



# Universidad Nacional Autónoma de México

Maestría en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal

Etología, Bienestar Animal y Conservación

## Conducta social y de mantenimiento de bovinos (*Bos indicus*) en sistemas silvopastoriles

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE: MAESTRA EN CIENCIAS.

**PRESENTA: LUCÍA AMÉNDOLA SAAVEDRA**

**Tutor:** Dr. Francisco Galindo Maldonado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

UNAM. **Comité tutor:** Dr. Carlos González-Rebeles Islas, Facultad de Medicina

Veterinaria y Zootecnia UNAM. Dr. Agustín Orihuela Trujillo, Universidad Autónoma del

Estado de Morelos.

México, D.F. septiembre 2013



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mi hijo, mis padres y a la memoria de Leen't Mannetje (1926-2008)

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y a la UNAM, por el financiamiento provisto. Asimismo, esta investigación fue realizada gracias al Programa UNAM-DGAPA-PAPIIT IT-202112.

A mi jurado los Drs. Carlos Galina, Agustín Orihuela, Anne Sisto, Robyn Hudson, Carlos González-Rebeles y a mi tutor Dr. Francisco Galindo, por todos los comentarios y orientación que me otorgaron durante mis estudios y la realización de esta tesis. En particular al Dr. Galindo, por todo el apoyo y confianza que me brindó.

Al Dr. Juan Ku, Dr. Solorio y a su familia, un especial agradecimiento por facilitarme a los animales y potreros, por toda la orientación en campo y por las buenas pláticas. Al Dr. Esteban por apoyarme en las instalaciones de la UADY y por brindarme todas las facilidades.

A todos los amigos que me ayudaron en el campo, Omar, Henry, Ángel y Nando, ya que sin su ayuda no hubiera sido posible el muestreo o no hubiera sido tan placentero. Y claro agradezco a mi ayudante estrella, que me acompañó no solo a muestrear sino también a la aventura, gracias hijo, siempre serás mi más grande motivación y amor.

A mi madre por todo el apoyo emocional y por cuidar a mi hijo para que este trabajo fuera posible. A mi padre, porque gracias a él desarrollé el amor por la investigación y en particular, el gusto por las vaquitas, además de apoyarme siempre en la resolución de todas mis dudas a cualquier hora.

A los amigos entrañables de la Facultad de Ciencias, a mis amigos de Ecología y a los nuevos amigos de la FMVZ, por todas esas pláticas y porras invaluable, sin ustedes no hubiera sido lo mismo.

A Luis, Andrea, Nico y Beto, porque me dieron el último impulso para terminar esta etapa.

# Índice

Resumen .....	1
Summary.....	2
<b>Introducción .....</b>	<b>3</b>
<b>Revisión de bibliografía .....</b>	<b>5</b>
<b>La ganadería: beneficios y problemas .....</b>	<b>5</b>
<b>Los sistemas silvopastoriles: una alternativa para la ganadería sostenible .....</b>	<b>8</b>
<b>Evaluación de bienestar animal .....</b>	<b>11</b>
<b>Indicadores conductuales de bienestar animal en sistemas de producción extensivos .....</b>	<b>14</b>
<i>Conducta de pastoreo .....</i>	<i>15</i>
<i>Descanso y rumia .....</i>	<i>19</i>
<i>Conducta social .....</i>	<i>21</i>
<b>Metodología.....</b>	<b>26</b>
<b>Área de estudio .....</b>	<b>26</b>
<b>Sujetos .....</b>	<b>27</b>
<b>Caracterización de potreros .....</b>	<b>28</b>
<b>Observación de la conducta.....</b>	<b>29</b>
<b>Análisis estadístico .....</b>	<b>30</b>
<i>Descripción de variables y modelos .....</i>	<i>31</i>
<b>Resultados .....</b>	<b>35</b>
<b>Conducta de pastoreo .....</b>	<b>35</b>
<b>Descanso y rumia.....</b>	<b>41</b>
<b>Conducta social.....</b>	<b>47</b>
<b>Discusión.....</b>	<b>51</b>

<b>Conducta de pastoreo .....</b>	<b>51</b>
<b>Descanso y rumia.....</b>	<b>56</b>
<b>Conducta social.....</b>	<b>58</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>62</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>63</b>
<b>APÉNDICE I.....</b>	<b>81</b>
<b>APÉNDICE II.....</b>	<b>83</b>

## Resumen

La producción animal se asocia con diversos efectos negativos en el ambiente, pero es fundamental para el logro de la seguridad alimentaria. Los sistemas silvopastoriles pueden ser una buena alternativa para la producción ganadera sostenible ya que pueden proveer de servicios ecosistémicos y mejorar el bienestar de los animales. Por tanto, el objetivo del estudio fue comparar el bienestar del ganado bovino (*Bos indicus* × *Bos taurus*) en un sistema silvopastoril intensivo basado en altas densidades de *Leucaena leucocephala*, combinadas con *Panicum maximum* y *Cynodon nlemfuensis*, y un sistema de monocultivo basado en *Cynodon nlemfuensis*, en la región de Mérida, Yucatán. Se seleccionaron ocho novillas en el sistema silvopastoril y ocho novillas en el sistema monocultivo, las cuales fueron observadas durante cuatro días consecutivos de las 7:30 a las 15:30, en cada uno de tres potreros en cada sistema, durante las temporadas de secas y lluvias. En cada potrero se tomaron medidas de la disponibilidad de forraje días antes del pastoreo; adicionalmente, a cada hora durante los días de muestreo se registraron temperatura y humedad. Utilizamos modelos GLMM y LMM, que permiten la inclusión de efectos fijos y factores aleatorios con medidas repetidas en los mismos individuos, para comparar el tiempo total de pastoreo, el tiempo de pastoreo por hora, el tiempo de descanso, rumia, inactividad y descanso en posición echada, los intervalos sin interrupción de descanso y rumia, y la frecuencia de conductas sociales, afiliativas y agonísticas. En el sistema monocultivo, las novillas pasaron pastoreando más tiempo que en el sistema silvopastoril, 98.55 min. en secas ( $p<0.01$ ) y 66.26 min. en lluvias ( $p<0.01$ ) y el tiempo de pastoreo por hora se vio menos afectado por la temperatura y la humedad ( $p<0.01$ ). En el sistema silvopastoril las novillas más tiempo descansando, 29.43% en secas y 21.57% en lluvias, a intervalos más largos, 10 min. más en secas ( $p<0.01$ ) y 1 min. más en lluvias ( $p<0.01$ ), y pasaron 65.59% más tiempo rumiando ( $p<0.01$ ), a intervalos más largos (22.61 min. más;  $p<0.01$ ). Sin embargo, no se detectaron diferencias entre sistemas en el tiempo de descanso echadas ( $p=0.53$ ). Asimismo, la frecuencia de conductas afiliativas fue 24% menor en el sistema monocultivo ( $p=0.04$ ) y en sistema monocultivo la frecuencia de conductas agonísticas fue menor que en sistema silvopastoril durante la temporada de secas ( $p=0.02$ ). Nuestros resultados indican que las novillas en el sistema silvopastoril podrían expresar más conductas naturales de la especie, estar beneficiadas por descanso y rumia de mejor calidad y a intervalos más largos y mantener lazos sociales más estables, sugiriendo que su bienestar fue mayor.

## Summary

Animal production has been associated with various negative effects on the environment, but is essential in the achievement of food security. Silvopastoral systems can be a good alternative for sustainable livestock production since they can provide ecosystem services and improve the welfare of animals. Therefore, the objective of this study was to compare the welfare of beef cattle (*Bos indicus* × *Bos taurus*) in Silvopastoral system based on high density of *Leucaena leucocephala* combined with *Panicum maximum* and *Cynodon nlemfuensis*, with a system of monoculture based on *Cynodon nlemfuensis*, in the region of Merida, Yucatán. We selected eight heifers in the Silvopastoral system, and eight heifers in the monoculture system, which were observed for four consecutive days from 7:30 to 15:30, in each of three paddocks by system, during the dry and rainy seasons. In each pasture forage availability was measured days before grazing; additionally, every hour during the days of sampling, temperature and humidity were recorded. We used GLMM and LMM models, allowing the inclusion of fixed effects and random factors with repeated measurements on the same individuals, to compare the total grazing time, time of grazing per hour, and time spent resting, ruminating, inactive and laying, intervals without interruption of rest and rumination, and frequency of social, non-agonistic and agonistic behaviors. Heifers in the monoculture system spent more time grazing, 98.55 min in the dry season ( $p<0.01$ ) and 66.26 min in the rainy season ( $p<0.01$ ), and grazing time per hour was less affected by the temperature and humidity ( $p<0.01$ ). The heifers in the silvopastoral system spent more time resting, 29.43% in the dry season y 21.57% in the rainy season, in longer bouts, 10 min more in the dry season ( $p<0.01$ ), and 1 min more in the rainy season ( $p<0.01$ ), and spent 65.59% more time ruminating in 22.61 min longer bouts ( $p<0.01$ ). However, no differences were detected in the resting time spent laying ( $p=0.53$ ). The frequency of non-agonistic behaviors was 24% lower in the monoculture system ( $p=0.04$ ), the frequency of agonistic behaviors was lower in the monoculture system in the dry season ( $p=0.02$ ). Our results showed that the heifers in the Silvopastoral system could express more natural behaviors of the species, benefited by rest and rumination of better quality at longer intervals and maintained social ties more stable, suggesting that their welfare was higher.

## **Introducción**

El crecimiento poblacional, la distribución inequitativa del alimento y los cambios en los patrones de consumo, han incrementado la demanda por productos de origen animal. Lo cual genera, un aumento en los efectos negativos de la producción ganadera sobre los servicios ecosistémicos y la biodiversidad, los cuales se encuentran ya en un estado crítico. Ante esta situación, se han generado sistemas de producción alternativos, que tienen el potencial de ser social y ambientalmente sustentables. Los sistemas silvopastoriles se han convertido en una buena opción para la ganadería sostenible, sin embargo, dada su gran variabilidad, es fundamental el desarrollo de estudios específicos.

El presente trabajo se desarrolla dentro de un proyecto llamado Ganadería y Ambiente (GANA), el cual se enfoca en la evaluación integral de sistemas alternativos de producción ganadera, en el trópico sub húmedo del estado de Yucatán. El proyecto tiene la finalidad de analizar la biodiversidad, la prestación de servicios ecosistémicos como la captura de carbono, el amortiguamiento de enfermedades zoonóticas, la calidad del agua, la productividad, la interacción entre el ganado y el ambiente, y la asociación estos elementos con diversos atributos de la comunidad vegetal, en sistemas silvopastoriles. Uno de los objetivos del proyecto, es incidir en política pública a través del programa gubernamental PROGAN (Programa de Producción Pecuaria Sostenible y Ordenamiento Ganadero y Apícola), el cual, a través de apoyos a productores, fomenta la transformación a sistemas sostenibles de producción (SAGARPA 2009).

Los sistemas silvopastoriles pueden tener beneficios sobre el bienestar animal, un

aspecto clave para la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción; sin embargo, existen muy pocos trabajos en sistemas de producción extensivos, que utilicen diversos aspectos conductuales para evaluar el bienestar, especialmente las interacciones sociales, y de manera particular, que se realicen en sistemas silvopastoriles.

## Revisión de bibliografía

### La ganadería: beneficios y problemas

La producción ganadera es una actividad agraria fundamental de los países en desarrollo, como México. Si bien es una parte básica de la producción de alimentos, su importancia va más allá, ya que el ganado puede tomar parte en creencias y prácticas religiosas (Horowitz 2001, Riethmuller 2003), respaldar el estatus social del ganadero (Birner 1999), ser fuente de empleo (Sansoucy 1995) y formar parte de la cadena de reciclaje de desperdicios y residuos de la agroindustria (Steinfeld *et al.* 2006).

Por otro lado, los productos de origen animal son una parte esencial de la dieta humana, favorecen la obtención de micronutrientes y aminoácidos esenciales, ya que proveen hierro, selenio, vitaminas A, B12 y ácido fólico, que no están presentes en alimentos de origen vegetal o tienen baja biodisponibilidad (Biesalski 2005, FAO 2012). El valor dietario de la proteína animal es mayor que el de origen vegetal, es más digestible y metabolizable (De Boer *et al.* 1994). En el ámbito mundial, los productos de origen animal aportan 13% de las calorías en la dieta humana y 28% de la proteína (de la carne, leche y huevo). Actualmente, 925 millones de personas sufren hambruna (FAO 2010), una entre siete personas no tienen acceso a suficiente energía y proteína dietaria, y son aún más las personas que sufren de deficiencia de micronutrientes (Godfray *et al.* 2010). El 12 % de las muertes en el mundo están asociadas a la malnutrición (FAO 2012). Por lo tanto, incremento en el consumo de alimentos de origen animal puede proveer beneficios nutricionales sustanciales, particularmente en los más pobres y a los niños (Stokstaad 2010). De esta

forma, la producción ganadera es un elemento clave en el alcance de la seguridad y autosuficiencia alimentaria (FAO 2010). A partir de los años 50's del siglo pasado, la producción de alimentos se incrementó y la hambruna mundial se redujo. Se espera que para el año 2050 la población humana sea de 9 billones de personas y que esa población tenga mayor poder adquisitivo, como consecuencia se estima que en 2050 el mundo necesitará entre 70 y 100% más alimento (Godfray *et al.* 2010) y que el consumo de carne y leche aumentará 121% entre 2010 y 2050 (FAO 2012). Por ejemplo, en México la demanda total de carne de res fue de 1,635,287 ton en 2003 (cubierta en 88% por la producción nacional); esto representa un consumo per cápita de 15.7 kg, y se espera el consumo total de res en México crezca 60% para el 2025 (Gallardo *et al.* 2004). Esto generará un incremento en el consumo de alimentos procesados, carne, leche y pescado, aumentando la presión sobre el abastecimiento de alimentos.

La producción ganadera está asociada a diversos efectos negativos sobre el medio ambiente. El 8% del uso de agua a nivel mundial, se atribuye a la ganadería, principalmente para la irrigación. Esta actividad productiva, contribuye al agotamiento de los recursos hídricos al afectar su calidad y contaminarlos. La actividad ganadera, contamina el agua por la liberación de nitrógeno, fósforo, patógenos, plaguicidas, antibióticos y metales pesados, en el agua dulce (FAO 2007). La producción animal afecta la calidad del aire por la liberación de metano, óxido nitroso de los fertilizantes y amoníaco de la orina. Alrededor de 15% de las emisiones de metano provienen del ganado, de la fermentación entérica y de las excretas; la producción de bovinos representa 44% de las emisiones de amonio a nivel global (FAO 2012). Se estima que la deforestación global entre los años 2000 y 2005, alcanzó los 7.3 millones de hectáreas anuales, tan sólo en América Latina y el Caribe, durante este periodo,

el área cubierta por vegetación tuvo una reducción de 4.7 millones de hectáreas por año (United Nations 2009). Si bien la tasa de deforestación y de pérdida de cobertura vegetal por causas naturales, es alta (FAO 2012), la ganadería también está asociada con la pérdida de biodiversidad, debido a la deforestación para inducir áreas de pastoreo, y a la fragmentación o perturbación del hábitat (Steinfeld *et al.* 2006, FAO 2007). El área ocupada por pasturas incrementó de 458.4 millones de ha en 1961 a 550.1 millones de ha en 2007 (FAO 2009). Aunado a los problemas causados por la deforestación, los sistemas extensivos de pastoreo, frecuentemente, ocasionan erosión y degradación del suelo, y adicionalmente paulatina reducción de su productividad. Asimismo, los sistemas simplificados y homogeneizados, no son capaces de mantener funciones ecológicas complejas y mayor biodiversidad (Lamb *et al.* 2005, Murgueitio *et al.* 2011).

Los ecosistemas tropicales ocupan alrededor un tercio de la superficie terrestre (Osborne 2012) y proveen diversos servicios ecosistémicos vitales para el ser humano, como la regulación del clima y de ciclos hidrológicos, protección contra erosión, y almacenamiento de información genética. Asimismo, contienen aproximadamente al 50% de todas las especies identificadas (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2001), muchas de ellas endémicas (Osborne 2012). Por lo consiguiente, los costos ecológicos de la pérdida de la cobertura vegetal original en estos ecosistemas, son mayores (Turner y Corlett 1996). En las últimas décadas, estos ecosistemas han registrado una tasa deforestación de 6.8 millones de hectáreas anuales (de 1990 a 2005, FAO 2010 global forest resources). En México, los ecosistemas tropicales ocupan 16% del territorio nacional, tan sólo los bosques tropicales caducifolios abarcan el 11.26% del territorio y resguardan a más de 6,000 especies, con altos grados de endemismo (Challenger y Soberón 2008). Se considera que la

ganadería ha contribuido a la degradación acelerada que estos ecosistemas han sufrido desde la década de los 40's (Challenger *et al.* 2009). En el trópico, donde predominan sistemas extensivos de producción, se encuentran 31% de los bovinos del inventario nacional y en el Estado de Yucatán, donde la ganadería es una de las actividades productivas fundamentales, esta actividad ocupaba 21% de la superficie total del Estado en 2004 (Cancino y Rivera 2010).

De lo anterior se puede concluir, que el desafío para la comunidad científica involucrada con los sistemas ganaderos mexicanos es contribuir con tecnología que permita satisfacer de forma social y ambientalmente sostenible, el aumento en la demanda por alimento. Este desafío coincide con el que señalaron en el ámbito mundial Godfray *et al.* (2010). La sostenibilidad se define como la satisfacción de las necesidades de la población actual, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Brundtland 1987). En este contexto, los sistemas silvopastoriles se han convertido en una buena opción para la ganadería sostenible (Murgueitio *et al.* 2011).

### **Los sistemas silvopastoriles: una alternativa para la ganadería sostenible**

Los sistemas silvopastoriles, que combinan plantas forrajeras, como gramíneas y leguminosas, con árboles y arbustos, para la nutrición animal y usos complementarios, suelen consistir en árboles dispersos en los potreros, sucesión vegetal manejada, cercas vivas, rompe vientos, banco de proteína, sistemas de corte y acarreo, plantaciones de árboles con ganado de pastoreo, pasturas entre callejones de árboles y sistemas silvopastoriles intensivos (Murgueitio e Ibrahim 2001, Murgueitio *et al.* 2011). Los sistemas silvopastoriles intensivos,

integran arbustos en altas densidades con pasturas de productividad marcada y árboles maderables, combinados con el pastoreo de ganado (Murgueitio y Sólório 2008).

Los sistemas silvopastoriles son considerados como una alternativa viable para la producción ganadera sostenible, ya que brindan una serie de ventajas sobre los sistemas tradicionales, por ejemplo:

- 1) Suelen mantener mayores niveles de biodiversidad al crear hábitats más complejos (Moreno y Pulido 2009).
- 2) Incrementan la conectividad entre fragmentos remanentes de vegetación original primaria (Saunders y Hobbs 1991).
- 3) La vegetación que los compone puede servir de refugio y alimento para los animales silvestres (Ibrahim *et al.* 2012).
- 4) Los árboles extraen agua y nutrientes del suelo en horizontes inaccesibles a las herbáceas e incrementan la infiltración de agua al suelo (Pagiola *et al.* 2007).
- 5) Favorecen la protección de mantos freáticos y previenen la erosión del suelo (Ibrahim *et al.* 2012).
- 6) Tienen el potencial de fijar cantidades significativas de carbono al suelo, lo que puede hacer que el sistema sea más productivo por más tiempo (Pfaff *et al.* 2000, Steinfeld *et al.* 2006).
- 7) En algunos casos mejoran la productividad de los pastos, incrementando la cantidad de materia seca y proteína cruda del forraje (Fernandes *et al.* 2010).
- 8) Frutas, carbón, forraje, resinas y madera, se pueden convertir en productos adicionales, los cuales se utilizan para el autoconsumo del productor, alimento para

el ganado, o para su comercialización, con lo que se originan ingresos adicionales (Murgueitio *et al.* 2011).

No solamente se han demostrado los efectos benéficos de los sistemas silvopastoriles sobre la biodiversidad, los servicios ecosistémicos (Saunders y Hobbs 1991) y el desarrollo económico los productores (Husak y Grado 2002), también se han detectado beneficios sobre el ganado, los cuales son evidencia de que el bienestar animal se puede ver afectado de manera positiva, por los componentes de la comunidad vegetal que se incluyen en estos sistemas. El bienestar animal es un aspecto fundamental para la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción, ya que además de ser un indicador de su funcionamiento, los sistemas que consideran al bienestar animal, gozan de la preferencia de algunos sectores de la población. La percepción de los consumidores, juega un papel importante para determinar si un sistema es exitoso en el mercado, ya que algunos sectores de la población seleccionan de manera preferencial productos que favorezcan el bienestar de los animales (Broom 2010).

En regiones tropicales la temperatura se puede ver reducida hasta 3.5°C bajo la sombra (Sousa *et al.* 2007). La reducción en temperatura puede ayudar a reducir el estrés térmico (Roca 2011), lo que mejora el funcionamiento de los mecanismos energéticos, térmicos y de regulación hormonal de los animales de producción. Esto se ve reflejado en resistencia a enfermedades y en productividad (Blackshaw y Blackshaw 1994, Pagiola *et al.* 2007). Las épocas de abundancia y escasez de lluvia, en las regiones tropicales mexicanas, provocan fluctuaciones severas en la calidad nutricional y rendimiento del forraje, la inclusión de leguminosas, se plantea como alternativa para mantener la calidad de la dieta

del ganado (Shelton *et al.* 2005). Los sistemas silvopastoriles en éstas regiones mexicanas suelen incluir leguminosas, de las cuales una gran variedad de especies nativas son consumidas por el ganado (Sosa *et al.* 2000, Carranza-Montaña *et al.* 2003). Adicionalmente, en los sistemas estabulados y monocultivos, la dieta puede no ser la adecuada, contener exceso de nutrientes, no estar balanceada o contener toxinas. En los sistemas silvopastoriles, los animales pueden hacer una selección activa de la dieta, para cubrir sus requerimientos nutricionales particulares y consumir sustancias que mejoren su salud. Asimismo, al seleccionar de forma activa la dieta, tiene la libertad de expresar su conducta natural (Manteca *et al.* 2008).

### **Evaluación de bienestar animal**

El Comité Brambell en 1965 (citado por Keeling y Jensen 2002), fue el primer intento de definir el bienestar animal de una forma científica, en el cual se propusieron las cinco libertades que cada animal debería tener. Estas son: 1) libertad de hambre y sed, 2) libertad de incomodidades, 3) libertad de dolor, heridas o enfermedades, 4) libertad de miedo y estrés, y 5) libertad de expresar la conducta normal de la especie (Keeling y Jensen 2002). Las cinco libertades ha sido una guía muy útil para la evaluación del bienestar animal; no obstante, en la actualidad, se han investigado indicadores de bienestar animal más específicos que evalúan de forma particular las necesidades de la mayoría de las especies domésticas (Broom 2008).

Bienestar animal es definido como el estado de un individuo en cuanto a sus intentos para afrontar el ambiente (Broom 1986). Cuando los animales afrontan las condiciones ambientales, pueden ser exitosos y adaptarse, pueden tener una gran dificultad para tener

éxito o pueden fallar. Si los animales logran afrontar el ambiente con mucha dificultad o fracasan, su adecuación puede verse seriamente afectada, ya que se puede generar una reducción en su crecimiento, reproducción y/o expectativa de vida (Broom 1988), o puede estar asociado a sufrimiento, dolor (Broom 1991b) y por tanto bienestar animal más pobre (Broom 2008). Con base en lo anterior, el bienestar animal puede ser visto como una característica que varía en un gradiente de bueno a malo, dependiendo no sólo del éxito obtenido al afrontar el ambiente, sino también de las consecuencias negativas del proceso (Manteca *et al.* 2008).

Al afrontar elementos ambientales, los animales monitorean el ambiente externo, lo comparan con una representación interna del estado deseado (Jensen y Toates 1993, Appleby 1997) y responden para evitar los efectos adversos que los retos ambientales pudieran tener sobre su adecuación (Broom 1991a). En este proceso, entran en juego una serie de sistemas funcionales o motivacionales, que se ajustan de acuerdo a deficiencias o requerimientos, conocidos como necesidades (Toates 2002). Las necesidades deben ser satisfechas a través de la obtención de un recurso, o con un cambio conductual o fisiológico (Fraser y Broom 1990). Cuando los animales tienen una necesidad, se afecta su estado motivacional y las respuestas conductuales y fisiológicas deben remediar esa necesidad, con el objeto de mantener la estabilidad mental y corporal (Broom 1991a, Toates 2001). De esta manera, el proceso de enfrentamiento de un animal con el ambiente, hace referencia a los intentos fisiológicos y conductuales realizados para tratar de satisfacer una o varias necesidades.

Las respuestas fisiológicas y conductuales, incluyen cambios en la frecuencia cardíaca, acción adrenal y movimientos (Broom 1991a). Por lo tanto, la evaluación de bienestar animal debe realizarse con un enfoque multidisciplinario, que abarque mediciones de conducta, niveles de producción, fisiología, salud e inmunología de los animales; estas mediciones deben realizarse de una manera objetiva y libre de consideraciones éticas. Estos indicadores, ubicarán el estado del animal dentro del gradiente de bueno a malo (Broom 2008). Por estas razones, para la evaluación de bienestar animal se deben emplear diversas metodologías e indicadores (Broom 2008).

Como la salud es un aspecto muy importante del bienestar de animal, la prevalencia de enfermedades, el daño corporal o la inmunosupresión, pueden ser indicadores de bienestar animal, un animal enfermo tendrá una reducción potencial o real de bienestar. La evaluación de bienestar animal a través de parámetros fisiológicos, comúnmente se realiza mediante indicadores fisiológicos asociados con la respuesta al estrés, dado que el estrés reduce de manera potencial o real la adecuación (Broom 1988). Esta evaluación se realiza mediante indicadores como la frecuencia cardíaca o los niveles de corticosteroides, generalmente se asume que a mayor estrés menor será el bienestar animal (Keeling y Jensen 2002). Asimismo, la evaluación se puede realizar a través de indicadores como reducción en el crecimiento, en reproducción o en la expectativa de vida (Broom 2008).

El bienestar animal puede ser evaluado a través del estudio de la conducta, ya que los cambios conductuales pueden evidenciar la forma en que el animal afronta los retos ambientales, o pueden ser la expresión de emociones (Dawkins 2004). Algunas conductas son indicativas de lo que los animales quieren, les gusta o no les gusta de los aspectos

físicos del ambiente (Dawkins 2004), o bien algunas conductas patológicas podrían no tener efectos benéficos y algunas veces son lascivas (Broom 1991a). Si los animales suprimen o emiten conductas naturales de su especie, en ambientes determinados, estas conductas pueden ser utilizadas como indicadores de bienestar animal (Broom 1991a, Broom 2008). La falta de manifestación de conductas normales de la especie en determinado ambiente también es un indicador de bienestar animal (Broom 1991a, Broom 2008).

En los animales, las emociones son mecanismos biológicos importantes para afrontar el ambiente (Broom 1998) y por tanto, la evaluación de bienestar animal, puede abordarse a través del entendimiento de cómo se sienten los animales (Boissy *et al.* 2007). Los estados emocionales positivos se asocian con buen bienestar animal; por ejemplo, los animales que tienen éxito al obtener comodidades como alimento o contacto social, expresan signos que asemejan placer en los humanos. Por otro lado, la ausencia de signos de placer o de efectos positivos, puede indicar un estado de incomodidad (Boissy *et al.* 2007).

### **Indicadores conductuales de bienestar animal en sistemas de producción extensivos**

Los animales diurnos, distribuyen el tiempo disponible en dos principales actividades: forrajeo y descanso. La conducta de forrajeo involucra a todas las acciones utilizadas en la búsqueda, manejo y consumo del alimento (Mills *et al.* 2010), mientras que el descanso hace referencia al reposo, durante el cual se suscitan actividades como acicalamiento, rumia (Broom y Fraser 2007) e inactividad. Asimismo, de manera frecuente los animales gregarios emiten conducta social, la cual establece y mantiene las relaciones entre individuos

(Alexander 1974). Los cambios en la distribución de tiempo entre las conductas antes mencionadas, son una respuesta a variaciones ambientales y pueden ser utilizados como indicadores de bienestar animal (Munskgaard *et al.* 2005).

### *Conducta de pastoreo*

La conducta de forrajeo, se refiere a todas las acciones que realiza un animal para adquirir, de la alimentación, la energía y nutrientes necesarios, destinados al mantenimiento de tejidos, crecimiento y reproducción (Romney y Gill 2000, Mills *et al.* 2010). Esta conducta evolucionó en función de la fisiología, anatomía y ambiente de determinada especie, por ejemplo, los rumiantes tienen un sistema digestivo especializado, para poder digerir la celulosa y hemicelulosa, y así obtener la energía para su metabolismo (Mills *et al.* 2010).

Dentro de una misma especie, el repertorio conductual del forrajeo es variable y flexible, para que los animales sean exitosos en la obtención de la energía y los nutrientes necesarios para sobrevivir y reproducirse eficientemente, en ambientes complejos y fluctuantes (Provenza y Balph 1990, Laca y Demment 1996, Mills *et al.* 2010). Los límites de la expresión de la conducta de forrajeo dependen de: 1) la disponibilidad, calidad y distribución del alimento 2) las condiciones ambientales, 3) la competencia, 4) los riesgos de depredación, y 5) el estado del animal, como su nivel reservas energéticas o estado reproductivo, entre otros (Mills *et al.* 2010). La conducta de forrajeo o pastoreo en el ganado bovino, sigue las predicciones de la teoría de forrajeo óptimo, la cual predice que los animales hacen un balance entre la energía y nutrientes ingeridos, y los costos de reconocimiento y de búsqueda, relacionados con la disponibilidad del recurso (Malechek y

Balgh 1987, Wallis de Vries y Daleboudt 1994).

La flexibilidad del repertorio conductual de pastoreo, permite al ganado bovino tomar una serie de decisiones durante la búsqueda, manejo y consumo del alimento; tales como: los sitios de pastoreo, a diferentes escalas espaciales que van de la estación de alimentación a nivel paisaje, las especies y estructuras vegetales consumidas, dependiendo de los niveles de energía, nutrientes y toxinas, la cantidad y tiempo destinados al pastoreo, que involucra al control del consumo, y la distribución de los intervalos de alimentación, que refleja los patrones de pastoreo (Mills *et al.* 2010).

La ingesta comprende la prensión, transporte dentro de la cavidad bucal, masticación y tragado del alimento (Gordon y Benvenuti 2006). En rumiantes que pastorean, el consumo diario de forraje es una variable importante ya que afecta su desempeño (Romney y Gill 2000). El consumo diario es el producto de la masa de bocado (peso, producto del volumen y la densidad), la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo (Hodgson 1990). En bovinos, existen diversos factores que controlan la ingesta de alimento, como la estructura física y química del forraje (que reflejan su calidad) y su disponibilidad (Parish y Rhinehart 2009). La nutrición del ganado bovino depende del valor nutritivo del alimento principalmente energía y proteína (Van Soest 1982), del consumo de forraje y la eficiencia con la que los nutrientes son utilizados (Ulyatt 1973). Para evaluar el valor nutritivo de la dieta, generalmente se consideran los contenidos de proteína y de carbohidratos estructurales y no estructurales (Van Soest 1981, Dove 1996). Los carbohidratos estructurales aportan una alta proporción de la energía requerida por el animal, a través de la fermentación microbiana que produce ácidos grasos volátiles (Ishler *et al.* 1996). La estructura física, dada por la pared celular

constituida de celulosa, hemicelulosa y lignina, afecta el llenado del tracto digestivo y la tasa en la que su volumen decrece por digestión (Romney y Gill 2000). Los componentes químicos más utilizados para representar los contenidos de la pared celular, son las fibras detergente neutro y detergente ácido (Van Soest 1991).

La masa de forraje disponible, afecta el consumo diario; por ejemplo, en áreas con forraje denso, la tasa de ingestión incrementa (Bailey *et al.* 1996), y en áreas con alimento disperso o escaso, los animales compensan una menor tasa y masa de bocado en un intento por mantener el nivel de consumo, con un incremento en el tiempo de pastoreo (Hancock 1954, Allison 1985, Chilbroste 1999). El tiempo de pastoreo diario depende de: 1) los tiempos dedicados a la rumia y el descanso, ya que estas tres actividades son mutuamente excluyentes, 2) el tamaño del tracto digestivo y las tasas de digestión y pasaje, 3) la temperatura ambiental, y 4) el tiempo necesario para localizar, cosechar y masticar la comida (Stobbs 1970).

Los cambios en la conducta de forrajeo pueden generar problemas de bienestar animal cuando las estrategias adoptadas no satisfacen las necesidades, o cuando los costos para satisfacerlas son muy altos. Por ejemplo, un animal que se alimenta de forrajes de muy baja calidad o en baja disponibilidad, debe realizar grandes esfuerzos para tratar de adquirir el alimento necesario. Es probable que en esas condiciones el animal no sea capaz de obtener alimento suficiente, y como consecuencia tenga afectaciones en el desempeño reproductivo y en la salud (Broom y Fraser 2007, Kyriazakis y Tolkamp 2011), al padecer hambre por no alcanzar el balance entre las demandas nutricionales para mantenerse, crecer y reproducirse, y su consumo de alimento (Phillips 2002).

Los patrones de pastoreo diario en el ganado bovino, se distribuyen en periodos discretos que comienzan con la sensación fisiológica de hambre y terminan con la saciedad (Van Soest 1982), las señales de saciedad dependen del tipo de dieta, del tiempo disponible para alimentarse para satisfacer sus demandas energéticas (Arnold 1981). En general, la distribución de estos intervalos de alimentación, sigue patrones diurnos flexibles (Van Soest 1982) que son modificados por factores externos, como las condiciones climáticas (Chilibroste 1999, Broom y Fraser 2007) y por factores intrínsecos, como los ciclos circadianos. Los ciclos diarios de actividad del ganado bovino están caracterizados por la alternancia de fases de alimentación y rumia, el hato generalmente inicia la actividad de pastoreo al amanecer, con un pico entre las 6:00 h y las 7:00 h; a la media mañana la mayoría de los animales se encuentran echados rumiando (McIlroy 2008). El pastoreo puede ser reiniciado al medio día por algunos animales (Hall 2002) y el segundo pico de pastoreo se registra entre las 14:00 h y 15:00 h (McIlroy 2008). Al atardecer la mayoría del ganado se encontrará pastoreando, pero esta actividad se detiene luego de la puesta de sol (Fraser y Broom 1990, Van Soest 1982). Los periodos de pastoreo tienen una duración aproximada de 3 horas (McIlroy 2008).

Cuando la temperatura ambiental supera la zona termo neutral, el animal sufre de estrés térmico (Amstrong 1994), el cual puede modificar los patrones de pastoreo. El estrés térmico en el ganado bovino puede causar grandes pérdidas en la producción, así como problemas de bienestar animal, ya que incrementa la necesidad de energía para el mantenimiento (Beede y Collier 1986). Muchos autores sugieren que el estrés térmico afecta las necesidades nutritivas, con efectos negativos sobre el sistema gastrointestinal y el metabolismo, ya que en medios de temperatura elevada los bovinos tienden a reducir la

producción de calor mediante anorexia voluntaria, por lo tanto los animales reducen la ingesta voluntaria (Beede y Collier 1986, Combs 1996, Roca 2011).

### *Descanso y rumia*

En los estudios realizados con ganado bovino en sistemas intensivos de producción, frecuentemente se utiliza a la inactividad en postura acostada, para referirse al descanso (Nicks *et al.* 1988, Dechamps *et al.* 1989, Mogensen *et al.* 1997, Nielsen *et al.* 1997, Hänninen *et al.* 2005, Færevik *et al.* 2008, Plesch *et al.* 2010). Sin embargo, existen diferencias entre los sistemas de producción intensivos y extensivos (Hemsworth *et al.* 1995), en algunos sistemas intensivos, el confinamiento genera restricciones conductuales, porque no proveen a los animales del sustrato, estímulo o espacio adecuados (Mason y Burn 2011), mientras que en los sistemas extensivos, los animales tienen más libertad de expresar conductas específicas de su especie (Lynch *et al.* 1992, Hemsworth 1995). Por lo tanto, en el presente estudio utilizamos al término descanso, como la conducta de reposo, independientemente de la postura, incluyendo actividades como acicalamiento y rumia (Broom y Fraser 2007) e inactividad (Herbers 1981).

Para los animales diurnos, el tiempo es un recurso limitante importante, que generalmente se divide en tiempo de forrajeo y descanso. El descanso puede ser una consecuencia directa de los patrones de alimentación, por lo tanto, también es flexible y susceptible a la variación en recursos y necesidades metabólicas (Herbers 1981, Laca y Demment 1996). De acuerdo a su función, dentro del tiempo de descanso pueden distinguirse dos elementos: el tiempo forzado, destinado a necesidades digestivas, de termorregulación y evasión de depredadores (Broom 1981, Herbers 1981, Korstjens *et al.* 2010), y el tiempo

libre, que puede servir como amortiguador para ajustarse a cambios en las demandas de tiempo de forrajeo y de descanso obligado (Herbers 1981, Korstjens *et al.* 2010). Los disturbios en el descanso pueden estar asociados con recuperación insuficiente, frustración o incomodidad (Munksgaard y Simonsen 1996), por lo tanto, el manejo que permita que los animales tengan la oportunidad y las condiciones adecuadas para descanso, es importante para la maximización de la producción y para el mejoramiento del bienestar animal (Haley *et al.* 2000).

En el ganado bovino, el tiempo que los animales pasan en postura echada, ha sido utilizado como un indicador de confort y de bienestar animal (Haley *et al.* 2000), ya que es una conducta de alta prioridad (Munksgaard *et al.* 2005), sensible a disturbios, como la introducción de individuos desconocidos (Nakanishi *et al.* 1993), a las diferentes instalaciones de los sistemas intensivos, como el espacio disponible o el diseño de los cubículos (Krohn y Munksgaard 1993, Nielsen *et al.* 1997, Haley *et al.* 2000), y a los sustratos disponibles para el descanso echadas (Hänninen *et al.* 2005).

De manera particular, los rumiantes evolucionaron una estrategia de forrajeo que les permite consumir rápidamente grandes cantidades de forraje, las cuales necesitan ser masticadas antes de digerirlas. Esta estrategia, reduce el riesgo de depredación, ya que la masticación ocurre posteriormente, en sitios relativamente seguros, mientras los animales descansan (Phillips 2002). Asimismo, tienen un sistema digestivo altamente especializado, que les permite aprovechar la energía de los carbohidratos estructurales, de la pared celular (Van Soest 1981, McDonald *et al.* 2011). Este aprovechamiento es posible por la retención del alimento en el retículo-rumen y por la fermentación anaeróbica (Beever y Mould 2000),

gracias a la relación simbiótica con microorganismos (Van Soest 1981), que poseen las enzimas capaces de romper los polímeros que forman las paredes celulares (Beever y Mould 2000). La masticación durante la rumia, reduce el tamaño de las partículas y aumenta la superficie para la fermentación (Poppi *et al.* 1980), sin embargo, entre mayor sea la ingesta diaria y el contenido de FDN, los animales invierten más tiempo rumiando (Metz 1975, Welch y Smith 1970). El grado de distensión del rumen es una de las señales que controlan el consumo de los rumiantes; esa distensión depende de la digestión y del pasaje de las partículas de forraje a los tramos posteriores del tracto digestivo. A su vez, tanto la tasa de digestión como la de pasaje dependen de la reducción de tamaño de las partículas. De ahí la importancia del proceso de rumia en relación con el consumo diario de forraje (Metz 1975). El ganado bovino rumia, a intervalos de 45 minutos (Hall 2002), de entre 6 y 7 horas del día, lo que corresponde aproximadamente a tres cuartos del tiempo de pastoreo (Fraser y Broom 1990).

### *Conducta social*

Las interacciones sociales, son todas las interacciones entre dos o más individuos de un grupo, las cuales pueden modificar la dinámica entre miembros del mismo (Fraser y Broom 1990). El grupo social forma parte del ambiente dinámico y complejo del individuo (Mendl y Deag 1995), y puede variar en respuesta a factores ambientales, ya que, evolucionó para permitir adaptaciones a ambientes específicos (Miranda-de la Lama y Mattiello 2010). La presencia de conespecíficos provee ventajas al individuo, como protección contra depredadores, forrajeo más eficiente, acceso a parejas sexuales y defensa más exitosa de los neonatos (Alexander 1974). Sin embargo, vivir en grupo puede tener costos altos debidos

por ejemplo a la competencia por recursos, lo que pueden representar un decremento en la adecuación inclusiva de los individuos (Estevez *et al.* 2007). La conducta social, es un factor importante al determinar el bienestar animal de los animales de granja, ya que han evolucionado como especies sociales y muchas de las conductas sociales se preservan en su repertorio conductual (Rault 2011). Entre especies altamente sociales y con sistemas de poliginia, como la vaca, las hembras deberían estar dispuestas a mantener lazos sociales estables, ya que éstos, tienden a beneficiar a los individuos (Greenwood 1980). La estructura social generalmente es regulada por dos tipos de interacciones sociales, las afiliativas y las agonísticas (Keeling y Gonyou 2001, Sato *et al.* 1993).

Las interacciones afiliativas, son relaciones sociales sociopositivas, que facilitan el establecimiento de lazos sociales, afinidades y asociaciones, entre individuos. Las conductas afiliativas más comunes, incluyen el acicalamiento, el lamido social y el descanso y pastoreo en pares (Miranda-de la Lama y Mattiello 2010). Las relaciones sociopositivas se relacionan con estados emocionales positivos, y por tanto, pueden ser importantes en la evaluación de bienestar animal (Boissy *et al.* 2007). Asimismo, pueden indicar el deseo de contacto social normal. El lamido social en el ganado bovino forma parte del cuidado maternal, de la conducta sexual y es común entre individuos adultos al evocar emociones positivas (Laister *et al.* 2011).

Por otro lado, el agonismo, se refiere a los patrones conductuales involucrados en los enfrentamientos, incluyendo patrones agresivos y de sumisión. Normalmente, la conducta agonística consiste en despliegues (visuales, auditivos, olfatorios y vibratorios) que a menudo están ritualizadas o estereotipadas y no son vejatorias, sin embargo, también

puede reflejar agresión directa, que tiene la finalidad de producir un daño físico (Riechert 1998, Weary y Fraser 2002). Durante un enfrentamiento, los costos potenciales de utilizar agresión son altos, ya que los animales pueden sufrir heridas, realizar un gasto energético considerable, volverse más conspicuos y vulnerables ante depredadores, y sufrir estrés (Huntingford y Turner 1987). Por lo tanto, cuando un animal se enfrenta de forma recurrente con el mismo individuo, es común que adopten algún mecanismo más o menos estable para el control de la agresión y la resolución del conflicto (Huntingford y Turner 1987, Preuschoft y Van Schaik 2000, Drummond 2001). En las especies sociales, la conducta agonística es necesaria para el establecimiento y el mantenimiento de las relaciones de dominancia-subordinación (Blanchard *et al.* 1988), en las cuales la sumisión contrarresta los efectos de la competencia; en muchas especies las señales de subordinación dan lugar a interacciones afiliativas (Preuschoft y Van Schaik 2000). Por lo tanto, el nivel de agonismo entre miembros de un grupo, puede ser un reflejo de la estabilidad en las relaciones de dominancia subordinación, las cuales forman parte de las relaciones sociales y de la cohesión del grupo (Améndola 2011), o pueden indicar el valor de un recurso (Riechert 1998). El ganado bovino evolucionó como especie social (Keeling y Gonyou 2001), para la cual, los beneficios de vivir en grupo deberían favorecer la estabilidad de las relaciones entre sus individuos y evitar su dispersión (Preuschoft y Van Schaik 2000). A pesar de su relevancia en la estructura social de los hatos de ganado bovino, la conducta agonística se ha utilizado poco como indicador de bienestar animal en sistemas de producción extensivos.

Los grupos sociales pueden ser coherentes si sus miembros se mantienen en el mismo lugar al mismo tiempo, y para que esto ocurra, debe ser necesario que se involucren

en las mismas conductas. Para sincronizar sus actividades, los miembros del grupo pueden incurrir en costos al posponer necesidades prioritarias. Sin embargo, se ha demostrado que la sincronía mantiene la estabilidad del grupo, indicando los beneficios de la socialización (Conradt y Roper 2000).

## **Objetivo, hipótesis y predicciones**

El objetivo del presente estudio fue evaluar, a través de indicadores conductuales, si los sistemas silvopastoriles intensivos en el trópico sub húmedo mexicano, favorecen el bienestar de novillas de ganado bovino (*Bos indicus x Bos taurus*). Para lo cual, se planteó como hipótesis que en sistemas silvopastoriles (SSP), las novillas tendrían mayor bienestar que las novillas en sistemas de monocultivo (SM), y por lo tanto:

- El tiempo total de pastoreo diario y los patrones de pastoreo durante el día, se verían afectados por temperatura, humedad y forraje disponible en el SM. Mientras que en potreros SSP, se verían afectados por la temperatura y humedad.

Asimismo, las novillas en SSP pasarían:

- Más tiempo descansando, en intervalos sin interrupción más largos
- Más tiempo de descanso echadas.
- Más tiempo rumiando, en intervalos sin interrupción más largos.

Y expresarían:

- Mayor frecuencia de interacciones afiliativas.
- Interacciones agonísticas de menor intensidad.

- Mayor sincronía.

## Metodología

### Área de estudio

El estudio se realizó en las temporadas de secas (Mayo y Junio 2012) y lluvias (Julio y Agosto 2012), en dos ranchos del sistema doble propósito localizados dentro del Municipio de Mérida, Yucatán. El clima de la región es cálido sub-húmedo con lluvias en verano, cuya fórmula climática es  $Aw_0 (i') gw''$  (García 2004), con temperatura media anual de entre 24° C y 28° C, y precipitación media anual de entre 700 y 1100 mm.

El primer rancho que correspondió al SM, situado dentro de las instalaciones del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán, en la localidad de Xmatkuil (20°51' N, 89°37'O, 10 msnm), cuenta con 25 ha; 8 ha implementadas con SSP de leucaena (*Leucaena leucocephala*) y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y 17 ha con pasto estrella. El área ha sido utilizada para pastoreo desde hace 25 años y los potreros, que son chapeados regularmente, cuentan con sistema de riego. Los potreros se manejan de manera rotativa; en cada 0.25 ha pastorean 48 hembras adultas durante las horas luminosas del día, durante aproximadamente 5 días. Los potreros descansan entre 25 y 30 días después del pastoreo.

El segundo rancho correspondió al SSP, ubicado en la localidad de Dzununcán (20° 50' N, 89° 39' O, 10 msnm), cuenta con 100 ha; 22 implementadas con SSP intensivo, de leucaena. El área de pastoreo tiene una antigüedad de 10 años, mientras que el SSP se ha llevado a cabo desde hace 4 años. Así mismo, los potreros son chapeados y regados de

manera regular. Se manejan de manera rotativa, introduciendo aproximadamente 25 hembras adultas por cada 0.25 ha, las cuales permanecen día y noche en el potrero durante 4 días. Los potreros permanecen sin animales durante 40 días. El rancho SSP se encuentra a 5.5 km de distancia del rancho SM.

En cada rancho se seleccionaron 3 potreros de  $0.29 \pm 0.01$  ha, se utilizaron los mismos potreros en las temporadas de secas y lluvias. En el SM, los potreros eran de pasto estrella, mientras que en el SSP, los potreros estuvieron compuestos por pasto estrella, pasto guinea (*Panicum maximum*), leucaena y otros árboles (*Brosimum alicasrtum*, *Ceiba pentandra*, *Piscidia piscipula*, *Busera simaruba*, *Lysiloma latisiliquum*), cerca viva.

### **Sujetos**

Los sujetos en cada sistema, fueron ocho novillas de la cruce Cebú X Holstein (*Bos indicus* x *Bos taurus*; F3). El peso vivo y la edad, de los animales fue de entre 280 y 300 kg, y 1.5 años, estos animales pertenecieron a hatos de 9 ( $9 \pm 1$ ) novillas, formados 10 meses antes de iniciar los muestreos. Los sujetos de cada rancho fueron los mismos en ambas temporadas y fueron identificados como individuos focales.

En ambos sistemas, las novillas fueron mantenidas con sus madres desde nacimiento hasta los ocho meses de edad, a partir de esta edad y hasta el año de edad fueron agrupadas con novillas de su misma edad, estabuladas y alimentadas con pavaza, maíz y leucaena y pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) de corte, a partir del año de edad los grupos de novillas fueron llevados a pastorear.

## **Caracterización de potreros**

La caracterización la vegetación, se realizó de la misma manera dos días antes del inicio del muestreo conductual en cada potrero. En ambos tipos de sistema, se estimó visualmente la cobertura de estrella (Murphy y Lodge 2002), colocando de manera sistemática 20 cuadrantes de 1 x 0.5 m, en el SM y 50 cuadrantes de 1 x 2 m en el SSP, la diferencia en número de muestras se debió a la mayor variabilidad de la cobertura de estrella en el SSP. En 12 de los cuadrantes se recolectó el pasto a 5 cm del suelo, se pesó en fresco, se tomó una submuestra que fue pesada en fresco y secó (a 100 °C) para determinar contenido de materia seca (MS), esa información se utilizó para calcular la masa de forraje ofrecido (kg MS/ha) de acuerdo a Lantinga *et al.* (2004). Otra submuestra se utilizó para estimar la composición morfológica, de hoja, tallo y material muerto en términos de MS, por medio de separación manual (Whalley y Hardy 2000).

En los potreros del SSP se estimó la masa de forraje ofrecido de leucaena como el producto de la densidad de individuos por la masa de forraje individual. La densidad se estimó contando el número de individuos en 20 transectos de 5 m (Whalley y Hardy 2000) distribuidos sistemáticamente en los potreros. Para calcular la masa de forraje (MS) por individuo, se tomaron muestras de 10 plantas podando hojas y todos los tallos verdes con diámetro menor a 4 mm Carranza *et al.* (2003); de cada muestra se tomó una submuestra, se pesó en fresco y seco (secado a 100 °C) y esa información se utilizó para calcular el contenido de MS. Asimismo, por medio de separación manual, se estimaron las proporciones de hoja y tallo de submuestras.

También en potreros del SSP, se estimó la masa de forraje ofrecido de pasto guinea como el producto de la densidad de individuos por la masa de forraje individual. La densidad de plantas se midió contando el número de individuos en 20 cuadrantes de 2 x 2 m, (Whalley y Hardy 2000) distribuidos sistemáticamente en el potrero. La masa de forraje por individuo), se determinó por corte de hojas y tallos de 10 individuos a 20 cm del suelo, De la misma forma que para las otras especies se registró el peso fresco, se tomaron submuestras que se pesaron en fresco, se secaron a 100°C, se registró el peso seco y se calculó el porcentaje de MS. De cada muestra se tomaron submuestras de aproximadamente 300 g, para determinar la composición morfológica por separación manual.

Con base en la información de masa de forraje ofrecido, composición morfológica, área de los potreros, número y peso vivo de las novillas y días de ocupación se calculó a posteriori la asignación diaria de forraje empleada en kg MS de hoja ofrecidos diariamente por cada 100 kg de peso vivo (Hodgson 1990), misma que frecuentemente se expresa como porcentaje del peso vivo.

### **Observación de la conducta**

Cada hato, permaneció en los potreros entre las 07:30 h, y las 15:30 h. Las observaciones se realizaron durante cuatro días consecutivos por potrero. Se efectuaron dos tipos de muestreo: de barrido y conductual (Martin y Bateson 2007). La observación de la conducta se realizó de la misma manera en ambos sistemas y ambas temporadas.

En el muestreo de barrido, llevado a cabo con intervalos de 15 min, se registró la conducta (pastoreando, rumiando e inactividad; Apéndice I) y la postura (echadas o

paradas), de cada uno de los 8 individuos focales. Se realizaron treinta y dos muestreos de barrido al día. En muestreo conductual, se registraron todas las interacciones sociales afiliativas (lamido social, frotamiento social, recargamiento y juego social) y agonísticas (tope de cabeza, pelea, levantamiento y desplazamiento) observadas durante el periodo de observación. Si algún animal se encontraba en una interacción social, se indicó la conducta y la resolución de la interacción (Apéndice I).

Adicionalmente, se realizaron mediciones de temperatura y humedad, cada hora entre las 7:00 h y las 15:00 h, con una estación meteorológica Vantage Vue (Davis Instruments Corporation), colocada en el borde del potrero.

### **Análisis estadístico**

Para los cálculos de estadística descriptiva y los gráficos, se empleó el paquete Excel de Microsoft Office ®. Las pruebas de normalidad se aplicaron con en el paquete estadístico SPSS 15.0 (SPSS, Inc., Chicago, Illinois, U.S.A.) y los análisis multivariados se realizaron con el programa R (R Development Core Team, Version 2.13.1).

Se utilizaron Modelos Lineales Mixtos (LMM por sus siglas en inglés) y Modelos Lineales Generalizados Mixtos (GLMM por sus siglas en inglés). Los LMM, permiten la inclusión de términos fijos y términos aleatorios, con medidas repetidas de individuos, aplicando el método de Máxima Verosimilitud. Los GLMM, adicionalmente, permiten la definición de distribución de errores y funciones de enlace, utilizando el método de Laplace (Bolker *et al.* 2008). En ambos, se inició con un modelo saturado que contenía todos los factores fijos y aleatorios, y las interacciones de interés de segundo nivel. Se utilizaron pruebas de eliminación para remover primero los términos aleatorios no significativos

( $p > 0.05$ ), posteriormente, las interacciones no significativas ( $p > 0.05$ ) y después los términos fijos no significativos ( $p > 0.05$ ), hasta obtener el modelo mínimo adecuado. Las pruebas de eliminación, evalúan los cambios en la devianza entre un primer modelo y un segundo modelo resultante de la remoción de uno de los términos del primer modelo. El modelo mínimo adecuado, es el que contiene los términos que no pueden ser removidos sin que se genere un incremento significativo en la devianza (Crawley 2007).

Las pruebas estadísticas fueron de dos colas con nivel de significancia de 0.05; en la estadística descriptiva se presenta media  $\pm$  error estándar. Para todos los modelos se presenta el valor del estadístico de prueba y la probabilidad. En el Apéndice II se presentan los valores de las pruebas de eliminación y la variabilidad explicada por los factores aleatorios.

#### *Descripción de variables y modelos*

Para determinar las diferencias en tiempos de pastoreo entre sistemas, se estimó el tiempo total de pastoreo diario para cada novilla, el cual fue incluido en un Modelo Lineal Mixto, con el sistema de producción (SM y SSP) y la temporada (secas y lluvias) como factores fijos y como factor aleatorio se incluyó la novilla (ocho novillas por sistema) anidada en día (cuatro días por potrero) y anidados en potrero (tres potreros por sistema).

Para evaluar las diferencias en patrones de pastoreo entre sistemas, primero se generó un índice de temperatura-humedad (ITH) a partir de los registros de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y humedad (puntos porcentuales), que se realizaron cada hora entre las 7:00 h a las 15:00 h, durante los días de muestreo conductual. Se calculó la temperatura húmeda ( $T_w$ ;  $^{\circ}\text{C}$ ) por medio de la Ecuación 1 (Stull 2011).

$$T_w = T \operatorname{atan}(0.151977(\operatorname{RH}\% + 8.313659)^{1/2}) + \operatorname{atan}(T + \operatorname{RH}\%) - \operatorname{atan}(\operatorname{RH}\% - 1.676331) + 0.00391838(\operatorname{RH}\%)^{3/2} \operatorname{atan}(0.023101\operatorname{RH}\%) - 4.686035. \quad (1)$$

Donde: T es la temperatura seca (°C) y RH% es la humedad (puntos porcentuales).  
Posteriormente, el ITH se estimó de acuerdo a la Ecuación 2 (McDowell *et al.* 1976).

$$\text{ITH} = 0.72 (T + T_w) + 40.6 \quad (2)$$

Con los resultados del ITH, se realizó un análisis de varianza para evaluar las diferencias a lo largo de las 8 horas de muestreo y entre sistemas. Se incluyeron en el modelo los factores sistema de producción, hora del día, temporada y sus interacciones.

Para cada novilla, a partir de los muestreos de barrido, se calculó el tiempo dedicado a pastoreo en cada una de las ocho horas de observación (TPh). Se incluyó la variable dependiente tiempo de pastoreo en un Modelo Lineal Mixto, considerando al sistema de producción, la temporada y a la hora del día (ocho horas por día) como factores fijos, e incluyendo el índice de temperatura-humedad como covariable; así mismo, se incluyeron las interacciones sistema×hora, sistema×ITH, sistema×temporada, temporada×hora, temporada×ITH, sistema×temporada×hora y sistema×temporada×ITH.

A partir de los muestreos de barrido, se calculó para cada novilla en cada día: 1) el tiempo total diario dedicado a descanso, considerando rumia e inactividad, 2) la duración promedio de los intervalos de descanso sin interrupción, 3) el tiempo total de descanso en postura echada, 4) el tiempo total de descanso parada, 5) el tiempo total dedicado a rumia, y 6) la duración promedio de los intervalos de rumia. Para cada una de estas variables se

utilizaron Modelos Lineales Mixtos, incluyendo los factores fijos sistema y temporada y el factor aleatorio novilla, anidada en día a su vez anidado en potrero.

Para conducta social, se calculó la frecuencia en la que fue emitida por los ocho individuos focales, en cada día de muestreo. La frecuencia de interacciones afiliativas, fue la sumatoria de lamido social, el recargamiento, el frotamiento social y el juego social, emitidos por los ocho animales del ható, dentro de cada día de muestreo. La frecuencia de interacciones agonísticas, fue la sumatoria de topes de cabeza, desplazamientos, peleas y levantamientos, emitidos por los ocho animales de cada ható, dentro de cada día de muestreo. Así mismo, se estimó la frecuencia de interacciones sociales por ható por día de muestreo, como la sumatoria de las interacciones afiliativas y agonísticas. Para evaluar el efecto del tipo de sistema sobre la conducta social, se analizaron la frecuencia de cada conducta social, con Modelos Lineales Generalizados Mixtos, incluyendo la variable independiente sistema de producción, considerando el efecto aleatorio al día de muestreo anidado en el potrero y en temporada, utilizando una distribución de errores Poisson y función de enlace logarítmica. Se incluyeron en Modelos Lineales Generalizados Mixtos las frecuencias de interacciones afiliativas y agonísticas, y la frecuencia de interacciones sociales, con los efectos fijos de sistema y temporada, considerando el efecto aleatorio al día de muestreo anidado en el potrero y en temporada, utilizando una distribución de errores Poisson y función de enlace logarítmica.

Para estimar la sincronía, con cada barrido se calculó la proporción de animales emitiendo la misma conducta y se obtuvo el promedio de las proporciones en cada día de muestreo. Para indagar sobre las diferencias en sincronía entre sistemas de producción, se

utilizaron Modelos Lineales Mixtos, incluyendo las variables dependientes sistema de producción y temporada, y considerando el efecto aleatorio del día de muestreo anidado en potrero.

La prueba Shapiro-Wilk, aplicada a todas las variables dependientes, demostró que las variables frecuencia de conductas afiliativas, frecuencia de conductas agonísticas, duración del intervalo de rumia, de descanso y tiempo total echadas y paradas, difirieron de una distribución normal. Las variables frecuencia de conductas afiliativas y frecuencia de conductas agonísticas se ajustaron a una distribución Poisson. Las variables restantes se normalizaron aplicando la transformación arcoseno de la raíz cuadrada.

## Resultados

### Conducta de pastoreo

La masa de forraje disponible y la composición morfológica en cada sistema, se presentan en el Cuadro 1. En el SM, la asignación diaria de forraje de hoja verde fue 1.86% en secas y 3.64% en lluvias, mientras que en el SSP fue 14.40% en secas y 24.51% en lluvias.

Cuadro 1. Masa de forraje y su composición morfológica en los potreros del sistema monocultivo y del sistema silvopastoril.

<b>Masa de forraje</b>						
<b>Temporadas</b>	Kg MS ha <sup>-1</sup>		ee			
<b>Secas</b>	2409		67			
<b>Lluvias</b>	4594		23			

<b>Composición morfológica del forraje</b>						
	<b>Secas</b>			<b>Lluvias</b>		
	<b>Porcentaje</b>	<b>ee</b>	<b>Kg MS hoja verde ha<sup>-1</sup></b>	<b>Porcentaje</b>	<b>ee</b>	<b>Kg MS hoja verde ha<sup>-1</sup></b>
<b>Hoja</b>	32.2%	0.3%	775	33.0%	0.8%	1518
<b>Muerto</b>	31.1%	1.0%		27.9%	1.8%	
<b>Tallo</b>	36.7%	0.7%		39.1%	1.0%	

<b>Temporada</b>	<b>Especie</b>	<b>kg MS/ha</b>	<b>ee</b>	<b>% hoja</b>	<b>kg MS hoja/ha</b>
Secas	Estrella	740	701	42%	311
	Guinea	6567	2108	58%	3840
	Leucaena	2716	461	69%	1861
	Total	10023	2429	60%	6012
Lluvias	Estrella	2262	1194	43%	971
	Guinea	14360	4113	44%	6286
	Leucaena	4445	873	67%	2977
	Total	21067	3234	49%	10234

Como podemos observar en el Cuadro 2, se detectó una interacción significativa entre el tipo de sistema y la temporada sobre el tiempo total de pastoreo diario. En la Figura 1, se distingue que en lluvias, en SM el tiempo total de pastoreo diario fue significativamente menor ( $p < 0.01$ ) que en secas, y que en SSP las diferencias entre temporadas no fueron significativas ( $p = 0.96$ ). En ambas temporadas, en SSP las novillas pastorearon menos tiempo al día que en el SM, 98.55 minutos en secas ( $p < 0.01$ ) y 66.26 minutos en lluvias ( $p < 0.01$ ; Figura 1). En el SSP, las novillas se alimentaron  $10.0 \pm 2.4\%$  del tiempo en áreas con estrella,  $43.0 \pm 2.4\%$  del tiempo en áreas con pasto guinea y  $47.0 \pm 2.3\%$  del tiempo en áreas con leucaena.

Cuadro 2. LMM del efecto del tipo de sistema y temporada, sobre el tiempo de pastoreo total diario, en cada una de las ocho novillas por sistema.

Efectos fijos	F	P
<b>Sistema</b>	68.51	<b>0.00**</b>
<b>Temporada</b>	19.39	<b>0.00***</b>
<b>Sistema*Temporada</b>	13.58	<b>0.00**</b>

\* $p \leq 0.05$ , \*\* $p \leq 0.01$ . El efecto de los factores aleatorios para cada variable y los resúmenes de las pruebas de eliminación, se puede consultar en el Apéndice II.

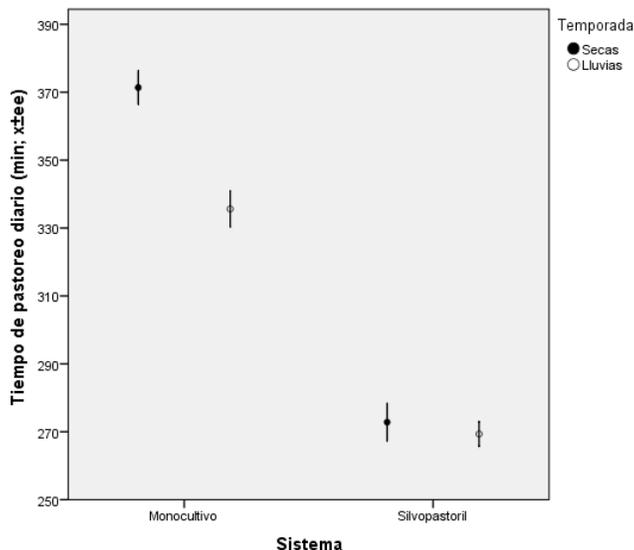


Figura 1. Efecto del sistema y la temporada sobre el tiempo total de pastoreo diario de las ocho novillas por sistema.

Los valores del estadístico de prueba, su significancia y los estimadores, correspondientes al análisis sobre el ITH se pueden consultar en el Cuadro 3. La interacción entre el tipo de sistema y temporada fue significativa. En la comparación entre sistemas, el ITH fue mayor en el SM que en SSP, 1.48% en secas ( $p < 0.01$ ) y 0.15% en lluvias ( $p < 0.01$ ). Las diferencias entre temporadas fueron significativas dentro de ambos sistemas, en SM el ITH fue 0.86% mayor en secas y en SSP fue 0.47% mayor en lluvias. También se detectó una interacción significativa entre el tipo de sistema y la hora del día. En el SSP, de las 7:30 h a las 8:30 h el ITH fue mayor que en SM, sin embargo, en las horas subsecuentes el ITH fue significativamente mayor en SM (Cuadro 3). En ambos sistemas, el IHT incrementó significativamente entre cada hora, durante las primeras 5 horas de muestreo, aumentando  $2.3 \pm 0.25$  hasta llegar a  $85.0 \pm 0.12$  a las 12:30 h. A partir de las 12:30 h, el incremento del ITH entre horas no fue significativo; en SSP de las 14:30 h a las 15:30 h, se detectó un incremento significativo en el ITH. La interacción entre la temporada y la hora del día no fue significativa.

Cuadro 3. Análisis de Varianza con la variable dependiente “índice de temperatura-humedad” en cada una de las ocho horas de muestreo, incluyendo al sistema, la temporada y a la hora como factores.

<b>Factores</b>	<b>x±ee</b>		<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Sistema</b>			261.97	<b>0.00***</b>
<b>Temporada</b>			0.6	0.44
<b>Hora</b>			4635.67	<b>0.00***</b>
<b>Sistema*Temporada</b>			67.2	<b>0.00***</b>
	<b>Secas</b>	<b>Lluvias</b>		
<b>Monocultivo</b>	83.6±0.17	82.18±0.16		
<b>Silvopastoril</b>	81.16±0.14	81.93±0.17		
<b>Sistema*Hora</b>			14.55	<b>0.00**</b>
	<b>Monocultivo</b>	<b>P</b>	<b>Silvopastoril</b>	<b>P</b>
7:30-8:30	75.44±1.67	<b>0.00**</b>	76.07±1.22	<b>0.00*</b>
8:30-9:30	79.55±2.49	<b>0.00**</b>	77.05±1.18	<b>0.00**</b>
9:30-10:30	81.21±3.56	<b>0.00**</b>	79.67±1.25	<b>0.00**</b>
10:30-11:30	83.84±2.27	<b>0.00**</b>	82.54±2.67	<b>0.00**</b>
11:30-12:30	86.07±1.98	<b>0.00**</b>	83.56±1.64	<b>0.00*</b>
12:30-13:30	86.25±1.58	ns	84.29±2.39	ns
13:30-14:30	86.67±1.93	ns	83.79±3.53	ns
14:30-15:30	86.36±2.12	ns	85.65±4.12	<b>0.00*</b>
<b>Temporada*Hora</b>			2.82	0.09

\*p≤0.05, \*\*p≤0.01, ns=no significativo.

En el Cuadro 4 se presentan los valores del estadístico de prueba y su significancia, para cada uno de los factores incluidos en el análisis sobre la variable TPh. La interacción de tercer nivel entre el tipo de sistema, la temporada y el ITH fue significativa. Como se observa en la Figura 2, la pendiente de la relación lineal entre el ITH y el TPh aumentó 0.79 en SM (p<0.01) y disminuyó 0.78 en SSP (p<0.01), de la temporada de secas a lluvias. En SSP, el decremento del TPh por unidad de ITH fue mayor que en SM, 2.85 min en secas (p<0.01) y 1.28 min en lluvias (p<0.01; Figura 2).

Cuadro 4. LMM del efecto del tipo de sistema, de la temporada, del índice de temperatura y humedad, y de la hora del día, sobre el tiempo de pastoreo por hora, en cada una de las ocho novillas por sistema.

Efectos fijos	F	P
<b>Sistema</b>	44.71	<b>0.00***</b>
<b>Temporada</b>	17.42	<b>0.00**</b>
<b>Hora</b>	1361.74	<b>0.00***</b>
<b>ITH</b>	19.46	<b>0.00***</b>
<b>Sistema*ITH</b>	115.86	<b>0.00***</b>
<b>Sistema*Hora</b>	28.75	<b>0.00**</b>
<b>Sistema*Temporada</b>	13.72	<b>0.00***</b>
<b>Temporada*Hora</b>	41.15	<b>0.00***</b>
<b>Sistema*Temporada*ITH</b>	52.03	<b>0.00***</b>

\* $p \leq 0.05$ , \*\* $p \leq 0.01$ , \*\*\* $p \leq 0.001$ . El efecto de los factores aleatorios para cada variable y los resúmenes de las pruebas de eliminación, se puede consultar en el Apéndice II.

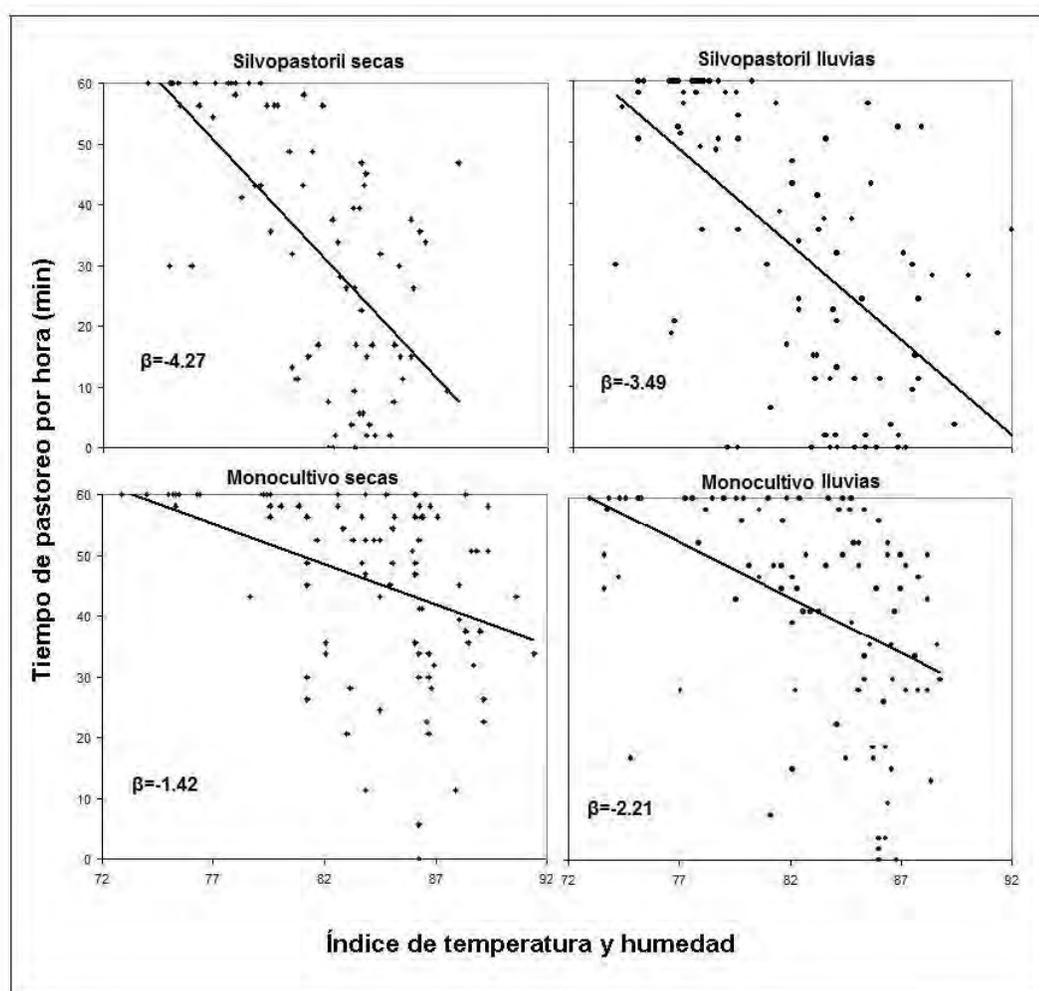


Figura 2. Relación lineal entre el índice de temperatura-humedad y el tiempo de pastoreo por hora, de cada sistema de producción en las temporadas de secas y lluvias.

La interacción de tercer nivel entre el tipo de sistema, la temporada y la hora del día no fue significativa sobre el TPh ( $F= 0.519$ ,  $p=0.60$ ). Sin embargo, la interacción entre el tipo de sistema y la hora del día si fue significativa (Cuadro 4). Como se puede observar en la Figura 3, durante las dos primeras horas del día, en el SM las novillas dedicaron 96% de cada hora al pastoreo, de las 9:00 h a las 12:30 h las novillas disminuyeron el tiempo de pastoreo a 77% por hora ( $p<0.01$ ), posteriormente disminuyeron el tiempo de pastoreo a 68%, 52% y 44% por hora ( $p=0.04$ ,  $p<0.001$  y  $p=0.04$ ) en cada una de las horas consecutivas, respectivamente. En el SSP, las novillas pastorearon 96% por hora de las dos primeras horas, posteriormente el tiempo de pastoreo disminuyó a 79% por hora de las 9:30 h a las 10:30 h ( $p<0.01$ ) y a 42% por hora de las de las 10:30 h a las 11:30 h ( $p<0.01$ ); de las 11:30 h a las 13:30 h se registró el menor pastoreo, las novillas pastorearon solamente 23% del tiempo. De las 13:30 h a las 14:30 h se detectó un incremento del tiempo de pastoreo a 49% por hora ( $p<0.01$ ) y durante la última hora el tiempo disminuyó a 39% por hora ( $p=0.03$ ). Entre las 10:30 h y las 13:30 h las novillas en el SSP pasaron 43% menos tiempo pastoreando que las novillas en el SM ( $p<0.01$ ).

La interacción entre la temporada y la hora del día fue significativa, como se puede ver en el Cuadro 4. Entre las 14:30 y 15:30 h el TPh fue significativamente mayor en secas ( $p<0.01$ ), que el lluvias. En ambas temporadas, el TPh decreció significativamente entre cada hora, de las 9:30 a las 11:30 ( $p<0.01$ ) y posteriormente, solo en lluvias, el TPh decreció significativamente de las 14:30 a las 15:30 ( $p<0.05$ ).

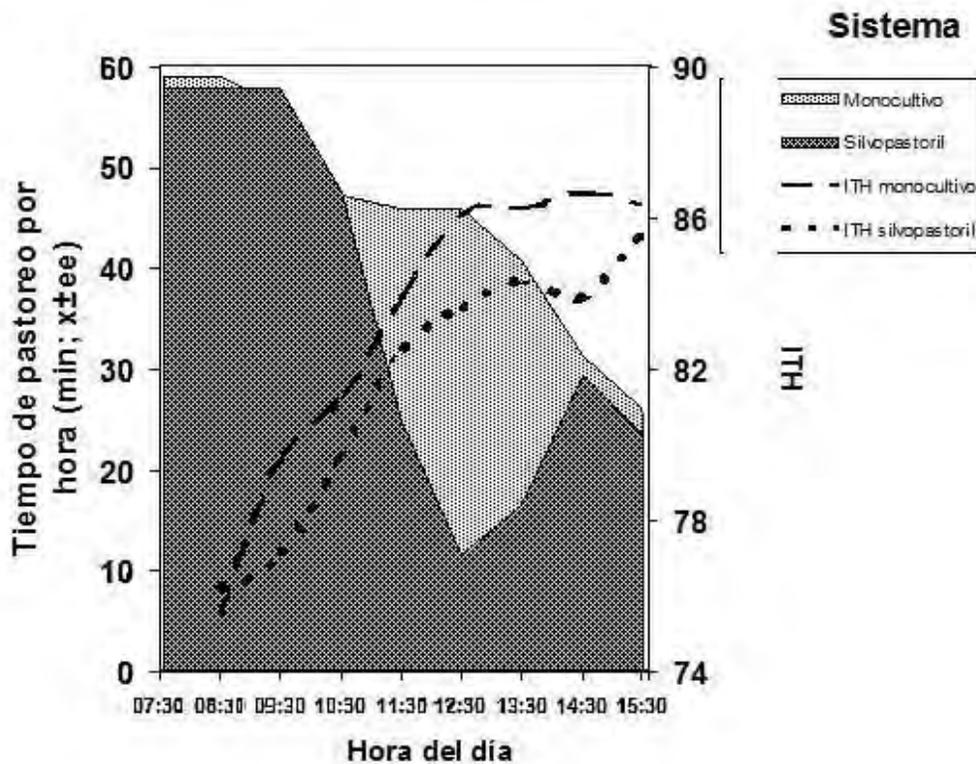


Figura 3. Patrones de pastoreo en cada sistema, a lo largo de las ocho horas de muestreo, incluyendo el cambio en el índice de temperatura y humedad a lo largo del día.

### Descanso y rumia

La interacción del tipo de sistema y la temporada fue significativa sobre el tiempo total de descanso diario ( $p < 0.01$ ) y sobre los intervalos de descanso sin interrupción ( $p < 0.01$ ). Como se puede observar en el Cuadro 5, en ambas temporadas en SSP las novillas descansaron más a intervalos más prologados que en SM. Durante la temporada de secas en SM, las novillas descansaron menos a intervalos más cortos que durante lluvias; en SSP las diferencias entre temporadas en el tiempo e intervalos de descanso, no fueron significativas.

Cuadro 5. LMM del efecto del sistema de producción y de la temporada sobre el descanso (n= 8 vacas/sistema; media del tiempo del día en minutos).

Variable dependiente	Factores	Monocultivo	Silvopastoril	F	P
		(x±ee)	(x±ee)		
Descanso	Sistema	116.15±3.84	203.74±3.94	433.53	<b>0.00***</b>
	Temporada			57.86	<b>0.00***</b>
	Sistema*Temporada			13.95	<b>0.00**</b>
	secas	99.53±5.34	182.53±9.19		<b>0.00***</b>
	lluvias	131.56±4.77	203.93±4.86		<b>0.00***</b>
	P	<b>0.00***</b>	ns		
Intervalo de descanso	Sistema	50.44±1.46	78.38±1.88	150.51	<b>0.00***</b>
	Temporada			15.43	<b>0.00**</b>
	Sistema*Temporada			11.76	<b>0.00**</b>
	secas	14.84±0.97	24.69±1.04		<b>0.00***</b>
	lluvias	23.08±1.59	23.97±1.00		<b>0.00***</b>
	P	<b>0.00***</b>	ns		

\*p≤0.05, \*\*p≤0.01, \*\*\*p≤0.001, ns=no significativo. El efecto de los factores aleatorios para cada variable y los resúmenes de las pruebas de eliminación, se puede consultar en el Apéndice II.

En el Cuadro 6 se observa que el efecto del sistema fue significativo sobre tiempo total de rumia, el efecto de la temporada y la interacción entre sistema y temporada, no fueron significativos. Las novillas pasaron 32% menos tiempo rumiando en el SM que en SSP (**p<0.01**), este efecto es evidente al observar la Figura 4. De la misma forma, el efecto del sistema fue significativo sobre la duración del intervalo de rumia (**p<0.01**; Cuadro 6). En la Figura 4 se observa claramente que el SM los intervalos de rumia fueron 22.6 minutos más cortos. El efecto de la temporada, y la interacción entre sistema y temporada no fueron significativos (Cuadro 6).

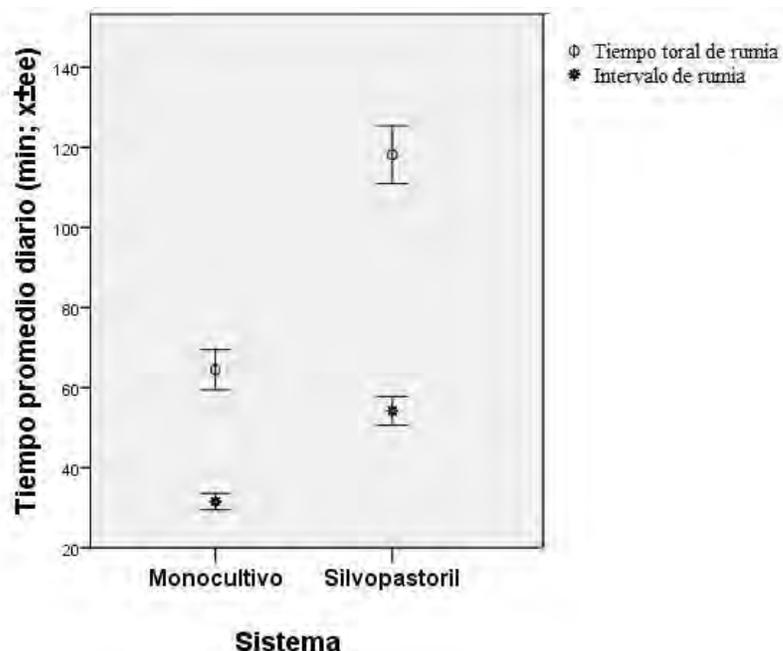


Figura 4. Diferencias entre sistemas y temporadas, en la duración promedio diaria e intervalos de rumia duración de ocho novillas por sistema.

Cuadro 6. LMM del efecto del sistema de producción y de la temporada sobre el tiempo e intervalos sin interrupción de rumia y sobre el tiempo de descanso (n= 8 vacas/sistema; media del tiempo del día en minutos).

Variable dependiente	Factores	Monocultivo (x±ee)	Silvopastoril (x±ee)	F	P
Rumia (min)	Sistema	64.79±2.68	125.36±2.75	368.22	<b>0.00***</b>
	Temporada			3.05	0.08
	Sistema*Temporada			0.11	0.74
Intervalo de rumia (min)	Sistema	31.47±1.04	54.08±1.8	126.42	<b>0.00***</b>
	Temporada			2.14	0.12
	Sistema*Temporada			4.09	0.05
Inactividad	Sistema	51.36±3.09	78.38±3.17	55.02	<b>0.00***</b>
	Temporada			143.7	<b>0.00***</b>
	Sistema*Temporada			21.4	<b>0.00***</b>
	secas	32.19±3.35	64.89±5.49		<b>0.00***</b>
	lluvias	70.00±3.44	85.18±4.62		ns
	<b>P</b>	<b>0.00***</b>	<b>0.00***</b>		

\*p≤0.05, \*\*p≤0.01, \*\*\*p≤0.001, ns=no significativo. El efecto de los factores aleatorios para cada variable y los resúmenes de las pruebas de eliminación, se puede consultar en el Apéndice II.

La interacción entre el tipo de sistema y temporada fue significativa sobre el tiempo de inactividad, tal como se puede observar en el Cuadro 6. En la Figura 5 se observa que solo durante la temporada de secas, en SM el tiempo de inactividad fue menor que en SSP; en ambos sistemas, las novillas estuvieron inactivas por mayor tiempo durante la temporada de lluvias.

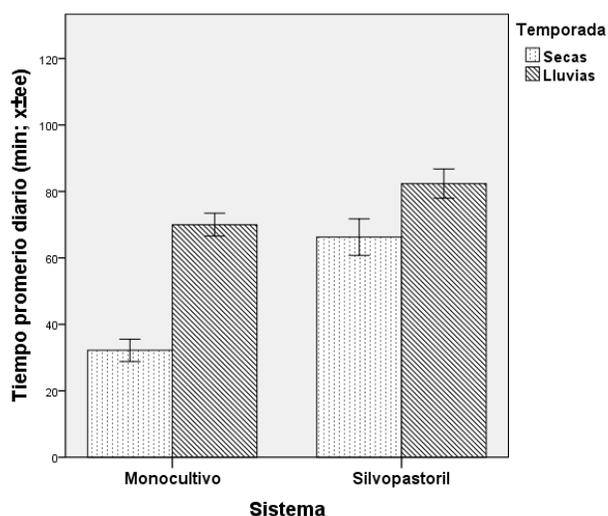


Figura 5. Duración promedio diaria de inactividad de ocho novillas en cada sistema de producción, durante las temporadas de secas y lluvias

En el Cuadro 7, se presentan los valores del estadístico de prueba, su significancia y la media del tiempo del análisis sobre el tiempo en postura echadas y paradas. La interacción entre sistema y temporada fue significativa sobre el tiempo que las novillas adoptaron la postura echadas. Como se observa en la Figura 6, en ambas temporadas las diferencias en el tiempo echadas, no fueron significativas entre sistemas, asimismo en SM las diferencias entre temporadas tampoco fueron significativas. Sin embargo, en SSP las novillas pasaron más tiempo echadas durante la temporada de secas (Figura 6). El efecto

del sistema fue significativo sobre el tiempo en postura parada (Cuadro 7), en la Figura 6 se puede observar que en SSP, las novillas pasaron 45% más tiempo paradas. En el Cuadro 7 se indica que el efecto de la temporada fue significativo sobre el tiempo en postura parada, las novillas en ambos sistemas pasaron más tiempo paradas durante la temporada de lluvias, lo cual se puede ver en la Figura 6. La interacción entre sistema y temporada no fue significativa sobre el tiempo en postura parada (Cuadro 7).

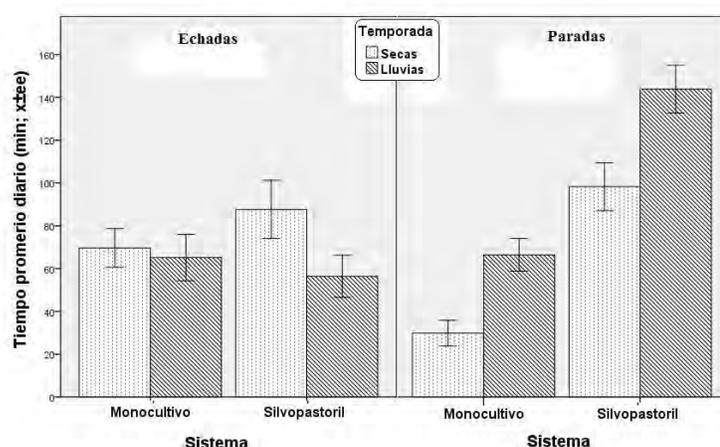


Figura 6. Duración promedio diaria en postura echadas y paradas, de ocho novillas en cada sistema de producción, durante las temporadas de secas y lluvias.

Cuadro 7. LMM del efecto del sistema de producción y de la temporada sobre el tiempo en postura echada y parada (n= 8 vacas/sistema; media del tiempo del día en minutos).

Variable dependiente	Factores	Monocultivo	Silvopastoril	F	P
		(x±ee)	(x±ee)		
Echadas	Sistema	67.77±3.92	75.99±4.02	0.39	0.53
	Temporada			11.29	<b>0.00**</b>
	Sistema*Temporada			6.25	<b>0.01*</b>
	secas	69.69±4.53	84.44±7.13		ns
	lluvias	65.16±5.42	59.11±5.15		ns
	P	ns	<b>0.00**</b>		
Paradas	Sistema	48.38±3.34	127.75±3.42	472.93	<b>0.00***</b>
	Temporada			120.01	<b>0.00***</b>
	secas	64.06±4.02			
	lluvias	105.16±4.38			
	Sistema*Temporada			1.21	0.27

\*p≤0.05, \*\*p≤0.01, \*\*\*p≤0.001. ns=no significativo. El efecto de los factores aleatorios para cada variable y los

resúmenes de las pruebas de eliminación, se puede consultar en el Apéndice II.

## Conducta social

De forma descriptiva encontramos que la conducta afiliativa más emitida fue el lamido social, emitido en el 66% de las interacciones afiliativas (47% en SM y 78% en SSP), seguido por el frotamiento social emitido en el 21% (37% en SM y 11% en SSP) y el recargamiento en el 9% (13% en SM y 6% en SSP), la conducta registrada con menor frecuencia fue el juego social, el cual correspondió al 9% de las interacciones afiliativas (3% en SM y 5% en SSP). En cuanto a la conducta agonística, la conducta agresiva registrada con mayor frecuencia fue el tope de cabeza, emitido en el 91% de las interacciones agonísticas (88% en SM y 94% en SSP), se registraron 7% de interacciones de pelea (10.5% en SM y 3% en SSP) y 2% de interacciones de levantamiento (1.5% en SM y 3% en SSP); las agresiones, produjeron respuestas de desplazamiento en el 95% de interacciones agonísticas. En el SSP, 57% de las interacciones agonísticas ocurrieron en el contexto de descanso bajo la sombra.

Al analizar la frecuencia de cada una de las conductas sociales, las diferencias entre sistemas fueron significativas para lamido social, tope, pelea y levantamiento, lo cual se indica en el Cuadro 8. En la Figura 7 se puede observar que en el SSP, las novillas emitieron 46% más lamido social ( $p<0.01$ ), 10% más topes de cabeza ( $p=0.05$ ), 76% más levantamientos ( $p<0.05$ ) y 37% menos peleas ( $p=0.04$ ).

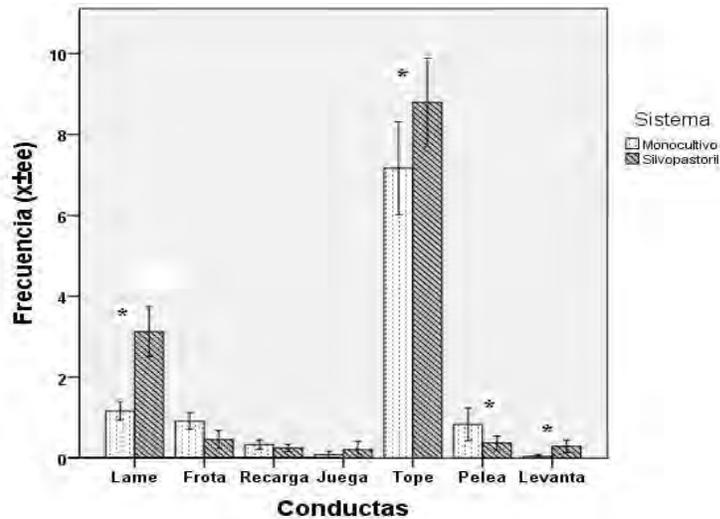


Figura 7. Frecuencia promedio de cada una de las conductas sociales emitidas al día en cada sistema.

Cuadro 8. GLMM de la frecuencia de emisión de conductas sociales, utilizando una distribución de errores Poisson y función de enlace logarítmica, y LMM de la sincronía promedio por sistema y temporada, se presenta la media diaria por sistema.

Variables dependientes	Factor fijo	x	± ee	x	± ee	Z	P
Lamido	Sistema	1.17	± 0.22	3.13	± 0.6	4.44	<b>0.00**</b>
Frota	Sistema	0.92	± 0.19	0.46	± 0.22	-1.87	0.06
Recarga	Sistema	0.33	± 0.11	0.25	± 0.09	-0.53	0.59
Juega	Sistema	0.08	± 0.08	0.21	± 0.2	1.09	0.28
<b>Afiliativas</b>	<b>Sistema</b>	2.5	± 0.39	4.04	± 0.76	-1.99	<b>0.04*</b>
	<b>Temporada</b>					-1.66	0.09
	<b>Sistema*Temporada</b>					-0.01	0.05
Tope	Sistema	7.12	± 1.12	8.79	± 1.07	1.99	<b>0.05*</b>
Pelea	Sistema	0.83	± 0.39	0.38	± 0.16	-1.95	<b>0.05*</b>
Levanta	Sistema	0.04	± 0.04	0.29	± 0.15	1.96	<b>0.05*</b>
<b>Agonísticas</b>	<b>Sistema</b>	8.04	± 1.22	9.46	± 1.16	4.49	<b>0.00**</b>
	<b>Temporada</b>					4.79	<b>0.00**</b>
	<b>Sistema*Temporada</b>					-4.24	<b>0.00**</b>
	<b>secas</b>	5.17	± 0.92	10	± 1.82		<b>0.02*</b>
	<b>lluvias</b>	10.92	± 2.03	8.92	± 1.58		ns
<b>Interacciones sociales</b>	<b>P</b>	<b>0.01*</b>			ns		
	<b>Sistema</b>	10.54	± 1.35	13.5	± 1.29	3.9	<b>0.00**</b>
	<b>Temporada</b>					3.79	<b>0.00**</b>
	<b>Sistema*Temporada</b>					-2.66	<b>0.01**</b>
	<b>secas</b>	8	± 1.03	13.25	± 1.78		<b>0.02*</b>
	<b>lluvias</b>	13.08	± 2.33	13.75	± 1.94		ns
<b>P</b>	ns			ns			

\* $p \leq 0.05$ , \*\* $p \leq 0.01$ , \*\*\* $p \leq 0.001$ . ns=no significativo. El efecto de los factores aleatorios para cada variable y los resúmenes de las pruebas de eliminación, se puede consultar en el Apéndice II.

En el Cuadro 8, se presentan indica que el efecto del tipo de sistema fue significativo sobre la frecuencia de interacciones afiliativas ( $p < 0.01$ ), los animales en el SM interactuaron afiliativamente 24% menos, que en el SSP, lo cual se observa en la Figura 8; el efecto de la temporada y la interacción entre sistema y temporada no fueron significativos.

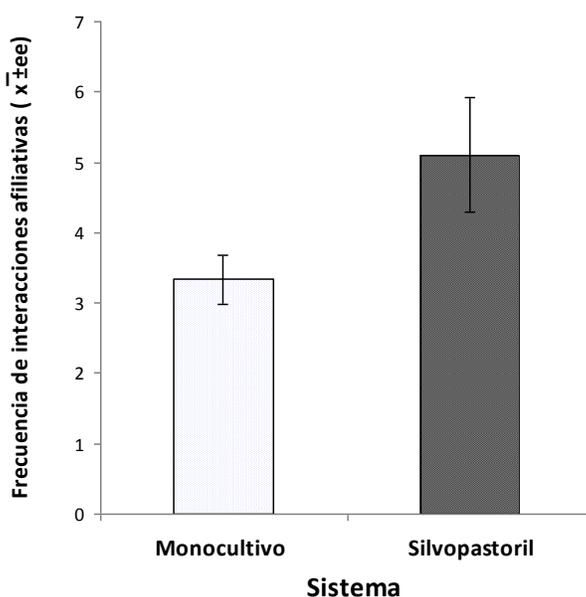


Figura 8. Efecto del tipo de sistema de producción sobre las frecuencias de interacciones afiliativas emitidas en promedio diariamente.

La interacción entre el sistema y la temporada fue significativa sobre la frecuencia de interacciones agonísticas, lo cual se puede consultar en el Cuadro 8. La frecuencia de interacciones agonísticas fueron menor en SM durante la temporada de secas, que durante lluvias, y que en SSP durante la temporada de secas, este efecto se puede observar en la Figura 9. Al considerar todas las interacciones sociales, la interacción entre sistema y temporada fue significativa, las diferencias fueron significativas solo entre sistemas durante

la temporada de secas ( $p < 0.01$ ; Cuadro 8).

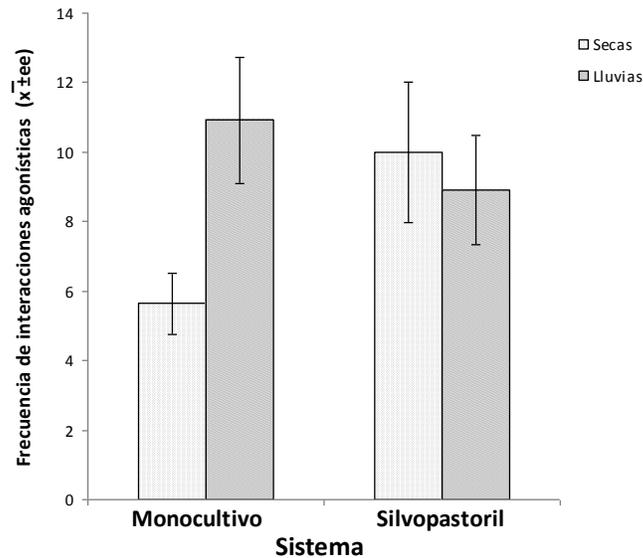


Figura 9. Efecto del tipo de sistema de producción y de la temporada sobre las frecuencias de interacciones agonísticas emitidas en promedio diariamente.

La proporción de animales emitiendo la misma conducta difirió de manera significativa entre temporadas ( $F=5.28$ ;  $p < 0.05$ ); durante la temporada de secas la sincronía fue de  $0.87 \pm 0.03$ , y en lluvias de  $0.9 \pm 0.03$ . La sincronía fue alta en ambos sistemas, de  $0.87$  ( $0.87 \pm 0.01$ ) en el SM y de  $0.89$  ( $0.89 \pm 0.01$ ) en el SSP, sin embargo no difirió significativamente entre sistemas ( $F=2.86$ ;  $p=0.9$ ) y la interacción entre sistema y temporada no fue significativa ( $F=0.47$ ;  $P=0.47$ ).

## Discusión

### Conducta de pastoreo

En ambas temporadas, se detectó una marcada diferencia en el tiempo de pastoreo total diario entre sistemas, en el SM las novillas pastorearon más tiempo que en SPP. Generalmente, los animales aumentan el tiempo de pastoreo para compensar una baja tasa de ingestión (Ungar 1996, Chilibroste 1999, da Silva *et al.* 2008); la cual puede darse por escasa masa de forraje ofrecido (Ungar 1996) y/o por su baja calidad nutricional (Minson 1990, Dove 1996).

Considerando ambas temporadas, en el SM, la masa de forraje ofrecido y la asignación diaria de forraje en términos de hoja verde (entre 1.9 y 3.6% del peso vivo), fueron muy bajas; lo que puede generar una reducción en el peso de bocado y como consecuencia se reduce la tasa de ingestión (Ungar 1996, Chilibroste 1999, da Silva *et al.* 2008). Según Diafante *et al.* (2009) en condiciones de calidad y masa de forraje poco favorables, la eficiencia de utilización no debe superar 45%, para obtener un nivel de consumo aceptable. Considerando esta eficiencia de utilización, el consumo en SM debió ser entre 30% y 60% menor al esperado para un buen desempeño (tasa de crecimiento); desafortunadamente, en el presente estudio no fue posible registrar el crecimiento de las novillas. Por lo tanto, es probable que la diferencia en el tiempo de pastoreo se fuera una respuesta compensatoria ante una baja tasa de ingestión. Ya que en SM durante la temporada de secas, la masa de forraje ofrecido fue menor y las novillas pastorearon más tiempo, que en lluvias. Asimismo, en SSP la masa de forraje ofrecido fue mayor que en SM, y por consiguiente el tiempo de pastoreo fue menor que SM en ambas temporadas. Sin

embargo, si la asignación diaria es muy baja, la tasa de ingesta se ve muy afectada y esta respuesta compensatoria no es suficiente para que el animal logre buenos niveles de consumo (Ungar 1996).

Cuando los contenidos de proteína cruda en la dieta son bajos, se limita la proteína degradable en rumen, lo que afecta negativamente al crecimiento microbiano y a la actividad fermentativa. Por lo tanto, la digestibilidad de la pared celular y la ingesta disminuyen (Dove 1996). La fibra detergente neutro (FDN) representa los componentes de la pared celular, mientras que la fibra detergente ácido (FDA) corresponde a la hemicelulosa y la lignina (Rasby y Martin 2013). Al aumentar estos contenidos en la dieta, se reduce la tasa de digestión, ya que aumenta el tiempo requerido para masticar el alimento, y por lo tanto, la tasa de vaciado del tracto digestivo disminuye, dando como resultado un efecto negativo en el consumo (Arnold 1981, Minson 1990). Comparando valores nutricionales publicados en la literatura, podemos observar que el contenido de proteína cruda (CP) en estrella (11-13%, Sanginés-García *et al.* 2003), es menor que el contenido en leucaena (29%, Barros-Rodríguez *et al.* 2012). Asimismo, el contenido de FDN en estrella (69.2%, Barros-Rodríguez *et al.* 2012), es mayor que en guinea (37.2%, Barros-Rodríguez *et al.* 2012) y leucaena (62.7%; Barros-Rodríguez *et al.* 2012), mientras que el contenido de FDA es menor en leucaena (23.9%, Sandoval-Castro *et al.* 2005), que en las dos gramíneas (35.8-36.8% en estrella, Sandoval-Castro *et al.* 2005; 36.3% en guinea, Nasrullah *et al.* 2003). Es probable que en SM, un menor contenido de CP y mayor contenido de FDA y FDA, estuvieran limitando el consumo y por tanto las novillas extendieran el tiempo de pastoreo.

Cuando la disponibilidad de forraje es alta, como en el SSP, la tasa de ingestión y el tiempo de pastoreo diario no se ven afectados por la masa de forraje (Ungar 1996), por lo tanto otros factores como el tiempo necesario para digerir el alimento, el balance de agua y factores ambientales, entre los que encontramos la temperatura y la humedad (Laca y Demment 1996), podrían interactuar afectando los patrones de pastoreo diurno. En la literatura se indica, que el tiempo de pastoreo y la ingesta voluntaria decrecen al incrementar la temperatura, en climas húmedos (Beede y Collier 1986). Si bien nuestros resultados no son contradictorios con esta idea, ya que en ambos sistemas y en ambas temporadas el tiempo de pastoreo disminuyó con el incremento en el ITH, este efecto fue más marcado en SSP, particularmente en la temporada de secas. Estas diferencias en el efecto, pueden ser interpretadas como el esfuerzo de las novillas en el SM, para tratar de mantener la ingesta de alimento. Por lo tanto es probable, que en el SM las estrategias de pastoreo se ajustaran principalmente a la disponibilidad de forraje. Esta idea es respaldada por los datos de Tucker *et al.* (2008), quienes evaluaron la conducta de vacas de producción con acceso a diferentes niveles de sombra durante temporadas calurosas. Los autores no encontraron diferencias entre los niveles de sombra y los patrones de actividad, incluyendo el pastoreo, sin embargo, detectaron que las vacas fueron afectadas por la temperatura y la humedad, independientemente de los niveles de sombra, ya que pasaban menos tiempo echadas y pastoreando a mayor temperatura y humedad. En el estudio de Tucker *et al.* (2008), los animales fueron alimentados con forraje de alta calidad y en la misma cantidad en todos los tratamientos de sombra, y la baja disponibilidad y calidad de forraje no tuvieron efecto en su resultado.

Es importante recalcar que las diferencias entre sistemas, en los patrones de

pastoreo, son un reflejo de la flexibilidad del repertorio conductual del ganado bovino, ya que los animales ajustan la conducta en respuesta a cambios ambientales para tratar de mantener un nivel de homeostasis (Hemsworth *et al.* 1995, Deag 1996, Mills *et al.* 2010). Los sistemas de producción, dependen del éxito de los animales para ajustar adecuadamente la conducta en condiciones artificiales y restringidas (Deag 1996), y en algún punto el cambio conductual puede comprometer el bienestar del animal (Hemsworth *et al.* 1995). La adopción de las diferentes estrategias podría tener un efecto negativo en el bienestar de los animales, si no logran satisfacer el objetivo al que están dirigidas o si se asocian con costos altos (en términos de adecuación; Broom 1988). En este contexto y de manera coherente con lo mencionado en párrafos anteriores, podemos plantear que el bienestar de las novillas en SSP fuera mejor que el de las novillas en SM; ya que en SSP las necesidades alimenticias fueron satisfechas de manera más eficiente, bebido a una mayor asignación de forraje de mejor calidad, y porque probablemente los niveles de consumo de las novillas en SM fueran excesivamente bajos.

Por otro lado, en ambas temporadas el ITH y el tiempo de pastoreo total diario fueron menores en el SSP que en SM, en el cual ITH y el tiempo de pastoreo fueron mayores durante la temporada de secas. Adicionalmente, en SM durante la temporada de secas, el pastoreo por hora y el ITH fueron mayores, mientras que la reducción en el tiempo de pastoreo por hora al aumentar el ITH fue menor, que en lluvias y que en SSP en ambas temporadas. Estos resultados indican que la extensión del tiempo de pastoreo en SM, particularmente en secas, puede estar asociada con costos altos para las novillas. Asimismo, en el SSP, el menor tiempo de pastoreo por hora (23%) se registró a las horas de mayor ITH (85), mientras que en SM a la hora de mayor registro de ITH, las novillas pastorearon

el 68% de tiempo por hora. Esta diferencia entre sistemas, durante la hora de mayor registro de ITH, fue muy evidente. Los efectos negativos del estrés térmico en el ganado bovino son ampliamente reconocidos; este estrés afecta de manera negativa la producción de leche (Kadzere *et al.* 2002) y la reproducción (Rivera-Suárez *et al.* 2001), se asocia con mayores niveles de corticosteroides en plasma (Roman-Ponce *et al.* 1981), con mayor incidencia en la mortalidad de los animales (Crescio *et al.* 2010) y con tasas de crecimiento bajas (West 2003). En el caso de las novillas en el SM, es probable que el cambio conductual afectara su bienestar, por no lograr satisfacer sus necesidades nutrimentales ni de termorregulación. Es posible suponer que estos efectos negativos fueran mayores por ITH más alto en el SM que en el SSP y por no tener acceso a sombra, que es la forma en la que los animales enfrentan situaciones termo-estresoras (Johnson 1987, Combs 1996, Broom y Frase 2007), ya que el ganado bovino, prefiere la sombra durante días con temperaturas elevadas (Schütz *et al.* 2008). Sin embargo, es altamente probable que en ambos sistemas el estrés térmico afectara el bienestar de las novillas, ya que se indica que el punto base del ITH, para garantizar confort térmico en el ganado bovino, es de 72, y en ambos sistemas el ITH fue mayor que el punto base.

Las diferencias entre sistemas en los patrones de pastoreo, durante las ocho horas de permanencia en el potrero, fueron importantes. El mayor tiempo de pastoreo por hora, fue durante las dos primeras horas de la mañana, esto fue similar entre sistemas y es congruente con lo publicado en la literatura, en la cual indican que el ganado bovino tiene patrones de pastoreo diurnos, con uno de dos periodos de pastoreo intenso al amanecer (Hodgson 1990, Van Soest 1991, McIlroy 2008). Al respecto Hodgson (1990) destaca que en condiciones regulares se presenta una clara reducción de la actividad de pastoreo a media mañana, ese

patrón normal se observó en el SSP y no en el SM. De lo anterior se infiere que las condiciones en el SM afectaron el patrón normal de pastoreo.

### **Descanso y rumia**

De forma congruente con nuestra segunda predicción, el tiempo total diario y los intervalos sin interrupción, de descanso, fueron mayores en el SSP en ambas temporadas. Se ha sugerido que el descanso es fundamental para la restauración de las funciones metabólicas, para incrementar la energía destinada a la digestión y otras conductas de mantenimiento, para evitar el desperdicio de energía, termo-regular mejor y reducir el riesgo de depredación (Broom 1981, Herbs 198, Blokhuis 1984). Las interrupciones en los intervalos de conductas, producen excitación visceral (Mandler 1964) y están asociados estados de estrés (Kalueff y Tuohimaa 2004). Por lo tanto, esto puede evidenciar que en el SSP las novillas tuvieron mejor y mayor descanso, lo que podría tener beneficios en la forma que optimizan la energía en otras conductas de mantenimiento fundamentales.

En el SSP el tiempo y los intervalos sin interrupción de rumia, que corresponde al tiempo de descanso obligado, fue mayor que en el SM en ambas temporadas. Considerando que el tiempo de descanso es consecuencia directa del pastoreo, podemos inferir que los requerimientos digestivos en el SSP fueron mayores que en SM, ya que las novillas en SSP tuvieron mayor disponibilidad de forraje y por tanto mayor consumo a lo que necesariamente correspondió mayores requerimientos de rumia (Metz 1975). Esta idea también es respaldada, por la evidencia sobre la calidad nutricional del forraje ofrecido, presentada en Cuadro 7, que indica que el alimento en SSP contuvo menor FDN y FDA. Existe una correlación positiva entre la cantidad de FDN y el tiempo de rumia (Welch y

Smith 1970), por tanto, se podría esperar, que de haber ingerido cantidades similares de forraje en ambos sistemas, el tiempo de rumia necesario sería mayor en SM que en SSP. Lo anterior es congruente con el planteamiento de que el bienestar animal en el SM, podría haber sido menor que en SSP, dado que las novillas no lograron cubrir sus requerimientos alimenticios. Por otro lado, el descanso sin compromiso fue mayor en SSP que en SM durante la temporada de secas, y en ambos sistemas, fue mayor durante la temporada de lluvias. Lo cual puede indicar que las novillas utilizaron este tiempo flexible para compensar la ingesta de alimento, en un ambiente con escasez de recursos (Herbers 1981, Korstjens *et al.* 2010), la menor masa de forraje ofrecido se detectó en SM durante secas, y en ambos sistemas, durante la temporada de secas la masa de forraje fue menor que en lluvias.

Se reconoce que el descanso en postura echadas, es una conducta prioritaria en el ganado bovino (Haley *et al.* 2000, Munksgaard *et al.* 2005). Sin embargo, la mayoría de estos estudios se han realizado en sistemas intensivos, donde una limitante importante es la disponibilidad de espacio y sustrato para echarse (Mogensen *et al.* 1997, Nielsen *et al.* 1997, Hänninen *et al.* 2005, Færevik *et al.* 2008). Contrario a lo esperado, en el presente estudio el tiempo echadas no difirió entre sistemas, las novillas pasaron más tiempo paradas en SSP, y en temporada de secas ambos sistemas. De forma consistente con nuestros resultados, Schütz *et al.* (2008), encontraron que en ambiente calurosos, el ganado bovino prefiere estar parado bajo la sombra, a pesar haber estado 12 horas sin la posibilidad de echarse. Los autores sugieren que los animales se paran en respuesta al calor, utilizando esta postura como método de enfriamiento, para incrementar el flujo del aire alrededor del cuerpo. De la misma forma, Tucker *et al.* 2008, mencionan que la postura paradas es la

conducta más común bajo la sombra. Nuestros resultados puede implicar que: 1) no se detectaron diferencias en el bienestar de las novillas entre sistemas, en relación al tiempo echadas, y por tanto los beneficios y desventajas entre sistemas, fueron similares, y 2) el tiempo echadas no es un indicador sensible para evaluar bienestar animal en sistemas extensivos en climas tropicales.

### **Conducta social**

De forma esperada, la frecuencia de interacciones afiliativas fue significativamente mayor en el SSP. En el presente estudio encontramos que, de todas las conductas afiliativas registradas, el lamido social fue emitido de manera más frecuente en el SSP que en el SM. Este resultado podría ser un indicador importante de las diferencias en bienestar del ganado entre sistemas, ya que se ha propuesto que en el ganado bovino, el lamido social o acicalamiento social 1) tiene una función higiénica clara, por ejemplo para la remoción de ectoparásitos y limpieza del pelaje (Rich 1973), 2) se relaciona positivamente con ganancia de peso y producción de leche (Wood 1977, Sato 1984), 3) tiene efectos a corto plazo al generar estados emocionales positivos (Sato *et al.* 1991), los individuos que reciben lamido social, emiten conductas que pueden ser asociadas con estos estados, como el estirado de las partes lamidas, elevamiento de la cola o el mantenimiento de los ojos a medio cerrar (Reinhardt *et al.* 1986), 4) los individuos que reciben lamido social, reducen su frecuencia cardíaca, evidenciando estados emocionales positivos durante la interacción social (Laister *et al.* 2011), 5) entre individuos con un rango de dominancia similar, sirve para amortiguar la tensión social (Sato 1984, Val-Lallet *et al.* 2009), 6) realizado por individuos de menor rango de dominancia, tiende a suprimir la agresividad de los dominantes, 3) posterior a una

interacción agonística puede ser un mecanismo de reconciliación (Krohn 1994, de Waal 2000), 4) solicitado por individuos con laminitis, ayuda a aliviar la incomodidad y el dolor del receptor (Galindo y Broom 2002), y 5) está relacionado con la fuerza de los lazos sociales entre individuos. Por tanto, es probable que las novillas en el SSP se beneficiaran por mayor higiene, experimentaran más estados emocionales positivos, y mantuvieran relaciones de dominancia-subordinación más estables, al balancear las relaciones diádicas negativas (Val-Lallet *et al.* 2009), lo que se refleja en la estabilidad del grupo (Wood 1977, Sato 1984).

La frecuencia de interacciones agonísticas sólo difirió de manera significativa entre sistemas durante la temporada de secas; en el SSP las novillas emitieron más toques de cabeza, una agresión de baja intensidad que dudosamente genera daño directo al individuo receptor (Krohn 1994) y menos peleas, una conducta de mayor intensidad, que las novillas en el SM. Sin embargo, la conducta más frecuente en ambos sistemas fue el toque de cabeza. Esto es congruente con la idea de que el ganado bovino establece mecanismos de control de agresión, para evitar los costos de un enfrentamiento de alta intensidad (Reinhardt *et al.* 1986), como lo son las relaciones de dominancia. Las jerarquías de dominancia en hatos de ganado bovino han sido descritas como lineales o triádicas pero estables (Schein y Fohrman 1955, Beilharz y Zeeb 1982), los despliegues, los toques de cabeza y la acción de evitar de manera pasiva, son las conductas agonísticas más utilizadas para mantener el estatus de dominancia (Hafez y Bouissou 1975, Krohn 1994, Reinhardt *et al.* 1986). Es factible que en ambos sistemas, las relaciones de dominancia fueran altamente estables por los costos potenciales de la competencia. Sin embargo, y tomando en cuenta las ideas mencionadas en el párrafo anterior, es viable plantear que a pesar de que se mantienen

niveles de agresión similares en ambos sistemas, las novillas en el SSP, se benefician al amortizar la tensión social y al mantener lazos sociales más fuertes reforzados por la afiliación, los cuales disminuyen la probabilidad de escalar la agresión, de tope de cabeza a pelea (Reinhardt *et al.* 1986). Esto es consistente con el planteamiento de Krohn (1994), quien recalca la importancia de la conducta afiliativa en grupos de vacas bien establecidos en ambientes con baja competencia por espacio.

Las diferencias reducidas en la conducta agonística, entre sistemas, podrían ser explicadas por mayor agresión asociada a la competencia por sombra en el SSP. A pesar de que no se presenta en esta investigación, datos no publicados de Améndola *et al.* 2013, indican que en el SSP, la mayoría de los periodos de descanso ocurrieron bajo la sombra, esto es consistente con otros trabajos realizados en climas tropicales, los cuales mencionan que cerca del 85% del tiempo de no-pastoreo, el ganado se situó bajo la sombra (Langbein y Nichelmann 1993). En el presente estudio se encontró que en el SSP, cerca de la mitad de las interacciones agonísticas ocurrieron bajo la sombra y que las novillas emitieron más levantamientos que en el monocultivo. Los levantamientos ocurren cuando un individuo emite un tope de cabeza sobre un animal que se encuentra echado, lo que produce que el animal echado se levante. Esto es evidencia de que las novillas en el SSP podrían estar compitiendo activamente por los espacios para descansar bajo la sombra. Schutz *et al.* (2010) mencionan que cuando la sombra es más valiosa, como cuando se registra temperatura ambiental elevada, el ganado está más dispuesto a competir por ella.

En ambos sistemas, la proporción de animales emitiendo la misma conducta, fue muy alta y contrario a lo esperado, ésta proporción no difirió entre sistemas. Este resultado

puede indicar que en ambos sistemas 1) los hatos formados artificialmente funcionaron como grupos formados de manera natural (Asher y Collins 2012), 2) la competencia por espacio fue baja (Napolitano *et al.* 2009), 3) la coherencia del grupo fue alta, y 4) las novillas dentro de cada grupo tuvieron demandas metabólicas similares (Sarova *et al.* 2007). Por lo tanto, en ambos sistemas, considerando la sincronía, el bienestar de las novillas fue semejante. Para los animales silvestres que viven en grupo, la sincronía conductual cumple la función de mantener a los individuos juntos (Conrad y Roper 2000) y se preserva en las especies domésticas que viven en grupo (Asher y Collins 2012). Se ha propuesto que en los grupos de vacas con baja restricción de recursos, la competencia genera pocos disturbios en la sincronía (Fregonesi y Leaver 2001); lo anterior podría explicar por qué durante la temporada de secas en ambos sistemas, la sincronía fue menor que en lluvias, ya que en ambos sistemas durante la temporada de secas, la masa de forraje ofrecido también fue menor. Los resultados del presente estudio evidencian que la sincronía no es una variable sensible para evaluar bienestar animal en sistemas extensivos de producción bovina, a pesar de que es considerada una buena medida de bienestar del ganado bovino (Færevik *et al.* 2008); ya que en comparación con sistemas estabulados, los sistemas extensivos de pastoreo dan a los animales mayores oportunidades de locomoción, de expresar conductas naturales de la especie (Rousing y Wemelsfelder 2006) y reducen la competencia por espacio para alimentarse y echarse (Nielsen *et al.* 1997).

## **Conclusiones**

Los resultados de esta investigación evidencian que los sistemas silvopastoriles en el trópico mexicano, pueden representar una alternativa sostenible, desde la perspectiva del bienestar animal, para la producción ganadera. Esta ventaja es evidente ya que los animales en el sistema silvopastoril tuvieron tiempos de pastoreo menores, asociados a mayor disponibilidad y calidad de forraje, mostraron un patrón de pastoreo que correspondió más al normal de la especie, respondiendo al aumento en temperatura y humedad al buscar sombra y descansar, tuvieron tiempos de descanso y rumia mayores, que podrían estar asociados a la calidad y disponibilidad de forraje y mostraron mayor frecuencia de interacciones afiliativas, que se pueden asociar a estados emocionales positivos y a mayor estabilidad del hato.

## Referencias

- Aguilar-Pérez, C.F., Ku-Vera, J.C., y Magaña-Monforte, J.G.** 2011. Energetic efficiency of milk synthesis in dual-purpose cows grazing tropical pastures. *Tropical Animal Health and Production* 43; 767-772.
- Alexander, R.D.** 1974. The evolution of social behavior. *Annual review of ecology and systematics* 5; 325-383.
- Allison, C.D.** 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. *Journal of Range Management* 38; 305-311.
- Améndola, L.** 2011. Jerarquías de dominancia en crías de gato doméstico (*Felis silvestres catus*). Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Appleby, M.C.** 1997. Life in a variable world: behavior, welfare and environmental design. *Applied Animal Behaviour Science* 54; 1-19.
- Armstrong, D.V.** 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of dairy Science* 77; 2044-2050.
- Arnold, G.W.** 1981. Grazing behaviour. 79-104. En: F.H.W. Morley (ed.) *Grazing Animals*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Scientific Publishing.
- Asher, L., y Collins, L.M.** 2012. Assessing synchrony in groups: Are you measuring what you think you are measuring? *Applied Animal Behaviour Science* 138; 162-169.
- Bailey, D.W., Gross, J.E., Laca, E.A., Rittenhouse, L.R., Coughenhour, M.B., Swift, D.M. y Sims, P.L.** 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Management* 49; 386-400.

- Barros-Rodríguez, M., Solorio-Sánchez, J., Ku-Vera, J., Ayala-Burgos, A., Sandoval-Castro, C., y Solís-Pérez, G.** 2012. Productive performance and urinary excretion of mimosine metabolites by hair sheep grazing in a silvopastoral system with high densities of *Leucaena leucocephala*. *Tropical Animal Health and Production* 448; 1873-1878.
- Beede, D.K. y Collier, R.J.** 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *Journal of Animal Science* 62; 543-554.
- Beever, D.E. y Mould, F.L.** 2000. Forage evaluation for efficient ruminant livestock production. 15-42. En: D.I. Givens, E. Owen, R.F.E. Axford y H.M. Omed (eds.) *Forage evaluation in ruminant nutrition*. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Beilharz, R.G., y Zeeb, K.** 1982. Social dominance in dairy cattle. *Applied Animal Ethology* 8; 79-97.
- Biesalski, H.K.** 2005. Meat as component of a healthy diet are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Science* 70; 509-524.
- Birner, R.** 1999. The role of livestock in agricultural development: theoretical approaches and their application in the case of Sri Lanka. Aldershot, UK: Ashgate Publishing.
- Blackshaw, J.K. y Blackshaw, A.W.** 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behavior: a review. *Animal Production Science* 34; 285-295.
- Blanchard, R.J., Hori, K., Tom, P. y Blanchard, D.** 1988. Social dominance and individual aggressiveness. *Aggressive Behaviour* 14; 195-203.
- Blokhuis, H.J.** 1984. Rest in poultry. *Applied Animal Behaviour Science* 12; 289-303.
- Boissy, A., Manteuffel, G., Jensen, M.B., Moe, R.O., Spruijt, B., Keeling, L.J., Winckler, C., Forkman, B., Dimitrov, I., Langbein, J., Bakken, M., Veissier, I. y Aubert, A.** 2007. Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiology &*

*Behavior* 92; 375-397.

- Broom, D.M.** 1981. *Biology of behaviour: Mechanisms, functions and applications*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Broom, D.M.** 1986. Indicators of poor welfare. *The British Veterinary Journal* 142; 524-526.
- Broom, D.M.** 1988. The scientific assessment of animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 20; 5-19.
- Broom, D.M.** 1991a. Animal welfare: concepts and measurement. *Journal of Animal Science* 69; 4167-4175.
- Broom, D.M.** 1991b. Assessing welfare and suffering. *Behavioural Processes* 25; 117-123.
- Broom, D.M.** 2008. Welfare assessment and relevant ethical decisions: key concepts. *ARBS Annual Review of Biomedical Sciences* 10; T79-T90.
- Broom, D.M.** 2010. Animal welfare: an aspect of care, sustainability, and food quality required by the public. *Animal Welfare in Education and Research* 37; 83-88.
- Broom, D.M. y Fraser, A.E.** 2007. *Domestic animal behaviour and welfare*. 4 ed. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Brundtland, G.H.** 1987. World commission on environment and development. Our common future, 8-9. Oxford: Oxford University Press.
- Cancino, L.R. y Rivera, J.A.L.** 2010. La ganadería en el contexto de la biodiversidad. En: R. Durán y M. Méndez (eds.). *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*. Yucatán, México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.

- Carranza-Montaño, M.A., Sánchez-Velásquez, L.R., Pineda-López, M.R. y Cuevas-Guzmán, R.** 2003. Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la sierra de Manatlan, México. *Agrociencia* 37; 203-210.
- Challenger, A. et al.** 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 37-73.
- Challenger, A. y Soberón, J.** 2008. Los ecosistemas terrestres, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. D.F., México: CONABIO.
- Chilibroste, P.** 1999. Grazing time: the missing link? A study on the plant-animal interface by integration of experimental and modeling approaches. Tesis Doctoral, Universidad de Wageningen, Wageningen, Países Bajos.
- Coates, D.B. y Penning, P.** 2000. Measuring animal performance. 353-402. En: L. t' Mannetje y R.M. Jones (eds.). *Field and laboratory methods for grassland and animal production research*. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Combs, D.** 1996. Drinking water requirement for heat stressed dairy cattle. University of Wisconsin Dairy Profit Report, 8(3).
- Conradt, L. y Roper, T.J.** 2000. Activity synchrony and social cohesion: a fission-fusion model. *Proceedings of the Royal Society B* 267; 2213-2218.
- Coulon, M., Baudoin, C., Depaulis-Carre, M., Heyman, Y., Renard, J. P., Richard, C., y Deputte, B. L.** 2007. Dairy cattle exploratory and social behaviors: Is there an effect of cloning?. *Theriogenology* 68; 1097-1103.
- Crawley, M.J.** 2007. *The R book*. Chichester, UK: John Wiley and Sons.

- Crescio, M., Forastiere, F., Maurella, C., Ingravalle, F y Ru, G.** 2010. Heat-related mortality in dairy cattle: A case crossover study. *Preventive Veterinary Medicine* 97; 191-197.
- Da Silva, S.C., do Nascimento Júnior, D., y Euclides, V.B.P.** 2008. Pastagens: Conceitos básicos, produção e manejo. Universidade Federal de Viçosa, MG Brasil.
- Dawkins, M.S.** 2004. Using behaviour to assess animal welfare. *Animal welfare* 13; S3-S7.
- De Boer, A.J., Yazman, J.A. y Raun, N.S.** 1994. Animal agriculture in developing countries. Morrilton, USA: Winrock International.
- De Waal, F.B.M.** 2000. The first kiss. Foundations of conflict resolution research in animals. 15-33. En: F. Aureli y F.B.M. de Waal (eds.). *Natural conflict resolution*. Berkeley, California: University of California Press.
- Deag, J.M.** 1996. Behavioural ecology and the welfare of extensively farmed animals. *Applied Animal Behaviour Science* 49; 9-22.
- Dechamps, P., Nicks, B., Canart, B. y Istasse, L.** 1989. Influence of supplemental lighting on the resting behaviour of fattening bulls kept in a stanchion barn. *Applied Animal Behaviour Science* 22; 303-311.
- Difante, G.D.S., Euclides, V.P.B., Nascimento Júnior, D.D., Silva, S.C.D., Torres Júnior, R.A.D.A., y Sarmiento, D.O.D.L.** 2009. Ingestive behaviour, herbage intake and grazing efficiency of beef cattle steers on Tanzania guineagrass subjected to rotational stocking managements. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38; 1001-1008.
- Dove, H.** 1996. The ruminant, the rumen and the pasture resource: nutrient interactions in the grazing animal. 219-246. En: J. Hodgson y A.W. Illius (eds.) *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford, UK: CABI Publishing.

**Drummond, H.** 2001. A revaluation of the role of food in broodmate aggression. *Animal Behaviour* 61; 517-526.

**Estevez, I., Andersen, I.L. y Nævdal, E.** 2007. Group size, density and social dynamics in farm animals. *Applied Animal Behaviour Science* 103; 185-204.

**Færevik, G., Tjentland, K., Løvik, S., Andersen, I.L. y Bøe, K.E.** 2008. Resting pattern and social behaviour of dairy calves housed in pens with different sized lying areas. *Applied Animal Behaviour Science* 114; 54-64.

**FAO** 2007. Cómo enfrentarse a la interacción entre la ganadería y el medio ambiente. Roma.

**FAO** 2009. La ganadería a examen. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Roma.

**FAO** 2010a. Global Forest Resources Assessment. Roma.

**FAO** 2010b. World livestock and food security. Roma.

**FAO** 2012. Statistical yearbook. World food and agriculture. Roma.

**Fernandes, S.L., Martins, M.R., Roche, M.G., Conçalves, L.C., Borges, I. y Ribeiro, R.L.G.** 2010. Nutritional evaluation of Braquirao grass in association with Aroeira trees in a silvopastoral system. *Agroforestry Systems* 79; 189-199.

**Fraser, A.F. y Broom, D.M.** 1990. Farm Animal behaviour and Welfare. Wallingford, UK: CABI Publishing.

**Fregonesi, J.A. y Leaver, J.D.** 2001. Behaviour, performance and health indicators of welfare for dairy cows in strawyard or cubicle systems. *Livestock Production Science* 68; 205-216.

**Galindo, F., y Broom, D.M.** 2002. The effects of lameness on social and individual behavior of dairy cows. *Journal of Applied Animal Welfare Science* 5; 193-201.

**Gallardo, J., Villamar, L., Guzmán, H. y Ruíz, N.** 2004. Situación actual y perspectiva de la

producción de carne de res en México. México, D.F: SAGARPA.

**Godfray, H.C., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J.M., Robinson, S., Thomas, S.M., y Toulmin, C.** 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327; 812-818.

**Gordon, I.J. y Benvenuti, M.** 2006. Food in 3D: how ruminant livestock interact with sown sward architecture at the bite scale. 263-277. En: V. Bels. *Feeding in domestic vertebrates: from structure to behaviour*. Wallingford, UK: CABI Publishing.

**Greenwood, P.J.** 1980. Mating systems, philopatry and dispersal in birds and mammals. *Animal behaviour* 28; 1140-1162.

**Hafez, E.S.E. y Bouissou, M.F.** 1975. Mating behaviour in animals. 203-245. En: The Behaviour of Domestic Animals. London, UK:

**Haley, D.B., Rushen, J. y De Passille, A.M.** 2000. Behavioural indicators of cow comfort: activity and resting behaviour of dairy cows in two types of housing. *Canadian Journal of Animal Science*, 80; 257-263.

**Hall, S.J.G.** 2002. Behaviour of cattle. 131-143. En: P. Jensen (ed.) *The ethology of domestic animals an introductory text*. Wallingford, UK: CABI Publishing.

**Hancock, J.** 1954. Studies of grazing behavior in relation to grassland management. *The Journal of Agricultural Science* 44; 420-429.

**Hänninen, L., De Passille, A. M. y Rushen, J.** 2005. The effect of flooring type and social grouping on the rest and growth of dairy calves. *Applied Animal Behaviour Science* 91; 193-204.

- Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., Beveridge, L., y Matthews, L.R.** 1995. The welfare of extensively managed dairy cattle: A review. *Applied Animal Behaviour Science* 42; 161-182.
- Herbers, J.M.** 1981. Time resources and laziness in animals. *Oecologia* 49; 252-262.
- Horowitz M.** 2001. The cultural roles of agriculture: scope, documentation and measurement. Roma, Italia: FAO.
- Huntingford, F. y Turner, A.** 1987. Animal conflict. London, UK: Chapman and Hall.
- Husak, A.L. y Grado, S.C.** 2002. Monetary benefits in a Southern silvopastoral system. *Southern Journal of Applied Forestry* 26; 159-164.
- Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F. y Rojas, J.** 2012. Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. *Pastos y Forrajes* 29.
- Ishker, V.a., Heinrichs, J. y Varga, G.A.** 1996. From Feed to Milk: Understanding Rumen Function. Extension Circular N° 422. College of Agricultural Sciences, Cooperative Extension. The Pennsylvania State University. USA.
- McDowell, R.E., Hooven, N.W., y Camoens, J.K.** 1976. Effect of climate on performance of Holsteins in first lactation. *Journal of Dairy Science* 59; 965-971.
- Jensen, P. y Toates, F.M.** 1993. Who needs behavioural needs? Motivational aspects of the needs of animals. *Applied Animal Behaviour Science* 37; 161-181.
- Johnson, D.M.** 1987. Environmental design guidelines for a second generation, LEO, permanently manned space station. Tesis doctoral, Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts. USA.

- Kalueff, A.V. y Tuohimaa, P.** 2004. Grooming analysis algorithm for neurobehavioural stress research. *Brain Research Protocols* 13; 151-158.
- Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., y Maltz, E.** 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science* 77; 59-91.
- Keeling, L. y Jensen, P.** 2002. Behavioural disturbances, stress and welfare. 79-98. En: P. Jensen (ed.) *The ethology of domestic animals an introductory text*. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Keeling, L.J., y Gonyou, H.W.** 2001. Social behavior in farm animals. Oxon, UK: CABI Publishing.
- Korstjens, A.H., Lehmann, J. y Dunbar, R.I.M.** 2010. Resting time as an ecological constraint on primate biogeography. *Animal Behaviour*, 79; 361-374.
- Krohn, C.C.** 1994. Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments. III. Grooming, exploration and abnormal behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 42; 73-86.
- Krohn, C.C. y Munksgaard, L.** 1993. Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments II. Lying and lying-down behaviour. *Applied animal behaviour science* 37; 1-16.
- Kyriazakis, I. y Tolkamp, B.** 2011. Hunger and Thirst. 44-63. En: M.C. Appleby, J.A. Mench, I.A.S. Olsson y B.O. Hughes, (eds.) *Animal welfare*, (ed. 2). Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Laca, E.A. y Demment, M.W.** 1996. Foraging strategies of grazing animals. 137-158. En: J. Hodgson y A.W. Illius (eds.) *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford, UK: CABI Publishing.

- Laister, S., Stockinger, B., Regner, A.M., Zenger, K., Knierim, U. y Winckler, C.** 2011. Social licking in dairy cattle: Effects on heart rate in performers and receivers. *Applied Animal Behaviour Science* 130; 81-90.
- Lamb, D., Erskine, P.D. y Parrotta, J.A.** 2005. Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science* 310; 1628-1632.
- Langbein, J., y Nichelmann, M.** 1993. Differences in behaviour of free-ranging cattle in the tropical climate. *Applied Animal Behaviour Science* 37; 197-209.
- Lynch, J.J., Flinch, G.N. y Adams, D.B.** 1992. The behaviour of sheep: Biological Principles and Implications for Production. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Malachek, J.C. y Balph, D.F.** 1987. Diet selection by grazing and browsing livestock. 121-132. En: J.B. Hacker y J.H. Ternouth (eds.) *The nutrition of herbivores*. Academic Press, Sydney.
- Mandler, G.** 1964. The interruption of behavior. En: *Nebraska symposium on motivation*. Nebraska, USA: University of Nebraska Press.
- Mason, G.J. y Burn, C.** 2011. Behavioural restriction. 98-119. En: M.C. Appleby, J.A. Mench, I.A.S. Olsson y B.O. Hughes, (eds.) *Animal welfare*, (ed. 2). Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Manteca, X., Villalba, J.J., Atwood, S.B., Dziba, L. y Provenza, F.D.** 2008. Is dietary choice important to animal welfare? *Journal of Veterinary Behavior* 3; 229-239.
- Martin, P. & Bateson, P.** 2007. *Measuring behaviour: an introductory guide*, 3<sup>a</sup>ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. Sinclair, L.A. y Wilkinson,**

- R.G.** 2011. *Animal Nutrition* 7 ed. Edinburg, UK: Pearson.
- McIlroy, S.K.** 2008. *Identifying Ecological Patterns and Processes in Montane Meadows of the Sierra Nevada Range*. Michigan, USA: ProQuest.
- Mendl, M. y Deag, J.M.** 1995. How useful are the concepts of alternative strategy and coping strategy in applied studies of social behaviour? *Applied Animal Behaviour Science* 44; 119-137.
- Metz, J.H.M.** 1975. *Time patterns of feeding and rumination in domestic cattle*. Tesis Doctoral, Universidad de Wageningen, Wageningen, Países Bajos.
- Mills, D.S., Marchant-Forde, J.N., McGreevy, P.D., Morton, D.B., Nicol, C.J., Phillips, C.J.C., Sandoe, P. y Swaisgood.** 2010. *The Encyclopedia of Applied Animal Behavior and Welfare*. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Minson, D.J.** 1990. *Forage in ruminant nutrition*. California, USA: Academic Press, Inc.
- Miranda-de la Lama, G.C. y Mattiello, S.** 2010. The importance of social behaviour for goat welfare in livestock farming. *Small Ruminant Research* 90; 1-10.
- Mogensen, L., Krohn, C.C., Sørensen, J.T., Hindhede, J. y Nielsen, L.H.** 1997. Association between resting behaviour and live weight gain in dairy heifers housed in pens with different space allowance and floor type. *Applied Animal Behaviour Science* 55; 11-19.
- Moreno, G. y Pulido, F.J.** 2008. The functioning, management and persistence of deceses. *Agroforestry in Europe*, 127-160.
- Munksgaard, L. y Simonsen, H.B.** 1996. Behavioral and pituitary adrenal-axis responses of dairy cows to social isolation and deprivation of lying down. *Journal of animal science* 74; 769-778.

**Munksgaard, L., Jensen, M.B., Pedersen, L.J., Hansen, S.W. y Matthews, L.** 2005.

Quantifying Behavioural priorities- effects of time constraints on behaviour of dairy cows, *Bos taurus*. *Applied Animal Behaviour Science* 92; 3-14.

**Murgueitio, E. y Sólario, B.** 2008. El SSp intensivo, un modelo exitoso para la competitividad ganadera en Colombia y México. En: *V Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible*. Universidad Rómulo Gallegos, Universidad Central de Venezuela, Universidad de Zulia. Maracay, Venezuela.

**Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A. y Sólario, B.** 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management* 261; 1654-1663.

**Murgueitio, E., e Ibrahim, M.** 2001. Agroforestería pecuaria para la reconversión de la ganadería en Latinoamérica. *Livestock Research for Rural Development* 13; 26-35.

**Nakanishi, Y., Mutoh, Y. y Umetsu, R.** 1993. Interrelationships among maintenance behaviour, agonistic behaviour and live weight change in a beef cattle herd after introducing a strange cow. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University* 37; 209-218.

**Napolitano, F., Knierim, U., Grasso, F. y De Rosa, G.** 2009. Positive indicators of cattle welfare and their applicability to on-farm protocols. *Italian Journal of Animal Science* 8; 355-365.

**Nasrullah, M., Niimi, R. y Kawamura, O.** 2003. Nutritive evaluation of forage plants grown in South Sulawesi, Indonesia. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 16; 693-701.

**Nicks, B., Dechamps, P., Canart, B. y Istasse, L.** 1988. Resting behaviour of Belgian White-Blue and Friesian fattening bulls in a tie-stall barn. *Applied Animal Behaviour Science* 21; 259-266.

- Nielsen, L.H., Mogensen, L., Krohn, C., Hindhede, J. y Sorensen, J.T.** 1997. Resting and social behaviour of dairy heifers housed in slatted floor pens with different sized bedded lying areas. *Applied Animal Behaviour Science* 54; 307–316.
- Nikkhah, A.** 2011. Bioscience of ruminant intake evolution: feeding time models. *Advances in Bioscience and Biotechnology* 2; 271-274.
- Osborne, P.L.** 2000. Tropical ecosystems and ecological concepts. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Pagiola, S., Ramírez, E., Gobbi, J., de Haan, C., Ibrahim, Murgueitio, E. y Ruíz, J.P.** 2007. Paying for the environmental services of silvopastoral practices in Nicaragua. *Ecological Economics* 64; 374-385.
- Parish, J.A. y Rhinehart, J.D.** 2009. Dealing with excessively wet conditions on beef cattle operations. Mississippi State University Extension Service, Starkville, Mississippi.
- Pfaff, A.S.P., Kerr, S., Hughes, R.F., Liu, S., Sanchez-Azofeifa, G.A., Schimel, D., Tosi, J. y Watson, V.** 2000. The Kyoto protocol and payments for tropical forest: an interdisciplinary method for estimating carbon-offset supply and increasing the feasibility of carbon market under the CDM. *Ecological Economics* 35; 203-221.
- Phillips, C.** 2002. Cattle behaviour and welfare. 2<sup>o</sup>ed. Malden, USA: Blackwell Publishing.
- Plesch, G., Broerkens, N., Laister, S., Winckler, C. y Knierim, U.** 2010. Reliability and feasibility of selected measures concerning resting behavior for the on-farm welfare assessment in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 126; 19-26.
- Poppi, D.P., Norton, B.W., Minson, D.J., y Hendricksen, R.E.** 1980. The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. *The Journal of Agricultural Science* 9; 275-280.

- Preuschoft, S. y van Schaik, C.P.** 2000. Dominance and communication: Conflict management in various social settings. 77-105. En: F. Aureli y F.B.M. de Waal (eds.). *Natural conflict resolution*. University of California Press.
- Provenza, F.D. y Balph, D.F.** 1987. Diet learning by domestic ruminants: theory, evidence and practical implications. *Applied Animal Behaviour Science* 18; 211-232.
- Rault, J.L.** 2011. Friends with benefits: Social support and its relevance for animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 136; 1-14.
- Reinhardt, C., Reinhardt, A., y Reinhardt, V.** 1986. Social behaviour and reproductive performance in semi-wild Scottish Highland cattle. *Applied Animal Behaviour Science* 15; 125-136.
- Rich, G.B.** 1973. Grooming and yarding of spring-born calves prevent paralysis caused by the Rocky Mountain wood tick. *Canadian Journal of Animal Science* 53; 377-378.
- Riechert, S.E.** 1998. Game theory and animal contest. 64-93. En: L. A. Dugatkin y H. K. Reeve (eds.). *Game theory and animal behavior*. NY, USA: Oxford University Press.
- Riethmuller, P.** 2003. The social impact of livestock. A developing country perspective. *Animal Science Journal* 74; 243-253.
- Rivera, J.C., Madrid-Bury, N., González-Stagnaro, C., y Sandoval-Sánchez, L.** 2001. Efecto del índice de humedad-temperatura sobre la tasa de fertilidad en vacas mestizas. *Revista Científica* 11.
- Roca, A.** 2011. Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en el tiempo de cambio climático. *Espamciencia* 2; 15-25.
- Roman-Ponce, H., Thatcher, W.W., y Wilcox, C.J.** 1981. Hormonal interrelationships and physiological responses of lactating dairy cows to a shade management system in a

subtropical environment. *Theriogenology* 16; 139-154.

**Romney, D.L. y Gill, M.** 2000. Intake of forages. Pp 43-62. En: D.I. Givens, E. Owen, R.F.E. Axford y H.M. Omed (eds.) *Forage evaluation in ruminant nutrition*. Wallingford, UK: CABI Publishing.

**Rousing, T. y Wemelsfelder, F.** 2006. Qualitative assessment of social behaviour of dairy cows housed in loose housing systems. *Applied Animal Behaviour Science* 101; 40-53.

**Sandoval-Castro, C.A., Anderson, S., y Leaver, J.D.** 2000. Production responses of tropical crossbred cattle to supplementary feeding and to different milking and restricted suckling regimes. *Livestock Production Science* 66; 13-23.

- **, J.R., Ku-Vera, J.C., González-Valencia, C., y Ramón-Ugalde, J.P.** 2003. Ewes production in a pasture of star grass (*Cynodon nlemfuensis*) fertilized with swine lagoon effluent. *Small Ruminant Research* 49; 135-139.

**Sansoucy, R., Jabbar, M.A., Ehui, S. y Fitzhugh, H.** 1995. The contribution of livestock to food security and sustainable development. World food and agriculture. Roma.

**Sansoucy, R.** 1995. Livestock a driving force for food security and sustainable development. *World Animal Review* 3-4; 5-17.

**Šá ová, R., Šp k, M., P má, J. L. A., & Š meček, P.** 2010. Graded leadership by dominant animals in a herd of female beef cattle on pasture. *Animal Behaviour* 79; 1037-1045.

**Sato, S.** 1984. Social licking pattern and its relationships to social dominance and live weight gain in weaned calves. *Applied Animal Behaviour Science* 12; 52-32.

**Sato, S., Sako, S. y Maeda, A.** 1991. Social Licking patterns in cattle (*Bos Taurus*): influence of environmental and social factors. *Applied Animal Behaviour Science* 32; 3-12.

- Sato, S., Tarumizu, K. y Hatae, K.** 1993. The influence of social factor on allogrooming in cows. *Applied Animal Behaviour Science* 38; 235-244.
- Saunders, D.A. y Hobbs, R.J.** 1991. Nature Conservation 2: The role of corridors. Sidney, AUS: Surrey Beatty & Sons.
- Schein, M.W. y M.H. Fohrman.** 1955. Social dominance relationships in a herd of dairy cattle. *Journal of Animal Behaviour* 3; 45-55.
- Schütz, K.E., Cox, N.R. y Matthews, L.R.** 2008. How important is shade to dairy cattle? Choice between shade or lying following different levels of lying deprivation. *Applied Animal Behaviour Science* 114; 307-318.
- Schütz, K.E., Rogers, A.R., Poulouin, Y.A., Cox, N.R. y Tucker, C.B.** 2010. The amount of shade influences the behaviour and physiology of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 93; 125-133.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity.** 2001. The Value of Forest Ecosystems. Montreal, SCBD.
- Shelton, H.M., Franzel, S. y Peters, M.** 2005. Adoption of tropical legume technology around the world: analysis of success. *Tropical Grasslands* 39; 198-209.
- Sosa, R.E.E., Sansores, L.L.I, Zapata, G. y Ortega, B.L.R.** 2000. Composición botánica y valor nutricional de la dieta de bovinos en un área de vegetación secundaria en Quintana Roo. *Técnica Pecuaria México* 38; 105-117.
- Sousa, L.F., Maurício, R.M., Saliba, E. y Moreira, G.R.** 2007. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvopastoril. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 56; 658-664.

**Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. y de Haan, C.** 2006.

Livestock's long shadow: environmental issues and options. Roma, Italia: United Nations Food and Agriculture Organization.

**Stobbs, T.H.** 1970. Automatic measurements of grazing time by dairy cows on tropical grass and legume pastures. *Tropical Grasslands* 4; 237-244.

**Stull, R.** 2011. Wet-Bulb Temperature from relative humidity and air temperature. *American Meteorological Society* 2267-2269.

**Toates, F.** 2001. Biological psychology: an integrative approach. Harlow, UK: Prentice-Hall.

**Toates, F.** 2002. Physiology, motivation and the organization of behavior. 31-50. En: P. Jensen (ed.) *The ethology of domestic animals an introductory text*. Wallingford, UK: CABI Publishing.

**Tucker, C.B., Rogers, A.R. y Schütz, K.E.** 2008. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behaviour Science* 109; 141-151.

**Turner, I.M. y Corlett, R.T.** 1996. The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest. *Tree* 11; 330-333.

**Ulyatt, M.J.** 1973. The feeding value of herbage. 131-178. En: G.W. Butler y R.W. Bailey (eds.). *Chemistry and biochemistry of herbage*. London, UK: London Academic Press Inc. Ltd.

**Ungar, E.D.** 1996. Ingestive behaviour. 185-218. En: J. Hodgson y A.W. Illius (eds.) *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford, UK: CABI Publishing.

**United Nations.** 2009. The Millennium Development Goals Report UN Dept. of Economic and Social Affairs (DESA), New York, USA.

**Val-Laillet, D., Guesdon, V., von Keyserlingk, M.A.G., Passille, A.M. y Rushen, J.** 2009.

Allogrooming in cattle: relationships between social preferences, feeding displacements and social dominance. *Applied Animal Behaviour Science* 116; 141-149.

**Van Soest, P.J.** 1981. Limiting factors in plant residues of low biodegradability. *Agriculture and Environment* 6; 135-143.

**Van Soest, P.J.** 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant. New York, USA: Cornell University Press.

**Van Soest, P.J., Robertson, J.B. y Lewis, B.A.** 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science* 74; 3583-3597.

**Wallis de Vries, M.F. y Daleboudt, C.** 1994. Foraging strategy of cattle in patchy grassland. *Oecologia* 100; 98-106.

**Weary, D. y Fraser, D.** 2002. Social and reproductive behaviour. 65-77. En: P. Jensen (ed.). The ethology of domestic animals: an introductory text. Wallingford, UK: CABI Publishing.

**Welch, J.G., y Smith, A.M.** 1970. Forage Quality and Rumination Time in Cattle. *Journal of Dairy Science* 53; 797-800.

**Welfare Quality.** 2009. Assessment protocol for cattle.

**West, J.W.** 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 86; 2131-2144.

**Wood, M.T.** 1977. Social grooming patterns in two herds of monozygotic twin dairy cows. *Animal Behaviour* 25; 635-642.

## APÉNDICE I

### *Conducta agonística*

**Pelea:** Dos contrincantes empujan vigorosamente las cabezas unas contra la otra, mientras fijan las patas en el suelo en posición de caballete y ambos aplican fuerza sobre el otro (Welfare Quality, assessment protocol for cattle).

**Topete de cabeza:** Interacción que involucra contacto físico, en la cual el actor topetea, golpea o empuja al receptor con la frente, cuernos o base de los cuernos, con movimientos de fuerza (Welfare Quality, assessment protocol for cattle).

**Levantamiento:** El actor utiliza fuerza física de contacto contra un animal echado, lo que produce que el animal receptor se levante (Welfare Quality, assessment protocol for cattle).

**Desplazamiento:** Interacción que involucra contacto físico, en la cual el actor realiza tope de cabeza o cualquier otra agresión utilizando movimientos fuertes y como resultado el receptor cede su posición presente, alejándose (Welfare Quality, assessment protocol for cattle).

### *Conductas afiliativas*

**Lamido social:** Lamer, oler y dar mordisquitos a otro individuo en alguna parte del cuerpo (cabeza, hombros, costados, espalda y cola; Welfare Quality). Contacto táctil oral, direccionado a la superficie del cuerpo excepto la región anal, ubres o pesuñas, de otro individuo. El animal que lame, toca repetidamente al receptor, con la lengua al realizar

movimientos de cabeza hacia adelante y hacia atrás (Laister *et al.* 2011).

**Frotamiento social:** Un animal frota la cabeza, contra la cabeza o cuerpo de otro animal (Krohn 1993).

**Recargamiento:** Un animal soporta la cabeza sobre la espalda de otro animal (Coulon *et al.* 2007).

### ***Conductas de mantenimiento***

**Rumiando:** regurgitación, masticamiento y tragado del alimento previamente ingerido.

**Echada:** El animal adopta una posición de descanso al tocar el suelo con el torso (Laister *et al.* 2011).

**Parada:** ausencia de actividad, con cuatro patas sobre el suelo sin movimiento de locomoción (Laister *et al.* 2011).

**Inactividad:** ausencia de actividad y sin movimiento de locomoción, en postura parada o echada.

**Locomoción:** movimiento hacia adelante por efecto de la colocación de una pata frente a la otra de manera secuencial.

## APÉNDICE II

### Resúmenes de los efectos aleatorios en los modelos construidos.

#### 1. Tiempo de pastoreo total diario

	Variables	gl	Coc. V	P
Modelo mínimo adecuado	Sistema	6	15.21	<b>0.00***</b>
	Temporada	6	18.37	<b>0.00***</b>
	Sistema*Temporada	7	13.44	<b>0.00**</b>

Variable dependiente	Efecto aleatorio	Varianza	d.e.	% de variación	Coc.de V	P
Tiempo total diario	potrero(día(vaca))	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99
	potrero(día)	295.50	17.19	87.02	19.43	<b>0.00***</b>
	potrero	44.09	6.64	12.98	31.33	<b>0.00***</b>

d.e.=desviación estándar, Coc de V= cociente de verosimilitud

#### 2. Tiempo de pastoreo por hora

	Variables	gl	Coc. V	P
Modelo inicial	Sistema	8.00	16.40	<b>0.00***</b>
	Temporada	8.00	16.79	<b>0.00***</b>
	Hora	8.00	306.80	<b>0.00***</b>
	ITH	8.00	17.66	<b>0.00***</b>
	Sistema*Temporada	13.00	29.87	<b>0.00***</b>
	Sistema*Hora	13.00	35.19	<b>0.00***</b>
	Temporada*Hora	13.00	61.63	<b>0.00***</b>
	Sistema*ITH	13.00	130.88	<b>0.00***</b>
	Temporada*ITH	15.00	0.70	0.60
	Sistema*Temporada*Hora	15.00	0.00	0.99
Sistema*Temporada*ITH	15.00	6.36	0.01	
Modelo mínimo adecuado	Sistema	8.00	16.40	<b>0.00***</b>
	Temporada	8.00	16.79	<b>0.00***</b>
	Hora	8.00	306.80	<b>0.00***</b>
	ITH	8.00	17.66	<b>0.00***</b>
	Sistema*Temporada	13.00	29.87	<b>0.00***</b>
	Sistema*Hora	13.00	35.19	<b>0.00***</b>
	Temporada*Hora	13.00	61.63	<b>0.00***</b>
	Sistema*ITH	13.00	130.88	<b>0.00***</b>
	Sistema*Temporada*ITH	15.00	6.36	0.01

Variable dependiente	Efecto aleatorio	Varianza	d.e.	% de variación	Coc.de. V	P
Tiempo de pastoreo por hora	potrero(día(vaca))	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99
	potrero(día)	5.34	2.31	74.54	17.33	<b>0.00</b>
	potrero	1.82	1.35	25.46	37.88	<b>0.00</b>

d.e.=desviación estándar, Coc de V= cociente de verosimilitud

## 2. Descanso y rumia

Variable dependiente	Efecto aleatorio	gl	Coc de V	P	
<b>Modelo inicial</b>	<b>Descanso</b>	Sistema	5	271.57	<b>0.00***</b>
		Temporada	5	52.19	<b>0.00***</b>
		Sistema*Temporada	6	13.84	<b>0.00**</b>
	<b>Intervalo de descanso</b>	Sistema	5	133.11	<b>0.00***</b>
		Temporada	5	26.74	<b>0.00***</b>
		Sistema*Temporada	6	11.72	<b>0.00**</b>
	<b>Rumia</b>	Sistema	5	257.00	<b>0.00***</b>
		Temporada	5	3.07	0.08
		Sistema*Temporada	6	0.11	0.74
	<b>Intervalo de rumia</b>	Sistema	5	107.21	<b>0.00***</b>
		Temporada	5	2.41	<b>0.12</b>
		Sistema*Temporada	6	4.11	<b>0.04</b>
	<b>Inactividad</b>	Sistema	5	41.91	<b>0.00***</b>
		Temporada	5	116.03	<b>0.00***</b>
		Sistema*Temporada	6	20.96	<b>0.00***</b>
	<b>Echada</b>	Sistema	5	0.62	0.43
		Temporada	5	11.04	<b>0.00**</b>
		Sistema*Temporada	6	11.04	<b>0.01*</b>
<b>Parada</b>	Sistema	5	209.06	0.00***	
	Temporada	5	104.27	<b>0.00***</b>	
	Sistema*Temporada	6	1.22	0.27	
<b>Modelo mínimo adecuado</b>	<b>Descanso</b>	Sistema	5	271.57	<b>0.00***</b>
		Temporada	5	52.19	<b>0.00***</b>
		Sistema*Temporada	6	13.84	<b>0.00**</b>
	<b>Intervalo de descanso</b>	Sistema	5	133.11	<b>0.00***</b>
		Temporada	5	26.74	<b>0.00***</b>
		Sistema*Temporada	6	11.72	<b>0.00**</b>
	<b>Rumia</b>	Sistema	5	257.00	<b>0.00***</b>
		Sistema	5	107.21	<b>0.00***</b>
		Sistema	5	41.91	<b>0.00***</b>
	<b>Intervalo de rumia</b>	Temporada	5	116.03	<b>0.00***</b>
		Sistema*Temporada	6	20.96	<b>0.00***</b>
		Sistema	5	0.62	0.43
	<b>Echada</b>	Temporada	5	11.04	0.00**
		Sistema*Temporada	6	11.04	0.01*

<b>Parada</b>	Sistema	5	209.06	0.00***
	Temporada	5	104.27	0.00***

Variable dependiente	Efecto aleatorio	Varianza	d.e.	% de variación	Coc de V	P
<b>Descanso</b>	potrero(día(vaca))	0.00	0.00	0	0.00	0.99
	potrero(día)	189.06	13.75	81	15.68	<b>0.00***</b>
	potrero	45.56	6.75	19	28.74	<b>0.00**</b>
<b>Intervalo de descanso</b>	potrero(día(vaca))	0.00	0.00	0	0.00	0.99
	potrero(día)	4.16	2.04	100	0.38	0.54
	potrero	0.00	0.00	0	0.38	0.83
<b>Rumia</b>	potrero(día(vaca))	0.00	0.00	0	0.00	0.99
	potrero(día)	95.26	9.76	96	10.11	<b>0.00**</b>
	potrero	3.61	1.90	4	15.81	<b>0.00**</b>
<b>Intervalo de rumia</b>	potrero(día(vaca))	0.00	0.00	0	0.00	0.99
	potrero(día)	13.62	3.69	100	4.40	<b>0.01*</b>
	potrero	0.00	0.00	0	4.40	0.11
<b>Inactividad</b>	potrero(día(vaca))	0.00	0.00	0	0.00	0.99
	potrero(día)	101.00	10.05	100	18.06	<b>0.00***</b>
	potrero	0.00	0.00	0	19.31	<b>0.00***</b>
<b>Echada</b>	potrero(día(vaca))	0.00	0.00	0	0.00	0.99
	potrero(día)	318.27	17.84	62	17.99	<b>0.00***</b>
	potrero	191.55	13.84	38	51.76	<b>0.00***</b>
<b>Parada</b>	potrero(día(vaca))	0.00	0.00	0	0.00	0.99
	potrero(día)	456.68	21.37	100	77.20	<b>0.00***</b>
	potrero	0.00	0.01	0	89.76	<b>0.00***</b>

d.e.= desviación estándar, Coc de V= cociente de verosimilitud

### 3. Conducta social

Variable dependiente	Efecto aleatorio	Varianza	d.e.	% de variación	X <sup>2</sup>	P
<b>Lamido</b>	temporada(potrero(día))	0.15	0.38	65.22	2.22	0.14
	temporada(potrero)	0.08	0.29	34.78	7.33	0.03
	temporada	0.00	0.00	0.00	7.46	0.02
<b>Frota</b>	temporada(potrero(día))	0.37	0.70	84.09	1.96	0.16
	temporada(potrero)	0.07	0.26	15.91	3.28	0.19
	temporada	0.00	0.00	0.00	3.28	0.19
<b>Recarga</b>	temporada(potrero(día))	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99
	temporada(potrero)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99
	temporada	0.04	0.21	100.00	0.07	0.96
<b>Juega</b>	temporada(potrero(día))	46.58	0.00	89.54	5.13	0.02
	temporada(potrero)	5.44	2.33	10.46	18.86	<b>0.00</b>
	temporada	0.00	0.00	0.00	22.61	<b>0.00</b>
<b>Afiliativas</b>	potrero(día)	0.00	0.05	1.70	0.02	0.92

	potrero	0.14	0.38	98.30	12.76	<b>0.00</b>
<b>Tope</b>	temporada(potrero(día))	0.11	0.34	73.33	16.14	<b>0.00</b>
	temporada(potrero)	0.04	0.20	26.67	27.62	<b>0.00</b>
	temporada	0.00	0.00	0.00	33.28	<b>0.00</b>
<b>Pelea</b>	temporada(potrero(día))	1.05	1.03	42.68	7.95	0.01
	temporada(potrero)	1.41	1.19	57.32	24.60	<b>0.00</b>
	temporada	0.00	0.00	0.00	24.73	<b>0.00</b>
<b>Levanta</b>	temporada(potrero(día))	2.50	1.58	100.00	3.78	0.06
	temporada(potrero)	0.00	0.00	0.00	7.78	0.15
	temporada	0.00	0.00	0.00	7.78	0.15
<b>Agonismo</b>	potrero(día)	0.02	0.16	24.46	4.24	<b>0.04</b>
	potrero	0.07	0.27	75.54	24.24	<b>0.00</b>
<b>Total Sociales</b>	potrero(día)	0.01	0.10	27.23	1.82	0.18
	potrero	0.03	0.16	72.77	1.56	<b>0.00</b>
<b>Sincronía</b>	potrero(día)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99
	potrero	0.00	0.00	100.00	0.08	0.78

---

d.e.= desviación estandar