.

Áreas de producción que proporcionen una zona de termoneutralidad hacen parte del bienestar, bajo estas condiciones el animal no tiene problemas en la liberación del calor corporal, no interfiere con las funciones fisiológicas, metabólicas y puede expresar

todo el potencial genético (Fraser *et ál.*, 1990; Hötzel *et ál.*, 2000).

Los animales disipan el calor corporal mediante mecanismos como conducción, convección, radiación y evaporación, si estos mecanismos no son suficientes se inician cambios fisiológicos como la reducción del consumo voluntario de alimento y cambios metabólicos (secreción hormonal). Si los mecanismos no son suficientes para controlar la termorregulación el animal puede morir (Fraser *et ál.*, 1990; Johnson, 1987).

La temperatura es el principal factor en el estrés calórico, está asociada con la humedad relativa y radiación solar que afectan la disipación de calor del animal al ambiente (Johnson, 1987), en agroecosistemas húmedos este efecto es mayor y por ello se deben analizar estas variables a lo largo del año para determinar épocas críticas que pueden limitar el desempeño de los animales (Navas, 2008).

La aclimatación es un proceso que se ha utilizado para que animales con buena genética se adapten a condiciones ambientales diferentes a su lugar de origen, los periodos pueden durar semanas o meses (Cunningham y Acker, 2000). En algunos casos, los animales que se pueden adaptar a las nuevas condiciones sobreviven, pero no siempre expresan todo el potencial genético, ya que presentan una reducción en el nivel de producción, reproducción y son más susceptibles a problemas sanitarios como parásitos.

Un adecuado plan de alimentación se refleja en el nivel de producción y salud del animal, se deben balancear las raciones y garantizar un adecuado manejo de los forrajes que garantice altos aportes de nutrientes y buena digestibilidad. La producción de forraje y la suplementación de los animales demandan recursos económicos que muchas veces no se ven reflejados en el desempeño de los animales, debido

a la reducción del consumo voluntario causado por el estrés calórico.

Los procesos digestivos como la fermentación ruminal producen calor metabólico, el cual no puede ser eliminado de forma eficiente por el animal que presenta estrés calórico, una respuesta fisiológica al no poder liberar este calor interno es reducir el consumo voluntario. Alnaimy *et ál.* (1992) mencionan que la reacción más importante de los animales a las altas temperaturas es la disminución en el consumo de materia seca.

El estrés calórico genera cambios en la fisiología del animal, Kennedy (1995) y Linn (1997) hacen referencia a la reducción en la motilidad y la tasa de pasaje ruminal. También hay cambios en el comportamiento, se reduce el tiempo de pastoreo y el tiempo de rumia, limitando el desempeño de programas de mejoramiento genético y planes de alimentación a partir de monocultivos de pasturas mejoradas (Navas, 2008), los animales incrementan el consumo de materia seca en las horas más frescas del día (Rodríguez *et ál.*, 1989).

En sistemas de producción bovina, la reproducción es un aspecto fundamental, se han desarrollado diversas técnicas y tecnologías para mejorar la eficiencia reproductiva de los animales, en ocasiones estas tecnologías no dan los resultados esperados, una de las causas puede ser las condiciones climáticas que afectan el desempeño de los animales (estrés calórico). Cowan *et al.*; (1993) encontraron que en condiciones tropicales, temperaturas por menores a 5° C y superiores a 20° C afectaron los índices productivos y reproductivos.

En programas de inseminación artificial es relevante la detección del celo, altas temperaturas están asociadas con la corta duración y baja intensidad de éste (Aréchiga *et ál.*, 1998), en algunas regiones el mayor

porcentaje de montas se presenta en las horas más frescas que corresponde a la noche, esto hace que se reduzca la eficiencia del método de detección de calores.

El efecto negativo sobre la reproducción causado por el estrés calórico empieza a partir de los 29° C, altas temperaturas están asociadas con cese de la ovulación (Hemsworth *et ál.*, 1994), menor desarrollo embrionario, interferencia con la espermatogénesis y la disminución de la calidad del semen (McDowell, 1972).

## **SISTEMAS CON ÁRBOLES Y SU EFECTO EN LA REDUCCIÓN DEL ESTRÉS CALÓRICO**

Los sistemas silvopastoriles, principalmente, se han establecido con el objetivo de proporcionar forraje a los animales, desconociendo otro tipo de beneficios como el mejoramiento de la fertilidad del suelo a través del ciclaje de nutrientes y la fijación de nitrógeno realizada por algunas especies, regulación del balance hídrico al conservar agua y reducir la evaporación, fijación de CO<sub>2</sub>, diversificación de la producción (madera, leña, frutos, entre otros) y reducción del estrés calórico de los animales a través del efecto de la sombra.

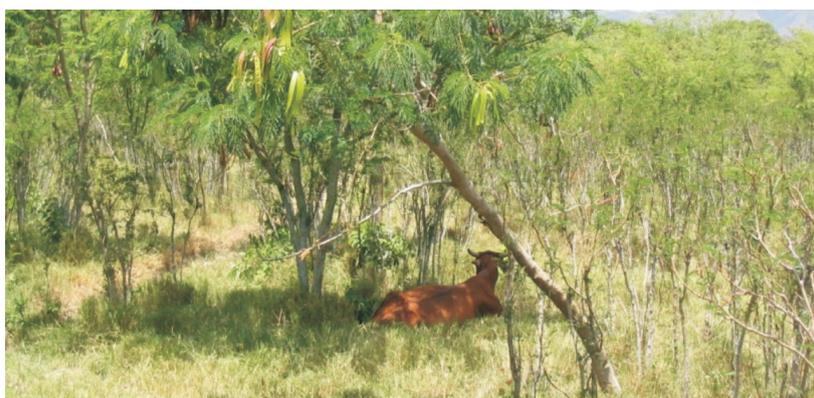
El uso de árboles en sistemas de producción tropical tiene un efecto positivo en la reducción del estrés calórico al generar microclimas en las áreas de pastoreo, los cuales permiten a los animales mantenerse en ambientes con temperaturas dentro o cerca de zona de termoneutralidad. Bajo la copa de los árboles se ha encontrado reducciones de temperatura entre 2 a 9° C con relación a la encontrada en áreas abiertas (Wilson y Ludlow, 1991; Reynolds, 1995).

La cobertura arbórea interfiere parcialmente en el paso de la radiación solar hacia los animales reduciendo

el incremento calórico (Weston, 1982), este efecto además protege a los animales en zonas donde hay predisposición a problemas de fotosensibilidad (Djimde *et ál.*, 1989). El efecto de la sombra puede favorecer la eficiencia de las vacas productoras de leche,

las cuales toleran menos el calor debido a la gran cantidad de calor metabólico que producen, generado por el elevado consumo de materia seca para mantener el alto nivel de producción y al incremento de su tasa metabólica (figura 1).

**Figura 1.** Incremento en los tiempos de rumia en horas de alta temperatura debido a la reducción del estrés calórico en sistemas silvopastoriles multiestrato. Hacienda El Chaco. Alvarado, Colombia



Los sistemas silvopastoriles, a través de la producción de sombra, reducen el estrés calórico, Pezo e Ibraim (1998) mencionan tienen efectos positivos sobre el consumo voluntario, la producción de carne

y/o leche, la reproducción en el hato y la sobrevivencia de los animales (tabla 1). Este efecto es mayor en animales de razas *Bos Taurus* las cuales tienen menor tolerancia a las condiciones tropicales.

**Tabla 1.** Efectos benéficos de la sombra en sistemas de producción bovina

| Efecto sobre: | Comentarios  |
|---------------|--|
| Consumo       | Más tiempo dedicado a rumiar y pastorear<br>Mayor consumo de alimentos<br>Disminución en los requerimientos de agua  |
| Producción    | Incremento en la eficiencia de conversión alimenticia<br>Mayores ganancias de peso y producción de leche   |
| Reproducción  | Pubertad más temprana<br>Regularidad en el ciclo estral<br>Mayor libido<br>Mayor calidad de semen<br>Tasa de concepción más alta<br>Menos pérdidas embrionarias  |
| Sobrevivencia | Mayor longevidad reproductiva útil<br>Mayor respuesta inmunológica a enfermedades<br>Reducción de la tasa de mortalidad en animales jóvenes (mejor condición corporal y mayor producción de leche de las madres, menos dificultades al parto y mayor peso al nacimiento) |

Fuente: adaptado de Pezo e Ibraim, 1998.

Los efectos benéficos de la sombra mejoran la eficiencia de los recursos de la finca; la producción de forraje de calidad y la suplementación estratégica son mejor aprovechados al incrementar el consumo voluntario, los tiempos de pastoreo y rumia (figura 2). Betancourt *et ál.* (2003) encontraron incrementos

en el tiempo de pastoreo de 4,7% en áreas de alta cobertura arbórea en comparación con áreas de baja cobertura, mientras que Robinson (1983) demostró que en fincas con sistemas extensivos la presencia de árboles en los potreros aumentó las horas que los animales dedicaban a pastorear.

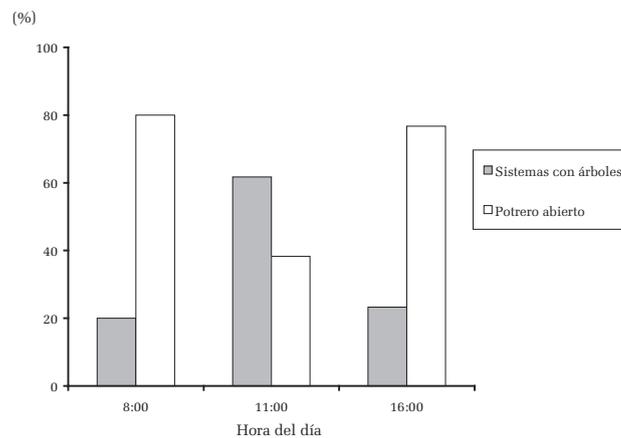
**Figura 2.** Microclima generado por sistemas silvopastoriles y su efecto en el incremento del consumo voluntario. Sabana de Bogotá, Colombia.



Navas (2003) encontró que la mayoría de los animales (65%), se concentra bajo la copa de los árboles en las horas del día de mayor temperatura para reducir el estrés calórico, mientras que en las horas más frescas de la mañana y tarde se ubican en áreas de potrero abierto (figura 3). Los microclimas que forman los

sistemas silvopastoriles ayudan a que los animales puedan incrementar el tiempo de pastoreo y luego busquen áreas de cobertura arbórea para iniciar los procesos de rumia y, de esta manera, poder disipar el calor metabólico producto de la fermentación.

**Figura 3.** Localización de los bovinos bajo la cobertura arbórea y en áreas de potrero abierto en tres horas del día en la zona de Cañas, Costa Rica.



Fuente: Navas, 2003.

El incremento en el consumo de materia seca de calidad permite que los animales llenen sus requerimientos nutricionales y expresen su potencial para producir, Betancourt *et ál.* (2003) mencionan que la producción de leche de animales bajo sistemas con alta densidad de árboles se incrementó en 29% en comparación con animales que pastoreaban potreros con baja cobertura arbórea, los autores lo atribuyen a la reducción en el estrés calórico y a la mayor cantidad de follaje y frutos en los primeros potreros, en otros trabajos se encontraron incrementos superiores a 15% en producción de leche en animales que se pastoreaban en sistemas silvopastoriles, comparado con animales que estuvieron a pleno sol (Souza *et ál.*, 2000).

Los periodos de sequía en el trópico se caracterizan por altas temperaturas y forrajes de baja calidad que son poco aprovechados por los animales, los cuales en algunos casos pierden peso en estas épocas. Restrepo (2001) encontró en la época seca mayores ganancias de peso (2 a 5%) en animales que pastoreaban potreros con alta densidad de árboles, que aquellos que estaban en zonas de baja cobertura, esto se puede atribuir, en parte, a mayores tiempos de pastoreo y rumia producto de la reducción del estrés calórico.

El efecto de los árboles sobre el estrés calórico depende de la calidad de la copa, del tipo de sistema silvopastoril y del porcentaje de cobertura arbórea en los potreros. Estas consideraciones son importantes para diseñar sistemas que cumplan esta función sin afectar la productividad de las pasturas, las cuales se pueden ver afectadas cuando la cobertura arbórea es baja y los animales se concentran en pocos individuos afectando el crecimiento de pasto bajo el árbol por acúmulo de materia orgánica o compactación del suelo; por el contrario, árboles con copas muy densas pueden afectar el crecimiento de la pastura al reducir el paso de la luz solar.

Navas (2003) encontró diferencias de temperatura, bajo la copas de árboles de diferentes arreglos silvopastoriles (árboles en grupo, árboles individuales y cercas vivas) y áreas de potrero abierto en las horas del día de mayor temperatura ambiental (tabla 2), se observan diferencias de 3,6 ° C, 2,9 ° C y 1,7 ° C menos respectivamente con relación a las áreas de potrero abierto. Sistemas de árboles en grupo o bosquetes tienen un efecto mayor sobre la reducción de la temperatura.

**Tabla 2.** Temperatura ambiente promedio y humedad relativa promedio tomada a tres horas del día, en sistemas silvopastoriles y áreas de potrero abierto en la zona de Cañas, Costa Rica.

| Sistema              | n   | Hora del día |         |        |         |        |        |
|----------------------|-----|--------------|---------|--------|---------|--------|--------|
|                      |     | 8:00         |         | 11:00  |         | 16:00  |        |
|                      |     | T (°C)       | HR (%)  | T (°C) | HR (%)  | T (°C) | HR (%) |
| Árboles en grupo     | 120 | 28,2 a*      | 76,7 ab | 37,9 a | 45,8 ab | 29,5 a | 72,3 a |
| Árboles individuales | 106 | 28,6 a       | 75,9 a  | 38,6 a | 45,0 a  | 29,8 a | 70,3 a |
| Cerca viva           | 111 | 28,0 a       | 77,3 b  | 39,8 b | 43,3 a  | 29,5 a | 71,6 a |
| Potrero abierto      | 120 | 28,3 a       | 77,1 b  | 41,5 c | 46,8 b  | 29,9 a | 71,7 a |

T (°C): Temperatura ambiente; HR (%): Humedad relativa; \*Medias en la misma columna con distinta letra indican diferencias significativas (p ≤ 0,05). Fuente: Navas, 2003.

El mismo estudio analizó el efecto en la reducción de temperatura de tres especies de árboles (*Guazuma ulmifolia*, *Cordia alliodora* y *Tabebuia rosea*) establecidos como árboles dispersos en potrero, con calidad de copa diferente (tabla 3), se encontraron

diferencias de 3,3° C, 3,7° C y 1,6° C menos respectivamente, bajo la copa de los árboles que en áreas de potrero abierto (Navas, 2003). Se puede observar que las especies de árboles con copas más densas tienen mayor efecto sobre la reducción de la temperatura.

**Tabla 3.** Temperatura ambiente promedio y humedad relativa promedio tomada a tres horas del día, bajo tres especies de árboles individuales en la zona de Cañas, Costa Rica.

| Especie           | n  | Hora del día |        |        |        |        |        |
|-------------------|----|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                   |    | 8:00         |        | 11:00  |        | 16:00  |        |
|                   |    | T (°C)       | HR (%) | T (°C) | HR (%) | T (°C) | HR (%) |
| Guazuma ulmifolia | 37 | 28,7 a*      | 75,2 a | 38,2 a | 44,0 a | 29,4 a | 71,5 a |
| Cordia alliodora  | 30 | 28,1 a       | 72,4 a | 37,8 a | 45,6 a | 28,6 a | 69,9 a |
| Tabebuia rosea    | 39 | 28,0 a       | 77,4 a | 39,6 a | 45,4 a | 30,4 a | 68,4 a |

T (°C): Temperatura ambiente; HR (%): Humedad relativa; \*Medias en la misma columna con distinta letra indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ). Fuente: Navas, 2003.

## CONCLUSIÓN

La implementación de sistemas silvopastoriles en métodos de producción bovina puede contribuir a mejorar el bienestar, la eficiencia productiva y reproductiva de los hatos, a través de la generación de microclimas que permiten a los animales estar

cerca o en el rango de termoneutralidad ideal para la composición racial; y de esta manera reducir los impactos negativos sobre el consumo voluntario, la producción, la reproducción y la salud de los animales que genera el estrés calórico en los diferentes agroecosistemas tropicales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alnaimy, A.; Habeeb, I.; Fayaz, M.; Marai, and T. H. Kamal. *Heat stress. In: Alive Phillips and D. Piggins. Farm animals and the environment.* Cambridge: CAB International, UK, University Press, 1992.
- Aréchiga, F. *Efectos adversos del estrés calórico en la reproducción del ganado bovino. En Hernández Cerón J Editor. Mejoramiento Animal: Reproducción.* México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2000.
- Betancourt, K.; Ibrahim, M.; Harvey, C. y Vargas, B. "Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua". *Agroforestería de las Américas* 10. 39. (2003): 39–40.
- Cowan, RT.; Moss, RJ. y Kerr, DV. "Northern dairy feed base, summer feeding systems". *Tropical Grasslands* 27. (1993): 150–161.

- Cunningham, M. y Acker. *Animal Science and Industry*. (6 ed.). New Jersey: Prentice Hall, 2000.
- Djimde, M.; Torres, F y Migongo-Bae, W. "Climate, animal and agroforestry". *Meteorology and agroforestry*. Nairobi, Kenia: ICRAF, 1989.
- Fraser, AF. y Broom, DM. *Farm animal behaviour and welfare*. (3 ed.). London: Baillière Tindall, 1990.
- Hahn, G. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *Journal of Dairy Science* 82. (1999): 10–20.
- Hemsworth, P.H., Coleman, G.J. y Barnett, J.L. Improving the attitude and behaviour of stockpersons towards pigs and the consequences on the behaviour and reproductive performance of commercial pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 39 (1994):349–362.
- Hötzel MJ.; Piheiro Machado LC. y Filio. "Estresse, factores estressores e ben estar na criação animal. Anais de Etología". *Anais do XVIII Econtro Anual de Etologia*. Florianópolis Brasil, 2000.
- Johnson, HD. "Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production of livestock". *Bioclimatology and Adaptation of Livestock. World Animal Science B - 5*. Amsterdam: Elsevier Scientific Publication, 1987.
- Kennedy, PM. "Comparative adaptability of herbivores to tropical environments". *Recent developments in the Nutrition of Herbivores. Proceedings of the Ivth International Symposium on the Nutrition Herbivores*. París: INRA Editions, 1995.
- Linn, J. G. *Nutritional Management of Lactating Dairy Cows During Periods of Heat Stress*. University of Minnesota, St. Paul, Dairy Update Issue 125. 1997. <http://www.ansci.umn.edu/dairy/dairyupdates/du125.htm>
- McDowell, RE. *Improvement of livestock production in warm climates*. San Francisco: W.H. Freeman and company, 1972.
- Navas, A. "Influencia de la cobertura arbórea de sistemas silvopastoriles en la distribución de garrapatas en fincas ganaderas en el bosque seco tropical". Tesis Mag Sc. Turrialba, CR, CATIE. 2003.
- Navas, A. "Sistemas silvopastoriles para el diseño de fincas ganaderas sostenibles". *Revista ACOVEZ* 37. 3. (2007):16–20.
- Navas, A. "Efecto de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico y su importancia en la producción bovina tropical". *Revista El Cebú* 359. (2008): 14–17.
- Pezo, D. y Ibrahim, M. *Sistemas Silvopastoriles*. Turrialba, Costa Rica: CR, CATIE., 1998.
- Restrepo, C. "Relaciones entre la cobertura arbórea en potreros y la producción bovina en fincas ganaderas en el trópico seco, Cañas, Costa Rica". Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 2001.
- Reynolds, SG. *Pasture-cattle - coconut systems. Bangkok, Thailand*. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific. (1995). Consultado 27 septiembre. 2007. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/005/af298e/af298e00.htm>
- Robinson, P. "The role of silvopastoralism in small farming systems". In *ICRAF/BAT workshop. Proceedings*. Nairobi, KE, ICRAF. 1983.
- Rodríguez-Hernández, T.; Guevara, A. y Verde, O. "Índices fisiológicos en novillas lecheras durante las épocas seca y lluviosa". *Zootecnia Tropical* 7. 1 y 2. (1989): 43–68.
- Souza de Abreu, M.; Ibrahim, M.; Harvey, C y Jiménez, F. "Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de La Fortuna de San Carlos, Costa Rica". *Agroforestería de las Américas* 7. 26. (2000): 53–56.
- Weston, RH. "Animal factors affecting intake". *Nutritional limits to animal producción from pastures* Farmham royal, UK. CAB. 1982.
- Wilson, JR. y Ludlow, MM. "The environment and potential growth of herbage under plantations". *Forages for plantation crops*. Camberra, AU: ACIAR. 1991.