



EFFECTO DE LA COBERTURA ARBÓREA SOBRE LA GANANCIA DE PESO Y EL  
DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE VACAS BRAHMAN EN TRÓPICO BAJO

JHON FREDY OSORIO GIRALDO

Trabajo de grado para optar al título de  
Magister en Ciencias Animales

Director

Juan Carlos Carmona Agudelo. Zootecnista, MSc,

Comité tutorial

Liliana Mahecha Ledesma. Zootecnista, MSc, Dr. Agr.

Antonio Hemerson Moncada Ángel. Médico Veterinario, Dr. Med. Vet.

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
COORDINACIÓN DE POSGRADOS  
MEDELLÍN

2014



## AGRADECIMIENTOS

El autor manifiesta sus agradecimientos a todas aquellas personas que hicieron parte del trabajo de investigación:

Al director del comité tutorial Juan Carlos Carmona Agudelo, por su apoyo y constante aporte en mi formación en el proceso de posgrado.

A los miembros del comité tutorial Liliana Mahecha Ledesma y Hemerson Moncada Ángel, por sus constantes aportes formativos y constructivos durante mi posgrado.

A los docentes Ricardo Noguera, Sandra Posada, Joaquín Angulo, y todo el personal del grupo GRICA de la universidad de Antioquia, por el apoyo y por los conocimientos aportados durante el posgrado.

A los profesores Elkin Arboleda Zapata y Guillermo Correa por las indicaciones y el apoyo en el análisis de datos del trabajo.

A los docentes de la maestría Nélide Rodríguez, Marisol Medina, Martha Olivera, Julio Echeverry, Tatiana Ruiz, Carlos Giraldo, Héctor Correa, Álvaro Lema por el conocimiento aportado muy importante en la elaboración de este trabajo.

Al docente Jorge Gómez Oquendo del grupo GIBA del Politécnico Colombiano por el apoyo del grupo en la elaboración del trabajo, de igual forma a los compañeros y estudiantes del Politécnico Colombiano que de alguna u otra forma apoyaron este proceso en campo o en laboratorio, Manuela Ruiz Flórez, Santiago Mejía, Juliana Colorado Jaramillo, Julian Correa, Luis Portillo, Daniela Bustamante.

Un agradecimiento muy especial a La Ganadería Rio Grande - Brahman Cuba, como patrocinador y facilitador de la investigación, al personal administrativo de la ganadería, en especial al señor Juan Carlos Gil, quien como gerente de la ganadería Rio Grande en el año 2013 abrió las puertas para realizar esta investigación en la hacienda Casanare. De igual forma para el personal de campo en la ganadería que participaron en el trabajo: el Medico Veterinario Julian Lozano, La administradora Yuliana Jimenez y el Jefe de vaquería Juan Guillermo Bustamante.



## **DEDICATORIA**

*Dedico los frutos del esfuerzo de este trabajo a mi Dios y a la virgen María razones de ser de mi existencia y a mi familia quienes son lo que más adoro en el mundo.*



## CONTENIDO

RESUMEN GENERAL .....	7
INTRODUCCIÓN GENERAL .....	10
OBJETIVOS .....	14
General .....	14
Específicos .....	14
HIPOTESIS .....	14
Capítulo I. MARCO TEÓRICO.....	15
Estrés calórico y sus efectos sobre el desempeño reproductivo y la ganancia de peso: el silvopastoreo como alternativa para disminuir el impacto térmico.....	15
Resumen .....	15
Introducción .....	17
Efecto del medio ambiente en la producción .....	18
La temperatura ambiente .....	19
El calentamiento global .....	19
La humedad relativa .....	20
El estrés calórico .....	20
La tasa de respiración como indicador de confort .....	24
Confort en las razas <i>Bos indicus</i> y el bienestar animal .....	25
Sistemas silvopastoriles en la producción de ganado de carne .....	26
Desempeño reproductivo y ganancia de peso como indicadores de	
Producción en ganaderías de cría .....	30
Importancia de la reproducción en la producción .....	30
Efecto del estrés sobre el desempeño reproductivo .....	32
Efecto de la alimentación sobre el desempeño reproductivo .....	38
Indicadores de desempeño reproductivo .....	39
Factores pos parto que desfavorecen el retorno al celo y ovulación .....	39
La ganancia de peso y efecto del estrés calórico .....	41
Consideraciones finales .....	42



Referencias bibliográficas -----	43
Capítulo II. Consumo de materia seca, etología del pastoreo y tasa respiratoria en hembras de cría de la raza Brahman pastoreando en arreglos silvopastoriles que favorecen el sombrío en el trópico bajo -----	53
Resumen -----	53
Introducción -----	55
Materiales y métodos -----	56
Localización -----	56
Selección de animales evaluados -----	57
Tratamientos -----	58
Variables evaluadas -----	59
Análisis estadístico -----	62
Resultados -----	65
Discusión -----	73
Conclusión -----	78
Referencias bibliográficas -----	78
Capítulo III Condición corporal posparto, recuperación y ganancia de peso de hembras Brahman y sus crías en arreglos silvopastoriles que favorecen el sombrío en el trópico bajo -----	84
Resumen -----	84
Introducción -----	86
Materiales y métodos -----	87
Localización -----	87
Selección de animales evaluados -----	88
Tratamientos -----	89
Variables evaluadas -----	90
Análisis estadístico -----	91
Resultados -----	93
Discusión -----	97
Conclusión -----	100



Referencias bibliográficas -----	101
Capítulo IV. Desempeño reproductivo de hembras Brahman en arreglos silvopastoriles que favorecen el sombrero Ubicadas en el trópico -----	105
Resumen -----	105
Introducción -----	107
Materiales y métodos -----	110
Localización -----	110
Selección de animales evaluados -----	110
Tratamientos -----	111
Variables evaluadas -----	113
Análisis estadístico -----	114
Resultados -----	115
Discusión -----	119
Conclusiones -----	123
Referencias bibliográficas -----	123
CONCLUSIONES GENERALES -----	128
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS GENERALES-----	132
ANEXOS -----	148



## RESUMEN

Este trabajo evaluó el efecto de la cobertura arbórea en el desempeño reproductivo de hembras bovinas de la raza Brahman, su ganancia de peso y la de sus crías, en una ganadería de carne del corregimiento La Sierra, municipio de Puerto Nare, Antioquia, situado bajo las coordenadas Latitud 6° 15' 0" N y Longitud 74° 33' 0" W, con una altura de 125 m.s.n.m., una temperatura promedio de 27°C, una humedad relativa de 81% y una precipitación anual promedio de 2487 mm, características que corresponden a una zona de vida Bosque húmedo Tropical (BhT), según la clasificación de Holdridge (1967). El pasto introducido dominante es el Angleton (*Dichantium aristatum*) y los árboles predominantes son Melina (*Gmelina arborea Roxb*), Dinde (*Chloropholia tinctoria*) y Samán (*Samanea saman*). En esta ganadería se tomó un grupo experimental de 40 hembras entre 1 y 9 partos, clínicamente libres de problemas sanitarios y que tuvieran programado su parto entre los meses de marzo y abril de 2013. Se conformaron dos grupos: uno de 20 vacas manejadas con sombrío superior al 22% e intercepción de la luz entre el 50 y 80% (tratamiento A) y un grupo control de 20 vacas en condiciones de manejo tradicional, en potreros con bajo sombrío, inferior al 7%, con intercepción de la luz entre el 50 y 80% (tratamiento B). A cada hembra se le evaluó el desempeño reproductivo con ayuda de ultrasonido para determinar reactivación ovárica y ovulación postparto, mediante el hallazgo de cuerpos lúteos. Igualmente se determinaron el número de días abiertos y la tasa de gestación; la ganancia de peso se obtuvo realizando pesajes mensuales en la báscula, tanto a vacas como a crías. Además, en cada grupo, se midieron algunas variables fisiológicas para apoyar y soportar los resultados obtenidos en la reproducción y ganancia de peso, tales como la tasa respiratoria y la condición corporal, variables etológicas (comportamiento de pastoreo y consumo de materia seca), variables ambientales (disponibilidad de forraje, temperatura ambiente y humedad relativa en la sombra y por fuera de ella) y otras variables meteorológicas adicionales, como precipitación y brillo solar. El análisis estadístico se realizó mediante Sistema SAS (Statistical Analysis System), trabajando con un diseño de bloques generalizados al azar; los métodos estadísticos utilizados



fueron análisis de varianza, evaluación de medidas repetidas en el tiempo, proporciones binomiales mediante la prueba Chi cuadrado y prueba T de Student. Los resultados mostraron que no hay diferencia significativa en la recuperación y ganancia de peso en las vacas, pero si en la ganancia de peso a favor de los terneros del tratamiento A ( $P=0.05$ ); tendencia a que las vacas del tratamiento A retornen más pronto al celo ( $P=0.07$ ); un retorno más rápido a la preñez en las vacas del tratamiento A, encontrándose en comparaciones realizadas en intervalos de tiempo que en las vacas entre los 90 y 120 días posparto hay mayor número de preñadas ( $P=0.05$ ) pastoreando bajo adecuada cobertura arbórea. En conclusión de acuerdo al presente estudio los arreglos silvopastoriles que ofrecen apropiado sombrío, mejoran el desempeño reproductivo en las vacas Brahman y la ganancia de peso en sus crías.

**PALABRAS CLAVE:** Estrés calórico, Bos indicus, Cortisol, GnRH, producción de carne.

## ABSTRACT

This work evaluated the effect of tree cover on reproductive performance and weight gain of female cattle of Brahman race and the weight gain of their calves, beef cattle in the village of La Sierra, municipality of Puerto Nare, Antioquia located under the Latitude  $6^{\circ} 15' 0''$  N and Longitude  $74^{\circ} 33' 0''$  W coordinates, with a height of 125 m, an average temperature of  $27^{\circ}$  C, relative humidity of 81% and a average annual rainfall of 2487 mm, corresponding to a life zone Tropical moist forest (TMF), as classified by Holdridge (1967). The dominant grass is Angleton (*Dichanthium aristatum*) and the dominant trees are Melina (*Gmelina arborea Roxb*) Dinde (*Chloropholia tinctoria*) and Saman (*Samanea saman*). In this study an experimental group of 40 females who were between 1 and 9 births, clinically free of health problems and who were scheduled for delivery between March and April 2013 was selected. Two groups were formed: one of 20 cows managed in pastures with shadow more than 22% and light interception between 50 and 80% (treatment A) and 20 control cows in traditional management conditions in pastures with low coverage of shadow, lower 7%, with light interception between 50 and 80% (treatment B). The reproductive performance of each female was evaluated using



ultrasound in order to determine recovery and postpartum ovarian ovulation by finding corpora lutea. Similarly, the number of open days and pregnancy rates were determined; weight gain was obtained by performing monthly weighings of cows and calves on the scale. Additionally, in each group, some physiological variables were measured to correlate with reproductive performance and weight gain, such as respiratory environmental rate and body condition, ethological variables (grazing behavior and dry matter intake), environmental variables (availability forage, temperature and relative humidity in the shade and out of it) and other meteorological variables such as precipitation and sunshine. Statistical analysis was performed using SAS system (Statistical Analysis System), working with a generalized design of randomized blocks; statistical methods used were: analysis of variance, repeated measures assessment over time, binomial proportions using Chi square test and Student's t test. The results showed no significant difference in recovery and weight gain in cows but in weight gain of calves being higher for treatment A ( $P=0.05$ ); there was a tendency for sooner return to estrus in cows of treatment A ( $P=0.07$ ); faster return to pregnancy in cows of treatment A thus finding that cows grazing under proper tree cover between 90 and 120 postpartum had greater number of pregnancy ( $P = 0.05$ ). In conclusion, according to this study, silvopastoral arrangements that provide appropriate shade in the pasture improve reproductive performance in Brahman cows and weight gain in their calves.

**KEYWORDS:** Stress caloric, *Bos indicus*, Cortisol, GnRH, meat production.



## INTRODUCCIÓN GENERAL

Se estima que la ganadería en Colombia participa con aproximadamente el 1,7% del producto interno bruto (PIB) Nacional. Dentro del sector agropecuario su importancia relativa es indiscutible, con una participación del 20% del PIB agropecuario y del 53% del PIB pecuario nacional (Fedegan, 2011). Una de las principales alternativas para incrementar la oferta alimenticia de la creciente y demandante población humana es a través de la producción animal en zonas tropicales y subtropicales, pues aproximadamente dos terceras partes del territorio mundial se encuentran en latitudes comprendidas por estas zonas, donde existen condiciones y territorios disponibles para la producción. En estas zonas se presentan temperaturas elevadas que generan estrés térmico en los animales, afectando la eficiencia reproductiva del ganado bovino, la producción de leche y la ganancia de peso (West, 2003; Velazco y Rovira, 2009), parámetros productivos que son de alta relevancia en las ganaderías de cría.

El estrés ocasionado por las condiciones climáticas tropicales húmedas o secas, se denomina estrés calórico, que en principio induce una descarga simpático-adrenal la cual se manifiesta en una baja producción (De Dios Vallejo, 2000; Hötzel & Piheiro, 2000). De esta manera el estrés calórico se relaciona con disminución del consumo de alimento, lo que afecta notoriamente la ganancia de peso (West, 2003), y disminuye la eficiencia reproductiva. Bajo estas condiciones se produce la hormona corticotrópica (CTH), la cual genera una disminución de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) que es la estimulante de la síntesis de las principales hormonas reproductivas (Lucy, 2003).

El 75 % de los ganados en Colombia tiene sangre cebuína (*Bos indicus*) (Fedegan, 2006), en su gran mayoría de la raza Brahman. Esta raza tiene características orgánicas y mecanismos de adaptación y rusticidad favorables para la producción de carne en zonas ecológicas adversas como las tropicales y subtropicales (McManus *et al*, 2009), donde son frecuentes elevadas temperaturas y alta humedad relativa. Sin embargo



existen pocos estudios actualizados específicos acerca del rango de temperaturas en el cual se desempeñan mejor los animales de esta raza. Se encuentran diversas investigaciones y estudios comparativos de tolerancia a las condiciones ambientales de los ganados *Bos taurus*, pero son pocos los trabajos sobre el desempeño de los *Bos indicus* como el Brahman, en condiciones tradicionales extensivas, comparados con condiciones mejoradas que busquen minimizar el impacto de las altas temperaturas y el estrés calórico. Uno de esos pocos estudios es el de Callejas y col (2000), quienes encontraron un efecto positivo del sombrero sobre el comportamiento social, de consumo y desempeño reproductivo de la raza Brahman. En otro estudio, González (2007) afirma que la mejor alternativa para producir en el trópico bajo es utilizar razas cebuinas y que se puede mejorar su rendimiento productivo ofreciendo condiciones que favorezcan el confort de los animales.

Entre los parámetros productivos más relevantes en las explotaciones ganaderas en trópico bajo, en las cuales se implementan razas *Bos Indicus* como la Brahman, encontramos el intervalo entre partos, el cual en nuestras condiciones promedio es superior a los valores del ideal productivo que es obtener un ternero por vaca por año (Molina, 2007), y las ganancias de peso que, generalmente en nuestras ganaderías, son bajas e impiden obtener el peso de sacrificio de los animales en el tiempo ideal para producir carne de excelente calidad, además de prolongar su estadía en la unidad productiva (Mahecha *et al*, 2001), estos resultados obtenidos en dichos parámetros pueden ser limitantes para la eficiencia productiva.

Estos dos parámetros son fundamentales para determinar la viabilidad de la explotación ganadera de cría, pues el intervalo entre partos superior a un año impide producir unidades en la actividad de la cría y las bajas ganancias de peso retardan el tiempo ideal de sacrificio, generándose sobrecostos de producción no deseables para el ganadero. De allí la conveniencia de su evaluación dentro de diferentes sistemas de producción, para determinar las condiciones que favorecen los ideales productivos mencionados.



Teniendo en cuenta que el exceso de temperatura es un factor limitante en la producción animal, por la disminución que genera en el desempeño en general y en el consumo, (Góngora y Hernández, 2010) el sombrío constituye una excelente alternativa para mitigar el efecto negativo del estrés calórico, lo que a su vez redundará en un mejor desempeño reproductivo y mejores ganancias de peso en la raza Brahman.

Se debe además resaltar la importancia del bienestar animal ya que este tiene relación directa con la producción. Este aspecto está determinado por factores como temperatura, humedad relativa y disponibilidad y calidad de forraje, siendo estas, condiciones que generalmente se asocian a disminución en la producción en los sistemas ganaderos colombianos de trópico bajo. Se hace importante estudiar mejores prácticas de manejo y evaluar alternativas de producción que mantengan la productividad y sostenibilidad de la ganadería y la implementación de alternativas como los sistemas silvopastoriles (Zapata *et al*, 2011).

Tanto las ganancias de peso, como el desempeño reproductivo son indicadores de relevancia para el rendimiento productivo en la ganadería de carne; son el reflejo de la generación del producto a beneficiarse que es la carne y la multiplicación de las unidades productivas. Ellos están directamente relacionados con las condiciones ofrecidas a las unidades productivas: confort, alimentación, manejo, entre otras (Arias 2008; Betancourt *et al*, 2004, West, 2003), ya que permiten o no que los animales expresen su potencial productivo, aspectos que son ignorados con frecuencia por los productores de ganado de carne de la raza Brahman, asumiendo que esta es una raza tolerante a condiciones ambientales adversas. Es importante además mencionar que existe una problemática bien conocida que está relacionada con las condiciones ambientales ofrecidas a los animales y es el calentamiento global, el cual genera impactos directos sobre la ganadería, afectando fisiológica y comportamentalmente los animales, e impactos indirectos limitando la disponibilidad de recursos alimenticios (Lorente, 2010). La mejor forma de disminuir los efectos negativos del calentamiento es



mitigar el estrés que este puede generar y favorecer el bienestar animal. Por estas razones es importante realizar ensayos en los cuales se evalúe el impacto de las condiciones tradicionales con respecto a las condiciones mejoradas en la producción, buscando potenciar y aprovechar mejor las cualidades de la raza Brahman.

Teniendo en cuenta que los sistemas silvopastoriles son una alternativa para disminuir el estrés calórico (Betancour *et al*, 2004) debido a que permiten el confort mediante el sombrío en diversos arreglos como los árboles dispersos en potrero (Murgueitio e Ibrahim, 2000), es importante comparar el desempeño productivo y reproductivo de animales Brahman en condiciones tradicionales con respecto a sistemas mejorados de manejo, ambiente y disponibilidad alimenticia (Gonzalez, 2007). Así los sistemas silvopastoriles representan cada vez más una alternativa que proyecta la ganadería hacia mejores producciones, más rentables, sostenibles y con potencialidad en mercados que exigen calidad y garantía de bienestar de los animales.



## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar la ganancia de peso y el desempeño reproductivo de vacas Brahman en un sistema silvopastoril de árboles dispersos en potrero con un callejón central para sombrío comparado con un sistema tradicional de baja cobertura arbórea.

### **Objetivos Específicos**

Evaluar variaciones etológicas, fisiológicas y el consumo de materia seca en hembras Brahman de cría en la etapa del posparto en un sistema silvopastoril de árboles dispersos en potrero con un callejón central para sombrío comparándolo con un sistema tradicional de baja cobertura arbórea, relacionándolas con la disponibilidad y calidad del forraje y con las variaciones ambientales en cada sistema.

Evaluar la ganancia de peso y la condición corporal alcanzada durante la recuperación postparto por vacas Brahman y la ganancia de peso de sus crías en un sistema silvopastoril de árboles dispersos en potrero con un callejón central para sombrío comparado con un sistema tradicional de baja cobertura arbórea.

Evaluar el desempeño reproductivo de vacas Brahman en un sistema silvopastoril de árboles dispersos en potrero con un callejón central para sombrío comparado con un sistema tradicional de baja cobertura arbórea.

## **HIPÓTESIS**

El sistema silvopastoril con arreglo árboles dispersos en potrero y un callejón central para sombrío mejora la condición corporal, la ganancia de peso de hembras Brahman y sus crías y el desempeño reproductivo de las vaca



## Capítulo I. MARCO TEÓRICO

### Artículo de revisión

#### **Estrés calórico y sus efectos sobre el desempeño reproductivo y la ganancia de peso: el silvopastoreo como alternativa para disminuir el impacto térmico**

**J F Osorio \***, **L Mahecha \*\***, **H A Moncada \*\*\***, **J C Carmona\*\***

*Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia*

*Maestría en Ciencias Animales, Posgrados Facultad de Ciencias Agrarias*

*jfosorioagpc@hotmail.com*

*\*Candidato a Maestría en Ciencias Animales Universidad de Antioquia*

*\*\*Grupo de Investigación GRICA Universidad de Antioquia*

*\*\*\* Grupo de Investigación GIBA Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid*

#### **Resumen**

En la actividad de ganadería de cría en el trópico se presentan múltiples aspectos que son objeto de mejora en búsqueda de optimizar los resultados obtenidos en la producción. Para el manejo de las condiciones ambientales se deben realizar ajustes en búsqueda de mitigar algunas condiciones como las altas temperaturas que son propias del trópico y que cada vez son más extremas por efecto del calentamiento global. Entre los principales efectos negativos de las altas temperaturas ambientales se encuentra el denominado estrés calórico, que induce fenómenos homeostáticos desequilibrantes para el funcionamiento fisiológico del animal, modificando su comportamiento en pastoreo y su desempeño biológico y productivo, afectando el bienestar animal de los bovinos. Entre las principales consecuencias productivas que genera el estrés calórico para el caso de las ganaderías de cría se encuentra la disminución en la recuperación posparto y ganancia de peso de hembras bovinas y sus crías, incluso de razas tan resistentes como la Brahman. Este es el grupo racial predominante en Colombia, que aunque su adaptación le otorga umbrales de tolerancia más resistentes, puede también verse afectada por las condiciones ambientales



adversas. También los parámetros reproductivos que son determinantes en la rentabilidad de las explotaciones ganaderas de cría, son susceptibles a incurrir en ineficiencias, pues las modificaciones fisiológicas producto del estrés calórico afectan la endocrinología reproductiva, retardando el retorno a la preñez y el intervalo entre partos en las vacas. El silvopastoreo, que es la asociación de diferentes especies de plantas arbustivas y/o arbóreas con animales, es una importante alternativa para disminuir el impacto negativo de las altas temperaturas en el trópico sobre las unidades productivas, permitiendo disminuir el estrés calórico por medio de arreglos en los potreros que ofrecen sombrío, facilitando así que el animal se encuentre en estado de confort y favoreciendo su normal funcionamiento fisiológico, comportamiento y desempeño.

**Palabras claves:** Gonadotropinas, glucocorticoides, cortisol, confort.

### **Abstract**

Multiple aspects are presented in the activity of livestock breeding in the tropics that are subject to improvement seeking to optimize the results obtained in the production. For the management of environmental conditions must make adjustments to mitigate some search conditions such as high temperatures in the tropics and are becoming more extreme due to global warming. The main negative effects of high ambient temperatures is heat stress, this induces destabilizing phenomena homeostatic physiological functioning of the animal, changing their grazing behavior and its biological and productive performance, affecting animal welfare in cattle. One of the main productive consequences that heat stress is the decrease in recovery and postpartum weight gain of female cattle and calves, even in Brahman cattle. This is the predominant racial group in Colombia, although adaptation gives stronger tolerance thresholds may also be affected by adverse environmental conditions. Also reproductive parameters that determine the profitability of livestock breeding farms, are likely to incur inefficiencies because physiological changes product of heat stress affecting reproductive endocrinology, delaying the return to pregnancy and calving interval in cows. Silvopasture, the association of different shrubs and /or trees with animals, is an important alternative to reduce the negative impact of high temperatures in the tropics



on the productive units, allowing reduce heat stress through arrangements that provide shady paddocks, facilitating comfort for the animal and promoting normal physiological functioning, behavior and performance.

**Keywords:** Gonadotropins, glucocorticoid, cortisol, comfort.

## Introducción

En la cría de ganado de carne se utiliza el potencial genético de unidades productivas en las cuales se aprovechan sus vientres para producir terneros; en el periodo postparto se espera la recuperación y ganancia de peso de la madre y además, que el ternero tenga una ganancia de peso mediante la oferta láctea y forrajera. De esta forma se multiplica el número de unidades productivas y así mismo el volumen generado de carne vacuna. Dependiendo de la calidad de las condiciones ofertadas a las unidades productivas se verá reflejado el resultado generado por la actividad de la cría, tanto en la multiplicación de unidades productivas, medido en desempeño reproductivo, como en el volumen de producción, medido en la ganancia de peso. Las condiciones particulares de los diversos sistemas de producción en Colombia determinan sus resultados.

En Colombia se han clasificado cinco sistemas de producción ganadera: Sistema extractivo, sistema extensivo tradicional, sistema extensivo mejorado, sistema de pastoreo semi intensivo, sistema en confinamiento de acuerdo al CEGA (Centro de Estudios Ganaderos y Agrícolas). La mayoría del territorio dedicado a la ganadería está ocupado por sistemas tipo extensivo tradicional y extensivo mejorado (Mahecha *et al*, 2001). Según el Plan Estratégico de la Ganadería en Colombia “PEGA” (Fedegan, 2006), se señala que en Colombia aproximadamente el 90% proviene de los sistemas de pastoreo extensivo tradicional y pastoreo extensivo mejorado (41,8% y 49,1%, respectivamente). Los sistemas extensivos, se caracterizan por ser manejados en potreros de gran tamaño, el número de operarios es bajo y las labores de tecnificación son mínimas (Mahecha *et al*, 2001). Las labores permanentes en estos sistemas consisten principalmente en divisiones, mantenimiento de las mismas, siembras de pastos nativos y mejorados en forma de monocultivo, adecuación y mantenimiento de



fuentes de agua. Otros componentes ambientales determinantes en la producción, como la temperatura y la humedad relativa, no son susceptibles de prácticas de mejoramiento o adecuación, aun cuando sí de mitigación y además, se desconocen o no se valoran los efectos directos e indirectos de estos factores en el desempeño productivo.

La presente revisión retoma aspectos generales de las condiciones actuales de la producción ganadera en Colombia, considera la influencia de los factores ambientales en el confort del animal y como pueden afectar los resultados en la producción bovina, haciendo énfasis en cómo influye el estrés generado por las altas temperaturas directamente en la recuperación posparto de animales de cría, ganancias de peso de vacas y sus crías, el desempeño reproductivo y además se plantean los arreglos silvopastoriles como alternativa en la disminución del impacto del estrés sobre la producción de ganado de cría en razas resistentes incluso como las *Bos indicus*.

### **Efecto del medio ambiente en la producción**

Los animales viven en constante funcionamiento fisiológico por medio de sus propios procesos químicos y físicos e influenciados por el medio ambiente (Richards, 1973; Yousef, 1986). Así, la fisiología y por ende el comportamiento y la salud de los bovinos, están influenciados directamente por el medioambiente en que viven y esta influencia puede traer beneficios o consecuencias económicas (MAFF, 2000) al productor. En ocasiones los animales pueden sufrir de estrés debido a las oscilaciones en las temperaturas o por la combinación de factores negativos a los que se someten durante un corto periodo de tiempo. Para enfrentar este estrés, los animales requieren de mecanismos que modifican su fisiología y comportamiento, lo cual implica cambios en los requerimientos nutricionales y el consumo de agua. Esto, a su vez, limita la disponibilidad de energía, afectando el desempeño productivo de los animales. En el entendimiento de estos procesos es importante considerar el concepto de “zona de confort”, que representa el rango de temperaturas en el cual la producción de calor por



parte del animal se mantiene basal y puede expresar su máximo potencial productivo (Arias, 2008), aspecto que se aborda en un aparte posterior.

### **La Temperatura ambiente**

La temperatura ambiente es la variable más conocida y utilizada como indicador de condiciones que generan estrés. Teniendo en cuenta el efecto de la temperatura en el desempeño del animal, se ha utilizado el concepto de zona termoneutral o rango de temperatura de confort, el cual Da Silva (2006) reporta como las condiciones de temperatura ambiente, en las cuales el animal no modifica su metabolismo o comportamiento normal, de manera que no se obliga a implementar mecanismos homeostáticos en búsqueda de equilibrio. Por esta razón, el promedio de temperatura ambiente es considerado como la principal medida térmica para estimar el confort animal (Khalifa, 2003). En los últimos años, las oscilaciones de las temperaturas que pueden afectar la fisiología del animal se ven agravadas por el fenómeno del calentamiento global.

### **El calentamiento global**

El deterioro ambiental genera consecuencias como el calentamiento global o también llamado cambio climático, que está asociado al daño de la capa de ozono, la cual evita el efecto directo de la radiación solar sobre el ambiente. Este calentamiento es una de las consecuencias negativas del desarrollo de actividades humanas que tienen impacto sobre el ambiente, tales como la industria, los automóviles y las labores del sector agropecuario, como el caso de la ganadería bovina en la cual se producen gases como el metano que deterioran la capa de ozono. Entre las principales consecuencias que se encuentran de este calentamiento está el aumento de la temperatura ambiental, la cual en altos valores puede afectar tanto el ambiente en donde se produce, como directamente a unidades productivas en la ganadería (Lorente, 2010). Puede afectar a los bovinos de diferentes formas, pues nutricionalmente se deteriora su dieta ya que producto de las altas temperaturas se aumenta la cantidad de pasto lignificado, puede afectar el estado sanitario ya que el cambio de temperaturas genera el desplazamiento



y aparición de plagas y enfermedades, socialmente y ambientalmente también se afecta el ganado bovino dado los cambios que se dan en el ecosistema (Garzon, 2011). Teniendo en cuenta las modificaciones mencionadas se afecta notoriamente el bienestar animal, y además consecuentemente disminuye la producción en los bovinos. En la actualidad se buscan alternativas para disminuir el impacto del calentamiento global (DeRamus, 2003). El silvopastoreo, el uso eficiente de los agroinsumos y fertilizantes, la renovación de praderas, el manejo rotacional de praderas, son algunas de las prácticas que se pueden implementar en búsqueda de contrarrestar los efectos adversos del cambio climático sobre la producción bovina (Garzon 2011).

### **La humedad relativa**

Además de la temperatura existen otras interacciones ambientales a tener en cuenta. La humedad relativa (HR) se considera como una de las causas de estrés en los bovinos, ya que aumenta el efecto que genera la temperatura en el estrés, pues disminuye la eficiencia de los mecanismos homeostáticos de la disipación de calor como la sudoración (Blackshaw y Blackshaw, 1994; Renaudeau, 2005). Arias (2008) señala que la tasa de evaporación del animal depende del gradiente de presión de vapor que existe entre el animal y el medioambiente circundante, así como de la resistencia al movimiento en contra de la gradiente. En temperaturas superiores a los 30°C, la HR comienza a asumir un importante rol en los procesos evaporativos. En estas condiciones, el simple gradiente de presión de vapor no es suficiente para asegurar una adecuada evaporación. Así, altas HR reducen el potencial de disipación de calor tanto de la piel como del aparato respiratorio (Richards, 1973; Da Silva, 2006), afectando a los animales especialmente en medioambientes en los que la disipación del calor por vías evaporativas es crucial para mantener la condición homeotérmica (Arias, 2008).

### **El estrés calórico en los bovinos**

El estrés ocasionado por las condiciones climáticas cálidas tropicales húmedas o secas es el denominado estrés calórico que, en principio, induce la descarga simpático-adrenal, manifestándose en una baja producción (Góngora, 2010). Se da cuando se

genera un aumento en la temperatura ambiente por encima de la zona termo-neutral o de bienestar para el animal. Los rangos de temperatura ambiental reportados como de confort para animales tipo *Bos taurus* van de 0 a 20°C y para *Bos indicus* de 10 a 27°C; dada la resistencia del ganado *Bos indicus* se considera que puede tolerar rangos de temperatura incluso hasta los 35°C, con 70% de humedad ambiental en ambos casos (Beatty *et al*, 2006; Johnson, 1987; Rodríguez 1983), aunque se reportan diferencias entre razas, edad, estado fisiológico, sexo y variaciones individuales de los animales.

El estrés calórico es entonces un factor determinante que afecta negativamente la rentabilidad y viabilidad económica de la actividad ganadera. Entre los parámetros afectados se destacan la supervivencia (mortalidad), la ganancia de peso y desarrollo corporal, la eficiencia de conversión alimenticia, la producción de leche y carne y la reproducción (González, 2007). De forma específica, West (2003) señala, como uno de los aspectos con mayor influencia, la disminución del consumo de materia seca, lo cual limita la disponibilidad de nutrientes para mantenimiento y producción del animal. Según Bignoli (1971) el comportamiento normal de los rumiantes en pastoreo puede resumirse como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Tiempos invertidos en pastorear y rumiar de distintos tipos y categorías de bovinos

<b>Tipo de animal</b>	<b>Promedio de horas en pastoreo</b>	<b>Promedio de horas rumiando</b>
Vacas lecheras	6,5 – 9,3	5,4 – 8,6
Vacunos de carne	7,5 – 7,9	6,8 – 7,8
Terneros	8,6 – 10,9	8,3

Fuente: Bignoli (1971)

Sin embargo este tiempo de consumo es variable de acuerdo a las condiciones medio ambientales como se puede ver en el estudio de Velasco y Rovira (2007) (Ver Tabla 2). En esta se observa como el comportamiento de pastoreo y otras actividades varía de acuerdo a la presencia o no de sombra y el tipo de sombra.

**Tabla 2.** Conducta de pastoreo (minutos) de los novillos en los diferentes condiciones ambientales entre las 06:15 y 21:00 horas (promedio de 6 días)

	Sin sombra	Sombra artificial	Sombra natural
Pastoreo	481 <sup>a</sup>	453 <sup>a</sup>	485 <sup>a</sup>
Parados	145 <sup>ab</sup>	159 <sup>a</sup>	117 <sup>b</sup>
Echados	227 <sup>a</sup>	234 <sup>a</sup>	267 <sup>b</sup>
Caminando	31 <sup>ab</sup>	22 <sup>a</sup>	17 <sup>c</sup>
Bebiendo agua	17 <sup>ab</sup>	26 <sup>a</sup>	12 <sup>b</sup>
Uso total de la sombra	-	164 <sup>a</sup>	281 <sup>b</sup>
Parados	-	52 <sup>a</sup>	74 <sup>b</sup>
Echados	-	112 <sup>a</sup>	168 <sup>b</sup>

<sup>ab</sup> Medias con diferente letra en una misma fila difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ )

Fuente: Velasco y Rovira (2007)

Otro problema que se puede presentar por efecto de las altas temperaturas es la fotosensibilización, alteración fisiopatológica de la piel causada principalmente por la ingestión de agentes que causan patologías por efecto de la radiación solar. Es una alteración de la piel causada por la ingestión de sustancias fotodinámicas que provocan hipersensibilidad orgánica a la luz solar, la cual activa a un agente fotodinámico (AF) que se ubica en la epidermis, en las mucosas y a veces, también en la córnea (Cano, 2008). La activación del AF se produce en la piel despigmentada, o en aquellas zonas escasamente protegidas de la irradiación solar o cubiertas por pelo blanco y que son expuestas a algunos componentes de la luz solar como los rayos ultravioleta. Estos se transforman en energía térmica provocando inflamación, eritema, descamación,



defoliación, edema, desprendimiento, necrosis y gangrena. Consecuentemente a la activación del AF en la piel, se desarrolla una dermatitis aguda (Ochoa, 2012). McManus *et al* (2009) indican que el ganado tipo *Bos indicus* es menos propenso a la fotosensibilización, sin embargo se presenta en algunos casos.

Los bovinos tipo *Bos taurus* y principalmente de lechería especializada son los mas susceptibles a los efectos del estrés calórico, pues son animales que evolutivamente por su origen y por producto de la selección direccionada muy específicamente teniendo en cuenta características y parámetros productivos, tienen mecanismos homeostáticos menos complejos que otras razas (Espinoza, 2010; Arias 2008), adicionalmente por su capacidad de producción, tienen altos requerimientos dietarios, que producto del cambio comportamental y consecuentemente fisiológico, se disminuye la disponibilidad de nutrientes y eficiencia de utilización de los mismos, ocasionando la disminución en la producción y afectando drásticamente el desempeño reproductivo de los animales. Las limitaciones como disminución de la producción, problemas de salud, amplios intervalos entre partos, los rangos de tolerancia a condiciones ambientales y respuestas fisiológicas son bien conocidas gracias a diversos estudios que se han realizado para este tipo de animales (Espinoza 2010; Beatty *et al*, 2006; Blackshaw y Blackshaw, 1994) y generalmente los valores de estos parametros en este tipo de animales son los datos de referencia que se utilizan para el ganado bovino. Sin embargo los animales tipo *Bos taurus* de origen ibérico en América hispánica y portuguesa (ganados criollos) en Colombia y en america, son mas resistentes que los animales de producción especializada a las condiciones ambientales adversas (Beatty *et al*, 2006), producto de su amplia estadia, cronológicamente hablando en las condiciones tropicales, La resistencia de los ganados criollos se demuestra en algunas investigaciones como la de Barragan *et al* (2013) en donde algunos parámetros productivos se comparan en condiciones adversas y mejoradas, y no existen diferencias. Los animales tipo *Bos indicus* que por su origen, han desarrollado mecanismos homeostaticos mas eficientes, tienen una mayor resistencia a las condiciones ambientales tropicales que los animales tipo *Bos taurus* especializados y criollos (Beatty *et al*, 2006), sin embargo también



pueden ser susceptibles a los efectos de las altas temperaturas y humedades relativas en unos umbrales de tolerancia un poco mas amplios, pero no haciendo que estos no sufran las consecuencias y limitaciones que generan las condiciones diversas cada vez mas agravadas por el cambio climatico. Se hace importante realizar mayor numero de estudios que permitan cada vez mas obtener una aproximación de la caracterización de efectos, limitantes y respuestas en el ganado tipo *Bos indicus*.

Existen indicadores de confort en el animal para definir si se encuentra dentro de su zona termo neutral. Algunos de ellos de fácil determinación y que dan referencia del comportamiento fisiológico del animal ante un ambiente. Entre ellos, la tasa respiratoria, es un buen indicador y es de fácil medición.

### **La tasa de respiración como indicador de confort**

La tasa respiratoria (medida en número de exhalaciones por minuto) es un importante indicador que permite evaluar la presencia de estrés por calor en el ganado bovino, pues cuando un animal se encuentra en condiciones de temperaturas por encima de su umbral de tolerancia, esta constante fisiológica presenta respuesta fácilmente detectable (Gaughan, *et al* 2000).

Se considera como normal entre 20 y 60 exhalaciones por minuto, pero cuando la temperatura ambiental se encuentra por encima de 25°C, aumenta la tasa de respiración, la cual puede alcanzar hasta 200 exhalaciones. En condiciones extremas de calor (temperaturas ambientales superiores a los 40°C los valores decrecen a un rango de 120 – 150 exhalaciones por minuto (McGovern y Bruce, 2000). Estos mismos autores indican que el aumento de la tasa respiratoria inicialmente permite que el animal disipe el exceso de calor por medio de las vías respiratorias, mediante un incremento en la frecuencia y una disminución de el volumen inspirados. Pero en condiciones extremas esto no es suficiente para lograr refrescar al animal, por lo que la respiración vuelve a ser un poco más lenta y profunda.



## **Confort en las razas *Bos indicus* y el bienestar animal**

Algunos autores han determinado que las razas *Bos Indicus* son más resistentes que las razas *Bos Taurus* o que los cruces, al efecto del incremento térmico en los sistemas productivos (McManus, 2009), sin embargo no hay muchos estudios que comparen el desempeño productivo en condiciones adversas respecto a condiciones mejoradas entre animales tipo *Bos indicus*. En algunos estudios como el de Ponce (1978) se observa que novillas Brahman en crecimiento con condiciones de altas temperatura (27°C) tuvieron un retraso en la aparición de la pubertad con respecto a hembras de la misma raza que crecieron en ambientes a 10°C. Este autor señala que existen diversas alternativas en los diferentes sistemas de producción ganadera para disminuir el impacto de las altas temperaturas y así mismo disminuir la incidencia del estrés calórico (sombras artificiales, ventiladores, silvopastoreo). En el caso de los sistemas extensivos una alternativa es el silvopastoreo el cual ofrece distintos arreglos, pero algunos de ellos se implementan con la intención de mitigar el impacto del incremento térmico ambiental en el animal. Este tipo de alternativas son de necesaria implementación, pues presentan ventajas productivas (González, 2007), lo que está relacionado con los potenciales beneficios en el bienestar de los bovinos (Ibrahim *et al*, 2007). Respecto al bienestar animal, según el Instituto Colombiano Agropecuario (2006), es obligación de todo propietario o encargado del ganado, brindar un trato humanitario a los animales. Toda persona que se dedique a la cría de ganado, debe sentirse obligada a emplear los medios y procedimientos más adecuados, con el propósito de que los animales reciban buen trato en su desarrollo de acuerdo con los adelantos tecnológicos disponibles ajustados al comportamiento natural de su especie. Según Tarazona (2012) La demanda por productos diferenciados en términos de bienestar animal es creciente, pues viene aumentado cada vez más la información, conciencia y percepción del público con relación a la producción animal. Por tal motivo la investigación debe usar su capacidad técnica y analítica para evaluar los efectos de la producción pecuaria en el bienestar animal y humano.



## **Sistemas silvopastoriles en la producción de ganado de carne**

Los sistemas silvopastoriles son sistemas de producción animal que combinan plantas forrajeras como pastos, leguminosas, arbóreas y arbustivas, utilizadas en la nutrición animal y además otros usos complementarios (Mahecha y Angulo, 2011; Murgueitio *et al.*, 2005), la disponibilidad de nutrientes y las interacciones entre los componentes del sistema, tiene un impacto importante en la medio ambiente, la productividad y la sociedad.

El silvopastoreo es una opción agroecológica que tiene como referencia la autosostenibilidad, económica, social y ambiental, mediante un adecuado manejo se pueden obtener productos vegetales y productos animales como carne y leche (Carvalho *et al.*, 1995). Mediante el silvopastoreo se busca integrar componentes agroecológicos que permitan optimizar los ideales productivos de la explotación disponiendo a los animales diverso material vegetal que ofrece una dieta variada y unas condiciones favorables de confort, a la vez que se puede hacer uso de estos materiales como fuente de ingreso adicional obteniendo frutos, madera y otros tipos de materias primas. Adicionalmente se tienen beneficios ambientales, debido a la importancia que tiene la diversidad biológica asociada.

Los sistemas silvopastoriles presentan algunos beneficios para la ganadería bovina entre los cuales, de manera resumida se presentan algunos de relevancia ambiental y nutricional: incrementan la fertilidad de los suelos, aumentando la retención de agua e incrementando la disponibilidad del nitrógeno y otros minerales en el suelo, lo cual permite mejorar la composición de los forrajes mediante el aumento de los niveles de proteína y minerales en los forrajes (Xavier *et al.*, 2002); en las plantas hay una disminución de la pared celular en las hojas y un aumento de la digestibilidad, estos atribuidos al sombrero (Carvalho, 2001); en algunas especies que se pueden asociar en los sistemas silvopastoriles se encuentran los nódulos en la raíces, los cuales pueden fijar al suelo desde 62 hasta 125 Kg de nitrógeno por hectárea (Carlson y Dawson, 1985), lo que incrementa la disponibilidad de este nutriente para las plantas, aumentando potencialmente la disponibilidad de proteína en las dietas. De esta forma



el silvopastoreo no solamente aumenta la disponibilidad en cuanto a variedad de material forrajero obtenible para el animal sino que además mejora la calidad nutricional de las plantas dispuestas como fuente principal de alimento del animal, teniendo en cuenta que mejora las condiciones del suelo y la composición y digestibilidad de las plantas. Hasta el momento, los sistemas más estudiados y en los que existen mayor número de reportes han sido los sistemas asociados con árboles y/o arbustos leguminosos, en donde se da un mayor número de interacciones entre los componentes (Mahecha *et al*, 2001).

En América latina, principalmente en la región neotropical, ha despertado gran interés entre los investigadores, planificadores del desarrollo y productores debido a las múltiples opciones existentes para combinar arreglos en el espacio y el tiempo con variados atributos (Sánchez *et al* 2003; Murgueitio *et al.*, 2005). Los principales sistemas silvopastoriles investigados o implementados en forma empírica por los productores en la región son: Árboles dispersos en potreros, cercas vivas; sistemas silvopastoriles de alta densidad arbórea, Bancos forrajeros, pastoreo de ganado en plantaciones forestales y en menor proporción se ha trabajado las y pastoreo de Cortinas o barreras contra el viento y las pasturas en callejones de árboles (Murgueitio *et al.*, 2005). A continuación se describen algunos de los arreglos en los sistemas silvopastoriles, mas utilizados en Colombia según la prioridad del productor:

*Cercas vivas:* árboles o arbustos en línea que dan soporte a las cuerdas de alambre para dividir potreros, delimitar linderos y facilitar el uso del recurso tierra. Igualmente proporcionan leña, forraje y sirven como cortinas controladoras de vientos (Navas y Barragan, 2002). Las especies utilizadas están adaptados a altas densidades entre plantas y a podas frecuentes. Este sistema agroforestal originado en la necesidad de delimitar las propiedades, tiene mayor relevancia económica y ecológica, porque su establecimiento significa un ahorro del 54% con respecto al costo de las cercas convencionales y constituye una forma de reducir la presión sobre el bosque para la



obtención de postes y leña, además de que representa una forma de introducir árboles en los potreros (Galindo y Murgueitio 2003; Murgueitio *et al* 2005).

*Bancos forrajeros:* Son sistemas de corte y acarreo, se encuentran establecidos en todo el mundo, principalmente en condiciones de predios pequeños, regiones montañosas o con dominio de la agricultura (Murgueitio *et al* 2005). Estos bancos son fuente principalmente de forraje en la que se delimitan áreas sembradas de forma intensiva en monocultivos o policultivos de plantas con alto contenido de proteína (Pérez, 2006).

*Pastoreo en plantaciones:* Este arreglo permite utilizar las plantaciones para el pastoreo de los animales, una vez se tenga la altura y buena formación o grosor del tronco para que el animal no lo dañe (Bueno, 2012). Las plantaciones forestales industriales en América tropical están creciendo para atender la demanda regional e internacional de diferentes productos. Para realizar la practica de pastorear entre plantaciones es necesario conocer que el ganado puede afectar algunas especies de árboles, la tolerancia de las arbóreas a los pastos y al pisoteo, se requiere también estudiar la oferta forrajera, la densidad de árboles (debe ser menor) el manejo de la carga y comportamiento animal para evitar pérdidas económicas en los cultivos y como toda actividad compartida y el análisis de realción costo benefició (Murgueitio *et al.*, 2005)

*Sistemas Silvopastoriles de alta densidad arbórea:* Son sistemas silvopastoriles modernos originados en la investigación científica, de carácter intensivo. Se realizan con altas densidades de arbustos forrajeros (1000 a > 10.000 Ha-1) asociados a pastos mejorados de alta producción de biomasa bajo modelos de pastoreo rotacional intensivo con cercas eléctricas. Pueden asociar o no árboles maderables, frutales y leguminosas rastreras. (Murgueitio *et al.*, 2005)

*Árboles dispersos en potrero:* Son sistemas en los que se establecen especies arbóreas y el principal interés del productor es el sombrío y obtener algunos productos extras como alimentos para los mismos animales o maderables. También se implementa en



aquellos sistemas en los que se comienza a limpiar una zona nativa o donde se ha sembrado deliberadamente y en esa apertura de potreros se conservan árboles que ofrezcan sombrío (Raintree y Warner, 1986; Pezo e Ibrahim, 1996). Son muchas las ganaderías que presentan árboles dispersos en potreros, algunos de estos árboles presentes en potreros son remanentes de los bosques originales antes de deforestaciones, otros son sembrados por los productores y la mayoría han crecido a partir de la sucesión vegetal natural o por la dispersión que hace el ganado y los animales silvestres (Murgueitio *et al.*, 2005). Los árboles dispersos en potreros permiten disponer de recursos y de diversidad biológica, además favorecen la conservación de los suelos (Harvey y Haber 1999; Murgueitio *et al.*, 2005).

*Pasturas en callejones:* Las pasturas en callejones involucran la siembra de forrajeras herbácea entre las hileras de arbóreas o arbustivas. Su objetivo mediante la utilización de arbustivas es proporcionar a los animales mayor cantidad y calidad de forraje durante todo el año, mejorar la calidad de suelo, reducir el riesgo de erosión (Murgueitio y Muhammad, 2000), cuando se utilizan especies arbóreas, es además importante el beneficio que entregan mediante el sombrío y conservación de suelos.

Entre los arreglos que se encuentran para mejorar el confort en los animales desde el efecto térmico, mediante la oferta de sombrío, encontramos el sistema de árboles dispersos en potrero y árboles dispuestos en forma de callejón. Como ya se hizo mención, los árboles son importantes para la optimización del pastoreo, mejorar la calidad del suelo y sirven al animal para optimizar sus condiciones de confort, protegiéndolo de las condiciones ambientales extremas como la excesiva lluvia o las altas temperaturas (Reis *et al.* 2009). La nutrición es fundamental en la producción animal, pero por sí sola no es determinante en el desempeño de los animales, es importante el entorno ambiental en general y el confort que este brinda al animal. El animal es más eficiente si se encuentra bajo condiciones confortables por lo cual el silvopastoreo aporta grandes beneficios en términos productivos. Así, una cobertura arbórea adecuada favorece el confort mediante el sombrío, y de acuerdo a este



concepto, los autores Betancourt *et al* (2004) señalan que el área bajo cobertura arbórea se considera alta “o suficiente para brindar confort en potrero” si se encuentra del 22 al 30% del área bajo sombrío y baja de 0 al 7%.

En condiciones tropicales se ha observado que la temperatura bajo la copa de los árboles es, como promedio, 2-3°C por debajo de la observada en áreas abiertas (Wilson y Ludlow, 1991). De esta forma, se debe buscar el mayor porcentaje de intercepción de la radiación en busca del confort, sin afectar la eficiencia fotosintética de los forrajes disponibles en los potreros. La tolerancia al sombrío por las gramíneas u otros forrajes, para que no se afecte su crecimiento, es dependiente de la especie, pero existen rangos de tolerancia en las gramíneas que varían de 48 a 82% de intercepción de la luz, aspecto que también es dependiente de la época del año (Hernández y Guenni, 2008).

### **Desempeño reproductivo y ganancia de peso como indicadores de producción en ganaderías de cría**

Existen diferentes parámetros que determinan el desempeño productivo en las ganaderías de cría tipo carne, entre ellos, se puede tomar el concepto del desempeño reproductivo como un parámetro a evaluar por medio de indicadores, pues la reproducción favorece la multiplicación de las unidades productivas, siendo la reproducción fundamental para la eficiencia, pues la multiplicación del número de animales se relaciona directamente con el potencial de ganancia de peso neta en el sistema. Así a mayor número de unidades, se incrementa la oportunidad de producir más proteína animal. Mencionado lo anterior, se destaca que además de la eficiencia reproductiva, la ganancia de peso se convierte en otro elemento que finalmente determina la productividad en este tipo de explotaciones.

### **Importancia de la reproducción en la producción**

La producción de los hatos de cría se mide normalmente por parámetros reproductivos, especialmente la natalidad y por resultados productivos, como el peso al destete



individual. De estos depende la cantidad de kilogramos destetos por año en la finca, como se puede observar en el trabajo reportado por Molina (2007) (ver Tabla 3).

**Tabla 3.** Kilogramos de ternero producido por vaca/año (según natalidad).

Natalidad %	Peso promedio de terneros al destete		
	200 Kg.	180 Kg.	160 Kg.
100 %	200	180	160
90 %	180	162	144
80 %	160	144	128
70 %	140	126	112
60 %	120	108	96
50 %	100	90	80

Fuente: Molina (2007)

Una finca con promedios de peso al destete de 180 Kg, por ejemplo, y con una natalidad del 70 % anual (cifra cercana a la que se maneja en ganaderías cebuinas de cría en Colombia con buenos parámetros), no tiene un promedio real de 180 kg de ternero destetados por vaca por año; por el contrario, el promedio de dicha finca, teniendo en cuenta la totalidad de hembras adultas con capacidad de producir crías, es de 126 Kg por año (180 Kg x 70 % Natalidad). El manejo encaminado a aumentar la eficiencia reproductiva de este hato, logrará producciones promedio mayores en la totalidad de las vacas. Siguiendo el ejemplo anterior, con los mismos terneros destetos de 180 Kg, si se mejora la natalidad en al menos un 10 %, se pasa automáticamente de 126 a 144 Kg de peso destetados por año por vaca disponible (180 kg x 80 % Nat). De igual forma, un aumento por individuo en el peso al destete, con la misma natalidad, incrementa los kilogramos totales destetados en la finca; por ejemplo, una natalidad de 70% y pesos al destete de 190 Kg, aumentan la producción de 126 a 133 Kg destetados por año por vaca disponible para cría. Se deduce que la natalidad y la ganancia de peso son los principales factores a tener en cuenta en el manejo productivo de cualquier hato, pero a ellos hay que agregar el valor genético de los terneros producidos. La natalidad está



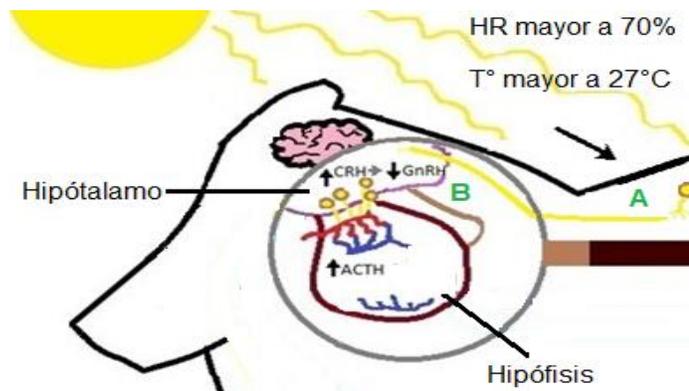
íntimamente relacionada con el Intervalo entre partos (IEP) y los días abiertos y estos, a su vez, con la presentación de calores. Sin embargo, el principal problema en nuestras explotaciones es la ausencia de calores o anestro, razón por la cual en su mayoría el manejo debe estar encaminado a resolverlo. El máximo nivel reproductivo que se puede obtener es una natalidad del 100 %, lo que corresponde a un IEP de 365 días, pero esto es bastante difícil de conseguir en nuestro medio. Si el objetivo es tener un IEP de 365 días, el período comprendido entre el parto y la concepción, denominado período abierto, no debe sobrepasar los 75 días (ya que la gestación ocupa los 290 días restantes) (Molina, 2007). Todos estos indicadores se pueden ver seriamente afectados por el estrés calórico. Teniendo en cuenta las consideraciones del estrés calórico, el cual afecta la fisiología del animal, es importante mencionar que este afecta el ciclo estral en la hembra bovina, lo cual impacta directamente sobre el desempeño reproductivo

### **Efecto del estrés sobre el desempeño reproductivo**

El ciclo estral es un evento fisiológico altamente sensible al estrés, principalmente al ocasionado por las altas temperaturas ambientales, que provoca disminución de la intensidad y duración del celo y tiene efectos dramáticos sobre la fertilidad, el comportamiento sexual, la folículogénesis, la ovulación, la función lútea y la implantación. Estos efectos se traducen negativamente en la tasa de natalidad incrementando el intervalo entre partos (González, 2007).

Cuando el animal se encuentra en condiciones de estrés calórico para *Bos taurus* de 0 a 20°C y para *Bos indicus* de 10 a 27°C (Johnson, 1987) y hasta los 35°C (Beatty *et al*, 2006), con humedades ambientales superiores al 70%, (Figura 1A) incrementa como respuesta la síntesis de la hormona liberadora de corticotropina (CRH) a nivel suprarrenal e hipotalámico por medio del núcleo paraventricular, que actúa sobre las células en el lóbulo anterior de la hipófisis para liberar la hormona adrenocorticotropa (ACTH) (Seyle 1978). Esto a su vez estimula la corteza suprarrenal, más específicamente, la secreción de glucocorticoides (GC) como el cortisol (Sapolsky,

2000). Se sabe que estos acontecimientos fisiológicos inducidos por el estrés tienen un efecto sobre la reproducción en la hembra bovina. Cuando el estrés estimula el eje hipotálamo-hipófisis-adrenocortical, también se modula el eje hipotálamo-hipófisis-gonadal, modificando la secreción de gonadotropinas, lo que disminuye las cantidades de hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), (Figura 1B) generándose así un antagonismo entre las hormonas de los dos ejes. La ACTH y la CRH provocan una marcada disminución en la secreción de hormona luteinizante (LH) a nivel de la hipófisis; mientras tanto los corticoides reducen el efecto estimulador del estradiol sobre la secreción de LH (Lucy, 2003).

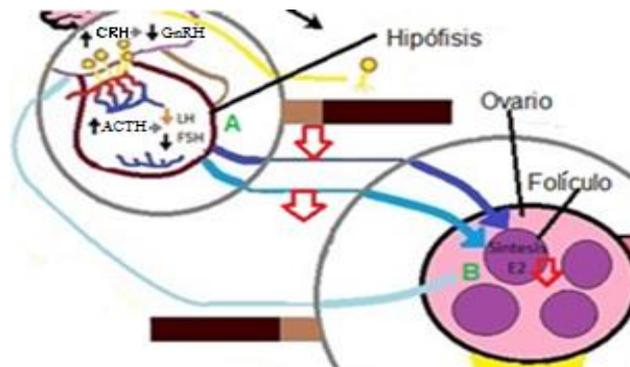


Esquema adaptado por el autor

**Figura 1. A.** Estímulo de los factores ambientales estresantes sobre el animal e inducción de la respuesta hormonal. **B.** Sucesos hormonales a nivel del hipotálamo e hipófisis en respuesta al estrés que disminuyen GnRH en el hipotálamo y aumentan CRH.

Al disminuir la cantidad de GnRH disponible, se ejerce un efecto marcado a nivel de la hipófisis sobre la secreción de las hormonas luteinizante (LH) con un importante papel en la ovulación y la hormona folículo estimulante (FSH) la cual es fundamental en el desarrollo folicular (Senger, 2003) (Figura 2A), e igualmente el aumento de los corticoides que reducen el efecto estimulante del estradiol (E2) hormona que es sintetizada en los folículos en desarrollo, sobre la secreción de LH (Lucy, 2003).

De esta manera, el estrés puede afectar la producción de la hormona LH sea directamente desde la hipófisis o interfiriendo con la respuesta neuroendocrina inducida por la señal de realimentación positiva a cargo del estradiol en la etapa preovulatoria, que estimula el centro de picos del hipotálamo para la liberación del pico de LH (Figura 2B) el cual se encarga de activar la ovulación (Elizabeth, 2009). Por otra parte, al disminuir los niveles de la hormona FSH se afecta el crecimiento de los folículos y consecuentemente la síntesis de estradiol (Figura 2B), (Badinga *et al*, 1993), lo cual limita la señal de retroalimentación positiva por parte del ovario para inducir el aumento de LH (Senger, 2003). Esta serie de modificaciones fisiológicas en las secreciones hormonales son perjudiciales para el normal desarrollo de los ciclos foliculares y la ovulación (Elizabeth, 2009).



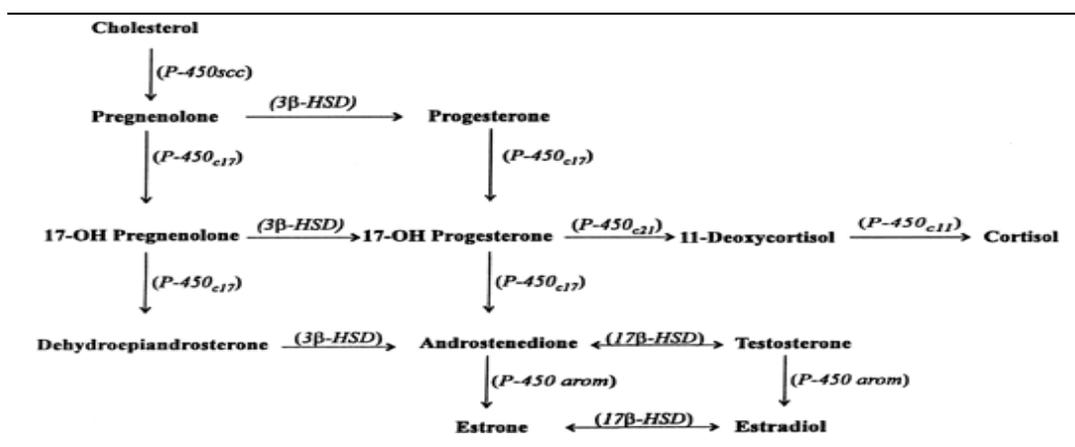
Esquema adaptado por el autor

**Figura 2. A.** Disminución de LH y FSH, debido al aumento de CRH y disminución de GnRH en hipotálamo. **B.** Disminución de crecimiento folicular y síntesis de E2, con consecuente disminución de la señal estimuladora hacia el centro de picos del hipotálamo para inducir el pico preovulatorio de LH.

El estradiol es sintetizado a partir del colesterol, como se observa en la Figura 1 (Albrecht y Pepe, 1998) al igual que el cortisol (Amado y Florez, 2003). Cuando se limita la disponibilidad del sustrato potencialmente puede disminuir la síntesis del estradiol. Es

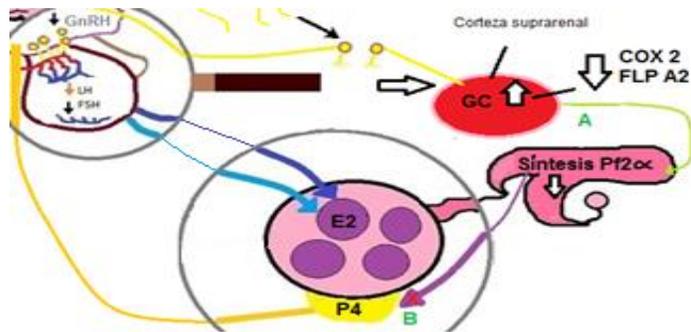
una de las razones por la cual los niveles de estrógenos se ven disminuidos por el aumento del cortisol (Adams *et al*, 1999).

En la Figura 3 se observa la biosíntesis de las hormonas esteroideas a partir del colesterol y como este es además precursor de glucocorticoides como el cortisol.



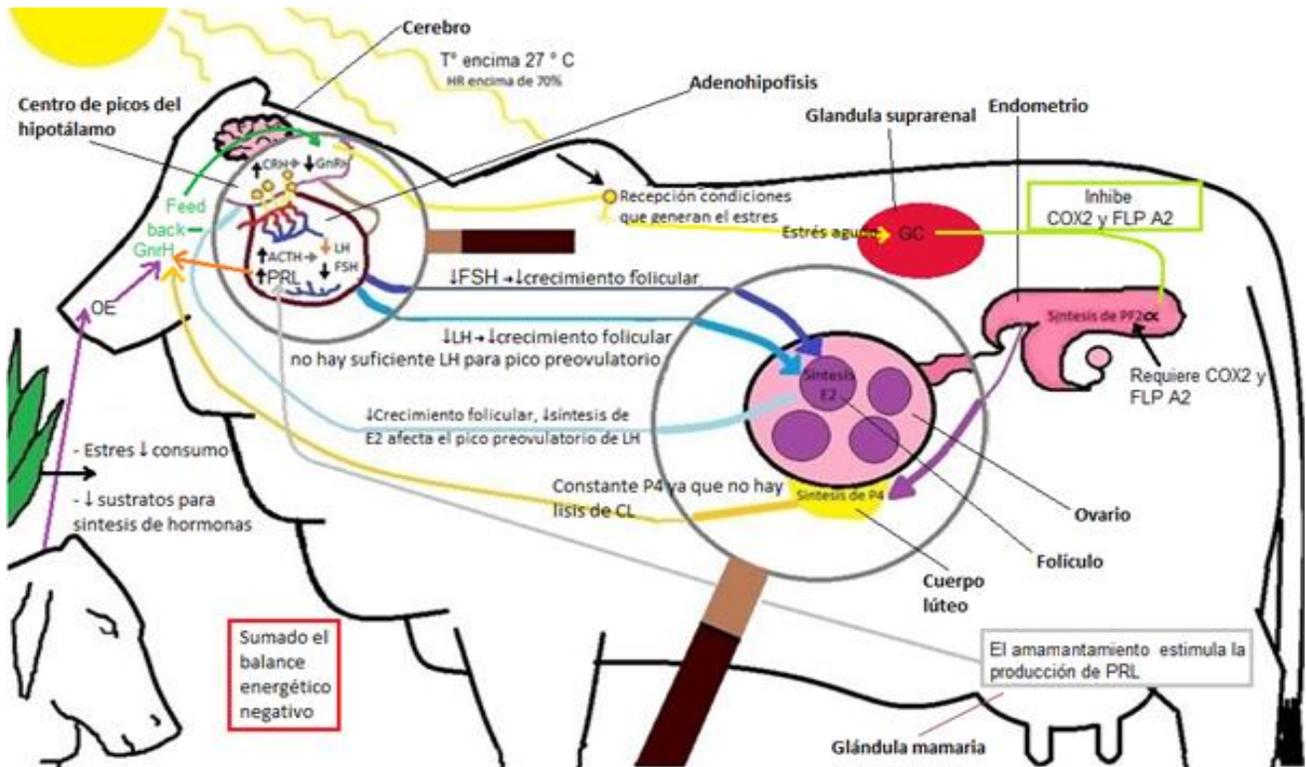
**Figura 3.** Esteroidogénesis Fuente: Albrecht y Pepe (1998)

Entre otros efectos negativos que pueden desencadenarse por el estrés a nivel reproductivo, se puede mencionar que además se ve afectada la síntesis de la hormona prostaglandina F2 alfa, ya que los glucocorticoides como los que se generan por el estrés, potencialmente reducen la inflamación mediante inhibición de la fosfolipasa A2 y la ciclooxigenasa-2 (COX-2). Estos mecanismos moleculares están implicados con la regulación de la biosíntesis de prostaglandinas (Figura 4A) (Goppelt, 1997). Sin presencia de prostaglandinas hay un retraso en la regresión del cuerpo lúteo, esto puede retrasar el desarrollo del folículo dominante y en consecuencia, disminuir la secreción de estradiol, que no podrá poner en marcha el mecanismo luteolítico, produciéndose progesterona (P4) que genera una retroalimentación negativa a la GnRH en el hipotálamo (Figura 4B) (Dobson y Smith, 2007).



Esquema adaptado por el autor

**Figura 4. A.** El aumento GC disminuyen COX 2 y FLP A2, consecuentemente disminuye la producción de Pf2 alfa. **B.** La disminución de Pf2 alfa retrasa la lisis del cuerpo lúteo, este produce P4 que envía una señal de retroalimentación negativa para la producción de GnRH.



Modelo Adaptado por JF Osorio (2014)

**Figura 5:** Esquema integrado del efecto del estrés calórico sobre el retraso en el retorno al celo y ovulación y la influencia de algunos factores limitantes en la etapa del posparto.

En revisión reportada por Góngora (2010) se describe de forma resumida el efecto corporal, fisiopatológico y en la síntesis de hormonas que tiene el estrés calórico. En la Tabla 4 se presenta un resumen de esta revisión.

**Tabla 4.** Efectos del estrés calórico sobre los diferentes mecanismos fisiológicos

<b>Proceso fisiológico</b>	<b>Mecanismo afectado</b>
Celo	Intensidad y duración del celo
Desarrollo folicular	Dominancia folicular, esteroidogénesis folicular
	Tamaño de folículos y concentraciones de E <sub>2</sub> Efectos retardados sobre desarrollo folicular, producción de hormonas y capacidad de desarrollo del oocito
Ovulación	Retardo o supresión de la ovulación
	Secreción pre-ovulatoria de LH
Integridad del oocito	Alteración del citoesqueleto y huso meiótico
	Maduración nuclear Maduración nuclear y aumento apoptosis
Desarrollo embrionario	Sobrevivencia embrionaria temprana
	Secreción de interferón Tau
Gestación	Desarrollo vascular de la placenta
	Flujo sanguíneo al feto
	Desarrollo fetal
Parto	Retardo o suspensión del parto
	Ciclicidad y ovulación posparto
Posparto	Balance energético, condición corporal y concentración de hormonas en líquido folicular

Fuente: Góngora (2010)



Como se evidencia en esta tabla, el estrés afecta directamente la fisiología reproductiva, pero además genera efectos indirectos, como es el caso del consumo de materia seca. Así, cuando se incrementa el estrés calórico en el animal, se disminuye el consumo de materia seca (West, 2003), lo que limitaría la disponibilidad de nutrientes en el animal y así mismo diferentes sustratos a partir de los cuales se sintetizan hormonas determinantes en el desempeño reproductivo.

### **Efecto de la alimentación sobre el desempeño reproductivo**

Los nutrientes en la dieta son los encargados de permitir la expresión de las actividades metabólicas que hacen al animal expresar su potencial genético para la reproducción. Estos procesos metabólicos son complejos y algunos todavía están en estudio. Se sabe que los metabolitos nutricionales tienen importantes funciones a nivel fisiológico reproductivo como por ejemplo la activación de la hormona GnRH que desencadena importantes procesos a nivel reproductivo en el animal (Lucas, 1992). Las alteraciones en la ovulación ocurren cuando hay ventanas en los tiempos de producción de las gonadotropinas, pues estas permiten el crecimiento folicular y la ovulación. La duración de dichas ventanas puede estar afectada significativamente por la nutrición (Scaramuzzi *et al*, 1993). Desde la formación embrionaria, inicio de la vida reproductiva (pubertad), ovulación y retorno post parto al celo se requiere de metabolitos que permitan llevar a cabo los sucesos antes mencionados de manera adecuada y que dichos metabolitos están regulados por la disponibilidad nutricional que presenta el individuo.

### **Indicadores de desempeño reproductivo**

Los índices reproductivos son indicadores del desempeño reproductivo del hato (días abiertos, intervalo entre partos, entre otros) y se pueden calcular cuando los eventos reproductivos del hato han sido registrados en forma adecuada. Estos nos permiten identificar las áreas de mejoramiento, establecer metas reproductivas reales, monitorear los progresos e identificar los problemas en estadios tempranos. Además, los índices reproductivos pueden ser utilizados para investigar la historia de los problemas (infertilidad y otros). La mayoría de los índices para un hato son calculados como el



promedio del desempeño individual de las vacas, como se puede ver en la Tabla 5. Por lo tanto, en pequeños hatos, la evaluación del desempeño reproductivo puede pasar del promedio del hato al desempeño individual de la vaca (Wattiaux, 1998).

**Tabla 5.** Índices reproductivos más comunes y sus valores óptimos bajo circunstancias ideales.

<b>Índice reproductivo</b>	<b>Valor óptimo</b>	<b>Valor que indica problemas</b>
Intervalo entre partos	12.5 - 13 meses	> 14 meses
Promedio de días al primer celo observado	< 40 días	> 60 días
Vacas observadas en celo entre los primeros 60 días después del parto	> 90 %	< 90 %
Promedio de días de vacía	85 a 110 días	> 140 días
Vacas vacías por más de 120 días	< 10 %	> 15 %
Duración del periodo seco	50 a 60 días	< 45 o > 70 días
Promedio de edad al primer parto	24 meses	< 24 o > 30
Porcentaje de abortos	< 5 %	> 10 %
Descarte por problemas reproductivos	< 10 %	> 10 %

Fuente: Wattiaux (1998)

### **Factores pos parto que desfavorecen el retorno al celo y ovulación**

Sumado al efecto del estrés calórico sobre la reproducción en la hembra bovina, se pueden mencionar de forma general algunos factores asociados al posparto que hacen más difícil el retorno al celo y la ovulación:

Condición corporal - balance energético negativo: Después del parto las vacas sufren un déficit de energía, causado por el incremento de la secreción de leche y un inadecuado consumo de alimento que generalmente no supe los requerimientos para mantenimiento y producción, generando un estado de balance energético negativo. Cuando este se presenta, la energía es escasa y los mecanismos fisiológicos que



distribuyen la energía favorecen aquellos procesos que facilitan la viabilidad del individuo sobre aquellos procesos que promueven el crecimiento, la longevidad y la producción (Ramírez, 2005). Uno de los indicadores que se utiliza para estimar la disponibilidad o déficit de energía es la evaluación de la condición corporal, la cual permite por medio de escalas bien definidas, calificar en el cuerpo del animal la deposición de tejido y reservas energéticas en puntos donde se marcan notoriamente la ausencia o presencia de dichos depósitos. Para el caso del ganado de carne es bastante utilizada la escala de 1 a 9 (Richards y Warner, 1986). Quiere esto decir que la adecuada condición corporal es un parámetro importante para el desempeño reproductivo del animal teniendo en cuenta la importancia de la disponibilidad energética que esta evaluación representa. De acuerdo a Pedron *et al* (1993) la condición corporal de animales en el preparto debe estar entre 5,8 a 7,2 para evitar déficit de energía, pero sin llegar a la obesidad del animal que genere problemas por sobreengrasamiento del animal.

La prolactina: La prolactina es una hormona secretada por las células lactotrofas de la hipófisis anterior. Su principal función es estimular el desarrollo de la glándula mamaria durante la gestación y la producción de leche durante la lactancia. Por tanto sus niveles son elevados durante la etapa pos parto. Los niveles altos de prolactina inhiben el eje hipotálamo-hipofisario-gonadal. La hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) es secretada de forma pulsátil por el hipotálamo y estimula la liberación de las hormonas luteinizante (LH) y foliculoestimulante (FSH). La prolactina inhibe la liberación de GnRH por el hipotálamo y también inhibe su acción en la hipófisis (Haddad y Wiek, 2004).

La cría: El aparato vomeronasal cumple un importante papel en la regulación del anestro post parto en vacas de carne, debido no sólo al estímulo visual que ejerce el ternero en la vaca, sino también al acicalamiento, olfateo y número de interacciones por día, todos estos estímulos actúan como fuertes mediadores neuroendocrinos para liberación de



opioides endógenos (OE) en el tejido neural en la madre. Se bloquea así el pulso generador de GnRH y la vaca permanece en estado anovulatorio (Montaño y Ruiz, 2005).

### **La ganancia de peso y efecto del estrés calórico**

El principal indicador en una explotación de ganado de carne es la producción en Kg de peso vivo por unidad productiva y se debe tener en cuenta que el estrés no solo afecta la reproducción sino además la ganancia de peso. El efecto del estrés calórico sobre el consumo voluntario de alimento ha sido bien documentado: el ganado expuesto a cortos periodos de calor, disminuye su consumo, (Nienaber *et al*, 2003) de tal forma que a mayor temperatura ambiental, menor consumo voluntario de alimento. Las condiciones ambientales afectan directamente la demanda de energía para mantenimiento, así como también para la activación de algunas respuestas fisiológicas y de comportamiento animal necesarias para hacer frente a las condiciones adversas del clima. La reducción del consumo de materia seca durante la época seca es un intento del animal por alinear sus demandas energéticas con su capacidad de perder calor. Esta reducción del consumo de materia seca es sin duda la mayor influencia en la disminución de la productividad del ganado (Arias, 2008). Por estrés calórico, al disminuir el consumo de materia seca, se limitan los nutrientes necesarios para que el animal pueda recuperar peso en el caso de la madre y ganar peso para el crecimiento de la cría. Esta relación se encuentra documentada en algunas investigaciones, como la reportada en un estudio por Cardozo (2011), en el cual se señala que a pesar de la adaptación del *Bos indicus*, el estrés calórico puede tener un efecto de disminución en la ganancia de peso; toros Cebú en el valle del Sinú, en la Costa Norte de Colombia, expuestos al sol tuvieron ganancias diarias de peso de 695 gramos, mientras que animales en condiciones de sombrero tuvieron ganancias de peso de 717 gramos al día. A pesar de que estadísticamente en la diferencia para tal estudio no hubo diferencia significativa.



## **Consideraciones finales**

El medio ambiente tiene un papel indiscutible en los resultados obtenidos en las actividades relacionadas con la producción animal. En este sentido, las altas temperaturas del trópico que son cada vez mayores, producto del calentamiento global, generan cambios fisiológicos y etológicos que pueden afectar el desempeño biológico y productivos de los bovinos, incluyendo a los ganados con mayor resistencia como los tipo *Bos indicus*. Es importante el conocimiento de las alteraciones que se generan producto de estos cambios generados por el estrés calórico, para adoptar prácticas y medidas que permitan el adecuado desempeño de las vacas en los hatos de crías.

Las modificaciones fisiológicas y etológicas que generan el estrés calórico pueden hacer que disminuya la recuperación y ganancia de peso de las vacas y sus terneros, debido a que las conductas y mecanismos corporales tienden a priorizar la termorregulación y hacer a un lado actividades como el consumo de materia seca, que es indispensable para obtener nutrientes que potencialmente se convertirían en tejido. Reproductivamente la hormona GnRH encargada inicial de desencadenar los procesos fisiológicos para que ocurra el celo y la ovulación en la hembra bovina, en condiciones de estrés se suprime por efecto del aumento de la hormona CRH que es producida en el hipotálamo como respuesta al estrés, de esta forma se disminuye la síntesis de otras hormonas fundamentales en la reproducción como el caso de la FSH, LH quienes dependen de la antes mencionada GnRH. Así mismo el aumento de los corticoides en respuesta al estrés puede generar la disminución en la síntesis de hormonas como la Prostaglandina F2 alfa, fundamental en el ciclo reproductivo de la hembra bovina.

En ese orden de ideas, el sombrío por medio de arreglos silvopastoriles como los árboles dispersos en potrero o sembrados en callejones en adecuadas densidades y permitiendo el suficiente paso de luz para el crecimiento del forraje en los potreros, puede convertirse en una herramienta favorable para la producción en la cría bovina, pues permite la disminución de la temperatura ambiental de 2 a 3°C, mitigando el efecto



de las altas temperaturas y disminuyendo el impacto del estrés calórico sobre la ganancia de peso y el desempeño reproductivo.

### **Referencias bibliográficas**

Adams T.E, Sakurai H, Adams B.M. Effect of Stress-Like Concentrations of Cortisol on Estradiol-Dependent Expression of Gonadotropin-Releasing Hormone Receptor in Orchidectomized Sheep. Department of Animal Science, University of California, Davis, California 95616 p 1- 4. 1999

Albrecht ED, Pepe GJ Placental steroidogenesis in primate pregnancy. In Knobil E, Neill J [eds]: Encyclopedia of Reproduction, Vol 3, pp 889–898. Boston, Academic Press, 1998

Amado JA, Flórez J Farmacología humana. 4<sup>a</sup> Ed. Barcelona: Masson, hvil.sld.cu. <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/16847822/Farmacologia-Humana---Jesus-Florez-5-Edicion.html>, 2003

Arias RA, Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche,. Escuela de Agronomía, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Chile. Department of Animal Science, University of Nebraska-Lincoln, USA, 2008

Badinga, R., W.W. Thatcher, T. Diaz, M. Drost and D. Wolfenson. Effect of environmental heat stress on follicular steroidogenesis and development in lactating Holstein cows. Theriogenology, 39: 797-810. 1993.

Beatty DT, Barnes A, Taylor E, Pethick D, McCarthy MK, Maloney S, Physiological responses of Bos taurus and Bos indicus cattle to prolonged, continuous heat and humidity. School of Veterinary and Biomedical Sciences, Murdoch University, Perth,



6150, Australia. Journal of Animal Science (impact factor: 2.1). 84(4):972-85. Source: PubMed, 2006

Betancourt K, Ibrahim M, Harvey CA, Vargas B, Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua, 2004

Bignoli, Darío P Dinámica Rural, Bs. As., 36:104-106. [http://www.produccion-animal.com.ar/etologia\\_y\\_bienestar/etologia\\_bovinos/55-comportamiento\\_en\\_pastoreo](http://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/etologia_bovinos/55-comportamiento_en_pastoreo), 1971

Blackshaw J, Blackshaw AW, Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. Aust J Exp Agric 34, 285-295, 1994

Bueno G. Guillermo A, Sistemas silvopastoriles, arreglos y usos. Rev Sist Prod Agroecol. 3: 2: 2012 56. Villavicencio, Meta. Colombia, 2012

Cano Celada, Pedro. Tesina fotosensibilización. Fotosensibilización, 2008

Cardozo JA, Velásquez JG , Flórez H, Velásquez JH y Peña MA, Estrés calórico: Efectos en el comportamiento reproductivo y adaptación de los bovinos al trópico, 2011

Carlson PH, Dawson JO. Soil nitrogen changes, early growth, and response to soil internal drainage of a plantation of *Alnus jorullensis* in the Colombian highlands. Turrialba 35(2): 141-150, 1985

Carvalho MM, Contribuição dos sistemas silvipastoris para a sustentabilidade da atividade leiteira. In: Proceedings of the 38 Sustentabilidade de Sistemas de Produção de Leite a` Pasto e em Confinamento. EMBRAPACNPGL, Juiz de Fora, pp 85–107, 2001



Carvalho MM, Freitas VP, Andrade AC Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em um sub-bosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.). *Pasturas Trop* 17:24–30, 1995

Da Silva RG, Weather and climate and animal production. In: Update of the guide to agricultural meteorological practices. WMO-No.134 published, 2006

De Ramus H, Alan, Clement TC, Giampola Dean D, Peter C. Dickison, Methane Emissions of Beef Cattle on Forages: Efficiency of Grazing Management Systems, *J. environ. qual.*, vol. 32, January–February, 2003

Dobson H, Smith RF, What is stress, and how does it affect reproduction? *Anim Reprod Sci* 60-61:743-52, 2000, (Colitti M, Sgorlon S, Stradaioli G, Farinacci M, Gabai G, Stefanon B. Grape polyphenols affect mRNA expression of PGHS-2, TIS11b and FOXO3 in endometrium of heifers under ACTH-induced stress. *Theriog* 68:1022-30, 2007

Elizabeth RW, Kellie M, Breen AE, Bree N. Pierce AJ, Tilbrook AI. Turner, and Fred J. Karsch, 2008. Cortisol Interferes with the Estradiol-Induced Surge of Luteinizing Hormone in the Ewe. *BIOLOGY OF REPRODUCTION* 80, 458–463 (2009). DOI 10.1095/biolreprod.108.074252

Federación Colombiana de Ganaderos “Fedegan”, Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana, 2006

Galindo, W; Murgueitio, E. 2003. Herramientas de Manejo Sostenible para la Ganadería Andina. En: Manejo Sostenible de los Sistemas Ganaderos Andinos. CIPAV, Cali, Colombia. pp. 19-88.



Garzón Alfonso, J.E.. Cambio climático: ¿cómo afecta la producción ganadera? redvet. Revista Electrónica de Veterinaria [en línea] 2011, 12 (Agosto-Sin mes): [Fecha de consulta: 28 de diciembre de 2014] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63621920007>> ISSN

Gaughan JB, Holt SM, Hahn GL, Mader TL, Eigenberg R, Respiration rate-is it a good measure of heat stress in cattle? Asian-Australian J Anim Sci 13 (Suppl. C), 329-332, 2000

Góngora A, Hernández A, La reproducción de la vaca se afecta por las altas temperaturas ambientales, 2010

Gonzales JM, El estrés calórico en los bovinos, 2007. [http://www.udca.edu.co/zoociencia/est\\_calorico.html](http://www.udca.edu.co/zoociencia/est_calorico.html)

Goppelt SM, Molecular mechanisms involved in the regulation of prostaglandin biosynthesis by glucocorticoids. Biochem Pharmacol, 53(10):1389-95, 1997

Haddad PM y Wieck, Antipsychotic-Induced Hyperprolactinaemia, 2004

Harvey, CA; Haber, WA. 1999. Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. Agroforestry Systems 44:37-68.

Hernández M, Guenni O, Producción de biomasa y calidad nutricional del estrato graminoide en un sistema silvopastoril dominado por samán (*Samanea saman* (Jacq) Merr). Universidad Simón Rodríguez. Dirección de Producción y Educación Agrícola. Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Botánica Agrícola, 2008

Ibrahim M, Villanueva C, Casasola F, Rojas J. Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad



ecológica de paisajes ganaderos. En: Memorias IV congreso Latinoamericano de agroforestería pecuaria. III simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. Varadero, Cuba, 2007

Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. Bienestar Animal: Nuevo reto para la ganadería. Grupo de Inocuidad en las Cadenas Agroalimentarias Pecuarias. Bogotá. 6p, 2006

Johnson HD, Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production of livestock. En Johnson HD editor. Bioclimatology and Adaptation of Livestock. World Animal Science B - 5. Amsterdam: Elsevier Scientific Publication; 1987 p. 2-26, 1987

Khalifa HH, Bioclimatology and adaptation of farm animals in a changing climate. In: Interactions between climate and animal production. Proc Symp, EAAP Technical series N° 7, Pp 15-29, 2003

Lorente S A, Ganadería y cambio climático: una influencia recíproca  
Universidad de Alicante (España), 2010

Lucas A, Early nutrition and later outcome. In: E.M. Widdowson and J.C. Mathers, (Editors). The Contribution of Nutrition to Human and Animal Health. Cambridge University Press, pp. 266-277, 1992

Lucy MC, Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. Reproduction (Suppl 61):415-27, 2003

MAFF, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Climate change and agriculture in the United Kingdom. PB4876. Summary A4, 2000



Mahecha L and Angulo J. 2011 Nutrient Management in Silvopastoral Systems for Economically and Environmentally Sustainable Cattle Production: A Case Study from Colombia. GRICA Research Group, University of Antioquia, Colombia. Soil Fertility Improvement and Integrated Nutrient Management – A Global Perspective p 201- 216

Mahecha L, Rosales M, Molina CH, Ibrahim M, Grazing, browsing time and milk production of lucerna cows in silvopastoral system in diferet season of the year, 2001

McGovern RE, JM Bruce, A model of the thermal balance for cattle in hot conditions. J Agric Engng Res 11, 81-92, 2000

McManus C, Prescott E, Paludo G.R, Bianchini E, Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds, 2009

Molina JJ, El problema de los días abiertos pag. 2 Intervet, 2007

Montaño E, Ruiz Z, ¿Por qué no ovulan los primeros folículos dominantes de las vacas cebú posparto en el trópico colombiano?. Rev Col Cienc Pec Vol. 18:2, 2005 127, 2005

Murgueitio E. 2005. Sistemas silvopastoriles en el Trópico de América En: Silvopastoralismo y manejo sostenible (Mosquera, M.R; McAdam,J; Rigueiro, A). Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. Universidad Santiago de Compostela. Lugo, España. p 32. ISBN: 84-96351-03-3. Completo 203. p.

Murgueitio E y Ibrahim M, Agroforestería pecuaria para la reconversión de la ganadería en Latinoamérica. Fundación CIPAV, Cali, Colombia Área de Agroforestería, CATIE, Costa Rica. Ponencia presentada en el XVII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias, Panamá, septiembre del 2000



Navas G y Barragán C, Caracterización y usos potenciales de especies vegetales de un bosque de galería secundario. Boletín Técnico N° 28. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria “CORPOICA” y Programa Nacional de Transferencia de Tecnología “PRONATTA”. Villavicencio, Meta. Colombia. 36 p. 2002

Nienaber JA, GL Hahn, TM Brown-Brandl, RA Eigenberg. Heat stress climatic conditions and the physiological responses of cattle. 5th International Dairy Housing Proceedings of the 29-31 January Conference, Fort Worth Texas, USA. ASAE publication N° 701P0203, Pp 255-262, 2003

Ochoa Ochoa Wilmer, Toxicología de la Fotosensibilización en Ganaderías de Leche. Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias escuela de medicina veterinaria y zootecnia Cuenca Ecuador Página 17, 2012

Pedron O, Cheli F, Senatore E, et al. Efec of body condition score at calving on performance, some blood parametters, milk fatty acis composition in dairy cows. J Dairy Sci 76:2528-2535, 1993

Pérez SE, Caracterización de sistemas silvopastoriles y su contribución socioeconómica a productores ganaderos de Copán, Honduras. Turrialba, Costa Rica PAG 17 A 25, 2006

Pezo D, Ibrahim M, Sistemas Silvopastoriles: Una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. In: 1er. Foro Internacional sobre Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales. Veracruz, México, 7-9 noviembre 1996. FIRA, Banco de México, Morelia, México. 39 p, 1996

Ponce R, Efectos del stress térmico sobre la fertilidad del Ganado Bovino, 1978

Raintree, JB; Warner, K, Agroforestry pathways for the intensification of shifting cultivation, Agroforestry System 4:39-54, 1986



Raineri C; Antonelli R; Prosdocimi BC; Simionato C; Tarazona AM; Gameiro AH. Contribution to economic evaluation of systems that value animal welfare at farm. Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. FMVZ/USP, Laboratório de Análises Socioeconômicas e Ciência Animal – LAE/FMVZ/USP. Centro de Inovação Tecnológica e Extensão Universitária UNICETEX/FZEA/USP, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Producción AnimalM, Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – Fundación CIPAV, Rev Colomb Cienc Pecu N°25 paginas 123-134, 2012.

Ramirez, Efecto del Balance Energético Negativo (BEN) en la eficiencia reproductiva en vacas lecheras, 2005

Reis GL, Lana A MQ, Maurício RM et al, Influence of trees on soil nutrient pools in a silvopastoral system in the Brazilian Savanna. Plant Soil 323:11–16, 2009

Renaudeau D, Effects of short-term exposure to high ambient temperature and relative humidity on thermoregulatory responses of European (Large White) and Caribbean (Creole) restrictively-fed growing pigs. Anim Res 54, 81-93, 2005

Richards, MW, Spitzer JC, Warner MB, Effects of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. J. Anim. Sci., 62,300-306, 1986

Richards SA, Temperature regulation. Wykeham Publications, London, Great Britain, Pp 212, 1973

Rodríguez E, IIª Reunión de Intercambio Tecnológico en Zonas Áridas y Semiáridas2, Villa Dolores, prov. de Córdoba, Argentina, pag. 162-174. 1.-Universidad Nacional de Córdoba, Casilla de Correo 509, (5000) Córdoba, Argentina. 2.- Editado por: Centro Argentino de Ingenieros Agrónomos y



Orientación Gráfica Editora SRL, 1983

Sánchez, M; Rosales, M; Murgueitio, E. 2003. Agroforestería Pecuaria en América Latina. En: Agroforestería para la Producción Animal en América Latina – II. MD Sánchez y M Rosales (eds). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma., p 1-10.

Sapolsky R.M, Romero, LM, Munck, AU, How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions. Endocr. Rev. 21, 55–89, 2000

Scaramuzzi, RJ, Adams NR, Baird DT, Campbell, B.K., Downing, J.A., Findlay, J.K., Henderson, K.M., Martin, G.B., McNatty, K.P., McNeilly, A.S. and Tsonis, C.G, A model for follicle selection and the determination of ovulation rate in the ewe. Reprod. Fertil. Dev., 5: 459-478, 1993

Seyle, H, The Stress of Life. McGraw-Hill Book Co., New York.ç, 1978

Senger PL Phatways of pregnancy and parturition second edition, Cadmus professional communications, Universidad de Washington, 2003

Velazco JI, Rovira PJ, Efecto del tipo de sombra en la ganancia de peso, tasa respiratoria y conducta de novillos en pastoreo, 2007

Wattiaux MA, Guía técnica lechera, Instituto Babcock, Universidad de Wisconsin-Madison, 1998

West JW, Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle, American Dairy Science Association, 2003



Wilson J, Ludlow M, The environment and potential growth of herbage under plantations. In: Forages for plantation crops. (Eds. M. Shelton and W. Stür). ACIAR Proceedings No. 32. Canberra, Australia. p. 10, 1991

Xavier DF, Carvalho MM, Alvim MJ *et al*, Melhoramento da fertilidade do solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* associada com leguminosas arbo´reas. *Past Trop* 25:23–26, 2002

Yousef MK, Stress Physiology Definition and terminology. In: Yousef MK (ed). *Stress physiology in Livestock Volume I Basic Principles*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, Pp 3-8, 1985



## Capítulo II

### Comportamiento de hembras de cría de la raza Brahman pastoreando en arreglos silvopastoriles que favorecen el sombrío en el trópico bajo

**J F Osorio \***, **L Mahecha \*\***, **H A Moncada \*\*\***, **J C Carmona\*\***

*Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia*

*Maestría en Ciencias Animales, Posgrados Facultad de Ciencias Agrarias*

*jfosorioagpc@hotmail.com*

*\*Candidato a Maestría en Ciencias Animales Universidad de Antioquia*

*\*\*Grupo de Investigación GRICA Universidad de Antioquia*

*\*\*\* Grupo de Investigación GIBA Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid*

#### **Resumen**

En la producción bovina el medio ambiente es determinante en el rendimiento. Las altas temperaturas generan en el ganado bovino estrés calórico, afectando el bienestar animal, alterando el comportamiento y desempeño incluso en razas resistentes como la raza Brahman. Los arreglos silvopastoriles que permiten ofrecer sombrío, disminuyen la temperatura ambiental. Mediante el presente estudio realizado en Puerto Nare, Antioquia, se caracterizaron dos sistemas para garantizar condiciones de manejo y oferta forrajera homogéneas e implementar el tratamiento cobertura arbórea; sistema con adecuada cobertura arbórea (22 a 30% del área cubierta por sombra e intercepción de la luz entre el 50 y 80%) y otro con inadecuada cobertura (menor al 7% con igual intercepción). Se trabajaron dos grupos de animales seleccionados de forma homogénea: 20 vacas Brahman y sus crías manejado en el sistema con cobertura adecuada de sombrío en arreglos árboles dispersos en potrero con un callejón central (tratamiento A) y el control, 20 vacas Brahman y sus crías en potreros con baja cobertura. Con el fin de caracterizar y obtener información de apoyo se evaluó la temperatura ambiente y la humedad relativa promedio en sombra y fuera de ella, y se encontró que era menor la temperatura en los potreros en los cuales se implementó la



adecuada cobertura arbórea ( $P=0.04$ ), se evaluó la tasa respiratoria como indicador de estrés, se encontró que esta no superó el número de respiraciones que indican estrés en ningún tratamiento, pero fue mayor en las vacas con baja cobertura arbórea ( $P=0.0001$ ), se midió el consumo de materia seca, y no hubo significancia ( $P=0.4$ ), se evaluó el comportamiento de pastoreo encontrando que los animales del tratamiento B presentan consumo nocturno en búsqueda de compensación del pastoreo mientras que los del tratamiento A no ( $P=0.0017$ ). Los arreglos silvopastoriles para ofertar sombrío disminuyen la temperatura ambiental en aproximadamente  $2^{\circ}\text{C}$ , favorecen el confort de los animales, permiten mejorar el bienestar animal en los bovinos *Bos indicus* en el trópico.

**Palabras claves:** Etología, forraje, estrés, microclima.

### **Abstract**

The environment is critical for the performance in cattle production. High temperatures generate heat stress in cattle and affect animal welfare, alter behavior and performance even in tough races like the Brahman breed. Silvopastoral arrangements featuring somber decrease the environmental temperature. The present study was carried out in Puerto Nare, Antioquia, two systems were characterized to ensure uniform management conditions and forage supply and to implement treatment tree cover; system with adequate tree cover (22-30% of the area covered by shadow and light interception between 50 and 80%) and one with inadequate coverage (less than 7% to the same interception). Two groups of animals were selected with homogeneous characteristics: 20 Brahman cows and calves were managed in the system with adequate coverage arrangements scattered trees in pasture and central ally (treatment A) and control, 20 Brahman cows and their calves in paddocks with low coverage. Room temperature and average relative humidity were evaluated in shadow and beyond as support information. Temperature was lower in pastures with adequate tree cover ( $P = 0.04$ ), respiratory rate was assessed as an indicator of stress. The number of breaths did not indicate stress in any treatment, but was higher in cows with lower tree cover ( $P = 0.0001$ ). Dry matter intake was no significant ( $P = 0.4$ ). Animals from treatment B



presented compensation of consumption at night while animals from treatment A ( $P = 0.0017$ ) did not exhibit this behavior. Silvopastoral arrangements with appropriate shadow decrease environmental temperature about  $2^{\circ}\text{C}$ , favor the comfort of the animals, and allow improving animal welfare of *Bos indicus* cattle in the tropics.

**Keywords:** Ethology, feed, stress, microclimate.

## Introducción

En la producción ganadera en el trópico se presentan limitantes que pueden hacer menos eficiente el desempeño de las unidades productivas en diferentes etapas, cría bovina, el levante o ceba, que se ven afectadas por factores ambientales como las altas temperaturas (West, 2003) y las altas humedades relativas, factores que por efecto del calentamiento global son cada vez más limitantes (Lorente, 2010). Para el ganado Brahman, que es la raza predominante en las producciones ganaderas en Colombia, se reporta que su temperatura de confort se encuentra entre los  $10$  a  $27^{\circ}\text{C}$ ; aunque dada la resistencia de este tipo de ganados, se considera que puede tolerar hasta rangos de temperatura incluso de  $35^{\circ}\text{C}$ , con  $70\%$  de humedad ambiental (Beatty *et al*, 2006; Johnson, 1987; Rodríguez 1983). Cuando las condiciones ambientales se encuentran por encima de estos rangos ideales, los animales comienzan a presentar estrés calórico que induce la descarga simpático-adrenal, manifestándose en una baja producción (Góngora, 2010).

West (2003) señala, como uno de los aspectos con mayor influencia, la disminución del consumo de materia seca, lo cual limita la disponibilidad de nutrientes para mantenimiento y producción del animal. Existen algunos indicadores en campo para determinar que los animales se encuentran bajo estrés calórico: inicialmente cuando el animal presenta estrés calórico, presenta dos comportamientos para defenderse contra el estrés calórico y son la disminución del consumo y la búsqueda de sitios con sombra (Katzere *et al*, 2001; West, 2003; Pires *et al*, 2001). Además, como respuesta al estrés se puede comenzar a incrementar la tasa respiratoria del animal (Colier y Zimbelman, 2007). El silvopastoreo se presenta como una alternativa para mitigar los efectos del



estrés calórico (Betancourt *et al*, 2004; González, 2007) ofreciendo confort y disminuyendo los efectos de las altas temperaturas por medio de arreglos que ofrecen sombrío como el caso de arreglos de árboles dispersos en potrero o arreglos en callejones, Sistemas que además del beneficio del confort, presentan otras ventajas que favorecen el bienestar animal en los bovinos en el trópico (Ibrahim *et al*, 2007).

El presente estudio evaluó variaciones etológicas, fisiológicas y el consumo de materia seca en hembras Brahman de cría en la etapa del posparto en un sistema silvopastoril de árboles dispersos en potrero con callejón central para sombrío, comparándolo con un sistema tradicional de baja cobertura arbórea y relacionándolas con la disponibilidad y calidad del forraje y con las variaciones ambientales en cada sistema.

## **Materiales y métodos**

### **Localización**

El trabajo se realizó en una finca ganadera ubicada en el trópico bajo colombiano, “Hacienda Casanare” de Ganadería CUBA, ubicada en el corregimiento de La Sierra municipio de Puerto Nare (Antioquia), ubicada en Latitud 6° 15' 0" N, Longitud 74° 33' 0" W a una altura de 125 metros sobre el nivel del mar, una temperatura promedio de 27°C, una humedad relativa reportada en la zona de 81% y una precipitación anual promedio de 2487 mm, correspondiente a zona de vida bosque húmedo tropical (BhT) según la clasificación de Holdridge (1977). El pasto introducido dominante es el angleton (*Dichantium aristatum*), y los árboles dominantes son melina (*Gmelina arborea Roxb*), Dinde (*Chloropholia tinctoria*) y Samán (*Samanea saman*). Con el fin de disminuir la variabilidad de los factores no incluidos en esta evaluación (factores ambientales característicos de las zonas y materiales dominantes) todo el trabajo se realizó en esta misma finca ganadera y en potreros aledaños ubicados en la misma zona de la finca.



### **Selección de animales evaluados**

Para definir y emplear las unidades experimentales se escogieron 160 animales por medio de los registros generados por el software +Ganadero®. Se tuvieron en cuenta animales que tuvieran programado su parto para un mismo mes con el fin de concentrar los partos de los animales y poderlos evaluar simultáneamente. Para el caso del año 2013 el mayor número de partos se presentaría en esta ganadería entre el mes de marzo y abril. Luego estas 160 vacas se comenzaron a seleccionar y filtrar teniendo en cuenta criterios de homogeneidad y condiciones que permitieran evaluar los parámetros esperados y sus resultados considerando el efecto del tratamiento, por lo cual se eliminó del listado de candidatas, hembras que presentaran problemas sanitarios y reproductivos como antecedentes, hembras que tuvieran proporciones genotípicas y fenotípicas de razas diferentes a Brahman y finalmente se eliminaron las hembras de primer parto y las vacas con más de nueve partos, tomando como referencia un estudio de Casares y Retamoza (2003), en el cual no se presentaron diferencias significativas en los principales indicadores productivos de hembras con este número de partos, y además de esta forma el estudio sería representativo para diferentes etapas productivas de las hembras Brahman.

El grupo experimental final estuvo constituido por 40 hembras Brahman, con 1 a 9 partos. Estas hembras estaban gestantes y programadas para parir en Marzo o Abril de 2013, sin antecedentes clínicos y sanas, con una condición corporal adecuada acorde a la etapa de gestación; según Pedron *et al* (1993) entre 5,8 y 7,2 de acuerdo a la escala norteamericana en donde 1=emaciada a 9=extremadamente obesa (Richards y Warner, 1986) y con características lo más homogéneas posibles. Las hembras se clasificaron principalmente según el número de partos y según el score corporal genotípico de la ganadería para realizar una distribución equitativa y se dividieron aleatoriamente en dos grupos o tratamientos, uno pastoreando un potrero con árboles diseminados con callejón central, en condiciones de adecuada densidad de sombrero (Tratamiento A) y otro control, pastoreando un potrero de baja densidad de sombrero, sin arreglos silvopastoriles, como es habitual en el sistema tradicional (Tratamiento B).



Ambos grupos se apareaban por monta natural, con un toro para cada grupo de vacas desde la etapa del parto; los reproductores, seleccionados con criterios de homogeneidad, estaban clínicamente libres de problemas sanitarios y tenían pruebas de desempeño reproductivo, los toros se distribuyeron aleatoriamente en cada grupo. Durante el desarrollo del estudio número final de vacas evaluadas se modificó, terminando la evaluación con 38 animales, 19 para el tratamiento A y 19 para el tratamiento B, pues en ambos casos se eliminó una unidad experimental, en el grupo A una de las vacas presentó un quiste folicular, mientras que en el grupo B murió la cría de una de las vacas.

### **Tratamientos**

Tratamiento A (vacas en potreros con adecuada cobertura arbórea): estuvo conformado por 20 vacas que se sometieron a pastoreo rotacional en potreros previamente caracterizados, de aproximadamente 2 hectáreas, con 4 días de ocupación y 28 de descanso; se dispuso de 8 potreros en total para este grupo, con alta cobertura arbórea correspondiente a un 22 a 30% del área del potrero (Betancourt *et al*, 2004) y con una intercepción de luz entre el 50 y 80%, con arreglo silvopastoril de árboles dispersos en potrero, de las especies Melina (*Gmelina arborea Roxb*), Dinde (*Chloropholia tinctoria*) y Samán (*Samanea saman*), con un promedio de 15 árboles por hectárea y un callejón central de arboles (dispuestos en una hilera doble en el centro del potrero), sembrada con Melina (*Gmelina arborea Roxb*) a 3 metros entre árbol y 4 metros entre surco, con un promedio de 33 árboles por hectárea. La pastura dominante era Angleton (*Dichantium aristatum*), de tal forma que los animales dispusieron diariamente de pasto con una adecuada edad de consumo y a voluntad; los linderos estaban delimitados por cerca eléctrica y tenían agua fresca a voluntad y sal mineralizada con 8% de fósforo en saladeros plásticos.

Tratamiento B (Vacas en potreros con baja cobertura arbórea): estuvo conformado por 20 vacas sometidas a pastoreo rotacional en potreros previamente caracterizados de aproximadamente 2 hectáreas, bajo las mismas condiciones de are y pastoreo



rotacional del tratamiento A, en este caso, el área de pastoreo contaba con menos del 7% del área cubierta con sombrero natural de los árboles (Betancourt *et al*, 2004) y con una intercepción de la luz entre el 50 y 80%. Se encontraban especies arbóreas como Melina (*Gmelina arborea Roxb*), Dinde (*Chloropholia tinctoria*) y Samán (*Samanea saman*), con densidad de menos de 5 árboles por hectárea, sin ningún tipo de arreglo silvopastoril. La pastura dominante era Angleton (*Dichantium aristatum*), con una adecuada edad de consumo y a voluntad; los linderos estaban delimitados por cerca eléctrica, con agua fresca a voluntad y sal mineral con 8% de fósforo en saladeros plásticos.

Las vacas fueron agrupadas en sus respectivos potreros un mes antes de comenzar la evaluación, buscando que reconocieran y se adaptaran a las condiciones ambientales de experimentación. Se manejaron registros reproductivos y productivos de cada vaca para individualizar los datos tomados.

### **Variables evaluadas**

#### *Caracterización de sombrero:*

Con el fin de garantizar el sombrero correspondiente para los potreros de cada tratamiento, se realizó la estimación del área cubierta por sombra proveniente de los árboles teniendo como referencia el método propuesto por Somarriba (2002), en el que se debe conocer el área del terreno o parcela, se identifican por especies el número de árboles, se mide el diámetro promedio de las copa, y se estima la cobertura del árbol haciendo mediciones visuales de 50% de una copa (una mitad de la copa) y asumiendo simetría en el 50% restante, además se hace una estimación visual de la penumbra para restarla a la cobertura. De esta forma se obtiene el área de sombrero. Estas estimaciones se realizaron a las 12:00 horas que el sol estuviera totalmente sobre el árbol, para disminuir errores por posición del sol. Se estimó además el porcentaje de intersección promedio de los árboles de luz fotosintéticamente activa, medida en espectro de onda, buscando confirmar que las especies utilizadas no tuvieran menos del 50% de intersección para poder ofrecer confort a los animales y tampoco más del



80% para que no afectara el proceso fotosintético en las gramíneas ubicadas alrededor, esta estimación se realizó mediante un medidor quantum de luz fotosintética activa Apogee® MQ - 301, tomando el dato promedio en zonas representativas de luz fotosintéticamente activa bajo sombra y por fuera de ella en las diferentes especies arbóreas en los potreros de ambos tratamientos.

#### *Disponibilidad de forraje:*

Para estimar la disponibilidad de forraje por animal, se realizaron aforos de 3 potreros representativos de cada zona de pastoreo para los tratamientos, previamente al periodo experimental para caracterizar y garantizar la disponibilidad de cantidad homogénea de alimento en ambos tratamientos, según el método descrito por Giraldo (1996).

#### *Composición nutricional del forraje:*

Se realizó dentro de las labores de caracterización, la determinación de la composición nutricional del material de consumo dominante mediante análisis bromatológicos de acuerdo con la metodología propuesta por AOAC en 1997; se realizó, además, el análisis de fibras, de acuerdo con la metodología propuesta por Van Soest *et al* (1991). Las muestras analizadas fueron representativas de cada tratamiento. Así, se muestreó tanto en potreros del tratamiento A como en potreros del tratamiento B; para los pastos de los potreros de cada tratamiento se evaluó también su composición en sombra y por fuera de ella.

Luego de evaluar las variables de caracterización se evaluaron variables medio ambientales, etológicas y fisiológicas en las vacas que se consideró, podían variar según el tratamiento.

#### *Temperatura ambiente ( $T^{\circ}$ ) y humedad relativa (HR):*

Con el fin de caracterizar la diferencia del ambiente y apoyar los resultados obtenidos se midió la temperatura ambiente y la humedad relativa en los potreros de estadía de los animales para cada tratamiento, midiendo dentro del potrero de cada tratamiento la



T° y la HR bajo sombra (debajo de los arboles) y en el sol (sitios de radiación solar directa). Se tomó registro 1 vez semanalmente durante los seis meses de evaluación, mediante un higrómetro termómetro radi rt-810e con certificado de calibración, en el potrero de estadía de los animales para cada tratamiento; se registró a las 06:00 y a las 16:00 horas, considerando los animales tienen la menor y la mayor carga térmica, respectivamente (Espinoza *et al*, 2010) y a las 12:00 como referencia.

#### *Tasa respiratoria:*

La medida de la tasa o frecuencia respiratoria se midió una vez por semana durante los seis meses de evaluación, la medición se realizó en los potreros a las 06:00 y 16:00 horas, considerando que son los momentos del día en que los animales tienen la menor y la mayor carga térmica, respectivamente (Espinoza *et al*, 2010) y a las 12:00 horas como referencia. La determinación se hizo contando los movimientos del flanco generados por la inhalación y exhalación (McManus *et al*, 2009).

#### *Comportamiento de pastoreo diurno y nocturno:*

Finalizando el experimento durante 4 días consecutivos se evaluó el comportamiento de pastoreo; se observó y registró el tiempo que los animales dedicaban a diferentes actividades: consumo de forraje, rumia, consumo de agua, desplazamiento y reposo en el día durante 12 horas de las 6:00 a las 18:00 horas como se propone en otros estudios en Colombia (Suarez *et al*, 2012). También en la última noche de los 4 días evaluados se realizó esta observación nocturna de las 18:00 a las 6:00 am., se tomaron datos del comportamiento grupal cada 10 minutos. Al final, se realizó una sumatoria por actividad y esta a su vez se multiplicó por 10 min, para así tener el total de tiempo dedicado a cada una.

#### *Consumo de materia seca (CMS):*

El CMS se midió finalizando el mes 6 de la evaluación, en el mismo periodo en que se realizó la prueba de comportamiento. Mediante la utilización de marcadores digestivos internos y externos; como marcador digestivo externo, para medir la producción de



heces, se suministró óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) (Lachman y Araujo, 2001), a razón de 10 gramos por día, empacado en bolsas de papel biodegradable, durante 15 días, suministrado cada día a las 8:00 am. Durante los primeros diez días se suministró con el objetivo de adaptar el comportamiento y la fisiología del animal y durante los últimos cinco días se suministró con el propósito de tomar muestras fecales directamente del recto. Se homogenizaron todas las muestras tomadas del recto y se tomaron 100g de heces las cuales se conservaron a  $5^\circ\text{C}$  para posterior procesamiento y evaluación en laboratorio. El suministro se hizo en 10 animales de cada grupo en el corral de manejo, ubicando a los animales en brete y colocando manualmente directo en la boca de la vaca. Se midió la cantidad de cromo en las heces para cada uno de los 10 animales de cada grupo mediante espectrofotometría de absorción atómica y la pureza del cromo en el  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , y se calculó la producción de heces (PH) mediante la siguiente fórmula:  $\text{PH (gMS/día)} = \text{Cantidad marcador consumido (g/día)} / \text{Concentración de marcador en las heces (g/gMS)}$ .

Se utilizó lignina como marcador digestivo interno (Lachman y Araujo, 2001), para medir la digestibilidad (Dig %) la cual se estimó por medio de la siguiente fórmula:

$\text{Dig\%} = (1 \times \text{CMF}/\text{CMH}) \times 100$ , donde CMF=concentración (%) del marcador en el forraje y CMH=concentración (%) del marcador en las heces (Lascano *et al.*, 1990). Teniendo la digestibilidad se utilizó la siguiente fórmula:

$(\text{Dig \%}) (\text{gMS/día}) = \text{Cantidad marcador consumido (g/día)} / \text{Concentración de marcador en las heces (g/gMS)}$ .

Finalmente se estimó el consumo de materia seca (CMS) en cada una de las vacas mediante la siguiente fórmula:  $\text{CMS (g/día)} = \text{PH}/\text{Dig\%}$  (Paterson y Kerley, 1987).

### **Análisis estadístico**

Los datos fueron tomados en campo por medio de planillas y registros físicos en papel, para luego asentarlos en el software +Ganadero®, por medio del cual se maneja toda la información de la Hacienda Casanare -Ganadería Rio Grande-, luego los datos se organizaron mediante el uso del programa Microsoft Excel®. Para la implementación del diseño experimental y el análisis estadístico de los datos se utilizó Statistical Analysis



Software SAS®. Para todos los casos de significancia se consideró un alfa menor o igual a 0,05 y se indica en las tablas y gráficos con el signo asterisco (\*) y para tendencia estadística un alfa  $> 0,05$  y  $\leq 0,10$ . A continuación se relaciona detalladamente cada variable, cómo se manejó, cómo se aplicó el diseño experimental y el método estadístico utilizado.

Disponibilidad y composición alimenticia: no hay diseño, es observacional, y se compara estadísticamente mediante T de Student solo entre ambientes. Se utilizó para relacionar con las variables etológicas, fisiológicas y el consumo de materia seca.

Temperatura ambiente y humedad relativa bajo sombra y bajo sol en cada tratamiento: Se realizó análisis de medidas repetidas en el tiempo, se tuvo en cuenta el efecto del tratamiento, de la hora de muestreo durante el día, y del mes de medición. Se utilizó el siguiente modelo:  $Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + H_j + M_k + \tau H_{ij} + E_{ijkl}$  donde:

$Y_{ijkl}$  = variable de respuesta

$\mu$  = media general

$\tau_i$  = efecto del tratamiento

$H_j$  = efecto de la hora de muestreo

$M_k$  = Efecto del mes de medición

$\tau H_{ij}$  = interacción tratamiento por hora

$E_{ijkl}$  = error experimental

Tasa respiratoria: El análisis estadístico se realizó a través de un diseño en 4 bloques completos al azar según la semana de parto. Se tuvo en cuenta el efecto del bloque, tratamiento, la hora de muestreo durante el día, y del mes de medición. Se utilizó el siguiente modelo:  $Y_{ijklm} = \mu + B_i + \tau_j + H_k + M_l + \tau H_{jk} + E_{ijklm}$  donde:

$Y_{ijklm}$  = variable de respuesta

$\mu$  = media general

$B_i$  = Efecto del bloque (semana de parto, donde  $i = 1, 2, 3, 4$ )

$\tau_j$  = efecto del tratamiento ( $j = 1, 2$ )



$H_k$  = efecto de la hora de muestreo ( $k = 1, 2, 3$ )

$M_l$  = Efecto del mes de medición ( $l = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ )

$\tau_{Hij}$  = interacción tratamiento por hora

$E_{ijklm}$  = error experimental

Comportamiento de pastoreo (tiempo de consumo de forraje, rumia, consumo de agua, desplazamiento, reposo): Con los datos de comportamiento de los 19 animales por grupo en los intervalos de 10 minutos se realizó análisis de varianza a partir de bloques completamente al azar generalizados según intervalos de peso (400 A 450 Kg, 450 a 500Kg, 500 a 550 kg y 550 a 600 Kg). Teniendo en cuenta que la variable es ordinal (valores de 0 a 19 animales en un comportamiento) se incurrió en transformación de datos de tipo radicial utilizando raíz cuadrada de  $X + 1$ , donde  $X =$  a número de vacas en el comportamiento o actividad correspondiente, con el fin de normalizar los datos, se evaluó la diferencia para cada comportamiento entre los dos grupos (consumiendo forraje, rumiando, tomando agua, caminando, reposando). Para cada variable de comportamiento se utilizó el siguiente modelo:  $Y_{ijk} = \mu + B_i + \tau_j + E_{ijk}$  donde:

$Y_{ijk}$  = variable de respuesta

$\mu$  = media general

$B_i$  = efecto del bloque ( $i = 1, 2, 3, 4$ )

$\tau_j$  = efecto de tratamiento ( $j = 1, 2$ )

$E_{ijk}$  = error experimental

Consumo de materia seca (CMS): Se tomaron los consumos individuales de las vacas de cada grupo y se realizó análisis de varianza en bloques completos al azar usando 4 bloques según intervalos de peso (400 A 450 Kg, 450 a 500Kg, 500 a 550 kg y 550 a 600 Kg). Se utilizó el siguiente modelo:  $Y_{ijk} = \mu + B_i + \tau_j + E_{ijk}$  donde:

$Y_{ijk}$  = variable de respuesta

$\mu$  = media general

$B_i$  = efecto del bloque ( $i = 1, 2, 3, 4$ )

$\tau_j$  = efecto de tratamiento ( $j = 1, 2$ )



Eijk= error experimental

## Resultados

### Variables de caracterización

La evaluación se desarrolló de forma exitosa, pues las condiciones ambientales previamente caracterizadas (disponibilidad y composición del pasto, densidad de árboles y porcentaje de intercepción de la sombra) permitieron garantizar que se aplicara adecuadamente mediante la cobertura arbórea los tratamientos A y B. Para el caso de las demás condiciones ambientales, de igual forma favorecieron el desarrollo de la investigación teniendo en cuenta que fueron lo más homogéneas posibles, pues los potreros utilizados en ambos tratamientos eran colindantes, complementado con una adecuada programación para el manejo de los pastoreos que fueron igualmente homogéneos, garantizando las condiciones que se plantearon ofertar.

En la caracterización del sombrío de los potreros del tratamiento A, se encontró un promedio de 39 árboles de Melina (*Gmelina arborea Roxb*) por hectárea (33 en arreglo silvopastoril de hileras y 6 dispersos en potrero) cada uno con una copa aproximada de 56 metros cuadrados de cobertura, y una penumbra del 25% y se encontraron 9 árboles (dispersos en potrero) de Dinde (*Chloropholia tinctoria*) y Samán (*Samanea saman*) con una copa aproximada de 64 metros cuadrados de cobertura y un 20% de penumbra. Se calculó el área de sombrío:

- Melina:  $39 \text{ árboles} * 64 \text{ metros cuadrados} = 2496 \text{ metros cuadrados de copa}$
  - $2496 \text{ metros cuadrados copa} - 25\% \text{ penumbra} = 1872 \text{ metros cuadrados de cobertura}$
  - Samán:  $9 \text{ árboles} * 72 \text{ metros cuadrados} = 648 \text{ metros cuadrados de copa}$
  - $512 \text{ metros cuadrados copa} - 20\% \text{ penumbra} = 519 \text{ metros cuadrados de cobertura}$
- Cobertura total promedio potreros tratamiento A: 2391 metros cuadrados por hectárea  
Corresponde a un 23,91%



En la cuantificación de luz fotosintética activa en los potreros del tratamiento A se encontró que en promedio entre las diferentes especies arbóreas (3 muestreos por especie) bajo la sombra que ofertan los arboles la medición fue de  $448 \mu\text{Mol}/\text{m}^2/\text{seg}$  de espectro de onda, mientras que por fuera de la sombra fue de  $1876 \mu\text{Mol}/\text{m}^2/\text{seg}$ , lo que corresponde a una intercepción de luz fotosintéticamente activa del 23,88%.

En la caracterización del sombrío de los potreros del tratamiento B, se encontró un promedio de 5 árboles de Samán (dispersos en potrero) con una copa aproximada de 72 metros cuadrados de cobertura y un 20% de penumbra. Se calculó el área de sombrío:

- Samán:  $5 \text{ árboles} * 72 \text{ metros cuadrados} = 360 \text{ metros cuadrados de copa}$
  - $360 \text{ metros cuadrados copa} - 20\% \text{ penumbra} = 288 \text{ metros cuadrados de cobertura}$
- Cobertura total promedio potreros tratamiento B: 288 metros cuadrados por hectárea  
Corresponde a un 2,88%.

En la cuantificación de luz fotosintética activa en los potreros del tratamiento A se encontró que en promedio entre las diferentes especies arbóreas (3 muestreos por especie) bajo la sombra que ofertan los arboles la medición fue de  $432 \mu\text{Mol}/\text{m}^2/\text{seg}$  de espectro de onda, mientras que por fuera de la sombra fue de  $1919 \mu\text{Mol}/\text{m}^2/\text{seg}$ , lo que corresponde a una intercepción de luz fotosintéticamente activa del 22,51%.

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos en campo para la disponibilidad en kilogramos de forraje, el análisis bromatológico y de fibras para las muestras representativas del pasto dominante Angleton (*Dichantium aristatum*) en los potreros de ambos tratamientos "Tto" (alta y baja cobertura arbórea). Igualmente, los análisis de la pastura bajo sombrío y bajo sol en cada uno de los tratamientos. No se encontraron diferencias significativas en la disponibilidad ni en la composición de los pastos entre los tratamientos.

**Tabla 1.** Composición bromatológica para el pasto Angleton en potreros representativos de los dos tratamientos bajo sombrío y en sol.

<b>Análisis químicos</b>		Tto A (Sombra)	Tto A (En el sol)	Tto B (Sombra)	Tto B (En el sol)
Materia Seca total	(%MS)	27.92	29.07	27.99	27.59
<b>Resultados como % de la MS</b>					
Proteína bruta (Kjeldahl)	(%PB)	5.39	4.67	5.66	4.82
FDN	(%FDN)	78.35	78.67	76.03	76.08
FDA	(%FDA)	44.14	39.85	42.52	40.84
Cenizas	(%CEN)	8.39	7.46	9.67	9.35
<b>Aforos de potrero</b>					
Disponibilidad MS	Kg/m <sup>2</sup>	0.465	0.529	0.489	0.536

(Laboratorio Nutrición GRICA, 2014)

### **Temperatura ambiente bajo sombra y por fuera de ella**

En la tabla 2 se presenta la temperatura y la humedad relativa promedio encontradas en las 3 mediciones del día en sombra (bajo los árboles) y por fuera de ella (radiación solar directa) en los potreros de ambos tratamientos. La temperatura ambiente medida en grados centígrados (T°), presentó diferencia significativa (P=0.04), siendo menor la temperatura promedio bajo sombra y por fuera de ella en los potreros con adecuada cobertura arbórea. No se presentó diferencia significativa en la humedad relativa (HR) promedio en sombra y por fuera de ella en los potreros de ambos tratamientos.

**Tabla 2.** T° en grados centígrados y HR promedio en sombra y por fuera de ella en los potreros de ambos tratamientos.

Tratamiento	T° media y DS	HR media y DS
A “adecuada cobertura”	30.2±3.5	78.53±12
B “baja cobertura”	31.7±3,7	78.54±11

### Tasa respiratoria

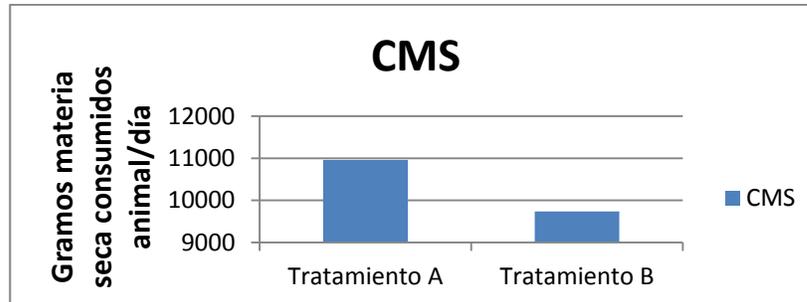
En la Tabla 3 se pueden observar los promedios de la frecuencia respiratoria para los animales de cada tratamiento. Se encontró diferencia significativa ( $P=0,0001$ ) en la frecuencia respiratoria siendo menor el número de respiraciones por minuto en las vacas del tratamiento A.

**Tabla 3** Frecuencia respiratoria (FR) promedia del experimento

	Media y desviación estándar de FR (respiraciones por minuto)
Tratamiento A	43.1 (±4.24)
Tratamiento B	43.9 (±4.39)
P value	0.0001

### Consumo de materia seca (CMS)

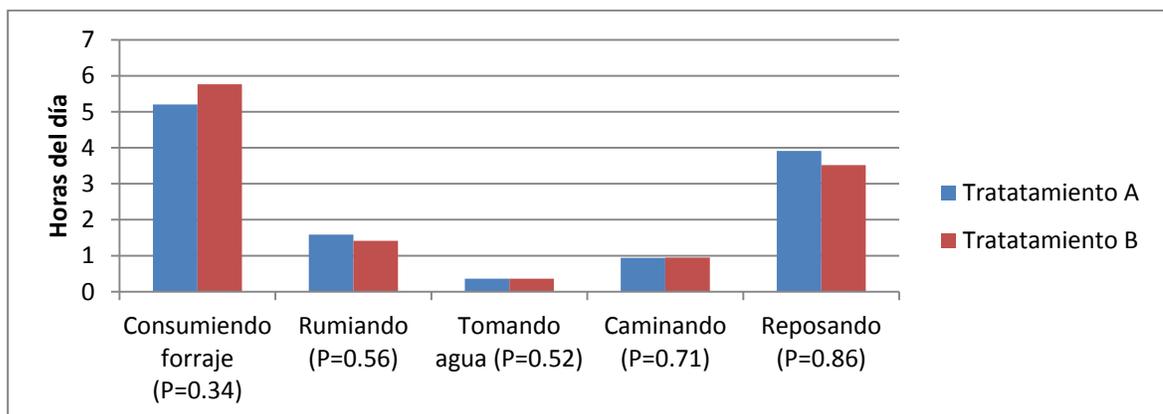
En el Gráfico 1 se muestra el consumo de materia seca en gramos por animal/día. A pesar de presentarse una diferencia numérica que favorece el consumo de materia seca en el tratamiento silvopastoril (tratamiento A) respecto al tratamiento con baja cobertura arbórea (tratamiento B) ( $10961\pm1998.2$ ;  $9738.6\pm1358.6$ , respectivamente), no se encontró diferencia estadística significativa ( $P=0.40$ ). . En el momento de la medición el peso promedio de las vacas del tratamiento A fue de 565.3 Kg lo que quiere decir que el consumo fue del 1.94% de su peso vivo en materia seca, mientras que para el tratamiento B el peso promedio de las vacas fue de 546.5 Kg lo que quiere decir que el consumo fue del 1.78% de su peso vivo en materia seca.



**Gráfico 1.** Consumo de materia seca en gramos por animal/día para cada tratamiento

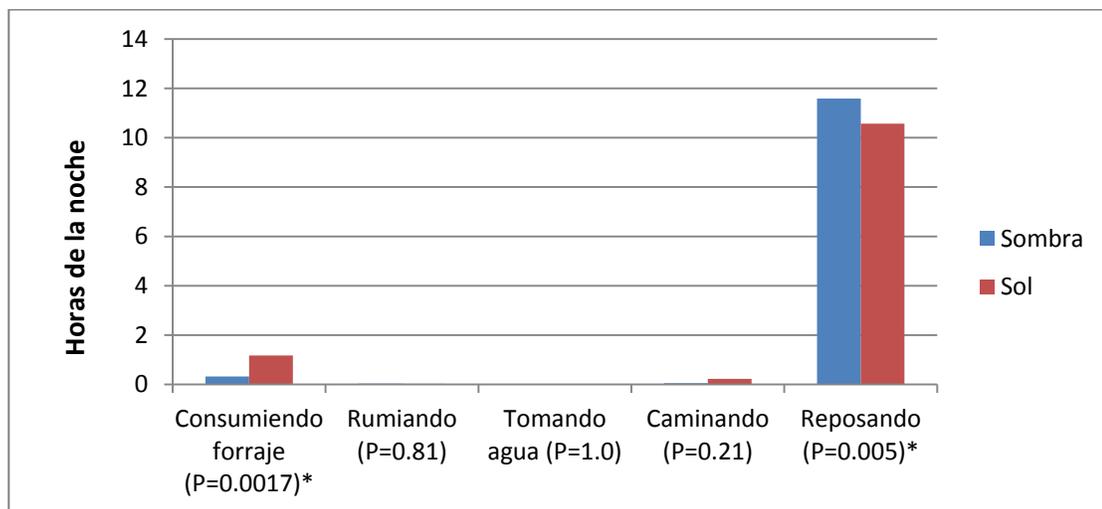
### Comportamiento en pastoreo

En el Gráfico 2 se muestran las horas que las vacas de ambos tratamientos dedicaron a las diferentes actividades durante el día en los días de evaluación y el respectivo nivel de significancia. Para el comportamiento en pastoreo diurno de las vacas de ambos grupos, no se presentó diferencia significativa en el tiempo invertido por la vacas en las actividades evaluadas (consumo de forraje, rumia, consumo de agua, desplazamiento, reposo).



**Gráfico 2.** Horas del día invertidos por vaca en cada una de las diferentes actividades evaluadas en las vacas del tratamiento A y del tratamiento B.

En el Gráfico 3 se observan las horas que las vacas de ambos tratamientos invirtieron en las diferentes actividades durante la noche y madrugada de evaluación y la significancia que arrojó la prueba estadística. Para el comportamiento en pastoreo nocturno de las vacas de ambos grupos, se presentó diferencia significativa en el tiempo invertido en el consumo de forraje ( $P=0.0017$ ), siendo mayor el consumo de forraje nocturno en las vacas del sol “Tratamiento B”, y se presentó diferencia significativa en el tiempo de reposo ( $P=0.005$ ), siendo mayor el tiempo de reposo de las vacas de la sombra “tratamiento A”. En las demás actividades evaluadas (rumia, consumo de agua, desplazamiento) no hubo diferencia significativa.

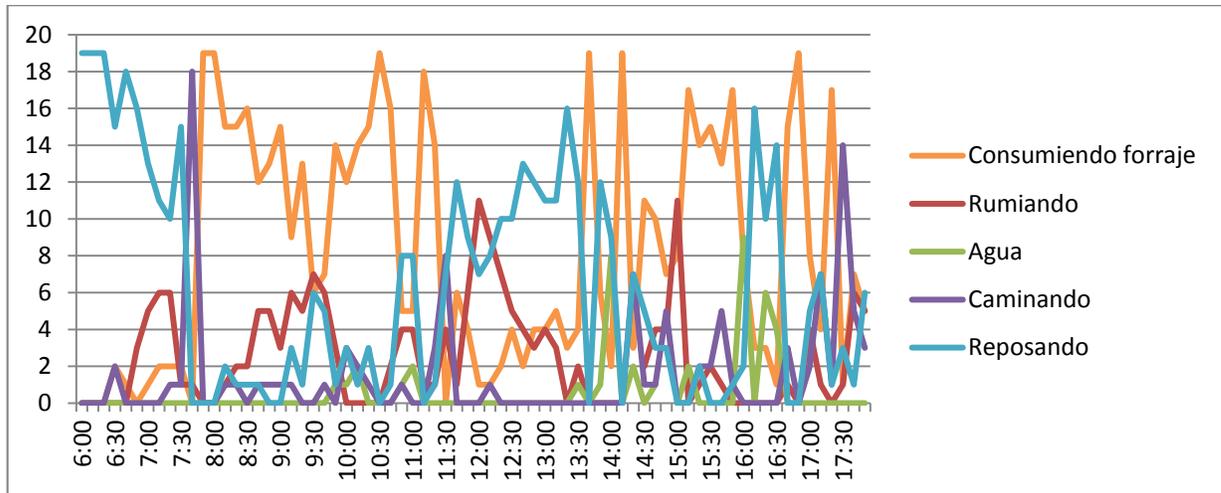


**Gráfico 3.** Horas de la noche invertidos por vaca en cada una de las diferentes actividades evaluadas en las del tratamiento A y del tratamiento B.

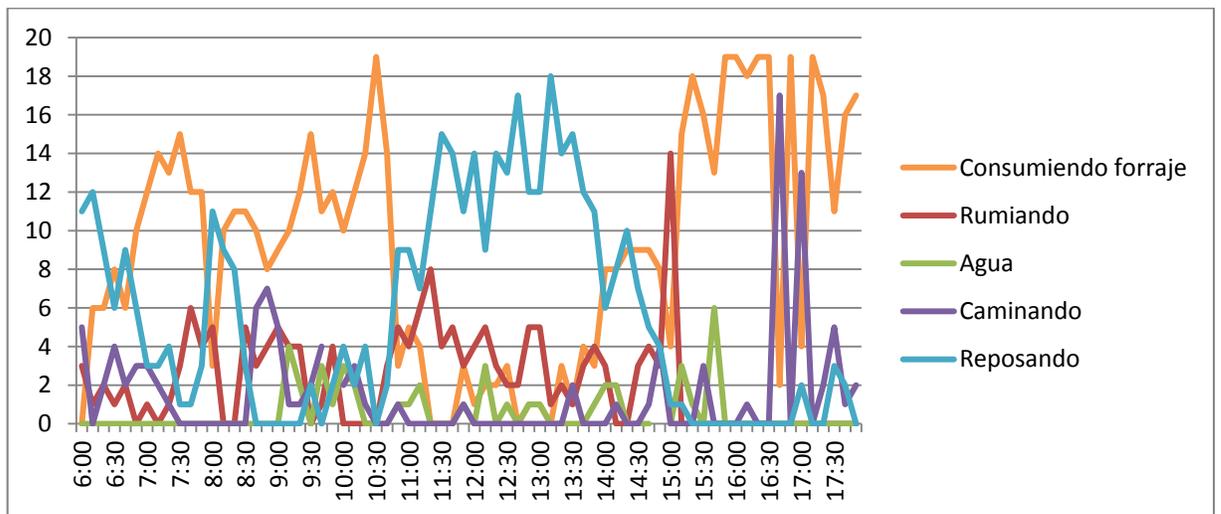
En el Gráfico 4 se presenta la información tomada en campo del comportamiento en pastoreo de las vacas en el día de forma comparativa en líneas, evaluada en intervalos de 10 minutos y registrando que hacía las 19 vacas de cada grupo en ese momento (consumo de forraje, rumia, consumo de agua, desplazamiento, reposo). Esta información fue necesaria para estimar el tiempo invertido en minutos por las vacas de

ambos grupos en dichas actividades y realizar el análisis estadístico. De igual forma se presenta el comportamiento en la noche de ambos grupos de vacas en el Gráfico 5.

#### Tratamiento A

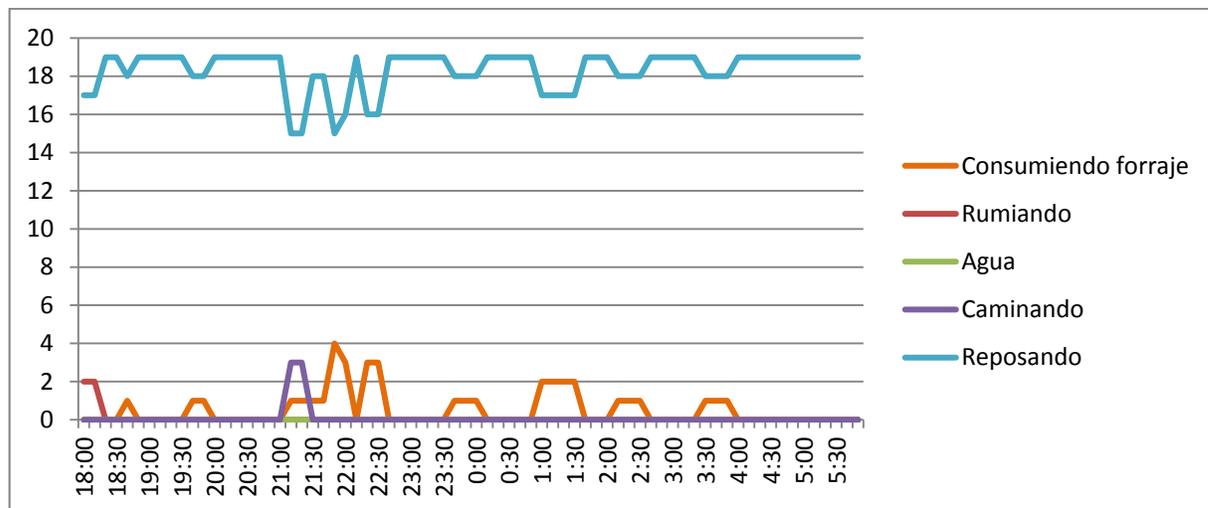


#### Tratamiento B

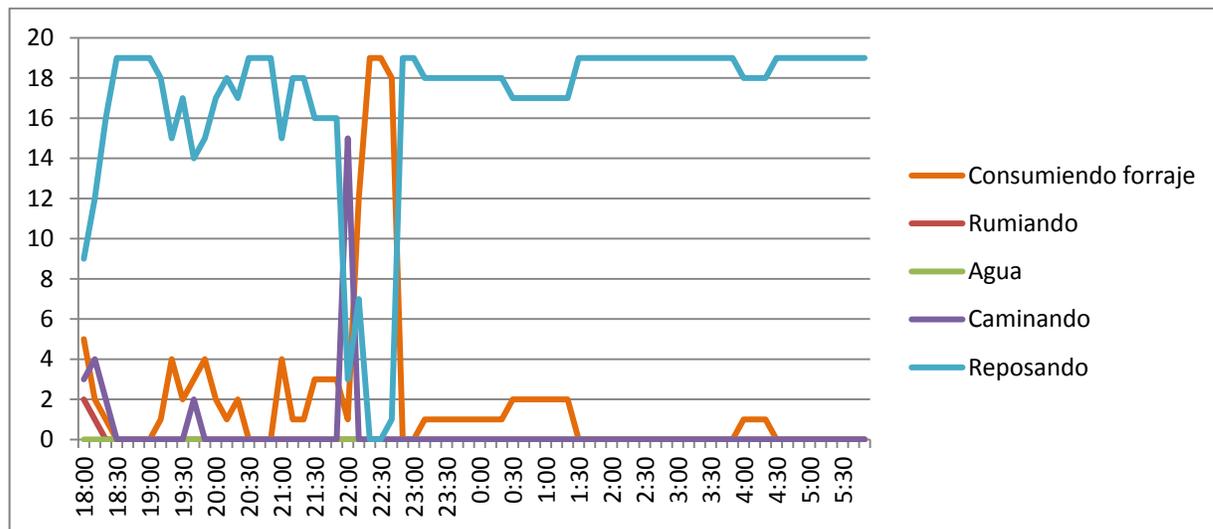


**Gráfico 4.** Número de vacas del tratamiento A y tratamiento B realizando las diferentes actividades durante el día.

### Tratamiento A



### Tratamiento B



**Gráfico 5.** Número de vacas del tratamiento A y el tratamiento B realizando las diferentes actividades durante la noche.



## Discusión

El efecto del tratamiento de acuerdo al porcentaje de cobertura arbórea para ofrecer sombrío, modificó el ambiente creando microclimas en el sistema, pues como los resultados lo evidenciaron hay una modificación de la temperatura ambiente aproximadamente de 2°C por debajo en el potrero con más del 22% de cobertura arbórea, congruente a lo reportado por Wilson y Ludlow (1991) quienes afirman que entre las ventajas de los sistemas silvopastoriles está la creación de microclimas que disminuyen de 2 a 3°C la temperatura ambiental, favoreciendo el bienestar animal y beneficiando la producción gracias a la favorabilidad del ambiente (Arias, 2008).

El calentamiento global genera efectos sobre el bienestar y la producción animal, es el caso del estrés calórico que es la incapacidad del animal en mantener la temperatura corporal en homeostasis (Arias, 2008; Broom y Molento, 2004), una de las respuestas a esta alteración es el aumento de la tasa respiratoria (Colier y Zimbelman, 2007), pues cuando el animal se encuentra en estrés por alta temperatura el mecanismo más importante para perder calor es el aumento de la frecuencia respiratoria cuando las vías sensibles (conducción, convección y radiación) no son eficientes según Arias (2008). Teniendo en cuenta lo reportado por este mismo autor, esta tasa puede utilizarse como indicador de estrés y se sabe que el animal se encuentra en este estado cuando aumenta las respiraciones desde 60 a 200 exhalaciones por minuto con la intención de perder calor por las vías respiratorias. En el presente estudio en ninguno de los dos grupos se presenta una frecuencia respiratoria superior a 60 exhalaciones por minuto, pues para las vacas que pastorearon bajo mayor cobertura arbórea el promedio fue de 43,1 respiraciones por minuto, mientras que para los animales que pastorearon en menor cobertura arbórea fue de 43,9. A pesar de que los animales que pastorearon con menor cobertura arbórea no superan las 60 exhalaciones por minuto, límite inferior del rango reportado como estrés térmico, estadísticamente existe una diferencia significativa que indica que la tasa respiratoria es mayor en estas vacas, se podría interpretar que a pesar de que las vacas Brahman tienen mecanismos de homeostasis eficientes para resistir los efectos de las extrema temperaturas ambientales según



McManus *et al* (2009), y no muestran signos visuales de estrés calórico como el aumento de la tasa respiratoria, las vacas con baja cobertura arbórea comienzan a aumentar levemente su frecuencia respiratoria, lo que permite especular que estas comienzan a tener un pequeño margen de ineficiencia en la regulación fisiológica normal de la temperatura, que aún no alcanza a ser tan extrema como para aumentar la frecuencia respiratoria hasta el rango asociado con estrés térmico, pero que por el hecho de mostrarse en mayor número indican que pueden tener mayores dificultades fisiológicas para la homeostasis las vacas que no tienen una baja cobertura arbórea.

Posiblemente no se presentó un mayor aumento de la tasa respiratoria hasta llegar al umbral máximo (60) debido a que las temperaturas ambientales promedio en ninguno de los dos tratamientos superó la temperatura reportada por Beatty *et al* (2006) como máximo rango de tolerancia (35°C) en el ganado tipo *Bos indicus* para comenzar a mostrar signos visuales de estrés calórico como el aumento de la FR, sin embargo la humedad relativa si superó el 70% en ambos sistemas, lo que pudo generar el leve incremento de la sensación térmica en los animales del tratamiento B, pues según Blackshaw y Blackshaw (1994) y Renaudeau (2005) la HR aumenta el efecto de estrés de la T° al disminuir la capacidad de evapotranspiración en el animal, la humedad relativa no presentó diferencia significativa, pero la temperatura ambiente a pesar de no superar los 35 en ninguno de los dos tratamientos, fue mayor estadísticamente en los potreros con menor cobertura arbórea. Por tal motivo aunque la temperatura estaba dentro del rango de tolerancia en ambos sistemas, fue mayor en los potreros con baja cobertura arbórea y su efecto se pudo aumentar con la alta humedad relativa y generar la diferencia que se presentó en la frecuencia respiratoria siendo mayor la de los animales que pastoreaban con baja cobertura arbórea. En otros estudios como el de Barragan *et al* (2013) se presentan diferencias en las tasas respiratorias siendo menor en los sistemas con sombrero, pero para animales cruzados o *Bos Taurus* criollos.

La tasa respiratoria es un importante indicador del estrés calórico, sin embargo no es el único. De acuerdo con Brown *et al* (2006), Katzere *et al* (2001), West (2003), Pires *et al*



(2001), cuando el animal se encuentra en estado de estrés calórico, etológicamente presenta dos comportamientos principales en búsqueda de defenderse; disminución del consumo y búsqueda de sitios con sombra, la que a su vez genera indirectamente la disminución del consumo de materia seca. Como se mencionó anteriormente, en el presente estudio las condiciones ambientales no estuvieron en promedio en rangos extremos por encima de los 35°C que según Beatty *et al* (2006) pudieran afectar drásticamente el comportamiento significativamente en el ganado Brahman, lo que explica que no se presentara diferencia estadística en el consumo de materia seca. Sin embargo es importante destacar que aunque a la luz de la estadística no hay significancia, existe una diferencia subjetiva de 1223,2 gramos de materia seca en consumo por animal, consumiendo más cantidad de forraje las vacas que pastoreaban con adecuada cobertura arbórea a pesar de que la cantidad y calidad de forraje entre tratamientos fue similar. El consumo de materia seca con respecto al peso vivo del animal fue de 1,94% para los animales que pastoreaban con adecuada cobertura arbórea mientras que en los animales que pastoreaban con baja cobertura arbórea fue de 1,78%. Puede decirse que según el presente estudio, a pesar de que no hay diferencia estadística en el consumo de materia seca subjetivamente se observa una disminución en el consumo de materia seca en los animales que pastorearon en potreros con adecuada cobertura arbórea que productivamente podría llegar a tener importancia. Así, este trabajo soporta lo mencionado por González (2007) quien enfatiza que a pesar de la gran resistencia del ganado tipo *Bos indicus*, aplicando prácticas como el silvopastoreo es posible mejorar su comportamiento productivo.

Según Tarazona *et al* (2012) la regulación del comportamiento de consumo depende de múltiples factores intrínsecos del individuo, sociales, de características propias de los alimentos y ambientales. Es importante conocer este comportamiento, pues además de evaluar y valorar la cantidad de alimento consumido, puede servir como indicador de estrés calórico. Así como existen indicadores fisiológicos del estrés como la tasa respiratoria, el comportamiento de consumo puede usarse como indicador del confort y bienestar animal de los bovinos (Brown *et al*, 2006, Hahn, 1999). Teniendo en cuenta



que el comportamiento de pastoreo refleja una respuesta ante la carga calórica, está demostrado mediante estudios como los reportados por Britto (2010) y Pires y De Campos (2001) que el tiempo de consumo de alimento disminuye cuando el animal está sometido a radiación directa. Así, Mahecha *et al* (2001) indica que los animales tienen un comportamiento en búsqueda de la compensación de los requerimientos alimenticios e invierten más tiempo en el pastoreo en las horas nocturnas.

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que el comportamiento del pastoreo diurno no presenta diferencias significativas en el tiempo de consumo de forraje invertido por las vacas de ambos tratamientos, lo cual no refleja lo encontrado en el estudio de Britto (2010), Pires y De Campos (2001). Sin embargo si se encontró que en el comportamiento de pastoreo nocturno las vacas que pastoreaban con menor cobertura arbórea dedicaron más tiempo al pastoreo durante la noche, mientras que las vacas con mayor cobertura arbórea en la noche como se puede observar en el grafico 5, lo cual soporta lo reportado por Mahecha *et al* (2001). El comportamiento de pastoreo nocturno es el que permite compensar la materia seca ingerida, por este motivo posiblemente no hubo diferencia estadística en la cuantificación del consumo.

Aunque el comportamiento nocturno de consumo se presenta en respuesta a la disminución de la ingesta diurna, y a pesar que en el día no hubo diferencia en el comportamiento de consumo entre los grupos, se puede resaltar que la metodología utilizada mide en intervalos de 10 minutos, que se utilizan como representativos de todo el tiempo transcurrido entre espacio y espacio, y puede existir algún grado de subjetividad que haga que la medición sea muy aproximada pero no exacta, por tanto puede especular de que en algunos momentos no medidos el consumo pudo haber sido menor en las vacas con baja cobertura arbórea.

En el Gráfico 4 se puede observar que a pesar de que no hay diferencia estadística en los tiempos invertidos en los diferentes comportamientos, hay algunas variaciones en los horarios en que realizan las diferentes actividades. Se observa que las vacas que

pastorean con mayor cobertura arbórea en las horas frescas (7:00) reposan, mientras que en las vacas con inadecuada cobertura arbórea al parecer aprovechan la baja temperatura para consumir forraje, este comportamiento también en búsqueda de compensar el consumo puede ser la causa de que no haya diferencia estadística en el comportamiento de consumo en el día, sin embargo no se compensa suficientemente el consumo lo cual se demuestra en el comportamiento nocturno. En la Figura 1 se observa lo ocurrido a las 7:00 horas, los potreros colindantes de los dos tratamientos.



**Figura 1.** Vacas de ambos grupos en pastoreo a las 07:00 horas.

Vacas con mayor cobertura arbórea ubicadas al lado izquierdo reposan, mientras que las vacas con menor cobertura arbórea ubicadas al lado derecho pastorean.

El Gráfico 4 también muestra que las vacas con mayor cobertura arbórea consumen forraje en las horas más cálidas (entre las 11:00 y las 15:00) del día, mientras que las vacas con menor cobertura arbórea se ocultan en la sombra como signo inicial de estrés calórico. Se puede ver este comportamiento en la Figura 3.



**Figura 2.** Vacas de ambos grupos en pastoreo a las 14:54 horas.

Vacas con adecuada cobertura arbórea ubicadas al lado izquierdo del texto consumen forraje, mientras que las vacas con insuficiente cobertura arbórea buscan sombrío.

### **Conclusión**

El arreglo silvopastoril que ofreció un adecuado sombrío con un 22 a 30% del área de los potreros con cobertura arbórea mediante arreglos como árboles dispersos en potrero y callejón central permitió crear un microclima y disminuir la temperatura ambiental aproximadamente en 2°C, lo cual se vio positivamente reflejado en una menor frecuencia respiratoria y una disminución del tiempo de pastoreo nocturno comparado con las vacas que pastorearon en potreros sin apropiada cobertura arbórea las cuales incrementaron la frecuencia respiratoria, se refugiaron en la sombra que encontraron durante las horas más calidas del día y tuvieron que incrementar el pastoreo en la noche en búsqueda de la compensación de nutrientes. Estos cambios fisiológicos y etológicos encontrados son considerados como una respuesta inicial de inconformidad ante el efecto térmico de las temperaturas cálidas con alta humedad relativa.

### **Referencias bibliográficas**

Arias RA, Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche, Escuela de Agronomía, Facultad de Recursos Naturales,



Universidad Católica de Temuco, Chile. Department of Animal Science, University of Nebraska-Lincoln, USA, 2008

Barragan W, Mahecha L, Cajas Y, Sistemas silvopastoriles para mejorar la producción de leche y disminuir el estrés calórico en la región Caribe Colombia, Universidad de Antioquia, Corpoica. 20 – 60, 2013

Beatty DT, Barnes A, Taylor E, Pethick D, McCarthy MK, Maloney S, Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. School of Veterinary and Biomedical Sciences, Murdoch University, Perth, 6150, Australia. Journal of Animal Science (impact factor: 2.1). 84(4):972-85. Source: PubMed, 2006

Betancourt K, Ibrahim M, Harvey CA, Vargas B, Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua, 2004

Blackshaw J, Blackshaw AW, Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. Aust J Exp Agric 34, 285-295, 1994

Britto FL Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. 2010

Brown-Brandl TM, JA Nienaber, RA Eigenberg, TL Mader, JL Morrow, JW Dailey. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. Livest Sci 105, 19-26, 2006

Broom DM, Molento CFM Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas – Revisão. Arch Vet Sci, v.9, n.2, p.1-11, 2004.



Casares D, Retamoza E, Evaluación de la eficiencia reproductiva en ganado bovino del sistema doble propósito, en condiciones de semiestabulación en la granja Santiago del municipio de Santiago Tolu – sucre, 2003

Collier, RJ, Zimbelman RB, Heat stress effects on cattle: What we know and what we don't know. Proceedings from the Southwest Nutrition Conference. Feb. 22nd- 23rd Tempe, AZ. Da, 2007

Espinoza VJ, Ortega PR, Palacios EA, Guillén TA, Tolerance to heat and atmospheric humidity of different breeds groups of cattle, 2010

Giraldo LA, Manejo y utilización sostenible de pasturas 3 edición. pág. 214, 1996

Góngora A, Hernández A, La reproducción de la vaca se afecta por las altas temperaturas ambientales, 2010

Gonzales JM, El estrés calórico en los bovinos, 2007.  
[http://www.udca.edu.co/zoociencia/est\\_calorico.html](http://www.udca.edu.co/zoociencia/est_calorico.html)

Hahn GL, Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. J Anim Sci. ;77 Suppl 2:10-20, 1999

Holdridge L, Ecología de Zonas de Vida, 1977

Johnson HD, Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production of livestock. En Johnson HD editor. Bioclimatology and Adaptation of Livestock. World Animal Science B - 5. Amsterdam: Elsevier Scientific Publication; 1987 p. 2-26, 1987



Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove ME, Heat stress in lactating dairy cows: a review. Department of Animal Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801, USA bAgricultural Research Organization, The Volcani Center, P.O. Box 6, Bet Dagan 50 250, Israel, 2001

Lachmann M, Araujo F O, La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes Universidad del Zulia, Facultad de Ciencias Veterinarias, departamento de Producción e Industria Animal. Facultad de Agronomía. Departamento de Zootecnia. Apartado 15205. Maracaibo, ZU 4005 Venezuela, 2001

Lascano C, Borel R, Quiroz R, Zorrilla J, Chaves C y Wernli C. Recomendaciones sobre metodología para la medición de consumo y digestibilidad in vivo. En: M. E. Ruiz y A. Ruiz (Eds.). Nutrición de Rumiantes: Guía metodológica de investigación. IICA-ALPA-RISPAL. San José, Costa Rica. 159 - 168 p, 1990

Lorente S A, Ganadería y cambio climático: una influencia recíproca Universidad de Alicante (España), 2010

Mahecha L, Rosales M, Molina CH, Ibrahim M, Grazing, browsing time and milk production of lucerna cows in silvopastoral system in diferet season of the year, 2001

McManus C, Prescott E, Paludo G.R, Bianchini E, Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds, 2009

Paterson, J and M. Kerley, Discussion of marker methodologies used in grazing experiments and digestibility of forages consumed by grazins animals. In: Grazing Livestock Nutrition Conference (Proceding). Jackson, Wyoming, 1987

Pedron O, Cheli F, Senatore E, et al. Effec of body condition score at calving on performance, some blood parametters, milk fatty acis composition in dairy cows. J Dairy Sci 76:2528-2535, 1993



Pires AF, M, Campos. TA, Novaes PL, razas lecheras: ambiente y comportamiento animal en los trópicos, 2001

Renaudeau D, Effects of short-term exposure to high ambient temperature and relative humidity on thermoregulatory responses of European (Large White) and Caribbean (Creole) restrictively-fed growing pigs. Anim Res 54, 81-93, 2005

Richards, MW, Spitzer JC, Warner MB, Effects of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. J. Anim. Sci., 62,300-306, 1986

Rodríguez E, IIª Reunión de Intercambio Tecnológico en Zonas Áridas y Semiáridas2, Villa Dolores, prov. de Córdoba, Argentina, pag. 162-174. 1.-Universidad Nacional de Córdoba, Casilla de Correo 509, (5000) Córdoba, Argentina. 2.- Editado por: Centro Argentino de Ingenieros Agrónomos y Orientación Gráfica Editora SRL, 1983

SAS SAS Institute Inc., SAS/STAT; Software Version 9.00 Cary, NC, USA, 2001  
Software +Ganadero®. 2013

Somarriba E, Estimación visual de la sombra en cacaotales y catetalss. Agroforesteria en las Américas Vol. 9 N° 35-85, 2002.  
[http://intranet.catie.ac.cr/intranet/posgrado/Agroforesteria%20Tropical/AT511/Curso%20Bases%20T%C3%A9cnicas%20Agroforestales/3.%20Dasometr%C3%ADa%20y%20Medici%C3%B3n%20de%20Sombra/Lecturas%20obligatorias/Estimaci%C3%B3n%20visual%20de%20sombra%20RAFA\\_n35-36.pdf](http://intranet.catie.ac.cr/intranet/posgrado/Agroforesteria%20Tropical/AT511/Curso%20Bases%20T%C3%A9cnicas%20Agroforestales/3.%20Dasometr%C3%ADa%20y%20Medici%C3%B3n%20de%20Sombra/Lecturas%20obligatorias/Estimaci%C3%B3n%20visual%20de%20sombra%20RAFA_n35-36.pdf)

Suárez P, Emiro RG, Sony DA, García EC. Fredy, Pastrana V. Iván, Cuadrado C. Hugo, Espinosa C. Manuel. Efectos de las condiciones ambientales sobre el comportamiento



ingestivo en bovinos de carne en un sistema intensivo en el Valle del Sinú Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria 13(2), 207-212, 2012

Tarazona AM, Ceballos MC, Naranjo JF, Cuartas CA, Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes, 2012

Van Soest, JB, Robertson BA, Lewis, Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition, 1991

West JW, Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle, American Dairy Science Association, 2003

Wilson J, Ludlow M, The environment and potential growth of herbage under plantations. In: Forages for plantation crops. (Eds. M. Shelton and W. Stür). ACIAR Proceedings No. 32. Canberra, Australia. p. 10, 1991



### Capítulo III

## Condición corporal posparto, recuperación y ganancia de peso de hembras Brahman y sus crías en arreglos silvopastoriles que favorecen el sombrío en el trópico bajo

J F Osorio \*, L Mahecha \*\*, H A Moncada \*\*\*, J C Carmona\*\*

*Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia*

*Maestría en Ciencias Animales, Posgrados Facultad de Ciencias Agrarias*

*jfosorioagpc@hotmail.com*

*\*Candidato a Maestría en Ciencias Animales Universidad de Antioquia*

*\*\*Grupo de Investigación GRICA Universidad de Antioquia*

*\*\*\* Grupo de Investigación GIBA Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid*

### Resumen

Las condiciones de altas temperaturas en el trópico tienen efectos sobre el estrés calórico, que puede disminuir la eficiencia de las producciones ganaderas de cría incluso en razas bovinas adaptadas como Brahman, modificando su fisiología y etología. Algunos de los parámetros que se pueden afectar son la ganancia de peso de vaca y cría. Se puede ver también afectada la recuperación de la condición corporal posparto de la vaca, disminuyendo la natalidad en las ganaderías, haciendo aún más críticas las ineficiencias. El silvopastoreo se presenta como una herramienta para ofrecer sombrío, disminuyendo la temperatura, buscando mitigar los efectos del estrés térmico y hacer rentable la ganadería tropical. Mediante el presente estudio se evaluó el efecto del sombrío ofrecido por sistemas silvopastoriles de árboles dispersos en potrero con un callejón central para sombrío en la ganancia de peso de vacas y sus crías, además la recuperación de la condición corporal posparto en la vaca. Se evaluaron dos grupos: uno de 20 vacas Brahman y sus crías, manejado con cobertura adecuada de sombrío superior al 22% e intercepción de luz entre el 50 y 80% (tratamiento A) y grupo control de 20 vacas Brahman y sus crías en condiciones con baja cobertura inferior al 7%, con igual intercepción (tratamiento B). Con el fin de caracterizar y obtener información de



apoyo se evaluaron variables ambientales como la temperatura ambiente y humedad relativa promedio en sombra y fuera de ella, y se encontró una menor temperatura en los potreros en los cuales se implementó mayor cobertura arbórea ( $P=0.04$ ), se evaluó la ganancia de peso posparto de las vacas y sus crías y se obtuvieron mayores ganancias de peso al destete en los terneros del tratamiento A ( $P=0.05$ ), se evaluó la condición corporal de las vacas, y se encontró que hay más temprana recuperación de la condición corporal (segundo mes) en las vacas del tratamiento A ( $P=0.002$ ). En general se concluye que los arreglos silvopastoriles para ofertar sombrío generaron condiciones de confort que permitieron obtener una mejor recuperación corporal posparto en las vacas y una mayor ganancia de peso en las crías.

**Palabras claves:** Confort, sombrío, producción bovina de carne.

### **Abstract**

The high temperature conditions in the tropics and the effects of heat stress can decrease the efficiency of livestock production breeding, even among adapted cattle breeds such as the Brahman, modifying its physiology and ethology. Some caliber characteristics that can be affected are weight gain and breed. It can affect the recovery of the postpartum body condition of the cow, declining birth rates among the herd and making for even more critical inefficiencies. The silvopastoral system is used as a tool to offer shade in order to decrease the temperature and mitigate the effects of thermal stress, thereby making tropical livestock profitable. Through this study the effect of shade was assessed by using silvopastoral systems of trees scattered throughout the pasture and central alley trees in order to observe the weight gain of cows and calves, plus the recovery of postpartum body condition of the animals. Two groups were evaluated: 20 Brahman cows and their calves, handled with adequate coverage, above 22% and shade light interception between 50% and 80% (treatment A) and a control group with 20 Brahman cows and their calves in conditions of low coverage, below 7%, with the same intercept (B treatment). In order to characterize and provide information to support the study, environmental variables were evaluated such as environment temperature and average relative humidity in shade and beyond. A lower temperature was found in the



pastures where increased tree cover ( $P = 0.04$ ) was implemented, postpartum weight gain of cows and calves was evaluated and greater weight gains were obtained among the weaning calves of treatment A ( $P = 0.05$ ). The body condition of the cows was evaluated and it was found that there was an earlier recovery of body condition (second month) in cows of treatment A ( $P = 0.002$ ). In general it is concluded that silvopastoral shade arrangements offer comfortable conditions. With this system we have been able to obtain a better postpartum body recovery in cows and greater weight gain in the offspring.

**Keywords:** Comfort, gloomy, bovine meat production.

## Introducción

La ganadería en el trópico colombiano se maneja en su mayoría de forma extensiva, en donde las prácticas de tecnificación no son las más apropiadas (Mahecha *et al*, 2001) y por tal motivo los rendimientos son pobres con respecto al desempeño que potencialmente podrían entregar como resultado las unidades productivas. Una de las principales causas de las ineficiencias productivas en estos sistemas es el nulo manejo que se le da a las condiciones ambientales en estas zonas, que en su mayoría son de temperaturas cálidas, que incluso en ganados adaptados a condiciones térmicas altas como el caso de la raza Brahman pueden sufrir de estrés calórico. Se reporta que el ganado tipo *Bos indicus* tiene rangos de tolerancia desde los 10 hasta los 27°C y en algunos reportes se evidencia que incluso hasta de 35°C, incrementando el impacto de la temperatura en humedades relativas superiores al 70% (Beatty *et al*, 2006; Johnson, 1987; Rodríguez 1983).

El estrés calórico genera alteraciones fisiológicas y etológicas por parte del animal en búsqueda de la homeostasis (West, 2003), dichos cambios modifican hábitos como el consumo de alimento, lo cual limita la disponibilidad de sustratos necesarios para el mantenimiento y la producción en el animal, para destacar por ejemplo, el animal se oculta del sol en las pocas zonas disponibles de sombra, lo que limita el acceso al alimento. Estas alteraciones en el animal pueden generar ineficiencias productivas



(MAFF, 2000), que en el caso de las ganaderías de cría ocasionan retrasos en la recuperación y ganancia de peso posparto en las vacas, lenta recuperación de la condición corporal adecuada para favorecer la preñez posparto en la hembra, y así mismo se puede limitar la disponibilidad de nutrientes para suplir los requerimientos de lactancia, lo que puede generar menores ganancias de peso en las crías, las cuales también expuestas a las condiciones de altas temperaturas disminuyen su consumo de materia seca (Tholen y Hill 2013). Los arreglos silvopastoriles que favorecen la cobertura arbórea como los árboles dispersos en potrero o callejones pueden ofrecer ventajas en pastoreo como la disminución de la temperatura en 2 a 3°C (Wilson y Ludlow, 1991), y así mismo el impacto del estrés calórico en las ganaderías extensivas tropicales en donde las temperaturas cálidas son cada vez más fuertes producto del calentamiento global (Lorente, 2010), viéndose amenazado el bienestar animal y la eficiencia productiva del sistema.

El presente estudio evaluó la ganancia de peso y la condición corporal alcanzada durante la recuperación postparto por vacas Brahman y la ganancia de peso de sus crías en un sistema silvopastoril de árboles dispersos en potrero con un callejón central para sombrío comparado con un sistema tradicional de baja cobertura arbórea.

## **Materiales y métodos**

### **Localización**

El trabajo se realizó en una finca ganadera ubicada en el trópico bajo colombiano, “Hacienda Casanare” – Ganadería Riogrande, ubicada en el corregimiento de La Sierra municipio de Puerto Nare, (Antioquia), ubicada en Latitud 6° 15' 0" N, Longitud 74° 33' 0" W a una altura de 125 metros sobre el nivel del mar, una temperatura promedio de 27°C, una humedad relativa reportada en la zona de 81% y una precipitación anual promedio de 2487 mm, correspondiente a zona de vida bosque húmedo tropical (BhT) según la clasificación de Holdridge (1977). El pasto introducido dominante es el angleton (*Dichantium aristatum*), y los árboles dominantes son melina (*Gmelina arborea Roxb*), Dinde (*Chloropholia tinctoria*) y Samán (*Samanea saman*). Con el fin de disminuir la



variabilidad de los factores no incluidos en esta evaluación (factores ambientales característicos de las zonas y materiales dominantes) todo el trabajo se realizó en esta misma finca ganadera y en potreros contiguos ubicados en la misma zona de la finca.

### **Selección de animales evaluados**

Para definir y emplear las unidades experimentales se escogieron 160 animales por medio de los registros generados por el software +Ganadero®. Se tuvieron en cuenta animales que tuvieran programado su parto para un mismo mes con el fin de concentrar los partos de los animales y poderlos evaluar simultáneamente. Para el caso del año 2013 el mayor número de partos se presentaría en esta ganadería entre el mes de marzo y abril. Luego estas 160 vacas se comenzaron a seleccionar y filtrar teniendo en cuenta criterios de homogeneidad y condiciones que permitieran evaluar los parámetros esperados y sus resultados considerando el efecto del tratamiento, por lo cual se eliminó del listado de candidatas, hembras que presentaran problemas sanitarios y reproductivos como antecedentes, hembras que tuvieran proporciones genotípicas y fenotípicas de razas diferentes a Brahman y finalmente se eliminaron las hembras de primer parto y las vacas con más de nueve partos, tomando como referencia un estudio de Casares y Retamoza (2003), en el cual no se presentaron diferencias significativas en los principales indicadores productivos de hembras con este número de partos, y además de esta forma el estudio sería representativo para diferentes etapas productivas de las hembras Brahman.

El grupo experimental final estuvo constituido por 40 hembras Brahman, con 1 a 9 partos. Estas hembras estaban gestantes y programadas para parir en Marzo o Abril de 2013, sin antecedentes clínicos y sanas, con una condición corporal adecuada acorde a la etapa de gestación; según Pedron *et al* (1993) entre 5,8 y 7,2 de acuerdo a la escala norteamericana en donde 1=emaciada a 9=extremadamente obesa (Richards y Warner, 1986) y con características lo más homogéneas posibles. Las hembras se clasificaron principalmente según el número de partos y según el score corporal genotípico de la ganadería para realizar una distribución equitativa y se dividieron



aleatoriamente en dos grupos o tratamientos, uno pastoreando un potrero con árboles diseminados y arreglados en callejón, en condiciones de adecuada densidad de sombrío (Tratamiento A) y otro control, pastoreando un potrero de baja densidad de sombrío, sin arreglos silvopastoriles, como es habitual en el sistema tradicional (Tratamiento B). Ambos grupos se apareaban por monta natural, con un toro para cada grupo de vacas desde la etapa del parto; los reproductores, seleccionados con criterios de homogeneidad, estaban clínicamente libres de problemas sanitarios y tenían pruebas de desempeño reproductivo, los toros se distribuyeron aleatoriamente en cada grupo. Durante el desarrollo del estudio número final de vacas evaluadas se modificó, terminando la evaluación con 38 animales, 19 para el tratamiento A y 19 para el tratamiento B, pues en ambos casos se eliminó una unidad experimental, en el grupo A una de las vacas presentó un quiste folicular, mientras que en el grupo B murió la cría de una de las vacas.

### **Tratamientos**

Tratamiento A (vacas en potreros con adecuada cobertura arbórea): estuvo conformado por 20 vacas que se sometieron a pastoreo rotacional en potreros previamente caracterizados, de aproximadamente 2 hectáreas, con 4 días de ocupación y 28 de descanso; se dispuso de 8 potreros en total para este grupo, con alta cobertura arbórea correspondiente a un 22 a 30% del área del potrero (Betancourt et al, 2004) y con una intercepción de luz entre el 50 y 80%, con arreglo silvopastoril de árboles dispersos en potrero, de las especies Melina (*Gmelina arborea Roxb*), Dinde (*Chloropholia tinctoria*) y Samán (*Samanea saman*), con un promedio de 15 árboles por hectárea y un callejón central de arboles (dispuestos en una hilera doble en el centro del potrero), sembrada con Melina (*Gmelina arborea Roxb*) a 3 metros entre árbol y 4 metros entre surco, con un promedio de 33 árboles por hectárea. La pastura dominante era Angleton (*Dichanthium aristatum*), de tal forma que los animales dispusieron diariamente de pasto con una adecuada edad de consumo y a voluntad; los linderos estaban delimitados por cerca eléctrica y tenían agua fresca a voluntad y sal mineralizada con 8% de fósforo en saladeros plásticos.



Tratamiento B (Vacas en potreros con baja cobertura arbórea): estuvo conformado por 20 vacas sometidas a pastoreo rotacional en potreros previamente caracterizados de aproximadamente 2 hectáreas, bajo las mismas condiciones de are y pastoreo rotacional del tratamiento A, en este caso, el área de pastoreo contaba con menos del 7% del área cubierta con sombrío natural de los árboles (Betancourt *et al*, 2004) y con una intercepción de la luz entre el 50 y 80%. Se encontraban las especies arbóreas Melina (*Gmelina arborea Roxb*), Dinde (*Chloropholia tinctoria*) y Samán (*Samanea saman*), con densidad de menos de 5 árboles por hectárea, sin ningún tipo de arreglo silvopastoril. La pastura dominante era Angleton (*Dichantium aristatum*), con una adecuada edad de consumo y a voluntad; los linderos estaban delimitados por cerca eléctrica, con agua fresca a voluntad y sal mineral con 8% de fósforo en saladeros plásticos.

Las vacas fueron agrupadas en sus respectivos potreros un mes antes de comenzar la evaluación, buscando que reconocieran y se adaptaran a las condiciones ambientales de experimentación. Se manejaron registros reproductivos y productivos de cada vaca para individualizar los datos tomados.

### **Variables evaluadas**

*Temperatura ambiente (T°) y humedad relativa (HR):*

Con el fin de caracterizar la diferencia del ambiente y apoyar los resultados obtenidos se midió la temperatura ambiente y la humedad relativa en los potreros de estadía de los animales para cada tratamiento, midiendo dentro del potrero de cada tratamiento la T° y la HR bajo sombra (debajo de los arboles) y en el sol (sitios de radiación solar directa). Se tomó registro 1 vez semanalmente durante los seis meses de evaluación, mediante un higrómetro termómetro radi rt-810e con certificado de calibración, en el potrero de estadía de los animales para cada tratamiento; se registró a las 06:00 y a las 16:00 horas, considerando los animales tienen la menor y la mayor carga térmica, respectivamente (Espinoza *et al*, 2010) y a las 12:00 como referencia.



#### *Ganancia de peso posparto de la madre y su cría:*

Se realizaron pesajes individuales tanto de la madre como de la cría en corrales de manejo con brete dotado con báscula electrónica. Los pesajes se realizaron a los 1, 2, 3, 4, 5 y 6 meses posparto asumiendo como el día cero (0) a partir de que todas las vacas se encontraran paridas, con el fin de determinar la recuperación y ganancia de peso de las vacas y la ganancia de peso en sus crías de forma independiente. Con el dato de los pesajes mensuales, por diferencia entre un mes y el anterior, se estimó la ganancia y recuperación de peso mensual individual de cada una de las vacas y la ganancia de los terneros por grupo.

#### *Condición corporal:*

En los ingresos a corral realizados a los 1, 2, 3, 4, 5 y 6 meses a partir de que todas las vacas estuvieran paridas, se evaluó la condición corporal, para comparar las diferencias entre un mes y otro en los grupos de animales utilizando la escala norteamericana de 1 a 9 en donde 1=emaciada a 9=extremadamente obesa (Richards, Spitzer y Warner, 1986).

#### **Análisis estadístico**

Los datos fueron tomados en campo por medio de planillas y registros físicos en papel, para luego asentarlos en el software +Ganadero<sup>®</sup>, por medio del cual se maneja toda la información de la Hacienda Casanare -Ganadería Rio Grande-, luego los datos se organizaron mediante el uso del programa Microsoft Excel<sup>®</sup>. Para la implementación del diseño experimental y el análisis estadístico de los datos se utilizó Statistical Analysis Software SAS<sup>®</sup>. Para todos los casos de significancia se consideró un alfa menor o igual a 0,05 y se indica en las tablas y gráficos con el signo asterisco (\*) y para tendencia estadística un alfa  $> 0,05$  y  $\leq 0,10$ . A continuación se relaciona detalladamente cada variable, cómo se manejó, cómo se aplicó el diseño experimental y el método estadístico utilizado.



Temperatura ambiente y humedad relativa bajo sombra y bajo sol en cada tratamiento: Se realizó análisis de medidas repetidas en el tiempo, se tuvo en cuenta el efecto del tratamiento, de la hora de muestreo durante el día, y del mes de medición. Se utilizó el siguiente modelo:  $Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + H_j + M_k + \tau H_{ij} + E_{ijkl}$  donde:

$Y_{ijkl}$  = variable de respuesta

$\mu$  = media general

$\tau_i$  = efecto del tratamiento

$H_j$  = efecto de la hora de muestreo

$M_k$  = Efecto del mes de medición

$\tau H_{ij}$  = interacción tratamiento por hora

$E_{ijkl}$  = error experimental

Ganancia de peso posparto de la madre y su cría: se tomó el dato obtenido de ganancia de peso mensual individual de cada una de las 19 vacas por grupo e independientemente se evaluó en los terneros, se hizo análisis de varianza mes a mes tanto para vacas como para terneros a partir de 4 bloques al azar generalizados según la semana de parto. Modelo:  $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \xi_{ijk}$ . Además se realizó un análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo de la ganancia y recuperación de peso posparto total, independientemente para vacas y terneros. Y se utilizó el siguiente modelo:  $Y_{ijkl} = \mu + B_i + T_j + M_k + \tau M_{jk} + E_{ijkl}$  donde:

$Y_{ijkl}$  = variable de respuesta

$\mu$  = media general

$B_i$  = efecto del bloque ( $i = 1, 2, 3, 4$ )

$\tau_j$  = efecto del tratamiento ( $j = 1, 2$ )

$M_k$  = efecto del mes de medición ( $k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ )

$\tau M_{jk}$  = interacción tratamiento por mes de muestreo

$E_{ijkl}$  = error experimental.



Condición corporal (CC): se aplicaron pruebas de normalidad; los datos no presentaron un comportamiento normal, por lo cual se utilizó análisis de varianza no paramétrico, mediante la prueba de Shapiro Wilk, comparando solamente el efecto de tratamiento.

## Resultados

### Temperatura ambiente bajo sombra y por fuera de ella

En la tabla 1 se presenta la temperatura y la humedad relativa promedio encontradas en las 3 mediciones del día en sombra (bajo los árboles) y por fuera de ella (radiación solar directa) en los potreros de ambos tratamientos. La temperatura ambiente medida en grados centígrados ( $T^{\circ}$ ), presentó diferencia significativa ( $P=0.04$ ), siendo menor la temperatura promedio bajo sombra y por fuera de ella en los potreros con adecuada cobertura arbórea. No se presentó diferencia significativa en la humedad relativa (HR) promedio en sombra y por fuera de ella en los potreros de ambos tratamientos.

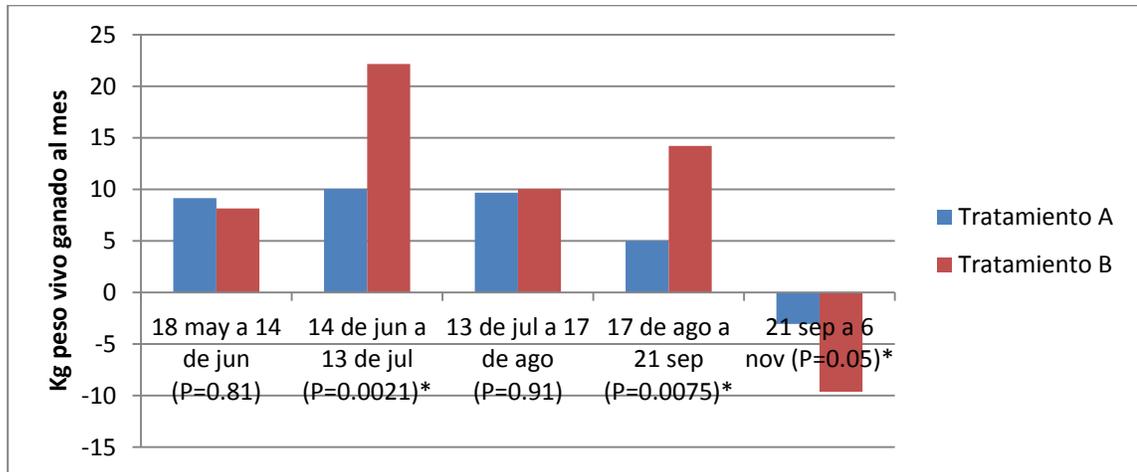
**Tabla 1.**  $T^{\circ}$  en grados centígrados y HR promedio en sombra y por fuera de ella en los potreros de ambos tratamientos.

Tratamiento	$T^{\circ}$ media y DS	HR media y DS
A “adecuada cobertura”	30.2±3.5	78.53±12
B “baja cobertura”	31.7±3,7	78.54±11

### Pesajes en báscula de las vacas

Como se puede observar en el Gráfico 1, en la evaluación de ganancia de peso posparto mensual individual de cada una de las 19 vacas por tratamiento, entre mayo y junio no hubo una diferencia significativa ( $P=0.81$ ); entre junio y julio hubo diferencia significativa en la ganancia de peso a favor de las vacas del tratamiento B ( $P=0.0021$ ); entre el mes de julio y agosto no hubo diferencias ( $P=0.91$ ), mientras que entre los meses de agosto y septiembre nuevamente se presentaron diferencias significativas ( $P=0.0075$ ) a favor de las vacas del tratamiento B; finalmente entre el mes de septiembre (a finales) y

principios de noviembre, donde ambos grupos presentaron pérdida de peso, se presentó diferencia estadística significativa ( $P=0.05$ ) siendo menor la pérdida de peso en las vacas del tratamiento A con respecto a las vacas del sol.



**Gráfico 1.** Promedio de ganancia de peso mensual por animal en las vacas.

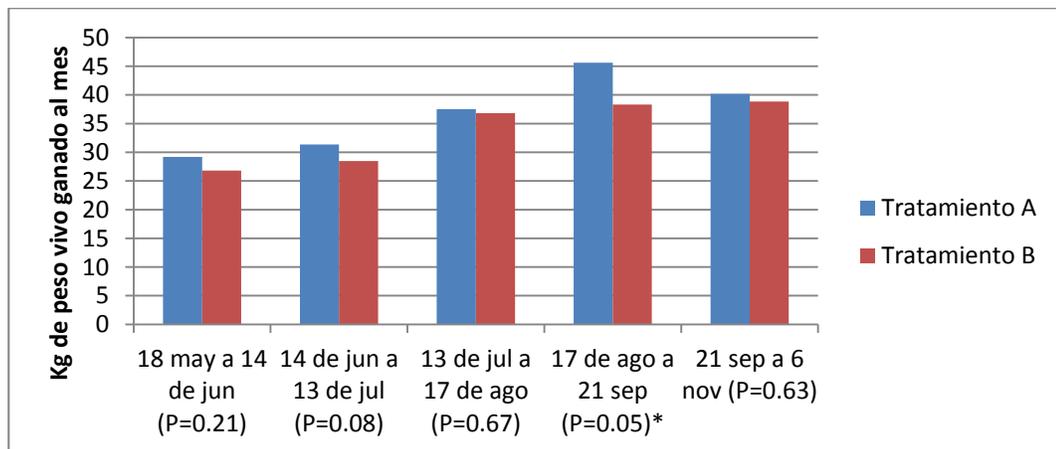
En la Tabla 2 se puede observar el promedio, la desviación estándar y nivel de significancia en la ganancia de peso posparto durante todos los meses de evaluación. Se encontró que no hubo diferencia significativa ( $P=0.069$ ). Sin embargo, hubo una tendencia a una mayor ganancia de peso en las hembras del tratamiento B durante todo el periodo de evaluación.

**Tabla 2.** Ganancia de peso durante los 6 meses posparto en las vacas

Media de peso recuperado durante los 6 meses	
Vacas tratamiento A	30.84 ( $\pm 24.6$ )
Vacas tratamiento B	44.94 ( $\pm 21.66$ )
P value	0.069

### Pesajes en báscula de los terneros

En el Gráfico 2 se pueden ver los promedios y las diferencias entre las ganancias de pesos entre los meses. En la ganancia de peso de las crías de las vacas de la sombra “tratamiento A” y las crías de las vacas del sol “tratamiento B”, se encontró que entre el mes de mayo y junio no existió diferencia significativa en las ganancias de peso entre los terneros ( $P=0.21$ ) medido en kilogramos (Kg); no hubo diferencia entre el mes de junio y julio ( $P=0.08$ ); pero existió tendencia, siendo mayor la ganancia de peso en las crías de las vacas de la sombra que las de las vacas del sol; no existió diferencia estadística en la ganancia de peso de las crías entre el mes de julio y agosto ( $P=0.66$ ); pero si existió una diferencia significativa entre el mes de agosto y septiembre ( $P=0.05$ ) siendo mayor la ganancia de peso en las crías de las vacas de la sombra; finalmente entre finales de septiembre y principios de noviembre no se presentaron diferencias significativas ( $P=0.63$ ).



**Gráfico 2.** Promedio de ganancia de peso mensual de las crías

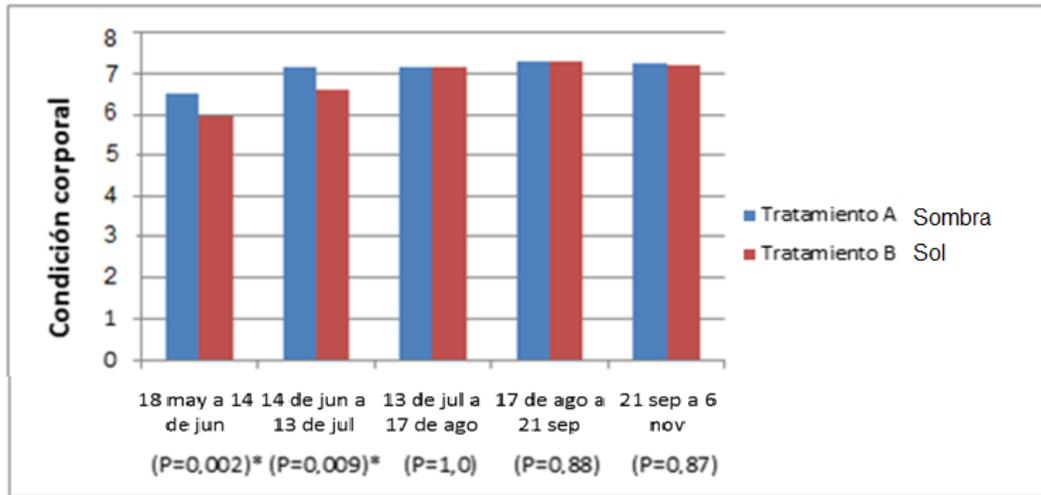
En la Tabla 3 se puede observar el promedio, la desviación estándar y la significancia para la ganancia total de peso durante el periodo de estudio. En la ganancia total de peso durante todos los meses, se encontró que hubo diferencia estadística significativa, siendo mayor la ganancia de peso en las crías de las vacas de la sombra.

**Tabla 3.** Ganancia de peso durante los seis meses en los terneros.

<b>Peso de las crías a los seis meses</b>	
<b>Crías tratamiento A</b>	183.87 ( $\pm 21.50$ )
<b>Crías tratamiento B</b>	167.91 ( $\pm 27.26$ )
<b>P value</b>	0.05

### **Condición corporal**

En el Gráfico 3 se muestra la comparación del promedio de la condición corporal en los diferentes momentos evaluados (un día de un periodo mensual) y la diferencia estadística que se presenta para este parámetro mes a mes. Se encontró que en la primera evaluación se presentó diferencia significativa ( $P=0.002$ ), siendo mayor en las vacas de la sombra ( $6.75\pm 0.36$ ) que en las vacas del sol ( $6.24\pm 0.54$ ); en el mes segundo periodo evaluado también se encontró diferencia significativa ( $P=0.0098$ ), siendo mayor en las vacas del tratamiento A ( $7.36\pm 0.36$ ) que en las vacas del tratamiento B ( $6.84\pm 0.49$ ); en los meses 4 y 5 no se presentó diferencia ( $P>0.87$ ).



**Gráfico 3.** Promedio de condición corporal para ambos grupos de vacas en los periodos mensuales en que se midió.

### Discusión

El efecto del tratamiento de acuerdo al porcentaje de cobertura arbórea para ofrecer sombrío, modificó el ambiente presentándose una modificación de la temperatura ambiente aproximadamente de 2° C por debajo en el potrero con más del 22% de cobertura arbórea, congruente a lo reportado por Wilson y Ludlow (1991) quienes afirman que entre las ventajas de los sistemas silvopastoriles está la creación de microclimas que disminuyen de 2 a 3°C la temperatura ambiental, favoreciendo el bienestar animal y beneficiando la producción gracias a la favorabilidad del ambiente (Arias, 2008).

Según Betancourt *et al* (2004), un área con adecuada cobertura arbórea es un área que tiene entre el 22 y 30% de sombrío proveniente de los árboles. En el presente estudio, las vacas Brahman que pastorearon en sistemas silvopastoriles con una adecuada cobertura arbórea (tratamiento A) no tuvieron una ganancia de peso posparto superior a la alcanzada por vacas que pastorearon en potreros con baja cobertura arbórea (menos del 7% de cobertura de sombrío), incluso se encontró una tendencia estadística a que las vacas pastoreando en baja cobertura, pudieran tener ganancias y



recuperaciones mayores. Este resultado permitiría especular inicialmente, que el sombrío no influyó en la productividad, hablando en términos de ganancia de peso posparto en las hembras de la raza Brahman. Sin embargo es importante destacar que el resultado fue totalmente opuesto en el caso de sus crías lo que conlleva a hacer un análisis detenido y complementario antes de sacar conclusiones definitivas.

En la actividad de cría en ganado de carne existen múltiples indicadores de productividad (Fedegan, 2012), el número de terneros destetos en un periodo de tiempo y su peso al destete son de los más importantes, dado que son los kilogramos de ternero desteto el producto final a entregar en este tipo de producciones, y con base a estos se generan los ingresos. Se hace entonces importante el análisis detallado e integral de lo ocurrido con las ganancias y recuperación de peso en las vacas de ambos tratamientos, porque a pesar de que no hubo diferencias estadísticas en la ganancia de peso de las vacas, si se obtuvo una diferencia en la ganancia de peso de los terneros, siendo mayores en las crías de las vacas del tratamiento A en la evaluación que se realizó durante los 6 meses posparto. Según Gorosito (2007) el ternero y la vaca son unidades interdependientes. El peso promedio al destete obtenido fue de 184 Kg para los terneros del tratamiento A y 168 Kg para los terneros del tratamiento B, obteniendo así una diferencia de 16 Kg por animal.

Según Arias *et al* (2000) el peso ganado por los bovinos está influenciado por múltiples factores, tales como: el potencial genético, el estado de salud, la disponibilidad alimenticia, entre otros. Estas condiciones se generaron lo más homogéneamente posible para ambos grupos de animales y no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la disponibilidad ni en la calidad de forraje (Osorio *et al.* 2014, en proceso de publicación). Pero adicionalmente, entre los factores que influyen en la ganancia de peso de los terneros, tenemos que en la disponibilidad alimenticia, no solo participa el forraje que disponemos, sino además la leche que entrega la madre como fuente de nutrientes inicial y durante la lactancia. Además no solo se debe tener en cuenta la disponibilidad sino el consumo (NRC, 2000) por parte del ternero.



Las ganancias de peso fueron inferiores en las crías del tratamiento B y relacionando los factores antes mencionados, podría especularse que en este grupo de terneros que estuvo expuesto a temperaturas ambientales mayores, se presentó uno de los signos iniciales de respuesta al estrés calórico según Tholen y Hill (2013) que es, permanencia de los terneros en la sombra (West, 1992). Se podría entonces pensar que esta estadía en la sombra puede limitar la disponibilidad alimenticia para el ternero, pues se disminuye el área de pastoreo y puede disminuir el tiempo de lactancia debido a un menor acompañamiento a su madre. Incluso otro signo de estrés calórico reportado por Tholen y Hill (2013) es el aumento del consumo de agua, lo que pudo haber ocurrido en este grupo de terneros expuestos a mayor temperatura, lo cual haría aún más crítica la disminución del consumo de alimento.

Teniendo en cuenta que los terneros del tratamiento A tuvieron mayores ganancias de peso, posiblemente debido a que se ocultaron menos tiempo en búsqueda de sombrero ya que disponían más fácilmente de este, pudieron consumir más pasto y acompañar mayor tiempo a sus madres, lo que tal vez permitió que tuvieran más acceso a la leche y esto se vio reflejado en unas mayores ganancias de peso, y podría estar relacionado con un desarrollo más rápido y una menor dependencia de la leche a largo plazo dado por el posible mayor consumo de pasto. Este mayor amamantamiento inicial podría ser la causa de una tendencia a menores ganancias de peso de las vacas ya que sus requerimientos de lactancia pudieron ser algo superiores (NRC, 2000) comparado con los de las vacas del tratamiento B, pues posiblemente requirieron sintetizar más teniendo en cuenta que es más consumida. Adicionalmente, el mayor amamantamiento de las crías incidió en una mayor ganancia de peso de las crías, pero a su vez la independencia más pronta de los terneros que se da al empezar a consumir pasto más pronto y al desarrollarse más rápido, podría ser el factor desencadenante de una mayor recuperación en la condición corporal de estas vacas.



La condición corporal (CC) es un parámetro que se usa para evaluar el estado nutricional de los bovinos, de acuerdo a Osorno (2008) el factor que más influye sobre la eficiencia reproductiva del ganado es la nutrición. Según Quintero *et al* (2008), la CC es una evaluación subjetiva de la grasa subcutánea presente en el animal, e indica el nivel de reservas corporales que la vaca dispone para cubrir los requerimientos de mantenimiento y producción, pues esta a su vez es un indicador del balance energético en el animal, que es la diferencia entre el consumo de energía de un animal y la energía requerida para el mantenimiento y la secreción de leche (Henao, 2001). Según Osorno (2008) y Bo *et al* (2005) una baja condición corporal, es una de las principales causas que disminuyen la fertilidad. Según Molina (2007) la eficiencia en las ganaderías de cría se mide en distintos parámetros, entre ellos uno de los más importantes es la tasa de natalidad, la cual está determinada por la eficiencia reproductiva de los animales, y esta eficiencia a su vez está altamente influenciada por la condición corporal, pues según Maza *et al* (2001) vacas con pobre condición corporal presentan bajos rendimientos reproductivos, mientras que vacas con condición corporal adecuada posparto tienen mejores indicadores de desempeño. CC mínima ideal es de 5 a 6, utilizando la escala norteamericana de 1 a 9 en donde 1=emaciada a 9=extremadamente obesa según Richards, Spitzer y Warner (1986).

De acuerdo a lo encontrado en este estudio, se evidenció que los animales con mejor cobertura arbórea tienen una mejor recuperación de la condición corporal que los animales con insuficiente cobertura arbórea, pues en el primer mes de medición de la CC hubo una tendencia a la diferencia y en las dos siguientes mediciones mensuales se presentó una diferencia estadística, siendo mayor durante estas mediciones la condición corporal posparto de las hembras que pastorearon con adecuada cobertura arbórea. De acuerdo a lo reportado por Maza *et al* (2001), el peso corporal está estrechamente relacionado con la condición corporal, quiere esto decir que son directamente proporcionales, sin embargo en el presente estudio no hubo diferencias en los pesos vivos de las vacas, pero si en la CC siendo mayor en las vacas con adecuada cobertura arbórea. Lo que estos resultado pueden estar mostrando, es que a



pesar de que estadísticamente los animales en sombra no ganan mayor peso durante el periodo posparto, tienen una recuperación corporal que le permite disponer óptimamente de energía y de reservas energéticas, no se generó diferencia numérica en kilogramos de peso vivo pero si en la capacidad de usar y almacenar la energía existente en la dieta, esto permitiría cubrir los requerimientos de lactancia y reactivar su fisiología reproductiva. Los arreglos silvopastoriles para ofrecer sombrero a los animales pueden favorecer la recuperación posparto de la condición corporal, disminuyendo el balance energético negativo y permitiendo favorecer el retorno al calor, la fertilidad y la preñez, que están íntimamente relacionados con una adecuada condición corporal.

### **Conclusión**

El tratamiento A con arreglo silvopastoril, ofreció un adecuado sombrero con un 22 a 30% del área de los potreros con cobertura arbórea mediante arreglo con árboles dispersos en potrero y callejón central, permitió disminuir aproximadamente en 2°C la temperatura ambiental de los potreros favoreciendo el confort y se vio reflejado en mayores ganancias de peso en los terneros al destete y en una mayor recuperación de la condición corporal de las vacas Brahman en el posparto, aspectos que se consideran de gran importancia para el mejoramiento de la eficiencia productiva y de forma potencial de parámetros reproductivos.

### **Referencias bibliográficas**

Arias RA, Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche, Escuela de Agronomía, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Chile. Department of Animal Science, University of Nebraska-Lincoln, USA, 2008

Arias AA, Slobodzian A, Revidatti MA, Capellari A Factores Genéticos y Ambientales que Influencian la Ganancia de Peso de Terneros Destetados Precozmente en el N.O. de Corrientes EEA INTA Corrientes - Facultad de Ciencias Veterinarias. UNNE, 2000



Beatty DT, Barnes A, Taylor E, Pethick D, McCarthy MK, Maloney S, Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. School of Veterinary and Biomedical Sciences, Murdoch University, Perth, 6150, Australia. *Journal of Animal Science* (impact factor: 2.1). 84(4):972-85. Source: PubMed, 2006

Betancourt K, Ibrahim M, Harvey CA, Vargas B, Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua, 2004

Bó GA, Cutaia L. Estrategias para incrementar la preñez en vacas en anestro. Instituto de reproducción animal de Córdoba y Facultad de ciencias agropecuarias, Universidad Católica de Córdoba Argentina. *Manual de ganadería de doble propósito*. 2005; p 464-470.

Casares D, Retamoza E, Evaluación de la eficiencia reproductiva en ganado bovino del sistema doble propósito, en condiciones de semiestabulación en la granja Santiago del municipio de Santiago Tolu – sucre, 2003

Espinoza VJ, Ortega PR, Palacios EA, Guillén TA, Tolerance to heat and atmospheric humidity of different breeds groups of cattle, 2010

Federación Colombiana de Ganaderos “Fedegan”, Manuel Gómez Vivas MV esp, Foro empresarialización y competitividad ganadera Costos y los indicadores de productividad en la ganadería Colombiana E Oficina de Investigaciones Económicas de Fedegán, 2012

Gorosito R, Compensar la oferta y la demanda, *Rev. Braford, Bs. As.*, 23(58):62-66. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar), 2007



Henao RG, Reactivación ovárica postparto en bovinos. Revisión. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín Vol. 54 Nos. 1 y 2. p 1285-1302. 2001.

Holdridge L, Ecología de Zonas de Vida, 1977

Johnson HD, Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production of livestock. En Johnson HD editor. Bioclimatology and Adaptation of Livestock. World Animal Science B - 5. Amsterdam: Elsevier Scientific Publication; 1987 p. 2-26, 1987

Lorente S A, Ganadería y cambio climático: una influencia recíproca  
Universidad de Alicante (España), 2010

MAFF, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Climate change and agriculture in the United Kingdom.PB4876. Summary A4, 2000

Mahecha L, Rosales M, Molina CH, Ibrahim M, Grazing, browsing time and milk production of lucerna cows in silvopastoral system in diferet season of the year, 2001

Maza L, Salgado R, Vergara O, Efecto de la condición corporal al parto sobre el comportamiento reproductivo y variación del peso corporal postparto en vacas mestizas lecheras, Revista MVZ Córdoba, año/vol. 6. Numero 002, pp 75-80, 2001

Microsoft Excel®. 2010

Molina JJ, El problema de los días abiertos pag. 2 Intervet, 2007

NRC National Research Council. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC, 2000

Osorno RC. Anestro posparto, principal factor que interfiere en la eficiencia reproductiva del ganado bovino criado en condiciones de trópico bajo. Revista genéticabovina Colombiana. Santacruz Editores. Bogotá-Colombia Mayo- Junio P18-24, 2008



Osorio JF, Mahecha L, Moncada HA, Carmona JC, Comportamiento de hembras de cría de la raza Brahman pastoreando en arreglos silvopastoriles que favorecen el sombrero en el trópico bajo (En proceso de publicación), Universidad de Antioquia, 2014.

Pedron O, Cheli F, Senatore E, et al. Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters, milk fatty acid composition in dairy cows. J Dairy Sci 76:2528-2535, 1993

Quintero LA, Ramírez B. Evaluación de dos protocolos de sincronización con inseminación a término fijo en vacas previamente sometidas al destete precoz en los llanos orientales. Tesis Ing Zootecnista. Universidad de la Salle Facultad de Zootecnia. Bogotá D.C. Colombia. 136 p, 2008

Richards, MW, Spitzer JC, Warner MB, Effects of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. J. Anim. Sci., 62,300-306, 1986

Rodríguez E, IIª Reunión de Intercambio Tecnológico en Zonas Áridas y Semiáridas, Villa Dolores, prov. de Córdoba, Argentina, pag. 162-174. 1.-Universidad Nacional de Córdoba, Casilla de Correo 509, (5000) Córdoba, Argentina. 2.- Editado por: Centro Argentino de Ingenieros Agrónomos y Orientación Gráfica Editora SRL, 1983

Software +Ganadero®. 2013

Tholen A, Hill M, Heat Stress in Dairy Calves Penn State College of Agricultural Sciences research, extension, and resident education programs are funded in part by Pennsylvania countries, the Commonwealth of Pennsylvania, and the U.S. Department of Agriculture. Provimi. P 1 – 7, 2013

West JW, Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle, American Dairy Science Association, 2003



West JW. Estrés calórico: alimentación y manejo para reducir sus efectos en las vacas holando. Nuestro Holando, Bs.As. N° 388. Traducción: Ing. R. Dick. 1992.

Wilson J, Ludlow M, The environment and potential growth of herbage under plantations. In: Forages for plantation crops. (Eds. M. Shelton and W. Stür). ACIAR Proceedings No. 32. Canberra, Australia. p. 10, 1991



## Capítulo IV

### **Desempeño reproductivo de hembras Brahman en arreglos silvopastoriles que favorecen el sombrío Ubicadas en el trópico**

**J F Osorio<sup>\*</sup>, L Mahecha<sup>\*\*</sup>, H A Moncada<sup>\*\*\*</sup>, J C Carmona<sup>\*\*</sup>**

*Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia*

*Maestría en Ciencias Animales, Posgrados Facultad de Ciencias Agrarias*

*jfosorioagpc@hotmail.com*

*\*Candidato a Maestría en Ciencias Animales Universidad de Antioquia*

*\*\*Grupo de Investigación GRICA Universidad de Antioquia*

*\*\*\* Grupo de Investigación GIBA Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid*

#### **Resumen**

El porcentaje de natalidad, un importante indicador productivo en ganaderías de cría en el trópico colombiano, es influenciado por factores ambientales como la temperatura ambiente y humedad relativa, condiciones que son cada vez más limitantes por efecto del calentamiento global y pueden generar en los animales estrés calórico, viéndose alterado el bienestar animal en los bovinos. Consecuentemente se puede ver afectada la endocrinología reproductiva del animal, incluso en animales resistentes como los *Bos indicus*, siendo menos eficiente el desempeño reproductivo.

Los arreglos silvopastoriles se presentan como una alternativa para ofrecer sombrío, disminuyendo la temperatura, mitigando los efectos del estrés térmico para hacer más rentable la ganadería. Mediante el presente estudio se evaluó el efecto del sombrío ofrecido por sistemas silvopastoriles de arboles dispersos en potrero con un callejón central para sombrío sobre el desempeño reproductivo de hembras Brahman posparto. Se evaluaron dos grupos: 20 vacas y sus crías, manejadas con cobertura adecuada de sombrío superior al 22% (tratamiento A) y grupo control de 20 vacas Brahman y sus crías en potreros con baja cobertura, inferior al 7%, (tratamiento B).



Con el fin de caracterizar y obtener información de apoyo, se evaluaron variables ambientales como la temperatura ambiente y la humedad relativa promedio en sombra y fuera de ella, se encontró que era menor la temperatura en los potreros con mayor cobertura arbórea ( $P=0.04$ ), se evaluó el número de días posparto de retorno al celo, se encontró que hubo tendencia a que fueran menos días ( $P=0.078$ ) en el tratamiento A. Al evaluar la presencia de cuerpo lúteo posparto, encontrando que el primer mes a partir de las mediciones hubo mayor número de animales con cuerpo lúteo ( $P=0.02$ ) en las vacas del tratamiento A, se evaluaron los días abiertos y se encontró que entre los 90 y 120 días hubo mayor número de vacas ( $P=0.05$ ) del tratamiento A se encontraban preñadas. Puede decirse que los arreglos silvopastoriles para ofertar sombrío reducen las altas temperaturas ambientales, favoreciendo el retorno al celo ovulatorio y reduciendo el número de días abiertos, mejorando el desempeño reproductivo vacas Brahman.

**Palabras claves:** días abiertos, confort, corticotropina, gonadotropinas.

### **Abstract**

Birth rate is an important indicator of productive breeding among herds in the Colombian tropics, and is influenced by environmental factors such as environment temperature and relative humidity. These conditions are becoming more limiting each day due to the effect of global warming and can generate heat stress in animals and affect their well being. The result may affect animal reproductive endocrinology, even in resistant animals such as *Bos Indicus*, making reproductive performance less efficient. Silvopastoral arrangements are presented as an alternative to offer shade, lowering the temperature, mitigating the effects of heat stress and making livestock more profitable. In this study, the effect was evaluated through the use of silvopastoral systems; scattered dead trees in the pasture and a central alley, which offered shade and demonstrated an effect on reproductive performance of postpartum Brahman females. Two groups were evaluated: 20 cows and their calves, managed with adequate coverage above 22% shade (treatment A) and a control group with 20 Brahman cows and their calves in pastures with low coverage, less than 7% shade (treatment B) group. In order to



characterize and support this information, environmental variables such as environment temperature and the average relative humidity in shadow and beyond were evaluated. It was found that temperatures were lower in the pastures with greater tree coverage ( $P = 0.04$ ). The number of postpartum days it took to return to heat was evaluated, and it was demonstrated that there was a tendency for fewer days ( $P = 0.078$ ) in treatment A group. The presence of postpartum corpus luteum was evaluated, and it was discovered that in the first month of measuring, there were more animals with corpus luteum ( $P = 0.02$ ) in the cows in treatment A. Open days were evaluated and it was found that within 90 and 120 days there were more cows ( $P = 0.05$ ) of treatment A that were pregnant. Arguably silvopastoral arrangements that offer shade reduce high environment temperatures, favoring the return to heat and ovulation and reducing the number of open days, thereby improving reproductive performance in Brahman cows.

**Keywords:** open days, comfort, corticotropin, gonadotropins.

## Introducción

La actividad de la ganadería de cría bovina en el trópico, consiste en aprovechar el potencial genético de una vacada, para producir terneros de excelente calidad, con las mejores ganancias de peso en el menor tiempo posible, y así comercializar los terneros luego de la lactancia o continuar con el ciclo de levante y ceba. Para tener excelentes resultados en la cría de ganado bovino, es necesario que los terneros cuenten con unas excelentes condiciones maternas, ambientalmente y de manejo zootécnico. Pero en este tipo de producciones no solamente se debe pensar en las condiciones del ternero sino también en el volumen de crías, porque a pesar de ser el ternero el producto final de la actividad de la cría, el volumen de crías que se generan gracias a sucesos biológicos como la fecundación, gestación y nacimiento de la cría en tiempos ideales, determina el potencial productivo y la funcionalidad del sistema (Molina, 2007).

El desempeño reproductivo y su eficiencia son determinantes en la viabilidad económica de la cría bovina en el trópico. Existen factores ambientales que pueden desequilibrar la fisiología reproductiva de la hembra bovina (Arias, 2008) y que deben ser manejados



para hacer rentable la actividad de la cría (González, 2007). En el caso de Colombia, que es un país tropical donde la raza dominante es Brahman, las prácticas de tecnificación son mínimas, los sistemas productivos en su mayoría son extensivos (Mahecha *et al*, 2001) y en muchos casos se abusa de las condiciones de rusticidad de las razas *Bos indicus* sometiendo las unidades productivas a condiciones climáticas difíciles con altas temperaturas y humedades relativas.

Los reportes de literatura muestran que a pesar de ser un ganado resistente, también tiene ciertos rangos de tolerancia, que cuando se sobrepasan, el animal debe incurrir en mecanismos homeostáticos para poder mantener un equilibrio térmico, en el caso del ganado *Bos indicus* está entre 10 a 27°C; aunque dada la resistencia de este tipo de ganados, se considera que puede tolerar rangos de temperatura incluso de 35°C (Beatty, 2006; Johnson, 1987; Rodríguez 1983). Cuando el animal se encuentra por fuera de su temperatura de confort altera su desempeño biológico y productivo (West, 2003), pues en el caso de estrés por altas temperaturas el animal se encuentra en estado de estrés calórico (Góngora, 2010), que genera como respuesta fisiológica en búsqueda de la homeostasis la producción hipotalámica de la hormona corticotropina “CRH”, que a su vez modula los niveles de síntesis de la hormona liberadora de gonadotropinas GnRH (Lucy, 2003), la cual se ve disminuida y, altera la fisiología reproductiva de la hembra bovina; asimismo, debido a la caída de la GnRH, se afecta la síntesis de hormonas como la folículo estimulante que tiene un papel fundamental en el crecimiento de los folículos (Senger, 2003) que preparan el óvulo durante el ciclo reproductivo y sobre la hormona LH (Elizabeth, 2009) que tiene un papel importante en el crecimiento folicular preovulatorio y en la ovulación (Senger, 2003). Otros mecanismos hormonales relacionados con la fisiología reproductiva se ven alterados por efecto del estrés que también a nivel de la glándula suprarrenal produce glucocorticoides como el cortisol, el cual afecta la síntesis de prostaglandina F2 alfa; los glucocorticoides potencialmente reducen la inflamación mediante inhibición de la fosfolipasa A2 y la ciclooxigenasa-2 (COX-2) y éstas se encuentran relacionadas con mecanismos moleculares implicados en la regulación de la biosíntesis de



prostaglandinas (Goppelt, 1997), lo que a su vez impediría la lisis del cuerpo lúteo (Dobson y Smith 2007), el cual produce la hormona progesterona que se encarga de hacer feedback negativo para la hormona GnRH.

El estrés calórico genera ineficiencias en el desempeño reproductivo de las ganaderías de cría teniendo en cuenta los sucesos fisiológicos antes mencionados, por lo cual se afecta el número de días abiertos y consecuentemente el intervalo entre partos, también se disminuye el porcentaje de natalidad y se aleja el ideal productivo de obtener un ternero por vaca por año (Molina, 2007). En las hembras posparto se debe mitigar el estrés térmico, pues además de las consecuencias negativas del estrés calórico sobre la fisiología reproductiva, se asocian factores que dificultan aún más el desempeño reproductivo de la hembra bovina como la presencia de la cría que estimula opioides endógenos que bloquean la síntesis de GnRH (Montaño y Ruiz, 2005), el balance energético negativo donde la hembra no compensa nutricionalmente los requerimientos de mantenimiento y lactancia por lo cual sacrifica sucesos fisiológicos no vitales para la vaca como la reproducción (Ramírez, 2005) y la producción de la hormona prolactina en el hipotálamo, que afecta la síntesis de la hormona GnRH. La sombra es un componente ambiental, de la cual se ha demostrado que tiene importantes ventajas para el animal de forma directa e indirecta, que son de beneficio para el productor (Betancour *et al*, 2004). Los árboles y la sombra que ellos generan, inducen un estado de mayor confort en los animales, que estimula el consumo de alimento y mitiga directamente los efectos negativos del estrés calórico sobre su fisiología (West, 2003). De forma indirecta, los árboles y el sombrero generan cambios en el ecosistema productivo, que mejoran la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la variedad y disponibilidad de materia seca para consumo; esto representa una mejor oferta de alimento para el animal, que a su vez ofrece diferentes sustratos indispensables para el correcto funcionamiento de la fisiología del animal.

El presente estudio comparó el efecto de un sistema silvopastoril de árboles dispersos en potrero con un callejón central para sombrero con respecto a un sistema tradicional



de baja cobertura arbórea, sobre el desempeño reproductivo de hembras Brahman posparto.

## **Materiales y métodos**

### **Localización**

El trabajo se realizó en una finca ganadera ubicada en el trópico bajo colombiano, “Hacienda Casanare” - Ganadería Riogrande, ubicada en el corregimiento de La Sierra municipio de Puerto Nare, departamento de Antioquia, ubicada en Latitud 6° 15' 0" N, Longitud 74° 33' 0" W a una altura de 125 metros sobre el nivel del mar, una temperatura promedio de 27°C, una humedad relativa reportada en la zona de 81% y una precipitación anual promedio de 2487 mm, correspondiente a zona de vida bosque húmedo tropical (BhT) según la clasificación de Holdridge (1977). El pasto introducido dominante es el *angleton* (*Dichantium aristatum*), y los árboles dominantes son melina (*Gmelina arborea Roxb*), Dinde (*Chloropholia tinctoria*) y samán (*Samanea saman*). Con el fin de disminuir la variabilidad de los factores no incluidos en esta evaluación (factores ambientales característicos de las zonas y materiales dominantes) todo el trabajo se realizó en esta misma finca ganadera y en potreros contiguos ubicados en la misma zona de la finca.

### **Selección de animales evaluados**

Para definir y emplear las unidades experimentales se escogieron 160 animales por medio de los registros generados por el software +Ganadero®. Se tuvieron en cuenta animales que tuvieran programado su parto para un mismo mes con el fin de concentrar los partos de los animales y poderlos evaluar simultáneamente. Para el caso del año 2013 el mayor número de partos se presentaría en esta ganadería entre el mes de marzo y abril. Luego estas 160 vacas se comenzaron a seleccionar y filtrar teniendo en cuenta criterios de homogeneidad y condiciones que permitieran evaluar los parámetros esperados y sus resultados considerando el efecto del tratamiento, por lo cual se eliminó del listado de candidatas, hembras que presentaran problemas sanitarios y reproductivos como antecedentes, hembras que tuvieran proporciones genóticas y



fenotípicas de razas diferentes a Brahman y finalmente se eliminaron las hembras de primer parto y las vacas con más de nueve partos, tomando como referencia un estudio de Casares y Retamoza (2003), en el cual no se presentaron diferencias significativas en los principales indicadores productivos de hembras con este número de partos, y además de esta forma el estudio sería representativo para diferentes etapas productivas de las hembras Brahman.

El grupo experimental final estuvo constituido por 40 hembras Brahman, con 1 a 9 partos. Estas hembras estaban gestantes y programadas para parir en Marzo o Abril de 2013, sin antecedentes clínicos y sanas, con una condición corporal adecuada acorde a la etapa de gestación; según Pedron *et al* (1993) entre 5,8 y 7,2 de acuerdo a la escala norteamericana en donde 1=emaciada a 9=extremadamente obesa (Richards y Warner, 1986) y con características lo más homogéneas posibles. Las hembras se clasificaron principalmente según el número de partos y según el score corporal genotípico de la ganadería para realizar una distribución equitativa y se dividieron aleatoriamente en dos grupos o tratamientos, uno pastoreando un potrero con árboles dispersos en potrero con un callejón central, en condiciones de adecuada densidad de sombrero (Tratamiento A) y otro control, pastoreando un potrero de baja densidad de sombrero, sin arreglos silvopastoriles, como es habitual en el sistema tradicional (Tratamiento B). Ambos grupos se apareaban por monta natural, con un toro para cada grupo de vacas desde la etapa del preparto; los reproductores, seleccionados con criterios de homogeneidad, estaban clínicamente libres de problemas sanitarios y tenían pruebas de desempeño reproductivo, los toros se distribuyeron aleatoriamente en cada grupo. Durante el desarrollo del estudio número final de vacas evaluadas se modificó, terminando la evaluación con 38 animales, 19 para el tratamiento A y 19 para el tratamiento B, pues en ambos casos se eliminó una unidad experimental, en el grupo A una de las vacas presentó un quiste folicular, mientras que en el grupo B murió la cría de una de las vacas.



## Tratamientos

Tratamiento A (vacas en potreros con adecuada cobertura arbórea): estuvo conformado por 20 vacas que se sometieron a pastoreo rotacional en potreros previamente caracterizados, de aproximadamente 2 hectáreas, con 4 días de ocupación y 28 de descanso; se dispuso de 8 potreros en total para este grupo, con alta cobertura arbórea correspondiente a un 22 a 30% del área del potrero (Betancourt et al, 2004) y con una intercepción de luz entre el 50 y 80%, con arreglo silvopastoril de árboles dispersos en potrero, de las especies Melina (*Gmelina arborea Roxb*), Dinde (*Chloropholia tinctoria*) y Samán (*Samanea saman*), con un promedio de 15 árboles por hectárea y un callejón central de arboles (dispuestos en una hilera doble en el centro del potrero), sembrada con Melina (*Gmelina arborea Roxb*) a 3 metros entre árbol y 4 metros entre surco, con un promedio de 33 árboles por hectárea. La pastura dominante era Angleton (*Dichantium aristatum*), de tal forma que los animales dispusieron diariamente de pasto con una adecuada edad de consumo y a voluntad; los linderos estaban delimitados por cerca eléctrica y tenían agua fresca a voluntad y sal mineralizada con 8% de fósforo en saladeros plásticos.

Tratamiento B (Vacas en potreros con baja cobertura arbórea): estuvo conformado por 20 vacas sometidas a pastoreo rotacional en potreros previamente caracterizados de aproximadamente 2 hectáreas, bajo las mismas condiciones de are y pastoreo rotacional del tratamiento A, en este caso, el área de pastoreo contaba con menos del 7% del área cubierta con sombrío natural de los árboles (Betancourt *et al*, 2004) y con una intercepción de la luz entre el 50 y 80%. Se encontraban las especies arbóreas Melina (*Gmelina arborea Roxb*), Dinde (*Chloropholia tinctoria*) y Samán (*Samanea saman*), con densidad de menos de 5 árboles por hectárea, sin ningún tipo de arreglo silvopastoril. La pastura dominante era Angleton (*Dichantium aristatum*), con una adecuada edad de consumo y a voluntad; los linderos estaban delimitados por cerca eléctrica, con agua fresca a voluntad y sal mineral con 8% de fósforo en saladeros plásticos.



Las vacas fueron agrupadas en sus respectivos potreros un mes antes de comenzar la evaluación, buscando que reconocieran y se adaptaran a las condiciones ambientales de experimentación. Se manejaron registros reproductivos y productivos de cada vaca para individualizar los datos tomados. Para facilitar el manejo y la toma de datos, algunos parámetros en los que se evalúa de forma grupal se midieron a partir de un día cero, el cual se asumió desde el momento en que todas las hembras se encontraran paridas, sin embargo, el análisis de resultados para parámetros en días se realizó con los datos reales a partir del posparto en cada individuo.

### **VARIABLES EVALUADAS**

#### *Temperatura ambiente ( $T^{\circ}$ ) y humedad relativa (HR):*

Con el fin de caracterizar la diferencia del ambiente y apoyar los resultados obtenidos se midió la temperatura ambiente y la humedad relativa en los potreros de estadía de los animales para cada tratamiento, midiendo dentro del potrero de cada tratamiento la  $T^{\circ}$  y la HR bajo sombra (debajo de los árboles) y en el sol (sitios de radiación solar directa). Se tomó registro 1 vez semanalmente durante los seis meses de evaluación, mediante un higrómetro termómetro radi rt-810e con certificado de calibración, en el potrero de estadía de los animales para cada tratamiento; se registró a las 06:00 y a las 16:00 horas, considerando los animales tienen la menor y la mayor carga térmica, respectivamente (Espinoza *et al*, 2010) y a las 12:00 como referencia.

#### *Retorno al celo:*

Mediante observaciones diarias en potrero a las 6:00, 12:00 y 18:00 horas, se determinó la presencia de signos de celo, también se utilizó un chin ball como ayuda en la detección de celos nocturnos y diurnos. Para el análisis estadístico, se determinó el número de días que cada vaca tardó en retornar al celo pos parto.

#### *Presencia de cuerpo lúteo:*

El diagnóstico reproductivo se realizó por ultrasonografía rectal, utilizando un ecógrafo con transductor de 8 megahercios y se determinó la presencia de estructuras lúteas en



cualquiera de las etapas del ciclo (posovulatorio, crecimiento, latencia o regresión). El diagnóstico por ultrasonido se realizó a los 1, 2, 3, 4, 5 y 6 meses a partir del último parto. Se evaluó como vacas con presencia o no de cuerpo lúteo posparto dentro de intervalos mensuales de chequeo (0 a 29 días, de 30 a 59, de 60 a 89, de 90 a 119, de 120 a 149 y de 150 A 180) a partir del día cero, el cual se asumió luego de que todas las vacas hubieran presentado su parto.

#### *Presencia de preñez:*

En las mismas fechas que se realizó el diagnóstico de preñez, se determinó el número de días de gestación y días abiertos; con estos datos se asumió en qué día fue la preñez (día de preñez efectiva) y de esta manera se agruparon las vacas por intervalos de 30 días, vacas con preñez efectiva de 0 a 29 días, de 30 a 59, de 60 a 89, de 90 a 119, de 120 a 149 y de 150 A 180 posparto.

#### **Análisis estadístico**

Los datos fueron tomados en campo por medio de planillas y registros físicos en papel, para luego asentarlos en el software +Ganadero®, por medio del cual se maneja toda la información de la Hacienda Casanare -Ganadería Rio Grande-, luego los datos se organizaron mediante el uso del programa Microsoft Excel®. Para la implementación del diseño experimental y el análisis estadístico de los datos se utilizó Statistical Analysis Software SAS®. Para todos los casos de significancia se consideró un alfa menor o igual a 0,05 y se indica en las tablas y gráficos con el signo asterisco (\*) y para tendencia estadística un alfa  $> 0,05$  y  $\leq 0,10$ . A continuación se relaciona detalladamente cada variable, cómo se manejó, cómo se aplicó el diseño experimental y el método estadístico utilizado.

Temperatura ambiente y humedad relativa bajo sombra y bajo sol en cada tratamiento: Se realizó análisis de medidas repetidas en el tiempo, se tuvo en cuenta el efecto del tratamiento, de la hora de muestreo durante el día, y del mes de medición. Se utilizó el siguiente modelo:  $Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + H_j + M_k + \tau H_{ij} + E_{ijkl}$  donde:



$Y_{ijkl}$  = variable de respuesta

$\mu$  = media general

$t_i$  = efecto del tratamiento

$H_j$  = efecto de la hora de muestreo

$M_k$  = Efecto del mes de medición

$tH_{ij}$  = interacción tratamiento por hora

$E_{ijkl}$  = error experimental

Retorno al celo (días de retorno): Análisis de varianza de los días de retorno al celo a partir de 4 bloques al azar generalizados según la semana de parto individualmente para cada vaca. Modelo:  $Y_{ijk} = \mu + B_i + t_j + \xi_{ijk}$  donde:

$Y_{ijk}$  = variable de respuesta

$\mu$  = media general

$B_i$  = efecto de bloque

$T_j$  = efecto de tratamiento

$E_{ijk}$  = error experimental.

Adicionalmente se hizo una prueba de Chi cuadrado en cada intervalo de muestreo para analizar el número de vacas que presentaron celo.

Presencia de cuerpo lúteo: se aplicó la prueba de Chi cuadrado binomial para evaluar los días a la presencia de cuerpo lúteo, y se registraron las vacas dentro de intervalos mensuales correspondientes (0 a 29 días, 30 a 59, 60 a 89, 90 a 119, 120 a 149 y 150 a 180) como “si” aquellas vacas que presentaban cuerpo lúteo durante ese mes y las anteriormente preñadas (dato acumulado) y “no” a las que aún no lo presentaban.

Presencia de preñez y días abiertos: se aplicó la prueba de Chi cuadrado binomial para evaluar los días a la preñez efectiva, y se registraron las vacas dentro de intervalos mensuales correspondientes (0 a 29 días, 30 a 59, 60 a 89, 90 a 119, 120 a 149 y 150



a 180) como “si” aquellas vacas que quedaron preñadas durante ese mes y las anteriormente preñadas (dato acumulado) y “no” a las que aún no se habían preñado.

## RESULTADOS

### Temperatura ambiente bajo sombra y por fuera de ella

En la tabla 1 se presenta la temperatura y la humedad relativa promedio encontradas en las 3 mediciones del día en sombra (bajo los árboles) y por fuera de ella (radiación solar directa) en los potreros de ambos tratamientos. La temperatura ambiente medida en grados centígrados ( $T^{\circ}$ ), presentó diferencia significativa ( $P=0.04$ ), siendo menor la temperatura promedio bajo sombra y por fuera de ella en los potreros con adecuada cobertura arbórea. No se presentó diferencia significativa en la humedad relativa (HR) promedio en sombra y por fuera de ella en los potreros de ambos tratamientos.

**Tabla 1.**  $T^{\circ}$  en grados centígrados y HR promedio en sombra y por fuera de ella en los potreros de ambos tratamientos.

Tratamiento	$T^{\circ}$ media y DS	HR media y DS
A “adecuada cobertura”	30.2±3.5	78.53±12
B “baja cobertura”	31.7±3,7	78.54±11

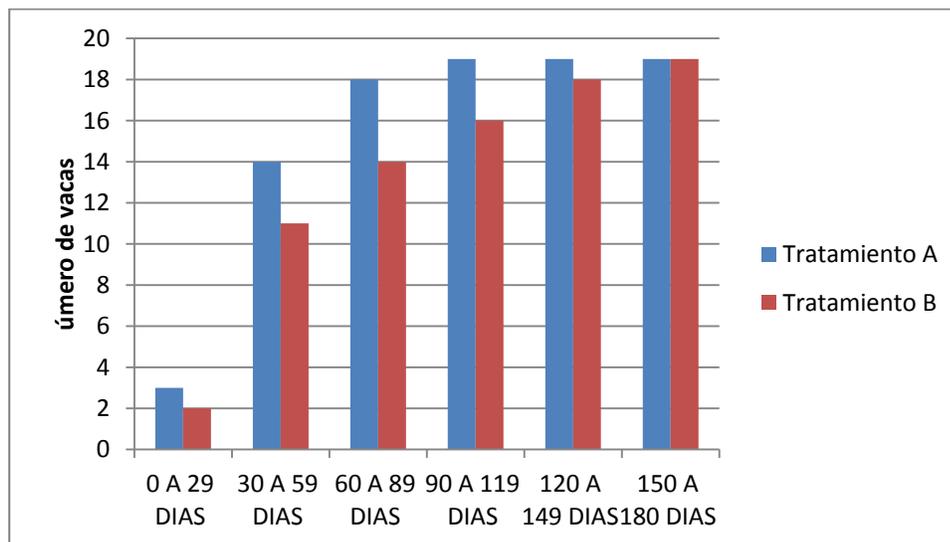
### Retorno al celo

En la Tabla 2 se presenta la media, la desviación estándar y la significancia obtenidas mediante el análisis de varianza “ANOVA” para la variable días posparto de retorno al celo. En el Gráfico 1 se ilustra la presencia de los celos en intervalos mensuales en las vacas de cada grupo. Se encontró una tendencia estadística significativa ( $P=0.0778$ ) entre las vacas paridas del Tratamiento A “manejadas en pastoreo con una cobertura arbórea mayor al 22%” quienes presentaron su primer celo a los 50.63 ( $\pm 22.96$ ) días con respecto a las vacas del tratamiento B “manejadas en pastoreo tradicional con

menos del 7% de cobertura arbórea” quienes presentaron su primer celo a los 72.74 ( $\pm 47.85$ ). No se encontró diferencia estadística significativa en el número de vacas que presentaron celo en cada intervalo evaluado (gráfico 1).

**Tabla 2.** Días posparto de retorno al celo

Media y desviación estándar de días posparto de retorno al celo	
Tratamiento A	50.63 ( $\pm 22.96$ )
Tratamiento B	72.74 ( $\pm 47.85$ )
P value	0.0778

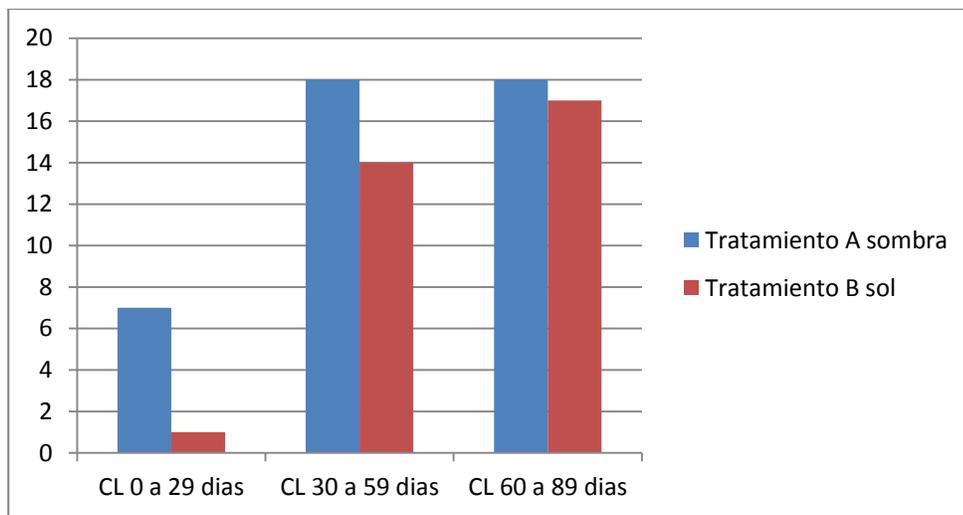


**Gráfico 1.** Número acumulado de animales que presentaron celo en cada mes.

### Presencia de cuerpos lúteos

La mayor parte de las vacas de ambos grupos presentaron estructura ovárica entre los tres primeros meses, por lo que la comparación estadística se realizó en este periodo. En la primera medición a los 30 días a partir del día 0 asumido, se encontró diferencia

significativa ( $P=0.02$ ) en la cantidad de cuerpos lúteos (CL) hallados mediante ultrasonografía, siendo mayor en las vacas del tratamiento A ya que siete de estas presentaron estructuras luteales, con respecto a las vacas del tratamiento B en quienes solo una vaca presentó cuerpo lúteo. En todas las demás mediciones no se presentó diferencia estadística significativa en el número de vacas que presentaron cuerpo lúteo. En el Gráfico 2 se presentan las vacas que presentaron cuerpo lúteo en las tres mediciones más representativas.

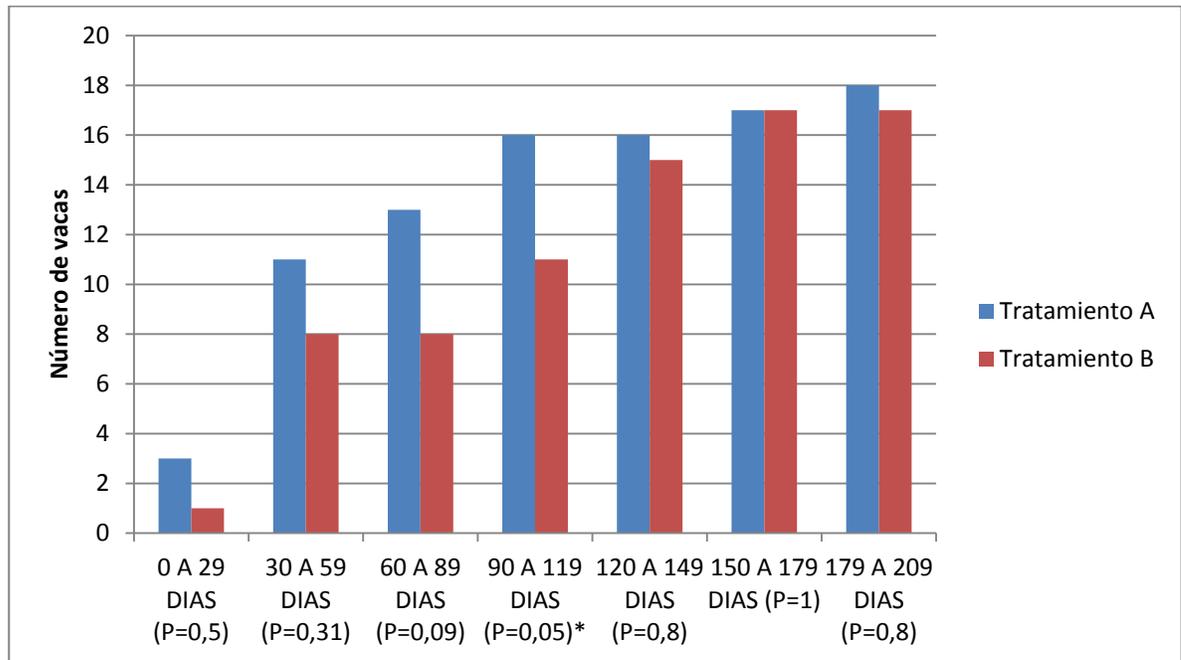


**Gráfico 2.** Vacas que si presentaron cuerpo lúteo durante los tres primeros intervalos de mediciones.

### **Presencia de preñez efectiva y días abiertos**

El grafico 3 muestra las vacas que sí presentaron preñeces efectivas acumuladas en intervalos de 30 días. De las 19 vacas del tratamiento A, 18 se preñaron durante el periodo experimental, mientras que de las 19 vacas del tratamiento B, 17 se preñaron durante el periodo experimental y 1 fuera del periodo experimental. Al evaluar las preñeces efectivas acumuladas por intervalos se encontró que no hubo diferencia significativa entre las vacas del tratamiento A y B de los 0 a 29 días ( $P=0.5$ ); no existió diferencia de los 30 a 59 días ( $P=0.31$ ) y hubo una tendencia significativa con un mayor número de preñeces en las vacas del tratamiento A de los 60 a 89 días ( $P=0.09$ ). En el

intervalo de 90 a 119 días se presentó diferencia significativa ( $P=0.05$ ), siendo mayor el número de preñeces efectivas de las vacas del tratamiento A (16) con respecto a las vacas del tratamiento B (9). Para los demás intervalos no hubo diferencia significativa. El promedio de días abiertos fue de  $73.4 \pm 49.4$  para las vacas del tratamiento A y fue de  $92.9 \pm 59$  para las vacas del tratamiento B.



**Gráfico 3.** Vacas que presentan preñeces efectivas acumuladas en intervalos de 30 días.

## DISCUSIÓN

Considerando que no hubo diferencia estadística significativa en la disponibilidad ni calidad de forraje entre tratamientos (Osorio *et al.* 2014, en proceso de publicación), las diferencias encontradas entre tratamiento podrían ser atribuidas más a un efecto del porcentaje de cobertura arbórea para ofrecer sombrío y modificó el ambiente, pues como los resultados lo evidenciaron hay una modificación de la temperatura ambiente aproximadamente de  $2^{\circ}$  C por debajo en el potrero con más del 22% de cobertura arbórea. Estos resultados son congruentes con lo reportado por Wilson y Ludlow (1991) quienes afirman que entre las ventajas de los sistemas silvopastoriles está la creación



de microclimas que disminuyen de 2 a 3°C la temperatura ambiental, favoreciendo el bienestar animal y beneficiando la producción gracias a la favorabilidad del ambiente (Arias, 2008).

Las vacas del tratamiento A pastoreando con una adecuada cobertura de sombrío, tendieron significativamente a presentar su primer celo posparto más temprano que las vacas del tratamiento B. Según Wattiaux (1998) el número de días en que las hembras presentan su primer celo posparto no debe ser superior a 60, pues un mayor número de días de retorno al celo posparto indica que hay problemas reproductivos. De acuerdo con Henao (2001) y Elizabeth (2009), el anestro posparto prolongado en la hembra bovina se da por fallas para ovular, pues el desarrollo folicular se presenta en las vacas cebú desde las segunda o tercera semana posparto, dado que la hormona folículoestimulante “FSH” se presenta en niveles suficientes para reclutar y comenzar el desarrollo de los folículos. Debido al efecto endocrino del amamantamiento, los pulsos de la hormona liberadora de gonadotropinas “GnRH” disminuye su intensidad, se presentan pulsos cada 4 a 8 horas y la intensidad requerida es de un pico cada hora para que exista estímulo necesario para liberar la hormona luteinizante encargada del crecimiento folicular preovulatorio y encargada de la ovulación (Senger, 2003).

Los resultados del presente estudio muestran que para las vacas en sombra “Tratamiento A” el promedio es de 50.63 días, mientras que para las vacas en el sol “Tratamiento B” el promedio es de 72.74 días. Lo que quiere decir que las vacas que pastorearon en los potreros con adecuada cobertura están en el intervalo ideal de retorno al celo posparto según lo propuesto por Wattiaux (1998), mientras que las vacas que pastorearon en baja cobertura arbórea retornaron al celo después de los 60 días, lo cual es indicador negativo en la eficiencia reproductiva. Estos resultados también indican que el confort que ofrece el sombrío mediante la reducción térmica de 2 a 3 grados centígrados según Wilson y Ludlow (1991), permiten disminuir el número de días que tarda una hembra bovina en retornar al celo posparto, teniendo en cuenta que favorece la endocrinología reproductiva. Así, Lucy (2003) señala que el estrés estimula



la síntesis de adrenocorticotropina (ACTH) a nivel hipotalámico y disminuye la síntesis de GnRH, lo que permite asociar la cobertura arbórea con disminución del estrés, disminución de la ACTH y por ende con favorecimiento de la presencia de picos de GnRH para que la vaca pueda retornar al celo y la ovulación.

La progesterona es el producto principal que sintetiza y libera el cuerpo lúteo (CL). Dicha hormona actúa sobre los órganos genitales de la hembra, siendo responsable de la preparación uterina para establecer y mantener la gestación (Alila, y Dowd, 1991). De esta forma, Henao, Olivera y Maldonado (2000) y Henao *et al* (2001) indican que, además de evaluar la presencia de celo en la hembra bovina, se hace importante estimar la presencia de esta estructura, pues puede utilizarse como indicador del funcionamiento y activación pos parto de la fisiología reproductiva. Los niveles bajos de progesterona secretados por el primer CL del postparto parecen tener una función de sensibilización orgánica a los estrógenos para la manifestación de los signos de estro, La segunda ovulación generalmente es precedida por signos normales de estro y marca el final del anestro postparto. Además, de acuerdo a Senger (2003) posterior a una ovulación se da la formación de un cuerpo lúteo por lo cual esta estructura puede utilizarse como una estructura que subjetivamente estima los animales que han presentado ovulación. Aunque la metodología planteada de acuerdo a las características experimentales específicas de este trabajo no permitió evaluar la dinámica continua de la presencia de cuerpos lúteos, se realizó una estimación para evaluar en qué grupo se presentaba inicialmente en mayor número la estructura en cualquiera de sus fases dentro del ciclo estral (posovulatorio, latencia, preovulatorio), como indicador de retorno no solo al celo sino a la ovulación y al normal funcionamiento reproductivo. Para el caso de la presencia de CL, medida mes a mes, en este trabajo se encontró en el primer mes un mayor número en las vacas que pastorearon con adecuada cobertura arbórea, esto confirma lo antes mencionado por Lucy (2003) con respecto al estrés y sus efectos sobre la GnRH, pues la formación del cuerpo lúteo se da luego de la ovulación y sin un adecuado pico preovulatorio de LH el cual es dependiente de los pulsos de GnRH (Senger, 2003) que se ven afectados por la



producción hipotalámica de CTH, permitiendo nuevamente hacer alusión a las ventajas de la adecuada cobertura arbórea sobre el desempeño reproductivo, pues facilita la ovulación y así mismo la formación del cuerpo lúteo.

Los índices reproductivos son indicadores del rendimiento y la eficiencia del desempeño reproductivo en las producciones ganaderas según Wattiaux (1998), a partir de esto se puede fijar una referencia a seguir o un ideal para que el sistema sea óptimo. Según Molina (2007) en términos de intervalo entre partos (IEP) como índice muy relevante y determinante en los sistemas de producción, teniendo en cuenta que en una ganadería de cría el producto a generar son los terneros, el ideal sería que se obtuviera una Natalidad del 100 % anual, o sea un IEP de 365 días, aunque esto es algo difícil en nuestras condiciones, no es imposible y se debe procurar obtener este rendimiento. Este mismo autor señala que para poder alcanzar este ideal y teniendo en cuenta que las hembras tienen gestaciones de 290 días, se cuenta con un periodo de 75 días para que las hembras queden nuevamente preñadas, ya que como lo menciona Linderoth (2005), debe haber un periodo de espera voluntario para la recuperación posparto, que tradicionalmente es de 45 a 60 días.

El análisis de los datos de preñez efectiva y días abiertos se realizó por intervalos de 30 días y estimando la presencia o no de la preñez, con la intención de evaluar qué grupo de vacas alcanza un mayor número de preñeces en el intervalo más inmediato posible. Los resultados mostraron que entre los 90 a 119 las vacas que pastorean con adecuada cobertura arbórea alcanzaron un mayor número de preñeces (16/20) que las vacas con baja cobertura arbórea (11/20), lo que quiere decir que antes de los 120 días en las vacas del tratamiento A se alcanzó un número mayor de preñeces que en el tratamiento B, favoreciendo el ideal de hacer lo más corto posible los días abiertos. Además del análisis estadístico se realizó la estimación y comparación técnica del promedio de días abiertos para las vacas de ambos grupos en donde se obtuvo que las vacas que pastorearon con adecuada cobertura arbórea presentaron un promedio de  $73.4 \pm 49.4$



días abiertos, mientras que las vacas que pastorearon sin suficiente cobertura arbórea fueron de  $92.9 \pm 59$ . Teniendo en cuenta lo sugerido por Molina (2007), las vacas que pastorearon bajo una adecuada cobertura arbórea presentaron un número de días abiertos menor a 75 lo que favorecería el ideal productivo de un ternero por vaca por año, mientras que las vacas que pastorearon con insuficiente cobertura arbórea están por fuera de este ideal, teniendo 18 días abiertos demás al ideal productivo en el promedio. La adecuada cobertura arbórea favoreció la preñez efectiva y disminuyó el número de días abiertos.

### **Conclusiones**

Los arreglos silvopastoriles que ofrecen un adecuado sombrero con un 22 a 30% del área de los potreros con cobertura arbórea mediante arreglos como árboles dispersos en potrero y árboles en callejón central, permitieron crear microclimas y disminuir la temperatura ambiental aproximada de 2°C en los sistemas ganaderos del trópico.

La adecuada cobertura arbórea permitió ofrecer confort a los animales y favorecer el desempeño reproductivo de hembras Brahman posparto, favoreciendo el retorno al celo, facilitando la presencia de estructuras a nivel ovárico importantes en el ciclo reproductivo como el cuerpo lúteo y disminuyendo el número de días abiertos, permitiendo aumentar el porcentaje de natalidad haciendo posible llegar al ideal productivo de un ternero por vaca anualmente.

### **Referencias bibliográficas**

Arias RA, Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche,. Escuela de Agronomía, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Chile. Department of Animal Science, University of Nebraska-Lincoln, USA, 2008

Beatty DT, Barnes A, Taylor E, Pethick D, McCarthy MK, Maloney S, Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and



humidity. School of Veterinary and Biomedical Sciences, Murdoch University, Perth, 6150, Australia. *Journal of Animal Science* (impact factor: 2.1). 84(4):972-85. Source: PubMed, 2006

Betancourt K, Ibrahim M, Harvey CA, Vargas B, Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua, 2004

Casares D, Retamoza E, Evaluación de la eficiencia reproductiva en ganado bovino del sistema doble propósito, en condiciones de semiestabulación en la granja Santiago del municipio de Santiago Tolu – sucre, 2003

Dobson H, Smith RF, What is stress, and how does it affect reproduction? *Anim Reprod Sci* 60-61:743-52, 2000, (Colitti M, Sgorlon S, Stradaioli G, Farinacci M, Gabai G, Stefanon B. Grape polyphenols affect Mrna expression of PGHS-2, TIS11b and FOXO3 in endometrium of heifers under ACTH-induced stress. *Theriog* 68:1022-30, 2007

Elizabeth RW, Kellie M, Breen AE, Bree N. Pierce AJ, Tilbrook AI. Turner, and Fred J. Karsch, 2008. Cortisol Interferes with the Estradiol-Induced Surge of Luteinizing Hormone in the Ewe. *BIOLOGY OF REPRODUCTION* 80, 458–463 (2009). DOI 10.1095/biolreprod.108.074252

Góngora A, Hernández A, La reproducción de la vaca se afecta por las altas temperaturas ambientales, 2010

Gonzales JM, El estrés calórico en los bovinos, 2007. [http://www.udca.edu.co/zoociencia/est\\_calorico.html](http://www.udca.edu.co/zoociencia/est_calorico.html)

Goppelt SM, Molecular mechanisms involved in the regulation of prostaglandin biosynthesis by glucocorticoids. *Biochem Pharmacol*, 53(10):1389-95, 1997



Henao RG, Reactivación ovárica postparto en bovinos. Revisión. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín Vol. 54 Nos. 1 y 2. p 1285-1302. 2001.

Henao, Olivera-Angel, M and Maldonado-Estrada, J.G. Follicular dynamics during postpartum anestrus and the first estrous cycle in suckled or non suckled Brahman (*Bos indicus*) cows. En: Animal Reproduction Science. Vol. 63.127-136, 2000

Holdridge L, Ecología de Zonas de Vida, 1977

Johnson HD, Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production of livestock. En Johnson HD editor. Bioclimatology and Adaptation of Livestock. World Animal Science B - 5. Amsterdam: Elsevier Scientific Publication; 1987 p. 2-26, 1987

Linderoth, S, Don't cheat on your voluntary waiting period, 2005

Lucy MC, Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. Reproduction (Suppl 61):415-27, 2003

Mahecha L, Rosales M, Molina CH, Ibrahim M, Grazing, browsing time and milk production of lucerna cows in silvopastoral system in diferet season of the year, 2001

Microsoft Excel®. 2010

Molina JJ, El problema de los días abiertos pag. 2 Intervet, 2007

Montaño E, Ruiz Z, ¿Por qué no ovulan los primeros folículos dominantes de las vacas cebú posparto en el trópico colombiano?. Rev Col Cienc Pec Vol. 18:2, 2005 127, 2005



Osorio JF, Mahecha L, Moncada HA, Carmona JC, Comportamiento de hembras de cría de la raza Brahman pastoreando en arreglos silvopastoriles que favorecen el sombrío en el trópico bajo (En proceso de publicación), Universidad de Antioquia, 2014.

Pedron O, Cheli F, Senatore E, et al. Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters, milk fatty acid composition in dairy cows. J Dairy Sci 76:2528-2535, 1993

Ramirez, Efecto del Balance Energético Negativo (BEN) en la eficiencia reproductiva en vacas lecheras, 2005

Richards, MW, Spitzer JC, Warner MB, Effects of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. J. Anim. Sci., 62,300-306, 1986

Rodríguez E, IIª Reunión de Intercambio Tecnológico en Zonas Áridas y Semiáridas, Villa Dolores, prov. de Córdoba, Argentina, pag. 162-174. 1.-Universidad Nacional de Córdoba, Casilla de Correo 509, (5000) Córdoba, Argentina. 2.- Editado por: Centro Argentino de Ingenieros Agrónomos y Orientación Gráfica Editora SRL, 1983

SAS SAS Institute Inc., SAS/STAT; Software Version 9.00 Cary, NC, USA, 2001

Senger PL Pathways of pregnancy and parturition second edition, Cadmus professional communications, Universidad de Washington, 2003

Wattiaux MA, Guía técnica lechera, Instituto Babcock, Universidad de Wisconsin-Madison, 1998

West JW, Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle, American Dairy Science Association, 2003



Wilson J, Ludlow M, The environment and potential growth of herbage under plantations.  
In: Forages for plantation crops. (Eds. M. Shelton and W. Stür). ACIAR Proceedings No.  
32. Canberra, Australia. p. 10, 1991



## CONCLUSIONES GENERALES

El sistema silvopastoril evaluado de árboles dispersos en potreros y callejón central para sombrío, con una cobertura de sombrío entre 22 a 30% de área en pastoreo, permitió la disminución de la temperatura en el sistema en aproximadamente 2 °C, disminuyendo el riesgo de estrés calórico en los animales y permitiendo mejorar la producción ganadera.

El ganado Brahman es una raza tipo *Bos indicus* muy resistente a las condiciones del trópico, que en condiciones de temperaturas por debajo de los 35°C promedio no presentan signos marcados de estrés calórico como el aumento de la frecuencia respiratoria a más de 60 exhalaciones por minuto, sin embargo en el presente estudio en temperaturas promedio por encima de los 30 °C y con humedades relativas por encima del 70%, las vacas que pastoreaban con baja cobertura arbórea ( menos del 7% del área con sombrío), comenzaron a mostrar signos iniciales de estrés como ocultarse constantemente en horas diurnas de pastoreo bajo la sombra y pastorear en la noche, como comportamiento de compensación de consumo. Estos fueron considerados indicios etológicos que mostraron susceptibilidad del ganado *Bos indicus* a sufrir de estrés calórico aunque con umbrales de tolerancia de temperatura altos.

El estrés calórico generó cambios fisiológicos y etológicos que disminuyeron el desempeño reproductivo de las hembras de cría de la raza Brahman y la ganancia de peso de los terneros, lo que se evidenció en el presente estudio.

Las vacas de cría de la raza Brahman en pastoreo con arreglos silvopastoriles de árboles dispersos en potrero con un callejón central para sombrío con el fin de ofrecer una adecuada cobertura arbórea, disminuyeron el número de días que tardan en retornar al celo posparto, disminuyeron también el número de días que tardan en presentar estructuras a nivel ovárico que sirven como indicador del retorno al ciclo reproductivo como el caso del cuerpo lúteo y disminuyeron el número de días abiertos,



como se evidenció en las condiciones del estudio permitiendo obtener preñeces efectivas en menos de 75 días, favoreciendo el ideal productivo 1 ternero por vaca anual. En contraste las vacas que pastorearon con insuficiente cobertura arbórea, estuvieron 18 días por encima del tiempo ideal.

La recuperación de la condición corporal posparto en las vacas con adecuada cobertura arbórea favoreció el desempeño reproductivo.

Los terneros en lactancia de la raza Brahman en pastoreo con arreglos silvopastoriles de árboles dispersos en potrero con un callejón central para ofrecer una adecuada cobertura arbórea, tuvieron mayores ganancias de peso al destete, posiblemente debido a que pudieron pasar más tiempo con sus madres tomando leche y más tiempo en pastoreo.

En el presente estudio no se observaron diferencias en el consumo de materia seca por parte de las vacas que pastorearon con adecuada cobertura arbórea y con baja cobertura arbórea, esto se explica posiblemente por el comportamiento de consumo nocturno que presentan las vacas que pastorean con poca cobertura, compensando algunos momentos del día en que se les vio ocultándose en la sombra.

Relacionando los resultados obtenidos en el presente trabajo y realizando un análisis simple de la relación costo beneficio, utilizando como base el ternero desteto, puede tenerse como referencia que las vacas que pastorearon bajo la sombra presentan una preñez efectiva promedio a los 73 días, mientras que las vacas sin suficiente cobertura arbórea tardaron 93 días en quedar preñadas, esto quiere decir que por no utilizar cobertura arbórea la preñez se tarda 20 días más, que consecuentemente retardara 20 días más el parto con respecto a las vacas de la sombra. De tal forma que se dejan de obtener por cada vaca que no pastorea en sombra un ingreso por la ganancia de peso del ternero durante 20 días, que después se reponen en los días en que se prolongue el destete, pero parto tras parto se acumularán estos días, y cuando finalice la vida



productiva de la vaca se reflejará en un menor número de partos durante el periodo que sirvió como vientre, y va a mostrar una menor producción de Kg destetados por vaca. La ganancia de peso promedio por día en los terneros que pastoreaban con baja cobertura arbórea fue de 1,1 Kg lo que quiere decir que dejaron de ingresar durante esos 20 días el equivalente a 22 Kg. En Colombia el precio de ternero desteto Brahman comercial elite, como el que se produce en la hacienda Casanare es aproximadamente de 1,8 \$US, de tal forma que el ingreso perdido fue de 39,6\$US; adicionalmente teniendo en cuenta que el peso al destete a los 6 meses de los terneros que pastorearon bajo condiciones de sombrío fue en promedio de 183,87 Kg., mientras que el peso promedio de los que pastorearon con baja cobertura arbórea fue de 167,91 Kg., esto quiere decir que con una diferencia de 15,96 Kg a favor de los terneros con adecuada cobertura arbórea, también dejaron de ingresar 28,7\$US. Las vacas que pastorearon bajo una cobertura arbórea entre el 22 y 30%, gracias a la disminución de los días abiertos y mayores pesos al destete de los terneros a los 6 meses posparto generarían ingresos adicionales de 68.32\$US. Para el caso de esta ganadería, teniendo en cuenta la información histórica de aforos de potrero y la información de aforos obtenida en el presente estudio se encuentra que la ganadería tiene una capacidad de carga de 1,5 vacas con ternero (peso al destete) por hectárea, lo que quiere decir que si las vacas producen un ternero por año, el ingreso adicional por hectárea anual en los potreros con adecuada cobertura arbórea, va a ser de 102,4\$US.

El costo de implementación de un sistema silvopastoril con las condiciones del presente estudio, con 33 árboles de Melina (*Gmelina arborea Roxb*) en callejón y 15 de Dinde (*Chloropholia tinctoria*) y Samán (*Samanea saman*) dispersos en potrero, en una hectárea de pastoreo en un sistema tradicional ya establecido, asumiría teóricamente los siguientes costos aproximados: 50 plantulas= 30\$US, 8 salarios mínimos diarios para labores de siembra= 160\$US, materiales y salarios para establecimiento de cercas que impidan que los animales dañen las plántulas= 350\$US. El área de potrero que deja de funcionar puede ser de aproximadamente de 450m<sup>2</sup> lo que significa un 4,5% del área por hectárea, disminuyendo la capacidad de carga de 1,5 a 1,43 vacas por hectárea.



En el sistema tradicional, teniendo como base un desteto anual por vaca, dejarían de ingresar por hectárea al año= 21,1\$US. Asumiendo el dinero que deja de ingresar, el dinero invertido y que el sistema sería funcional a los dos años, el costo de establecimiento de un sistema silvopastoril como el del presente estudio, en un potrero de un sistema tradicional sería aproximadamente 1.122,2\$US por hectárea.

Como se puede ver en este ejercicio básico, sin tener en cuenta los beneficios ambientales, las mejoras productivas que puede tener el sistema a mediano plazo, y sin tener en cuenta cambios de moneda e inflaciones, ni detalles puntuales financieros de la empresa, puede decirse que con un ingreso adicional anual de 102,4\$US y un costo de establecimiento por hectárea de 1.122,2\$US, la inversión de establecimiento en teoría se recuperaría a partir de los ingresos adicionales en 11,9 años a partir de que sea funcional el sistema; luego de este periodo el ingreso adicional anual por hectárea sería neto para las ganancias de la ganadería. Ingreso adicional que en las ganaderías de grandes extensiones características del trópico bajo colombiano representaría una importante cifra económica.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS GENERALES

Adams T.E, Sakurai H, Adams B.M. Effect of Stress-Like Concentrations of Cortisol on Estradiol-Dependent Expression of Gonadotropin-Releasing Hormone Receptor in Orchidectomized Sheep. Department of Animal Science, University of California, Davis, California 95616 p 1- 4. 1999

Albrecht ED, Pepe GJ Placental steroidogenesis in primate pregnancy. In Knobil E, Neill J [eds]: Encyclopedia of Reproduction, Vol 3, pp 889–898. Boston, Academic Press, 1998

Alila HW, Dowd JP, The control of corpus luteum function in domestic ruminants. Oxford Reviews of Reproductive Biology 13: 203-237, 1991.

Amado JA, Flórez J Farmacología humana. 4ª Ed. Barcelona: Masson, [hvil.sld.cu](http://www.hvil.sld.cu). <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/16847822/Farmacologia-Humana---Jesus-Florez-5-Edicion.html>, 2003

AOAC International. Official methods of analysis of AOAC International. Gaithersburg, Md, 1997

Arias RA, Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche, Escuela de Agronomía, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Chile. Department of Animal Science, University of Nebraska-Lincoln, USA, 2008

Arias AA, Slobodzian A, Revidatti MA, Capellari A Factores Genéticos y Ambientales que Influencian la Ganancia de Peso de Terneros Destetados Precozmente en el N.O. de Corrientes EEA INTA Corrientes - Facultad de Ciencias Veterinarias. UNNE, 2000



Badinga, R., W.W. Thatcher, T. Diaz, M. Drost and D. Wolfenson. Effect of environmental heat stress on follicular steroidogenesis and development in lactating Holstein cows. *Theriogenology*, 39: 797-810. 1993.

Barragan W, Mahecha L, Cajas Y, Sistemas silvopastoriles para mejorar la producción de leche y disminuir el estrés calórico en la región Caribe Colombia, Universidad de Antioquia, Corpoica. 20 – 60, 2013

Beatty DT, Barnes A, Taylor E, Pethick D, McCarthy MK, Maloney S, Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. School of Veterinary and Biomedical Sciences, Murdoch University, Perth, 6150, Australia. *Journal of Animal Science* (impact factor: 2.1). 84(4):972-85. Source: PubMed, 2006

Betancourt K, Ibrahim M, Harvey CA, Vargas B, Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua, 2004

Bignoli, Darío P *Dinámica Rural*, Bs. As., 36:104-106. [http://www.produccion-animal.com.ar/etologia\\_y\\_bienestar/etologia\\_bovinos/55-comportamiento\\_en\\_pastoreo](http://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/etologia_bovinos/55-comportamiento_en_pastoreo), 1971

Blackshaw J, Blackshaw AW, Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Aust J Exp Agric* 34, 285-295, 1994

Bó GA, Cutaia L. Estrategias para incrementar la preñez en vacas en anestro. Instituto de reproducción animal de Córdoba y Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Córdoba Argentina. *Manual de ganadería de doble propósito*. 2005; p 464-470.



Britto FL Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas., 2010

Brown-Brandl TM, JA Nienaber, RA Eigenberg, TL Mader, JL Morrow, JW Dailey. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. *Livest Sci* 105, 19-26, 2006

Broom DM, Molento CFM Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas – Revisão. *Arch Vet Sci*, v.9, n.2, p.1-11, 2004.

Bueno G. Guillermo A, Sistemas silvopastoriles, arreglos y usos. *Rev Sist Prod Agroecol.* 3: 2: 2012 56. Villavicencio, Meta. Colombia, 2012

Cardozo JA, Velásquez JG , Flórez H, Velásquez JH y Peña MA, Estrés calórico: Efectos en el comportamiento reproductivo y adaptación de los bovinos al trópico, 2011

Cano Celada, Pedro. Tesina fotosensibilización. Fotosensibilización, 2008

Callejas GD, Mendoza RH, Espitia P, Prieto M. Esperanza, Efecto sol-sombra sobre el cuadro espermático, indicadores de estrés y comportamiento social de toros cebú (Brahman). Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Zootecnia. *MVZ - CÓRDOBA* 2000; 5:(2), 28, 2000

Carlson PH, Dawson JO. Soil nitrogen changes, early growth, and response to soil internal drainage of a plantation of *Alnus jorullensis* in the Colombian highlands. *Turrialba* 35(2): 141-150, 1985



Carvalho MM, Contribuição dos sistemas silvipastoris para a sustentabilidade da atividade leiteira. In: Proceedings of the 38 Sustentabilidade de Sistemas de Produção de Leite a` Pasto e em Confinamento. EMBRAPACNPGL, Juiz de Fora, pp 85–107, 2001

Carvalho MM, Freitas VP, Andrade AC Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em um sub-bosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.). *Pasturas Trop* 17:24–30, 1995

Casares D, Retamoza E, Evaluación de la eficiencia reproductiva en ganado bovino del sistema doble propósito, en condiciones de semiestabulación en la granja Santiago del municipio de Santiago Tolu – sucre, 2003

Centro de Biotecnología y Bioindustria, Centro de investigación la Libertad (CORPOICA)

Collier, RJ, Zimbelman RB, Heat stress effects on cattle: What we know and what we don't know. Proceedings from the Southwest Nutrition Conference. Feb. 22nd- 23rd Tempe, AZ. Da, 2007

Da Silva RG, Weather and climate and animal production. In: Update of the guide to agricultural meteorological practices. WMO-No.134 published, 2006

De Dios Vallejo, O. 2000. Ecofisiología de los bovinos en sistemas de producción del trópico húmedo. México, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; p.28-59.

Denium B, Sulastri RD, Seinab MHJ et al (1996) Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. *Trichoglume*). *Neth J Agric Sci* 44:111– 124



De Ramus H, Alan, Clement TC, Giampola Dean D, Peter C. Dickison, Methane Emissions of Beef Cattle on Forages: Efficiency of Grazing Management Systems, *J. environ. qual.*, vol. 32, january–February, 2003

Dobson H, Smith RF, What is stress, and how does it affect reproduction? *Anim Reprod Sci* 60-61:743-52, 2000, (Colitti M, Sgorlon S, Stradaoli G, Farinacci M, Gabai G, Stefanon B. Grape polyphenols affect Mrna expression of PGHS-2, TIS11b and FOXO3 in endometrium of heifers under ACTH-induced stress. *Theriog* 68:1022-30, 2007

Elizabeth RW, Kellie M, Breen AE, Bree N. Pierce AJ, Tilbrook AI. Turner, and Fred J. Karsch, 2008. Cortisol Interferes with the Estradiol-Induced Surge of Luteinizing Hormone in the Ewe. *BIOLOGY OF REPRODUCTION* 80, 458–463 (2009). DOI 10.1095/biolreprod.108.074252

Espinoza VJ, Ortega PR, Palacios EA, Guillén TA, Tolerance to heat and atmospheric humidity of different breeds groups of cattle, 2010

Federación Colombiana de Ganaderos “Fedegan”; Lafaurie Jose Félix, 2011. Situación actual de la producción de carne, *Expofrigorifico*, 2011

Federación Colombiana de Ganaderos “Fedegan”, Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana, 2006

Federación Colombiana de Ganaderos “Fedegan”, Manuel Gómez Vivas MV esp, Foro empresarialización y competitividad ganadera Costos y los indicadores de productividad en la ganadería Colombiana E Oficina de Investigaciones Económicas de Fedegán, 2012



Galindo, W; Murgueitio, E. 2003. Herramientas de Manejo Sostenible para la Ganadería Andina. En: Manejo Sostenible de los Sistemas Ganaderos Andinos. CIPAV, Cali, Colombia. pp. 19-88.

Garzón Alfonso, J.E.. CAMBIO CLIMÁTICO: ¿CÓMO AFECTA LA PRODUCCIÓN GANADERA? REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria [en línea] 2011, 12 (Agosto-Sin mes) : [Fecha de consulta: 28 de diciembre de 2014] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63621920007>> ISSN

Gaughan JB, Holt SM, Hahn GL, Mader TL, Eigenberg R, Respiration rate-is it a good measure of heat stress in cattle? Asian-Australian J Anim Sci 13 (Suppl. C), 329-332, 2000

Giraldo LA, Manejo y utilización sostenible de pasturas 3 edición. pág. 214, 1996

Góngora A, Hernández A. La reproducción de la vaca se afecta por las altas temperaturas ambientales, 2010

Gonzales JM, El estrés calórico en los bovinos, 2007. [http://www.udca.edu.co/zoociencia/est\\_calorico.html](http://www.udca.edu.co/zoociencia/est_calorico.html)

Goppelt SM, Molecular mechanisms involved in the regulation of prostaglandin biosynthesis by glucocorticoids. Biochem Pharmacol, 53(10):1389-95, 1997

Gorosito R, Compensar la oferta y la demanda. Rev. Braford, Bs. As., 23(58):62-66. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar), 2007

Hahn GL. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. J Anim Sci. ;77 Suppl 2:10-20, 1999

Haddad PM y Wieck, Antipsychotic-Induced Hyperprolactinaemia, 2004



Harvey, CA; Haber, WA. 1999. Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agroforestry Systems* 44:37-68.

Henao RG, Reactivación ovárica postparto en bovinos. Revisión. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* Vol. 54 Nos. 1 y 2. p 1285-1302. 2001.

Henao, Olivera-Angel, M and Maldonado-Estrada, J.G. Follicular dynamics during postpartum anestrus and the first estrous cycle in suckled or non suckled Brahman (*Bos indicus*) cows. En: *Animal Reproduction Science*. Vol. 63.127-136, 2000

Hernández M, Guenni O, Producción de biomasa y calidad nutricional del estrato graminoide en un sistema silvopastoril dominado por samán (*Samanea saman* (Jacq) Merr). Universidad Simón Rodríguez. Dirección de Producción y Educación Agrícola. Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Botánica Agrícola, 2008

Holdridge L, *Ecología de Zonas de Vida*, 1977

Hötzel, MJ, Piheiro Machado LC, Filio, Estresse, factores estressores e ben estar na criação animal. En: Santos, C.V.; y Mauro L. Vieira, M.L., eds. *Anais de Etología Anais do XVIII Econtro Anual de Etologia*, Florianópolis, Brasil. p.25, 2000

Ibrahim M, Villanueva C, Casasola F, Rojas J. Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. En: *Memorias IV congreso Latinoamericano de agroforestería pecuaria. III simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible*. Varadero, Cuba, 2007



Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. Bienestar Animal: Nuevo reto para la ganadería. Grupo de Inocuidad en las Cadenas Agroalimentarias Pecuarias. Bogotá. 6p, 2006

Johnson HD, Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production of livestock. En Johnson HD editor. Bioclimatology and Adaptation of Livestock. World Animal Science B - 5. Amsterdam: Elsevier Scientific Publication; 1987 p. 2-26, 1987

Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove ME, Heat stress in lactating dairy cows: a review. Department of Animal Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801, USA bAgricultural Research Organization, The Volcani Center, P.O. Box 6, Bet Dagan 50 250, Israel, 2001

Khalifa HH, Bioclimatology and adaptation of farm animals in a changing climate. In: Interactions between climate and animal production. Proc Symp, EAAP Technical series N° 7, Pp 15-29, 2003

Lachmann M, Araujo F O, La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes Universidad del Zulia, Facultad de Ciencias Veterinarias, departamento de Producción e Industria Animal. Facultad de Agronomía. Departamento de Zootecnia. Apartado 15205. Maracaibo, ZU 4005 Venezuela, 2001

Lascano C, Borel R, Quiroz R, Zorrilla J, Chaves C y Wernli C. Recomendaciones sobre metodología para la medición de consumo y digestibilidad in vivo. En: M. E. Ruiz y A. Ruiz (Eds.). Nutrición de Rumiantes: Guía metodológica de investigación. IICA-ALPA-RISPAL. San José, Costa Rica. 159 - 168 p, 1990

Linderoth, S, Don't cheat on your voluntary waiting period, 2005



Lorente S A, Ganadería y cambio climático: una influencia recíproca. Universidad de Alicante (España), 2010

Llorente L. Estrategias de desarrollo ganadero. Revista Coyuntura Colombiana pag.111-182. 1994

Lucas A, Early nutrition and later outcome. In: E.M. Widdowson and J.C. Mathers, (Editors). The Contribution of Nutrition to Human and Animal Health. Cambridge University Press, pp. 266-277, 1992

Lucy MC, Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. Reproduction (Suppl 61):415-27, 2003

McManus C, Prescott E, Paludo G.R, Bianchini E Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds, 2009

MAFF, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Climate change and agriculture in the United Kingdom.PB4876. Summary A4, 2000

Mahecha L and Angulo J. 2011 Nutrient Management in Silvopastoral Systems for Economically and Environmentally Sustainable Cattle Production: A Case Study from Colombia. GRICA Research Group, University of Antioquia, Colombia. Soil Fertility Improvement and Integrated Nutrient Management – A Global Perspective p 201- 216

Mahecha L, Gallego L, Peláez F, Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. Rev Col Cienc Pec Vol. 15: 2, 2002

Mahecha L. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina Rev Col Cienc Pec Vol. 15: 2, p 227, 2002



Mahecha L, Rosales M, Molina CH, Ibrahim M, Grazing, browsing time and milk production of lucerna cows in silvopastoral system in diferet season of the year, 2001

Maza L, Salgado R, Vergara O, Efecto de la condición corporal al parto sobre el comportamiento reproductivo y variación del peso corporal postparto en vacas mestizas lecheras, Revista MVZ Córdoba, año/vol. 6. Numero 002, pp 75-80, 2001

McManus C, Prescott E, Paludo G.R, Bianchini E, Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds, 2009

McGovern RE, JM Bruce, A model of the thermal balance for cattle in hot conditions. J Agric Engng Res 11, 81-92, 2000

Microsoft Excel®. 2010

Molina JJ, El problema de los días abiertos pag. 2 Intervet, 2007

Montaño E, Ruiz Z, ¿Por qué no ovulan los primeros folículos dominantes de las vacas cebú posparto en el trópico colombiano?. Rev Col Cienc Pec Vol. 18:2, 2005 127, 2005

Murgueitio E. 2005. Sistemas silvopastoriles en el Trópico de América En: Silvopastoralismo y manejo sostenible (Mosquera, M.R; McAdam,J; Rigueiro, A). Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. Universidad Santiago de Compostela. Lugo, España. p 32. ISBN: 84-96351-03-3. Completo 203. p.

Murgueitio E y Ibrahim M, Agroforestería pecuaria para la reconversión de la ganadería en Latinoamérica. Fundación CIPAV, Cali, Colombia Área de Agroforestería, CATIE, Costa Rica. Ponencia presentada en el XVII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias, Panamá, septiembre del 2000



National Research Council. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC, 2000

Navas G y Barragán C, Caracterización y usos potenciales de especies vegetales de un bosque de galería secundario. Boletín Técnico N° 28. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria “CORPOICA” y Programa Nacional de Transferencia de Tecnología “PRONATTA”. Villavicencio, Meta. Colombia. 36 p. 2002

Nienaber JA, GL Hahn, TM Brown-Brandl, RA Eigenberg. Heat stress climatic conditions and the physiological responses of cattle. 5th International Dairy Housing Proceedings of the 29-31 January Conference, Fort Worth Texas, USA. ASAE publication N° 701P0203, Pp 255-262, 2003

Ochoa Ochoa Wilmer, Toxicología de la Fotosensibilización en Ganaderías de Leche. Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias escuela de medicina veterinaria y zootecnia Cuenca Ecuador Página 17, 2012

Osorio JF, Mahecha L, Moncada HA, Carmona JC, Comportamiento de hembras de cría de la raza Brahman pastoreando en arreglos silvopastoriles que favorecen el sombrío en el trópico bajo (En proceso de publicación), Universidad de Antioquia, 2014.

Osorno RC. Anestro posparto, principal factor que interfiere en la eficiencia reproductiva del ganado bovino criado en condiciones de trópico bajo. Revista genéticabovina Colombiana. Santacruz Editores. Bogotá-Colombia Mayo- Junio P18-24, 2008

Paterson, J and M. Kerley, Discussion of marker methodologies used in grazing experiments and digestibility of forages consumed by grazins animals. In: Grazing Livestock Nutrition Conference (Proceding). Jackson, Wyoming, 1987



Pedron O, Cheli F, Senatore E, et al. Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters, milk fatty acid composition in dairy cows. *J Dairy Sci* 76:2528-2535, 1993

Pérez SE, Caracterización de sistemas silvopastoriles y su contribución socioeconómica a productores ganaderos de Copán, Honduras. Turrialba, Costa Rica *PAG* 17 A 25, 2006

Pezo D, Ibrahim M, Sistemas Silvopastoriles: Una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. In: 1er. Foro Internacional sobre Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales. Veracruz, México, 7-9 noviembre 1996. FIRA, Banco de México, Morelia, México. 39 p, 1996

Pires AF, M, Campos. TA, Novaes PL, razas lecheras: ambiente y comportamiento animal en los trópicos, 2001

Ponce R, Efectos del stress térmico sobre la fertilidad del Ganado Bovino, 1978

Quintero LA, Ramírez B. Evaluación de dos protocolos de sincronización con inseminación a término fijo en vacas previamente sometidas al destete precoz en los llanos orientales. Tesis Ing Zootecnista. Universidad de la Salle Facultad de Zootecnia. Bogotá D.C. Colombia. 136 p, 2008

Raintree, JB; Warner, K, Agroforestry pathways for the intensification of shifting cultivation, *Agroforestry System* 4:39-54, 1986

Ramirez, Efecto del Balance Energético Negativo (BEN) en la eficiencia reproductiva en vacas lecheras, 2005

Reis GL, Lana A MQ, Maurício RM *et al.* Influence of trees on soil nutrient pools in a silvopastoral system in the Brazilian Savanna. *Plant Soil* 323:11–16, 2009



Renaudeau D, Effects of short-term exposure to high ambient temperature and relative humidity on thermoregulatory responses of European (Large White) and Caribbean (Creole) restrictively-fed growing pigs. Anim Res 54, 81-93, 2005

Richards, MW, Spitzer JC, Warner MB, Effects of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. J. Anim. Sci., 62,300-306, 1986

Richards SA, Temperature regulation. Wykeham Publications, London, Great Britain, Pp 212, 1973

Rodríguez E, IIª Reunión de Intercambio Tecnológico en Zonas Áridas y Semiáridas2, Villa Dolores, prov. de Córdoba, Argentina, pag. 162-174. 1.-Universidad Nacional de Córdoba, Casilla de Correo 509, (5000) Córdoba, Argentina. 2.- Editado por: Centro Argentino de Ingenieros Agrónomos y Orientación Gráfica Editora SRL, 1983

Sánchez, M; Rosales, M; Murgueitio, E. 2003. Agroforestería Pecuaria en América Latina. En: Agroforestería para la Producción Animal en América Latina – II. MD Sánchez y M Rosales (eds). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma., p 1-10.

Sapolsky R.M, Romero, LM, Munck, AU, How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions. Endocr. Rev. 21, 55–89, 2000

SAS SAS Institute Inc., SAS/STAT; Software Version 9.00 Cary, NC, USA, 2001

Scaramuzzi, RJ, Adams NR, Baird DT, Campbell, B.K., Downing, J.A., Findlay, J.K., Henderson, K.M., Martin, G.B., McNatty, K.P., McNeilly, A.S. and Tsonis, C.G, A model



for follicle selection and the determination of ovulation rate in the ewe. *Reprod. Fertil. Dev.*, 5: 459-478, 1993

Seyle, H. *The stress of Life*. McGraw-Hill Book Co., New York, 1978

Senger PL *Phatways of pregnancy and parturition second edition*, Cadmus professional communications, Universidad de Washington, 2003

Somarriba E, *Estimación visual de la sombra en cacaotales y catetalss*. *Agroforesteria en las Américas* Vol. 9 N° 35-85, 2002.  
[http://intranet.catie.ac.cr/intranet/posgrado/Agroforesteria%20Tropical/AT511/Curso%20Bases%20T%C3%A9cnicas%20Agroforestales/3.%20Dasometr%C3%ADa%20y%20Medici%C3%B3n%20de%20Sombra/Lecturas%20obligatorias/Estimaci%C3%B3n%20visual%20de%20sombra%20RAFA\\_n35-36.pdf](http://intranet.catie.ac.cr/intranet/posgrado/Agroforesteria%20Tropical/AT511/Curso%20Bases%20T%C3%A9cnicas%20Agroforestales/3.%20Dasometr%C3%ADa%20y%20Medici%C3%B3n%20de%20Sombra/Lecturas%20obligatorias/Estimaci%C3%B3n%20visual%20de%20sombra%20RAFA_n35-36.pdf)

Software +Ganadero®. 2013

Suárez P, Emiro RG, Sony DA, García EC. Fredy, Pastrana V. Iván, Cuadrado C. Hugo, Espinosa C. Manuel. *Efectos de las condiciones ambientales sobre el comportamiento ingestivo en bovinos de carne en un sistema intensivo en el Valle del Sinú* *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 13(2), 207-212, 2012

Tarazona AM, Ceballos MC, Naranjo JF, Cuartas CA, *Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes*, 2012

Tholen A, Hill M, *Heat Stress in Dairy Calves* Penn State College of Agricultural Sciences research, extension, and resident education programs are funded in part by Pennsylvania countries, the Commonwealth of Pennsylvania, and the U.S. Department of Agriculture. *Provimi*. P 1 – 7, 2013



UPME “Unidad de Planeación Minero Energética”, 2013. Atlas de Radiación Solar de Colombia, p. 1–56. [http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas\\_Radiacion\\_Solar/3-Mapas\\_Brillo\\_Solar.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/3-Mapas_Brillo_Solar.pdf)

Van Soest, JB, Robertson BA, Lewis. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition, 1991

Velazco JI, Rovira PJ, Efecto del tipo de sombra en la ganancia de peso, tasa respiratoria y conducta de novillos en pastoreo, 2007

Wattiaux MA, Guía técnica lechera, Instituto Babcock, Universidad de Wisconsin-Madison, 1998

West JW. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle, American Dairy Science Association, 2003

West JW. Estrés calórico: alimentación y manejo para reducir sus efectos en las vacas holando. Nuestro Holando, Bs.As., N° 388. Traducción: Ing. R. Dick. 1992.

Wilson J, Ludlow M, The environment and potential growth of herbage under plantations. In: Forages for plantation crops. (Eds. M. Shelton and W. Stür). ACIAR Proceedings No. 32. Canberra, Australia. p. 10, 1991

Xavier DF, Carvalho MM, Alvim MJ *et al.* Melhoramento da fertilidade do solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* associada com leguminosas arborescentes. Past Trop 25:23–26, 2002



Yousef MK, Stress Physiology Definition and terminology. In: Yousef MK (ed). Stress physiology in Livestock Volume I Basic Principles. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, Pp 3-8, 1985

Zapata MA, Tarazona AM, Barahona RR. Comparación del comportamiento animal de novillos cebú alimentados en dos sistemas contrastantes de producción animal, Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, Vol 24, No 3,2011

## ANEXOS

### Anexo 1

Fotos selección de potreros y animales para la investigación.



## Anexo 2

Fotos representativas de los dos sistemas, imagen superior potreros con más del 22% de área con cobertura arbórea, inferior potreros con menos del 5% de cobertura.



### Anexo 3

Fotos toma de temperatura, humedad relativa y frecuencia respiratoria visual.



#### Anexo 4

Fotos diagnóstico reproductivo mediante ultrasonografía, toma de condición corporal y pesajes.



## Anexo 5

Fotos colocación de Chin ball y evidencia de funcionalidad del mismo.



## Anexo 6

Fotos medición de consumo de materia seca por medio del método de marcadores internos y externos, actividades en campo y en laboratorio.



## Anexo 7

Fotos medición de comportamiento de consumo imagen superior, en la imagen inferior se observa como luego de 3 días estadía en los potreros midiando el comportamiento de consumo los animales están familiarizados.



## Anexo 8

Fotografías que ilustra la búsqueda del sombrío de los terneros en pastoreo.



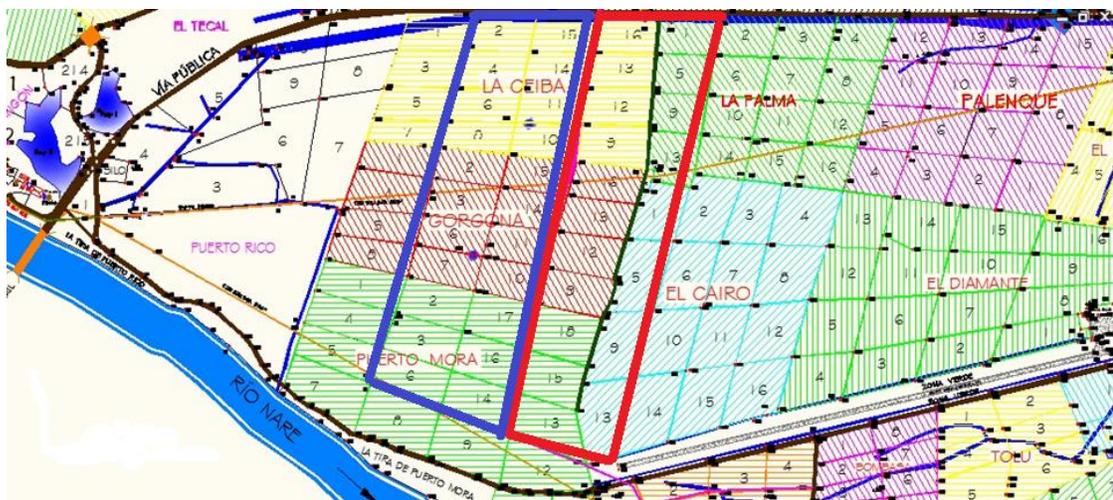
## Anexo 9

Foto medición de luz fotosintética activa



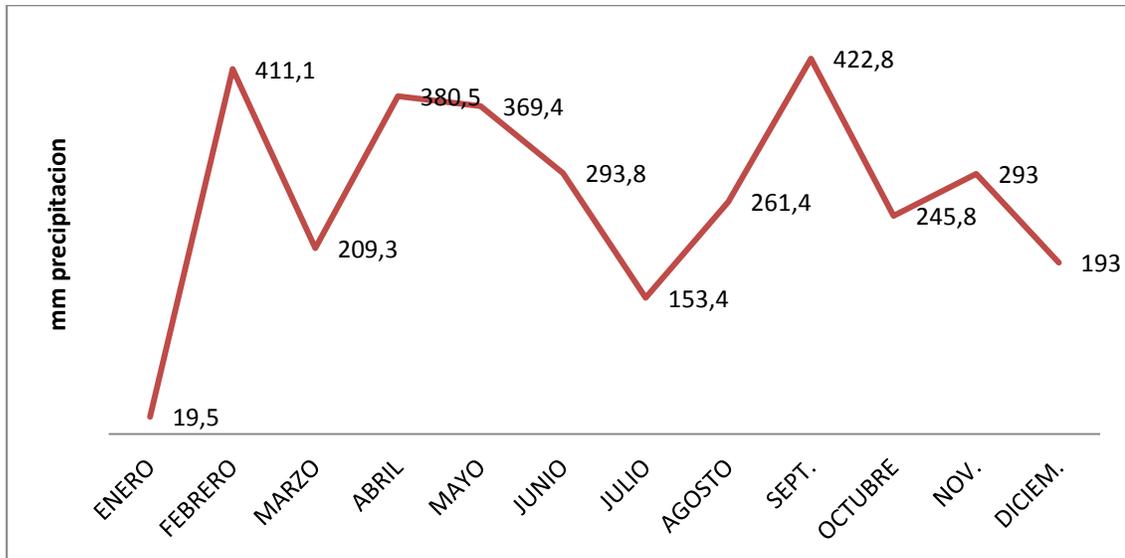
## Anexo 10

Imagen de levantamiento topográfico realizado en agosto de 2011 por el topógrafo Orlando Padilla Becorral y dibujo Paola Padilla, en el que se ilustran los potreros del sector la vega en la hacienda Casanare y se señalan los seleccionados a trabajar en cada tratamiento. Encerrado en color rojo los potreros con adecuada cobertura arborea, y encerrado en azul los potreros con baja cobertura arbórea.



### Anexo 11

Precipitación año 2013 Hacienda Casanare, corregimiento de la Sierra, municipio de Puerto Nare, Antioquia.



### Anexo 12

Brillo solar: Las horas de brillo solar que entregó el informe de la UPME (2013)

