



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Maestría en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal

**EVALUACIÓN DE ALGUNOS
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN
SISTEMAS DE BOVINOS EN PASTOREO
EN EL ESTADO DE VERACRUZ**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO EN MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

Karen Fabiola Mancera Alarcón.

Tutor: Dr. Francisco Galindo.

Comité Tutorial: Dr. Agustín Orihuela y Dr. Epigmenio Castillo.



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.

DEDICATORIAS

Como todos mis logros, esta maestría representa no solo mi esfuerzo, sino el apoyo incondicional de mis verdaderos amigos y mi familia, los cuales siempre están a mi lado brindándome fuerza, consejos, aliento y sobre todo, risas y alegrías que son la energía que me inspira y me transforma.

Gracias a todos por convertirme constantemente en una mejor persona.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis fue realizada bajo el marco del proyecto de colaboración entre la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la Universidad Veracruzana (UV) bajo la dirección del Dr. Francisco Galindo Maldonado, miembro del Departamento de Etología, Fauna Silvestre y Animales de Laboratorio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la UNAM. Para la Realización de esta tesis gocé de una beca de maestría otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) proporcionada a través del programa Posgrados de Calidad en el periodo 2008-2010.

Este trabajo contó con el valioso apoyo del Dr. Heliot Zarza, investigador del Instituto de Ecología de la UNAM y docente de la FMVZ- UNAM, en el análisis de las imágenes aéreas de cada rancho descrito en los procedimientos así como el apoyo del Dr. Carlos González- Rebeles como asesor externo del presente comité tutorial. También se contó con el apoyo técnico del Dr. Apolo Carrasco y el Dr. Felipe Montiel y sus respectivos equipos para las mediciones de bienestar animal y la toma de coordenadas con GPS, respectivamente.

Finalmente se agradece a los miembros del comité tutorial y al jurado de examen de esta tesis por la revisión y los comentarios realizados con el fin de mejorar este trabajo.

El comité tutorial estuvo integrado por:

Dr. Epigmenio Castillo Gallegos.

Dr. Agustín Orihuela Trujillo.

El Jurado de examen estuvo integrado por:

Presidente: Dra. Leonor Sanginés García.

Secretario: Dr. Epigmenio Castillo Gallegos.

Vocal: Dr. Carlos González- Rebeles Islas.

Suplente: Dr. Gerardo Suzán Aspíri.

Suplente: Dr. Felipe Montiel Palacios.

ÍNDICE

1. RESUMEN.	7
2. ABSTRACT.	8
3. INTRODUCCIÓN.	9-10
3.1. Hipótesis	
3.2. Objetivos	
4. REVISIÓN DE LITERATURA.	11- 27
4.1. Ganadería en México: Estado de Veracruz.	
4.2. Sistemas silvopastoriles.	
4.3. Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación de sistemas ganaderos alternativos.	
4.4. Bienestar animal como indicador de la adaptabilidad del componente animal en sistemas ganaderos alternativos.	
5. METODOLOGÍA.	28- 42
5.1. Zona de estudio y selección de unidades de producción a evaluar.	
5.2. Animales.	
5.3. Muestreo de vegetación.	
5.3.1. Variables de muestreo.	
5.3.2. Obtención de perímetros de áreas de pastoreo.	
5.3.3. Obtención de imágenes satelitales.	
5.3.4. Georreferenciación.	
5.3.5. Formación de polígonos de vegetación y obtención de áreas.	
5.3.6. Análisis de tipo de distribución arbórea.	
5.4. Índices de bienestar animal.	
5.4.1. Obtención de datos de comportamiento, salud y producción.	
5.4.1.1. Comportamiento agonístico.	
5.4.1.2. Distancia de huida.	
5.4.1.3. Indicadores de salud del hato.	
5.4.1.4. Facilidad de movimiento y expresión de otros comportamientos	
5.4.2. Cálculo de puntajes para cada variable y asignación a categoría de bienestar.	
5.4.2.1. Cálculo de puntaje para el comportamiento agonístico.	
5.4.2.2. Cálculo de puntaje para la distancia de huida.	
5.4.2.3. Cálculo de puntajes para la condición corporal.	
5.4.2.4. Cálculo de puntaje para lesiones (alteraciones cutáneas y claudicaciones).	
5.4.2.5. Cálculo de puntaje para facilidad de movimiento.	
5.4.2.6. Cálculo de puntaje para expresión de otros comportamientos.	
5.4.3. Relación entre cobertura vegetal y ciertos indicadores de bienestar.	
6. RESULTADOS	43- 48
6.1. Análisis de cobertura vegetal.	
6.1.1. Análisis de áreas.	
6.1.2. Análisis de tipo de distribución del elemento arbóreo.	
6.2. Evaluación de algunos indicadores de bienestar animal	
6.2.1. Condición corporal.	
6.2.2. Facilidad de movimiento (hrs/días/año en el potrero).	
6.2.3. Expresión de otros comportamientos (días (+ de 6 hrs)/año en el potrero).	
6.2.4. Lesiones.	
6.2.5. Distancia de huida.	

- 6.2.6. Comportamiento agonístico.
- 6.2.7. Relación entre cubierta y ciertos indicadores del bienestar.

7. DISCUSIÓN.	49- 64
7.1. Composición del paisaje como elemento en la toma de decisiones de manejo ambientalmente sostenible.	
7.2. Evaluación de algunos indicadores de bienestar animal.	
7.2.1. Condición corporal.	
7.2.2. Facilidad de movimiento y expresión del comportamiento.	
7.2.3. Lesiones.	
7.2.4. Distancia de huida.	
7.2.5. Comportamiento agonístico.	
8. CONCLUSIONES.	65
9. BIBLIOGRAFÍA.	66-83
10. ANEXOS.	84-87
10.1. Formatos utilizados para medición de variables en campo.	
10.1.1. Formato para medir comportamiento cuantitativo.	
10.1.2. Formato para medir zona de huida.	
10.1.3. Formato para medir salud.	
10.2. Tamaño de muestra para la evaluación de salud.	

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Porcentaje de cobertura vegetal, potrero y área total en m ² .	Pág. 43
Cuadro 2. Puntajes obtenidos a través de los protocolos de WQ®.	Pág. 47
Cuadro 3. Relaciones significativas a partir del coeficiente de correlación de Spearman.	Pág. 48
Cuadro 4. Tamaño de muestra para la evaluación de salud.	Pág. 87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Selección de polígonos del rancho “El Copite”. Cada área marcada está convertida a coordenadas UTM asociada a una tabla que presenta el área en m ² .	Pág. 31
Figura 2. Polígono del rancho “El Rubí” subdividido por tipo de distribución arbórea. Simbología de colores: rojo = bosque ripario; amarillo = cerca viva; verde = potrero; morado = potrero arbolado; azul = elementos arbóreos del potrero arbolado.	Pág. 32
Figura 3. Cálculo de puntajes para la expresión de comportamiento agonístico de acuerdo a la frecuencia de cabezazos y desplazamientos (peso: 0.36 para cabezazos [4] y 1 para desplazamientos [11]) y en comparación con una situación extrema con 160 cabezazos y 340 desplazamientos. (Fuente: Protocolo “Assesement protocol for cattle” de WQ®, 2009).	Pág. 36
Figura 4. Cálculo de puntajes para la distancia de huida de acuerdo a la proporción de animales que no pueden ser tocados (peso: 0.12, 0.42 y 1 para animales con distancias de acercamiento de menos de 0.5 m [3], mas de 0.5 m y menos de 1 m [11] y más de 1 m [26]). (Fuente: Protocolo “Assesement protocol for cattle” de WQ®, 2009).	Pág. 37
Figura 5. Cálculo de puntajes para ausencia de hambre prolongada de acuerdo al porcentaje de vacas muy delgadas en el hato. (Fuente: Protocolo “Assesement protocol for cattle” de WQ®, 2009).	Pág. 38
Figura 6. Cálculo de puntaje parcial para alteraciones cutáneas, de acuerdo al % de animales afectados por alteraciones moderadas y el % de animales afectados por alteraciones severas (pesos: 0.2 para moderadas [1] y 1 para alteraciones severas [5]). (Fuente: Protocolo “Assesement protocol for cattle” de WQ®, 2009).	Pág. 39

Figura 7. Cálculo de puntaje parcial para cojeras de acuerdo al % de animales moderadamente cojos y el % de animales severamente cojos (peso: 0.14 para moderados [2] y 1 para severos [7]). (Fuente:Protocolo “Assesement protocol for cattle” de WQ®, 2009). **Pág. 40**

Figura 8. Diagrama de decisión para facilidad de movimiento. (Fuente:Protocolo “Assesement protocol for cattle” de WQ®, 2009) **Pág. 41**

Figura 9. Cálculo de puntaje para la expresión de otros comportamientos de acuerdo a la proporción de días por año en el potrero. (Fuente:Protocolo “Assesement protocol for cattle” de WQ®, 2009). **Pág. 42**

Figura 10. Porcentaje de tipo de distribución arbórea con respecto al 100 % del área total. **Pág. 44**

Figura 11. Porcentaje de cobertura arbórea en potrero arbolado. **Pág. 45**

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Rancho “El Copite”. Los puntos obtenidos en campo y finalmente georreferidos en la imagen son los vértices del polígono de la zona de pastoreo (en línea negra). Las áreas rosas representan la cobertura arbórea del rancho. **Pág. 30**

Mancera Alarcón, K.F. 2010.

Evaluación de algunos indicadores de sostenibilidad en sistemas de bovinos en pastoreo en el estado de Veracruz.

Tesis de Maestría, FMVZ - UNAM, México, 92 pags.

1. RESUMEN

La ganadería es una de las actividades económicas más importantes del país pero al mismo tiempo se encuentra fuertemente asociada a la deforestación. El estado de Veracruz es un ejemplo de esta problemática, ya que mucha de su superficie se ha transformado para dar lugar a áreas de pastoreo extensivo. Por esta razón, es importante encontrar estrategias que permitan la conversión hacia sistemas ganaderos sostenibles que generen beneficios tanto para el productor como para el ambiente. Los sistemas silvopastoriles, donde árboles y/o arbustos crecen en tierras dedicadas al pastoreo, es una solución para esta problemática.

Se evaluaron 10 ranchos en el centro de Veracruz considerando el porcentaje de cobertura arbórea, tipo de distribución y heterogeneidad así como 6 indicadores de bienestar animal (condición corporal, expresión de otros comportamientos, facilidad de movimiento, lesiones, distancia de huida y comportamiento agonístico).

El objetivo fue la caracterización del elemento arbóreo a partir del análisis de áreas realizado con Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el estudio de las posibles relaciones de éste con el bienestar animal.

La cobertura arbórea mostró una enorme variabilidad entre ranchos, generando una escala de porcentajes (52.42%, rancho El Copite - 2.00%, rancho Los Laureles).

El pastizal arbolado fue el tipo de distribución más encontrado, seguido del pastizal, el bosque, la cerca viva y el bosque ripario, respectivamente. Los ranchos Reforma y Casablanca fueron clasificados como silvopastoriles, ya que en ambos los porcentajes de cobertura se encontraron dentro de un rango óptimo (22%-35%), en el que es posible mantener la productividad pecuaria y los beneficios asociados a la presencia de árboles, además de presentar heterogeneidad, que se relaciona con la conservación de servicios ambientales.

El porcentaje de vacas con condición corporal baja disminuyó conforme aumentó la cobertura arbórea, según el coeficiente de correlación de Spearman (-0.635, $p < 0.05$), probablemente debido a la disminución del estrés calórico gracias a la sombra de los árboles, lo que conlleva al aumento en la ingesta de alimento.

Así mismo, existió una relación entre la disminución del porcentaje de vacas con condición corporal baja y el incremento porcentual de cerca viva (- 0.728, $p < 0.01$), lo que puede estar asociado al valor nutricional de los árboles que tradicionalmente conforman este tipo de distribución arbórea en Veracruz.

Los indicadores "facilidad de movimiento" y "expresión de otros comportamientos", obtuvieron puntajes excelentes, sin embargo estas evaluaciones excluyen el efecto del estrés calórico en el ganado, lo cual puede determinar la calidad de los mismos.

Cuando el porcentaje de pastizal arbolado fue mayor se observó un aumento porcentual en las vacas que pudieron ser tocadas en los potreros (-0.9, $p < 0.05$), lo que puede tener relación con la desactivación del eje hipotálamo- hipófisis – adrenal gracias a la sombra de los árboles.

Se demostró que existe una relación entre la cobertura arbórea y ciertos indicadores de bienestar, la cual debe ser estudiada con el fin de generar protocolos de evaluación del bienestar del ganado que ayuden a la implementación de sistemas silvopastoriles.

Palabras clave: silvopastoril, bienestar animal, ganadería extensiva, cobertura vegetal.

Mancera Alarcón, K.F. 2010.

Evaluation of some sustainability indicators in extensive bovine stockbreeding systems in the state of Veracruz.

Tesis de Maestría, FMVZ - UNAM, México, 92 pages.

2. Abstract

Bovine stockbreeding is one of the most important economic activities in this country, but at the same time is strongly associated with deforestation. Veracruz is an example of this situation, since a great part of its area has been transformed to give place to extensive pasturelands. Therefore, is important to find strategies that allow the conversion towards sustainable stockbreeding systems that create benefits for the producer and the environment. Silvopastoral systems, where trees and/or shrubs grow in pasturelands, are a solution to this problematic.

Ten ranches from the central zone of Veracruz were evaluated considering the percentage of tree coverage, type of distribution and heterogeneity, as well as 6 animal welfare indicators (body condition, expression of other behaviors, easy of movement, lesions, avoiding distance and agonistic behavior).

The objective was to characterize the tree coverage through a spatial analysis performed with Geographic Information Systems (GIS) and explore the possible relations with animal welfare.

Tree coverage showed great variability between ranches creating a percentages scale (52.42%, ranch "El Copite" – 2.00%, ranch "Los Laureles).

The type of distribution pasture with tree cover was the most found, followed by pasture, forest, live fences and riparian forest, respectively. The ranches "Reforma" and "Casablanca" were classified as silvopastoral, since in both cases tree coverage percentages were placed into an optimal range (22% - 35%), where the maintenance of cattle productivity and the preservation of the benefits related to tree coverage are possible. Additionally they exhibited heterogeneity, which is trait highly related with the preservation of environmental services.

The percentage of cows with low body condition decreased as the tree coverage increased, according with the Spearman's rank correlation coefficient (-0.635, $p < 0.05$), probably due the diminishment of heath stress related with the shadow created by the trees, therefore leading to an increase in food ingestion.

Also, a relation between the decrease of cows with low body condition and the rise in percentage of live fences was found (- 0.728, $p < 0.01$), trait that could be associated with the nutritional value of the trees that traditionally integrate this type of distribution in Veracruz.

The welfare indicators "easy of movement" and "expression of other behaviors" obtained excellent scores; however, these evaluations exclude the effects of heat stress in cattle, which can determinate the quality of the above mentioned.

When the percentage of pasture with tree coverage was higher, an increase in the percentage of cows that could be touched in pastures was observed (-0.9, $p < 0.05$), an effect that can be related with the deactivation of the hypothalamus- hypophysis- adrenal axis due the shade generated by the trees.

It was proved that there is a relation between the tree coverage and some welfare indicators, which should be studied in order to generate welfare evaluation protocols for cattle that can help in the implementation process of silvopastoral systems.

Key words: silvopastoral, animal welfare, extensive stockbreeding, tree coverage.

3. INTRODUCCIÓN

Una de las metas mundiales del Marco Estratégico FAO 2000-2015 consiste en la utilización sostenible de los recursos naturales para la alimentación (FAO 2007). A nivel nacional existe también el interés por incorporar el componente de sustentabilidad ambiental a los programas de apoyo a la ganadería extensiva. En México y en toda Latinoamérica, la ganadería extensiva ha sido un sistema pecuario considerado no sostenible e ineficiente (Murgueitio 2005). Sin embargo, el uso de sistemas donde se asocian pastos con coberturas arbóreas superiores a las normalmente encontradas ha sido poco estudiado en México a pesar de que es una alternativa hacia la conversión a sistemas de producción animal sostenibles y de alto valor agregado. Al fomentar un mayor aprovechamiento de los forrajes nativos se evita el monocultivo y sus consecuencias negativas al medio ambiente (por ejemplo desgaste de la tierra). Esto resultaría en la mejora del ecosistema dando lugar a una mayor sustentabilidad del sistema productivo.

En Veracruz, que es uno de los estados más ganaderos del país, existe la necesidad de cambiar el modelo de ganadería extensiva tradicional basada en pastos de baja calidad, por otro, que incluya no sólo el uso racional y eficiente del pasto, sino combinar éste con el silvocultivo para de esta forma, reducir las áreas dedicadas a la producción animal con base en pastos y así evitar la deforestación además de mantener servicios ambientales y biodiversidad. La posibilidad de cambio existe ya que hay evidencia de que en la zona centro del estado los productores mantienen ciertos niveles de cobertura (Bautista-Tolentino *et al.* 2010), por lo que el aprovechar esta situación y maximizar sus beneficios puede resultar en una transformación exitosa.

Así, la investigación enfocada a conocer el componente arbóreo de los ranchos ganaderos será una herramienta útil para tomar decisiones sobre cómo, cuando, con qué y cuándo llevar a cabo la reconversión del sistema tradicional no sustentable, al silvopastoril sustentable.

Además, la investigación sobre la interacción existente entre el ganado y el ambiente ayudará a reorientar el pastoreo extensivo hacia sistemas que permitan el aumento en la producción y a su vez la conservación del medio ambiente.

El bienestar animal es el estado de un individuo en relación la cantidad y calidad de los esfuerzos que realiza para cubrir sus necesidades en un ambiente determinado, tomando en cuenta qué tan buenos o malos resultados obtiene con respecto a su nivel fisiológico y

su adaptabilidad (Hurnik y Lehman 1985 y 1987; Broom 1986; Barnett y Hemsworth 1990; Fraser y Broom 1990; Broom y Johnson 1993; McGlone 1993). Por lo tanto, es un reflejo de qué tan favorable es la relación del ganado con el área utilizada para el pastoreo y por ende, la generación de protocolos que lo evalúen dentro de una unidad de producción es una tarea importante para poder alcanzar los objetivos mencionados. Sin embargo, dependiendo de las condiciones ambientales de cada rancho, las metodologías para evaluar el bienestar pueden variar en su aplicación. Por lo tanto, es importante generar medidas que nos ayuden a alcanzar diversos objetivos, entre ellos, establecer aquellos parámetros que nos brinden información acerca de la posible relación entre la calidad del bienestar y el nivel de cobertura vegetal en un área determinada, para finalmente establecer sistemas pecuarios alternativos en el trópico húmedo mexicano bajo los criterios apropiados.

3.1 Hipótesis

- Algunos aspectos del bienestar del ganado bovino en pastoreo, depende de las características de la cobertura arbórea presente en los potreros de 10 ranchos de la región central de Veracruz.

3.2 Objetivos

- Determinar las características espaciales de la cobertura arbórea en 10 ranchos de la región central del Estado de Veracruz a partir del análisis de aéreas realizado con Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Registrar algunos indicadores de bienestar animal de 10 hatos ganaderos en ranchos que varían en cobertura arbórea en el Estado de Veracruz.
- Estudiar cómo la magnitud de la relación entre las características de la cobertura arbórea y los indicadores de bienestar seleccionados influyen y modifican la interacción del ganado bovino del trópico con el ambiente que le rodea para el diseño metodológico de estudios posteriores.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Ganadería en México: Estado de Veracruz

La ganadería es una de las actividades productivas más importantes del país. Dentro de ésta, el sistema de producción de bovinos de doble propósito es desarrollado por más del 60% de los productores ganaderos a nivel nacional (Pérez *et al.* 2003); el 80 % de este sistema se desarrolla principalmente en la región tropical del país y 38% en el estado de Veracruz, además de un 19% en la región de la Huasteca (Veracruz-Tamaulipas-San Luis Potosí) (Espinoza *et al.* 2000; Magaña *et al.* 2005). El sistema de doble propósito utiliza razas *Bos indicus* y sus cruzas con *Bos taurus*, principalmente Suizo, Holstein o Simmental; tiene dos objetivos fundamentales, la producción de leche, que comúnmente se obtiene de ordeño manual y con el apoyo del becerro para estimular el descenso de la leche, y la producción de carne mediante la cría de becerros al destete y el recambio o deshecho de bovinos para el abasto de carne (Pérez 2003).

El uso de suelo en estas áreas se distribuye en agostaderos (50%), praderas inducidas (25%) y cultivos agrícolas (25%); la alimentación se basa en el pastoreo de gramas nativas (*Paspalum spp.* y *Axonopus spp.*) y pastos inducidos de diversas características como el privilegio (*Panicum maximum*), estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), alemán (*Echinochia polistachya*), entre otros (Ruiz 2004; Vilaboa- Arroniz, *et al.* 2009).

Sin embargo, a pesar de la importancia de la industria ganadera, para muchos especialistas los problemas asociados a la ganadería extensiva y la deforestación, así como sus consecuencias (pérdida de biodiversidad y servicios ambientales, inequidad social), son el tema de mayor importancia en América Latina (Sánchez 1999). La ganadería extensiva es una de las actividades productivas más íntimamente asociadas a la perturbación y pérdida de la cubierta vegetal en México, y en particular, es una de las causas más importantes de deforestación en el trópico húmedo, que es también la zona ecológica en donde se concentran los más grandes niveles de biodiversidad y endemismos en el país (Challenger 1998).

Cabe señalar que México destaca de entre los países de Latinoamérica por sus altas tasas de deforestación. Se estima que la pérdida anual de coberturas nativas gracias a este fenómeno es de 0.43% (-0.43%) y es mayor y más acelerada, en relación a la media nacional, en los bosques tropicales (-0.75% anual). Además de esto, a partir de las tasas de deforestación estimadas para un periodo de 24 años (1976 al año 2000) se hicieron

proyecciones para el 2020. De ocurrir lo que se prevé, en las próximas décadas importantes regiones del país, en especial el trópico húmedo, continuarán perdiendo coberturas nativas. En 2020, las coberturas de vegetación solo ocuparán cerca de la mitad de la superficie del país y en su mayoría, estarán en estados secundarios y con fragmentación. En consecuencia es probable que en algunas regiones se incremente el deterioro ambiental generando desequilibrio y pérdida de muchos servicios ambientales (Velázquez *et al.* 2005).

En el estado de Veracruz se destina más del 50% de la superficie a la ganadería bovina con 3.5 millones de ha, 2.7 millones de ellas con praderas cultivadas; el inventario consiste en poco más de 4 millones de bovinos de doble propósito y 60,000 cabezas especializadas en leche (Gobierno del Estado 2005; SAGARPA 2005). El libre pastoreo es el sistema de producción predominante; la ganadería de doble propósito destaca por su importancia en la producción (Espinosa 2000). En los últimos años (1998-2004) la producción de leche aumentó de 566,187 a 719,306 litros con un valor aproximado de \$2,013 millones de pesos. La producción de carne en canal presentó un alza de 202,672 a 206,156 toneladas en el periodo 2000-2004, lo que representó \$ 4,596 millones de pesos (Gobierno del Estado 2005; SAGARPA 2005; Herrera 2006). Por ello, la ganadería bovina es una actividad productiva de importancia socioeconómica para el Estado, el cual ocupa el primer lugar nacional en el inventario bovino y en producción de carne además del sexto lugar en producción de leche (Gobierno del Estado de Veracruz 2005; SAGARPA-SIAP 2006; Vilaboa- Arroniz *et al.* 2009).

Así mismo, el impacto de la ganadería en Veracruz es enorme, pues se sabe que el estado ha perdido 91% de la cobertura forestal, la cual ha sido transformada en potreros para ganado y zonas agrícolas (Paré y Fuentes 2007). Este problema avanza debido a que las políticas federales y estatales siguen permitiendo la deforestación en algunas zonas del istmo, centro y norte del estado, aunque gran parte de Veracruz ya es considerado región “no forestal” debido a que en muchos de sus municipios los bosques y las selvas cubren menos del 5% de su superficie (Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible 2010)

Por lo tanto, la forma en que se han manejado los sistemas ganaderos contribuye a la pérdida de biodiversidad y servicios ambientales y finalmente, a la desaparición de especies vegetales nativas nutritivas y palatables, a la dominancia de especies de menor valor forrajero e invasoras, a la compactación y erosión del suelo, a la pérdida de materia

orgánica y a la capacidad de infiltración del agua (De Haan *et al.* 2005). Esto se traduce en un sistema ineficiente y por eso, resulta prioritario revertir las tendencias actuales y encontrar alternativas productivas que permitan un uso racional de los recursos de manera ambientalmente sostenible.

4.2 Sistemas silvopastoriles

Dado que la actividad ganadera es uno de los actores principales en la pérdida de recursos y biodiversidad no solo en el país sino a nivel global, especialistas en todo el mundo se dedican actualmente a la investigación referente a sistemas de producción ganaderos ambientalmente sostenibles.

En países como Australia, se han estudiado sistemas pecuarios alternativos relativamente simples basados en el monocultivo de gramas exóticas (García y Fulkerson 2005). En América Latina la investigación se ha enfocado en la agroforestería, que se refiere al conjunto de prácticas de uso de suelo en donde plantas leñosas (árboles y arbustos) se combinan con cultivos, animales o ambos recursos en una misma unidad (McAdam 2005). Estas prácticas han generado gran interés en los investigadores, planeadores y productores de América Latina debido a la multiplicidad de arreglos espacio-temporales y variaciones que pueden presentarse en un sistema (Murgueitio 2005).

Dentro de la agroforestería se encuentran los llamados sistemas silvopastoriles que son por definición, aquellos en donde árboles y/o arbustos crecen en tierras dedicadas al pastoreo (compuestas por gramíneas y/o leguminosas) y cuyos elementos se combinan para crear un ambiente favorable para la producción pecuaria con usos complementarios y al mismo tiempo sostenible ambientalmente (Murgueitio 2005; Sánchez-Rosales y Murgueitio 2006;). Esta clase de sistemas generan beneficios ambientales que son clave para la reconversión de la ganadería como son (Murgueitio 1999; Mahecha 2001):

- El incremento en la diversidad vegetal de los distintos sistemas de producción pecuaria.
- Efectos positivos en los suelos como el reciclaje de nutrientes (Sadeghian *et al.* 1998), la fijación de nitrógeno (Giraldo 2000), el aumento en la profundidad de las raíces (Gutiérrez 1995), mayor acción de la micro y macro fauna (Belsky *et al.* 1993), el control de erosión (Fassbende, 1993; Gómez y Velásquez 1999) y el aumento en el contenido de nutrientes en el suelo (Rodríguez 1985; Ramírez 1998).

- El aumento en la complejidad estructural de la vegetación.
- La integración con otros sistemas de producción y con subproductos destinados a alimentar a los animales y a aportar nutrientes al suelo.
- Efectos positivos sobre la diversidad biológica (Harvey *et al.* 2006; Harvey y Sáenz 2008)
- Efectos positivos sobre la preservación de fuentes de agua (Turcios 1995; Young 1997).
- Efectos positivos sobre el ambiente, en específico, conservación de servicios ambientales (Ibrahim 2001).

En el estado de Veracruz existe evidencia del uso de sistemas silvopastoriles. En las áreas dedicadas al pastoreo en el estado, los pastos resistentes a sequías prolongadas como *Panicum maximum* Jacq., *Hypharrenia rufa* (Nees) Stapf, *Axonopus spp.* y *Paspalum spp.* con frecuencia se asocian a especies arbóreas con diferentes capacidades de colonizar nuevas áreas o como resultado de la sucesión secundaria (Bautista-Tolentino *et al.* 2010).

Este proceso natural se conjuga con el manejo que el hombre da a los recursos por su valor utilitario (Musálem 2002; Couttolenc *et al.* 2005) dando paso a distintos sistemas agroforestales (Hernández *et al.*, 2006; Nieto *et al.* 2006; Ocaña *et al.* 2007). En el centro de Veracruz (Comunidad El Limón, Municipio Paso de Ovejas), Bautista-Tolentino *et al.* (2010) observaron que el sistema agroforestal más importante de la zona es el silvopastoril (considerado como la combinación de leñosas, pastos y animales). Sin embargo, se determinó que la existencia de árboles en los sistemas encontrados es más bien producto de la sucesión natural que la consecuencia de un diseño impuesto o preconcebido por los productores, los cuales a la larga obtienen beneficios por los productos asociados al componente arbóreo como son la extracción de leña y de madera para postes.

Este mismo fenómeno se ha observado en el estado de Chiapas (Levy *et al.* 2002). Además de esto, los árboles asociados son escasamente manejados, lo cual limita la expresión total de su potencial productivo, concepto que en plantas se refiere a la capacidad productiva de una especie vegetal en un sitio geográfico determinado, donde la planta puede aprovechar al máximo todos los factores ambientales disponibles para promover su desarrollo y rendimiento (Villavicencio Gutiérrez *et al.* 2007)

Por lo tanto, la evidencia apunta a que en Veracruz existe potencial para el establecimiento de sistemas ganaderos ambientalmente sostenibles ya que la asociación de plantas leñosas y animales ocurre involuntariamente gracias al manejo de los productores. Sin embargo, no existe una idea clara de los beneficios productivos y ambientales que esta asociación de componentes tiene debido a que ha sido establecida sin una verdadera conciencia de éstos. Es por esto que los análisis de áreas enfocados a determinar la composición vegetal se perfilan como una herramienta para redirigir los sistemas ganaderos actuales a sistemas ambientalmente sostenibles, ya que permiten decidir, a partir de las características iniciales de cada rancho, las opciones de manejo adecuadas para maximizar los beneficios tanto para el productor, como para el ambiente.

En este sentido, el elemento arbóreo posee ciertas características cuya variabilidad genera distintas ventajas para la unidad de producción. Una de ellas es el porcentaje de cobertura total existente dentro de un potrero. Un estudio concluyó que los porcentajes benéficos para la conservación de la biodiversidad y otros servicios ambientales fluctúan entre 20 y 35 % aproximadamente (Saenz *et al.* 2007). Por otro lado, en Centroamérica, se observó que aumentar la cobertura arbórea de 0 a 20%, tuvo poco efecto sobre la productividad de los pastos y el aumento de peso vivo del ganado (kg/ha/año), sin embargo, generó un incremento en la diversidad de aves. A su vez, se observó que porcentajes entre 50% y 60% de cobertura arbórea dieron lugar a un nivel de diversidad óptima de aves. Se concluyó entonces, que los valores umbrales para lograr buena productividad en pastos y al mismo tiempo, generar beneficios para la biodiversidad fluctuaron entre 28% y 35% de cobertura, siendo el primero un ejemplo de un valor apropiado entre la productividad y la conservación (Montagnini 2009; Ibrahim *et al.* en prensa).

También se ha observado que el comportamiento del ganado bovino está relacionado con la cobertura arbórea presente en el potrero. Betancourt *et al.* (2003) encontraron que las vacas en potreros con una cobertura arbórea entre 22% y 30% invirtieron más tiempo al consumo de alimento (pastoreo) en contraste con los animales en los potreros con baja cobertura (0 a 7%), los cuales pasaron más tiempo descansando y obtuvieron una producción menor (29%) en comparación con las primeras, debido en gran parte a los efectos del estrés calórico.

Otro elemento espacial asociado con la cobertura arbórea en un rancho considerado como un indicador de sostenibilidad es el tipo de distribución arbórea (Cajas-Girón y Sinclair 2001; Gordon *et al.* 2003 y 2004; Harvey *et al.* 2004; Harvey *et al.* 2006; Harvey *et al.* 2008b). A pesar de que estos árboles son principalmente conservados por propósitos productivos, también proveen hábitats, recursos, servicios ambientales y conectividad para los animales (Estrada *et al.* 2000; Harvey *et al.* 2004).

Dentro de los sistemas silvopastoriles existen cuatro tipos principales de distribución arbórea reconocidos por varios estudios: parches de bosque, bosque ripario, cercas vivas y pastizal arbolado (Murgueitio 2005; Harvey *et al.* 2006; Harvey *et al.* 2008c). Se sabe que cada una está asociada a elementos de la biodiversidad distintos.

Por ejemplo, encontraron en potreros de Nicaragua que tanto los fragmentos de bosque como el bosque ripario están formados básicamente de especies arbóreas características del bosque tropical (Gillespie *et al.*, 2000), en comparación al pastizal arbolado y las cercas vivas, los cuales generalmente contienen especies introducidas por razones utilitarias; además, en comparación con los primeros, los segundos poseen árboles más altos pero menos anchos que en el bosque ripario. Así mismo, en este último como en los fragmentos de bosque existió una mayor abundancia de mariposas y escarabajos en comparación con los pastizales arbolados y las cercas vivas, y en el caso del bosque ripario, abundaron más aves y murciélagos, en comparación con los otros tipos de arreglos arbóreos (Harvey *et al.* 2006).

Esto coincide ampliamente con otro estudio realizado en Colombia (Mendoza *et al.* 2007), el cual determinó, a través de un índice de valor para la conservación que involucra criterios de riqueza y número de especies amenazadas y endémicas en cada tipo de distribución arbórea, que tanto los bosques como los fragmentos de bosque son los elementos con mayor valor para la conservación de la biodiversidad y por ende, para la retención de servicios ambientales. También existe evidencia de que los fragmentos de bosque se mantienen para proteger cuerpos de agua y proveer sombra al ganado como beneficio indirecto, además de la conservación de la biodiversidad asociada y la extracción de algunos frutos (Harvey *et al.* 2008c).

Por otro lado, las cercas vivas tienen gran valor para la conservación de aves y en particular, la de murciélagos (Harvey *et al.* 2006, 2008 a, b y c). Esta abundancia se

relaciona con el mayor número de insectos asociados a las bases de los árboles de las cercas (Epila 1986; Dix y Leatherman 1988; Estrada y Coates-Estrada 2001), así como a la presencia de árboles polinizados por murciélagos, la preferencia de éstos para viajar a lo largo de las cercas para reducir costos de energía y evadir predadores nocturnos, y el uso de elementos lineares como guías para el sonar que facilitan el movimiento a través del potrero (Limpens y Kapteyn 1989; Verboom y Huitema; 1997).

A su vez, esta distribución tienen un impacto importante en la composición y la estructura del agropaisaje, ya que transforman extensas áreas de potrero en unidades más pequeñas, aumentan el área bajo la cobertura arbórea, conectan los fragmentos de bosques densos y bosques riparios y crean una red de cercas con una estructura compleja que atraviesan el paisaje, además de que su presencia puede reducir la distancia promedio entre las copas de los árboles de los bosques densos y riparios, con lo que se incrementa la conectividad estructural del paisaje (Harvey *et al.* 2006; Chacón León y Harvey 2007).

El pastizal arbolado no es considerado dentro de las estrategias de conservación, sin embargo, provee hábitats y recursos clave para algunas especies de plantas y animales y sirve como sitio de paso para el movimiento de los animales dentro del agropaisaje (Guevara *et al.* 1992 y 1998; Guevara y Laborde 1993; Harvey y Haber 1999). En un estudio realizado por Harvey *et al.* (2008 a), se encontró que el 57% de los árboles evaluados en pastizales arbolados de Monteverde, Costa Rica, son especies típicas de bosque y muchas de ellas están relacionadas con plantas epífitas que proveen recursos importantes de forraje y material de anidamiento. Además en áreas evaluadas de Nicaragua se observó que pastizales con alta cobertura arbórea (16 a 25%) tienen más potencial para la conservación que aquellos con baja (0 a 5%), ya que los primeros presentaron más especies de aves, en especial insectívoras. Así mismo, el número de especies encontrado en pastizales con alta cobertura fue consistentemente más alto que el total encontrado en aquellos con baja (Harvey *et al.*, 2006). Por lo tanto, los potreros arbolados presentan posibilidades para anidar, buscar alimento y perchar, probando que la densidad de árboles dentro de un potrero puede ser crítica para la conservación (Estrada *et al.* 1997; Law y Lean 1999; Fischer y Lindenmayer 2002 a y b; Luck y Daily 2003; Lumsden y Bennett 2005).

Además del tipo de distribución arbórea como elemento del paisaje con características propias, existe un valor agregado a las unidades de producción que contienen más de un tipo de distribución. Un gran número de estudios han demostrado que los paisajes agrícolas retienen una porción significativa de la biodiversidad original y servicios ambientales, sobre todo si estos paisajes son heterogéneos y contienen más de una de las distribuciones arbóreas ya mencionadas (Estrada *et al.* 1998; Daily *et al.* 2001 y 2003; Petit y Petit 2003; Harvey *et al.* 2006;).

Lo anterior es de esperarse, ya que, mientras algunos han demostrado correlaciones significativas entre la riqueza de especies en diferentes usos de suelo, (Blair 1999; Schulze *et al.* 2004), la mayoría muestran que éstas no están relacionadas cercanamente, ya que cada especie percibe y usa de forma diferente cada tipo de distribución (Flather *et al.* 1997; Lawton *et al.* 1998; Burel *et al.* 2004). Esto implica que cada una se valorará de forma diferente como herramienta para la conservación en diferentes contextos dependiendo de la especie que se busque beneficiar (Harvey *et al.* 2006). Las configuraciones del paisaje que conectan parches forestales, mantienen un arreglo diverso de hábitats y poseen una alta complejidad florística que generalmente retiene más especies que paisajes sin conectividad o complejidad de hábitat (Benton *et al.* 2003; Bennett *et al.* 2006).

Por lo tanto, la heterogeneidad en la vegetación en las unidades de producción es considerada un factor clave para la conservación de la fauna en el trópico (Estrada *et al.* 1997; Harvey *et al.* 2004) y en regiones templadas (Weibull *et al.* 2000; Benton *et al.* 2003; Wilson *et al.* 2005).

En conclusión, en un análisis de cobertura arbórea, los ranchos que retengan dentro de su composición porcentajes de cobertura que brinden un equilibrio entre la producción y los servicios ambientales, y que presenten más tipos de distribución serán mucho más valiosos pues generarán condiciones para la conservación de la biodiversidad y de otros servicios ambientales asociados a ella (Daily 1997; Soto-Pinto *et al.* 2002).

4.3 Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación de sistemas ganaderos alternativos

El desarrollo de sistemas de navegación satelital ha sido de gran utilidad, para el análisis espacial de un área ya que permiten ubicar características y sitios específicos de forma fácil y rápida (Kleinn 2003).

El GPS (Global Positioning System = Sistema de Posicionamiento Global) es la herramienta tecnológica portátil que obtiene coordenadas de latitud, longitud y elevación a partir de la triangulación de señales de radio transmitidas por un sistema de satélites que orbitan las 24 h (Rutter 2007).

En lo que se refiere al estudio de áreas, el GPS ha sido de utilidad en varios sentidos, incluyendo el estudio de áreas de pastoreo. Por ejemplo, el uso de collares con GPS ha permitido estudiar los patrones de movimiento del ganado y monitorear sus actividades durante el día al ser combinados con otros métodos como el uso de sensores de movimiento en la quijada, observación directa, entre otros (Rutter 2007). Ganskopp y Bohnert (2009) estudiaron, con el uso de GPS, la distribución del ganado en áreas de pastoreo para implementar y mejorar decisiones de manejo y uso de espacio alrededor del año. Así mismo, Ganskopp (2001) comprobó a través de esta tecnología como la distribución del ganado en pastoreo puede ser manipulada con éxito a través de la disponibilidad de agua en áreas determinadas, en comparación con la distribución de sal que resultó ser menos eficiente.

Por otro lado, el GPS también ha sido utilizado para estudiar el impacto del pastoreo en comunidades vegetales. Por ejemplo, López *et al.* (2003) usaron GPS para localizar el hábitat de diferentes comunidades de plantas en áreas dedicadas al pastoreo de ganado vacuno durante los meses de julio, agosto y septiembre con el fin de observar el desarrollo de éstas en un periodo de cinco años.

Además de estas aplicaciones, el GPS brinda a esta clase de estudios un componente final que une y da sentido práctico a las medidas basadas en el comportamiento animal: mapas precisos de vegetación (Rutter 2007).

Estos mapas son generados a través de puntos obtenidos en campo con GPS y no solo poseen utilidad al relacionarse con los patrones de movimiento del ganado, sino que tienen usos independientes pues permiten un análisis espacial más detallado y complejo. En este sentido, los sistemas GIS (Geographical Information Systems = Sistemas de Información Geográfica) han sido desarrollados para este propósito y han pasado de ser

una herramienta dirigida a unos pocos especialistas, a una de las tecnologías más importantes en las ciencias ambientales y el manejo de recursos (Newton 2007).

Los GIS pueden ser definidos como una herramienta computacional enfocada a la recolección, integración, procesamiento y análisis de datos espaciales (DeMers 2005). En resumen, los GIS dividen los datos espaciales en tres clases: puntos, líneas y áreas, y son capaces de explorar las relaciones entre estos datos (Rutter 2007). Tienen la habilidad de presentar información en diferentes capas que pueden sobreponerse y más importante, pueden ser usadas para producir mapas con mucha información espacial contenida (Newton 2007). En el caso de las imágenes satelitales obtenidas a través de coordenadas generadas con GPS, los GIS son también utilizados para georeferenciar dicha imagen y de esta forma conectarla con un software que contenga un sistema de datos coordinados. Entre los sistemas de coordenadas que pueden utilizarse se encuentra la proyección UTM (Universal Transverse Mercator = Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator) que es ampliamente conocida en la actualidad, en el cual la longitud y la latitud son medidas en metros relativos a un sistema de coordenadas, que tiene su origen en la intersección del Ecuador y el Meridiano Central, el cual a su vez se subdivide en áreas de 6° cada una (Johnston 1998). Una amplia gama de procedimientos analíticos de interés para el manejo de recursos pueden ser realizados con GIS, como por ejemplo la selección de áreas forestales, el cálculo de áreas de las mismas, la definición de áreas “buffer”, entre otros (Newton 2007).

En áreas de pastoreo, el uso de GIS ha facilitado la toma de decisiones en cuanto al manejo de recursos. Por ejemplo, Bernúes *et al.* (2005) fueron capaces de vincular información referente al manejo del ganado en ranchos que pastorean dentro del parque nacional de Sierra de Guara (España) con información referente a la vegetación del lugar. Esto con el objetivo de identificar factores de constricción y áreas de intervención para mejorar la sustentabilidad del parque. Así mismo, D'Angelo *et al.* (2000) aplicaron esta tecnología para determinar áreas apropiadas para el manejo silvopastoril en Cerdeña, Italia.

En lo referente a pastizales con presencia de árboles, Harvey *et al.* (2008c) utilizaron esta tecnología para establecer los distintos tipos de distribución arbórea existentes en agropaisajes a través de imágenes satelitales y GIS en fincas de Nicaragua y Costa Rica. Estas distribuciones han sido encontradas en estudios previos aunque bajo metodologías distintas (Murgueitio 2005; Harvey *et al.* 2006). En México no existen esta clase de

investigaciones y debido al potencial que existe para la conversión a sistemas ganaderos sostenibles en lugares como Veracruz, un análisis de este tipo realizado de forma individual (por rancho) puede generar información que no solo sea utilizada para describir la estructura del paisaje, sino para reconocer las mejores opciones de manejo acordes a las capacidades de cada sistema.

4.4 Bienestar animal como indicador de la adaptabilidad del componente animal en sistemas ganaderos alternativos

El comportamiento está relacionado directamente con la capacidad de un individuo de satisfacer sus necesidades en un ambiente determinado. Una necesidad es una deficiencia que puede ser remediada al obtener un recurso específico o respondiendo a un estímulo ambiental o corporal en particular (Fraser y Broom 1990). Si un animal tiene una necesidad, sus respuestas fisiológicas y su comportamiento se modifican para satisfacerla. Estas respuestas permiten al individuo mantener su estabilidad mental y corporal (Broom 1991). Una vez iniciado este proceso existen tres alternativas: que el animal satisfaga sus necesidades, que la satisfaga con cierto nivel de dificultad, o que no logre satisfacerlas. Cuando ocurre esto último, la adaptabilidad se reduce y esto se refleja en el fracaso en crecer, reproducirse o bien, en la muerte (Broom 1988 y 1991). Por lo tanto, es evidente que la estabilidad física y emocional de un animal está determinada por la capacidad de realizar este proceso con éxito.

Es así que se puede definir el bienestar desde el punto de vista funcional y biológico como el estado de un individuo en relación a sus intentos de cubrir sus necesidades en un ambiente dado es decir, qué tanto tiene que hacer un individuo para satisfacer sus necesidades, y qué tan buenos o malos resultados obtiene a nivel fisiológico y de adaptabilidad (Hurnik y Lehman, 1985 y 1987; Broom, 1986; Curtis, 1987; Barnett y Hemsworth, 1990; Fraser y Broom, 1990; Broom y Johnson, 1993; McGlone, 1993)

Sin embargo, el aspecto biológico no es un reflejo completo del bienestar, dado que existen casos en donde a pesar de que los indicadores fisiológicos son normales, existen comportamientos relacionados al estrés mental, como diferentes estereotipias (Szechtman *et al.* 1974; Colborn *et al.* 1991; Terlouw *et al.* 1991). Es por eso que se considera que el bienestar no solo está relacionado a una buena adaptabilidad fisiológica, sino a los sentimientos que experimenta el animal, como el miedo, el dolor o el hambre (Dawkins 1980 y 1990; Duncan y Petherick 1991; Duncan 1993, 1996 y 2002).

En este sentido, las preocupaciones acerca del bienestar de los animales productivos se enfocan en tres preguntas principales: 1) ¿Funciona bien la fisiología del animal?, 2) ¿Se siente bien el animal?, y 3) ¿Es capaz el animal de vivir una vida razonablemente natural? (Fraser *et al.* 1997).

Estos tres aspectos del bienestar animal están incluidos en las definiciones oficiales como la de la Organización Mundial de Sanidad Animal. Dicha organización considera un animal como poseedor de un buen bienestar si está “sano, confortable, bien nutrido, seguro, capaz de expresar su comportamiento innato, y...no está sufriendo estados desagradables como dolor, miedo o angustia” (Organización Mundial de Sanidad Animal 2008).

Debido a que la gran mayoría de los aspectos del bienestar (como la capacidad de expresar comportamientos naturales o la nutrición) están ligados directamente a la relación que el individuo tenga con su entorno, el estudio de la interacción ganado-ambiente es de gran importancia para la implementación de sistemas ganaderos ambientalmente sostenibles, como los sistemas silvopastoriles.

La comprensión del comportamiento de los animales en pastoreo puede crear oportunidades para alterar los patrones conductuales y de esa forma, satisfacer las demandas de los animales y optimizar el manejo de recursos naturales (Launchbaugh y Howery, 2005).

En este sentido, existe información básica sobre los factores que influyen en el comportamiento de bovinos en pastoreo (Provenza 2003; Launchbaugh y Howery 2005), incluyendo los sociales (Galindo 1996; Galindo y Broom 2000), que son útiles para entender cómo se adaptan estos animales a nuevos ambientes.

En cuanto a sistemas asociados a cobertura arbórea, se ha observado que al exhibir una mayor complejidad en el paisaje, el comportamiento se modifica en función de algunas variables. Por ejemplo, la creación de un microclima bajo el dosel de los árboles (Blackshaw y Blackshaw 1994) genera algunos efectos positivos en el animal, los cuales incrementan el bienestar y la productividad. Entre estos cambios se encuentran el incremento del tiempo dedicado al pastoreo y la rumia, la disminución de requerimientos de agua, el incremento del consumo voluntario, la disminución de la mortalidad en

animales jóvenes (mejor condición corporal y producción de leche de las madres y mejor respuesta inmunológica a enfermedades).

Así mismo se relaciona con mejoras en el comportamiento reproductivo del hato (pubertad más temprana, mayor regularidad en los ciclos estrales, mejor líbido, mayor calidad de semen, tasa de concepción más alta y menos pérdidas embrionarias) y por consiguiente, cambios en la producción bovina tanto en crecimiento como en producción de leche (Johnson *et al.* 1962; Pezo e Ibrahim 1998; Djimde *et al.* 1989).

La presencia de sombra arbórea reduce el estrés calórico en los animales y permite incrementar su producción y su bienestar comparados con aquellos sin sombra (Bennet *et al.* 1985; Pagot 1993; Paul *et al.* 1999) y mejoran también sus indicadores productivos (Drugouci *et al.* 1977; Hahn 1999)

Por otro lado, los árboles y arbustos proporcionan también beneficios a nivel nutricional. Toops (1992) menciona entre los géneros reconocidos por esta cualidad utilizados con este propósito a *Gliricidia*, *Erythrina*, *Leucaena*, *Acacia*, *Cassia*, *Enterolobium*, *Prosopis*, *Cajanus*, *Sesbania*, *Albizia*, *Calliandra*, *Tamarindus*, entre otros. En el trópico mexicano, se ha observado que en sistemas asociados al Huizache (*Acacia pennatula*) en la región central de Veracruz, las vainas producidas por el árbol son una fuente de alimento para el ganado en libre pastoreo con alto valor nutricional asociado a la capacidad de la planta de fijar nitrógeno (Greenberg *et al.* 1997; Purata *et al.* 1999)

Por lo tanto, es factible afirmar que el bienestar está asociado a la complejidad vegetal de un sistema y por esta razón es necesario diseñar protocolos que permitan evaluar cómo un animal interactúa y finalmente se adapta a una unidad específica, y si es posible, determinar cómo la cobertura vegetal modela esta adaptación y por ende, la calidad de vida del animal.

El bienestar animal cuenta con ciertas características que permiten evaluarlo y que a su vez, modelan la forma en que dicha evaluación debe efectuarse (Broom 1991):

1. Es una cualidad intrínseca del individuo, no algo que pueda serle otorgado.
2. Puede variar de excelente a muy pobre, es decir, un animal determinado puede encontrarse en excelentes condiciones en un extremo del bienestar y en condiciones muy malas en el extremo opuesto.

3. Puede ser medido científicamente y es independiente de cualquier valoración moral.
4. Las mediciones relacionadas con el fracaso o dificultad de un individuo para cubrir sus necesidades brindan información de que tan bueno es el bienestar.
5. El conocimiento acerca de las preferencias de un individuo a menudo genera valiosa información valiosa con respecto a las condiciones que con mayor probabilidad producirán un buen bienestar y por lo tanto, las mediciones concernientes al estado de un animal deben ser usadas para evaluarlo y mejorarlo.
6. Los animales pueden recurrir a una variedad de mecanismos para satisfacer sus necesidades. Existen diversas consecuencias cuando se presentan dificultades para completar este proceso, por lo que el conjunto de una gran variedad de medidas pueden indicar la calidad del bienestar.

El proyecto europeo “Welfare Quality®” (WQ®) ha desarrollado formas científicas y estandarizadas para medir el bienestar animal y asignar a cada granja evaluada, una de cuatro categorías (de un bienestar pobre a bueno), lo que permite retroalimentar a los productores con relación al manejo apropiado de sus unidades de producción (WQ® 2009).

WQ® se enfoca en mediciones efectuadas en el animal, lo cual contrasta con otro tipo de evaluaciones que se concentran en características de diseño y manejo (tamaño del corral, tipo de piso, entre otras.). La medición con base en el individuo refleja el resultado de la interacción animal- ambiente, que es de vital importancia para implementar sistemas alternativos. Además, estos protocolos consideran el bienestar como un concepto multidimensional, es decir, que no solo comprende la salud física y mental, sino aspectos tales como el confort físico, ausencia de hambre y enfermedad y la posibilidad de realizar ciertos comportamientos, como aquellos relacionados con el juego y la formación de afiliaciones afectivas, entre otros (WQ® 2009).

Algunos indicadores incluidos en el protocolo y que pueden ser evaluados en sistemas extensivos con relativa facilidad son la condición corporal, la facilidad de movimiento, la expresión de comportamientos, las lesiones, la distancia de huida y el comportamiento agonístico. Cada uno de estos impacta el bienestar del animal de distintas formas.

La condición corporal evalúa los cambios en las reservas energéticas ya que tienen una influencia considerable en la productividad, la salud y los parámetros reproductivos de la vaca. (Bewley y Schutz, 2008). La condición corporal baja extrema puede ser ocasionada por el dolor y el estrés fisiológico, a su vez asociados con la enfermedad, además de que puede reflejar deficiencias en el manejo proporcionado por el productor (nutrición inadecuada o atención inadecuada de claudicaciones) (Bewley y Schutz 2008).

La desnutrición está asociada con el hambre y por lo tanto con la frustración, que es considerada una respuesta emocional y debido a que existe cada vez más énfasis en las respuestas emocionales de los animales en la evaluación del bienestar (Broom 1998; Mason *et al.* 2001; Duncan 2004).

El tiempo que el animal pasa libre en el potrero establece la facilidad de movimiento y la expresión del comportamiento. Mientras que la facilidad de movimiento evalúa la libertad del animal para moverse a voluntad y realizar ejercicio, la expresión del comportamiento busca determinar qué tanta oportunidad tiene el ganado de expresar una amplia gama de comportamientos diariamente. El ganado lechero al que se le permite el acceso a un pastizal es percibido con un alto bienestar ya que los animales tienen libertad para expresar comportamientos naturales como pastoreo y exploración (Hemsworth *et al.* 1995).

A su vez, la literatura muestra como el acceso al potrero puede mejorar ciertos aspectos de la salud de la vaca, como la incidencia de mastitis y la disminución en problemas relacionados con cojeras (Washburn *et al.* 2002; Hernandez-Mendo *et al.* 2007), por lo que se concluye que el proveer acceso a condiciones de vida más naturales (bajo las condiciones adecuadas) puede tener beneficios importantes para los animales (von Keyserlingk *et al.* 2009).

En cuanto a las lesiones, el protocolo toma en cuenta dos variables: las alteraciones de la piel y las cojeras o claudicaciones. En ambos casos, se relaciona la presencia de estas variables con el dolor, el cual se reconoce como uno de los estados que afectan directamente el bienestar en los animales productivos (Duncan 2004).

Las cojeras son uno de los problemas de bienestar más importantes para el ganado (Galindo y Broom 2002; Mainy *et al.* 2003). El 90% de las cojeras involucran el pie del bovino (Edwards 1980; Nelson y Petersen 1984; Shearer 1998) y están relacionadas con

enfermedades como laminitis, ulceración de la suela, enfermedad de la línea blanca, dermatitis digital y pie podrido o “foot-rot” entre las más importantes (Tadich 2008). En condiciones donde el ganado se encuentra confinado, si la vaca no camina mucho durante el día, por ejemplo en instalaciones donde la disponibilidad de espacio es reducida, estas se vuelven más susceptibles a las cojeras (Phillips y Morris 2000).

El ganado que es mantenido en potreros tiene relativamente menos casos de cojeras en comparación con el ganado confinado (Amstutz 1987). Esta relación entre cojeras y sistemas estabulados se justifica con estudios que apuntan a que el piso de concreto es un factor que promueve las claudicaciones, ya que en vacas mantenidas en potreros donde el piso es más suave y que permanecen más tiempo paradas los índices de cojeras disminuyen (Vanegas *et al.* 2006; Hernández-Mendo *et al.* 2007).

Las lesiones del integumento pueden estar relacionadas con malas prácticas de manejo, donde, por ejemplo, animales que no se conocen son mezclados y como resultado se origina agresión que a su vez causa heridas (Ebner 1993), o debido a instalaciones mal diseñadas donde existen suelo duro y poco espacio entre cubículos (Duncan 2004; Winckler 2006). Se sabe que en vacas con cuernos, la frecuencia de elementos relacionados al comportamiento agonístico está positivamente correlacionada con la ocurrencia de lesiones en la piel (Menke *et al.* 1999). En condiciones más próximas a las naturales, el ganado puede aumentar su bienestar, disminuyendo este tipo de lesiones y algunas interacciones no deseadas (Keyserlingk 2009), por lo que el acceso al potrero puede representar un beneficio en este sentido.

Del mismo modo, la infestación con ectoparásitos conlleva prurito, dolor y disminución del bienestar, dependiendo del organismo que la cause y de la severidad, pueden causar alopecias, costras y heridas (Wechesler *et al.* 2000; Winckler 2006). En el trópico, otra causa importante de alteraciones en la piel es la presencia de ectoparásitos como la garrapata, de las cuales el género *Boophilus* es el más abundante en el trópico Americano, y se le reconoce por lesionar gravemente la piel de los animales disminuyendo en alto grado su valor comercial y haciéndolos propensos a infecciones por hongos, bacterias y larvas de diferentes dípteros (Mateus Valles 1984).

La distancia de huida puede ser usada para evaluar la relación humano-animal en vacas lecheras que no se encuentran amarradas y ésta ha demostrado tener un impacto

significativo en la salud, producción y bienestar del animal, y (Waiblinger *et al.* 2003). El miedo es un factor estresante muy poderoso y la distancia de huida permite conocer la intensidad de este en la relación humano - animal. Algunos estudios sugieren que el estrés producido por el miedo intenso puede ser responsable de las correlaciones negativas entre éste y la productividad observadas en la industria lechera (Rushen *et al.* 1999; Breuer 2000).

El comportamiento agonístico se refiere a las interacciones agresivas entre el ganado y uno de los factores moduladores de la agresividad en el ganado más importantes es la disponibilidad de espacio, ya que permite que el animal realice ejercicio, descanso y exploración. Cuando el ganado es mantenido en grupos, la superficie por animal debe de ser suficientemente grande para promover relaciones positivas y evitar las interacciones negativas como la agresividad o conductas sexuales indeseadas (Neindre *et al.* 2004).

Las exigencias del mercado promueven una alta densidad animal (150- 200 vacas por corral). En esta situación, la distancia entre individuos disminuye y el espacio individual es invadido, resultando en una mayor frecuencia de interacciones sociales agresivas (Friend *et al.* 1997; Johnson *et al.* 2007; Torres *et al.* 2009). Existe una jerarquía dentro de las vacas, con rangos bajos medios y altos. Las vacas de rangos bajos regularmente evaden a aquellas de rangos altos. Si no existe el suficiente espacio, la frecuencia de comportamientos agonísticos será alta (Menke *et al.* 1999; Rind and Phillips 1999; Bøe y Færevik 2003; Ouweltjes *et al.* 2003).

Todos estos indicadores pueden ayudarnos a caracterizar las variables que modifican el bienestar del individuo en sistemas extensivos del trópico húmedo, con el objetivo de conocer más acerca de la relación del animal con el medio que le rodea, y de modo que se obtenga el conocimiento necesario para el establecimiento de sistemas ganaderos sostenibles.

5. METODOLOGÍA

5.1 Zona de estudio y selección de unidades de producción a evaluar

Se realizaron mediciones en 10 ranchos ganaderos ubicados en los municipios de Cotaxtla (C; Rancho La Capilla [C1] y Rancho La Candelaria [C2]), Medellín (M; Rancho El Rubí [M1] y Rancho Casablanca [M2]), Veracruz (V; Rancho La Parroquia [V1] y Rancho Posta de Zootécnica Torreón del Molino [V2]), Jamapa (J; Rancho La Reforma [J1] y Rancho El Copite [J2]) y Soledad de Doblado (S; Rancho Los Laureles [S1] y Rancho Piedra del Indio [S2]) de la zona Centro-Sotavento del Estado de Veracruz.

Dichas unidades de producción fueron escogidas tomando en cuenta la disposición del propietario a participar en este estudio, la facilidad de acceso al rancho y el que fueran unidades de producción con el sistema de doble propósito. Para la toma de datos cada unidad se visitó una sola vez durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2009.

5.2 Animales

Se utilizaron 10 hatos de doble propósito donde predominaron los fenotipos de raza Cebú/europeo en distintos niveles de cruzamientos, típicos de la región. En estas unidades de producción el sistema principal de alimentación es el pastoreo durante todo el año con alguna suplementación ya sea con sales minerales, melaza, pollinaza, ensilado de maíz, caña de azúcar o alimento comercial.

5.3 Muestreo de la vegetación

Herramientas similares a las utilizadas para el análisis de áreas y coberturas en este trabajo han sido usadas anteriormente para el manejo de recursos en áreas de pastoreo en diversas partes del mundo. (D'Angelo *et al.* 2000; Ganskopp 2001; López *et al.* 2003; Bernúes *et al.* 2005; Rutter 2007; Ganskopp y Bohnert 2009).

5.3.1 Variables de muestreo

COBERTURA: tomando como criterio la detectabilidad de ciertos elementos vegetales como el color, la densidad apreciable del dosel y la sombra a través de imágenes satelitales, la variable cobertura fue dividida en dos componentes principales:

1. *Cobertura arbórea*: compuesta por elementos vegetales leñosos mayores a 4 metros, siendo éstos árboles en su gran mayoría.
2. *Cobertura vegetal herbácea o pastizal*: compuesta por elementos vegetales no leñosos, es decir, plantas de tallos delgados y tiernos siendo éstos en general, el potrero destinado a la alimentación del ganado.

5.3.2 Obtención de perímetros de áreas de pastoreo

Se utilizaron 2 lectores de posicionamiento global conocidos como GPS (Global Positioning System) de la marca Garmin, modelo eTrex Legend HCx. Se recorrieron los límites de los potreros utilizados en la temporada del 31 de octubre al 13 de diciembre del 2009. Se marcaron los vértices de los perímetros con los aparatos en coordenadas decimales. Dicha información fue guardada y descargada en la computadora a través del software Trip & Waypoint Manager de Garmin.

5.3.3 Obtención de imágenes satelitales

A través de los puntos generados en campo, se obtuvieron imágenes procedentes del satélite QuickBird obtenidas en las fechas 15 de marzo, 13 de junio y 17 de noviembre del año 2007. Todas las imágenes se obtuvieron a una altura de 1 km.

5.3.4 Georeferenciación

Las imágenes de cada rancho fueron procesadas con el software de sistemas de información geográfica ArcView versión 3.2 del paquete ArcGIS. Para georeferenciar, se descargó la extensión del programa denominada Santitools, cuya función es relacionar puntos expresados en coordenadas (en este caso, los obtenidos en los límites de los potreros de cada rancho) con lugares en imágenes sin referenciación geográfica previa. El resultado de este proceso es la imagen ubicada especialmente y por ende, con los pixeles asociados a coordenadas específicas.

5.3.5 Formación de polígonos de vegetación y obtención de áreas

Con las imágenes georeferenciadas de cada rancho, se marcaron los polígonos formados por los puntos tomados en campo, posteriormente se realizó la selección de las áreas de cobertura leñosa mayor a 4 metros y de cobertura herbácea o potrero a través de la identificación visual a una altura de 1 km. Cuando estuvieron presentes, se marcaron también construcciones y cultivos.



Imagen 1. Rancho "El Copite". Los puntos obtenidos en campo y finalmente georreferidos en la imagen son los vértices del polígono de la zona de pastoreo (en línea negra). Las áreas rosas representan la cobertura arbórea del rancho.

Una vez identificadas todas las áreas de cobertura arbórea y herbácea dentro del potrero, se realizó un corte usando como patrón el polígono previamente marcado con ayuda de la extensión Geoprocessing de ArcView 3.2.

Con la extensión Project del mismo programa, se cambiaron las coordenadas de los puntos de grados decimales a coordenadas UTM. Finalmente, a través de la extensión XTools se obtuvo el área en m^2 de cada segmento de cobertura identificado, así como el área total de los potreros, lo que finalmente permitió obtener el porcentaje de cobertura arbórea y herbácea con respecto al área total de cada rancho.

En los casos en los que construcciones y cultivos fueron identificados, estos fueron marcados como "otros" y sus áreas fueron eliminadas de la sumatoria de área total, ya que estos espacios no son utilizados por el ganado y por lo tanto, no son relevantes para los objetivos de este trabajo.

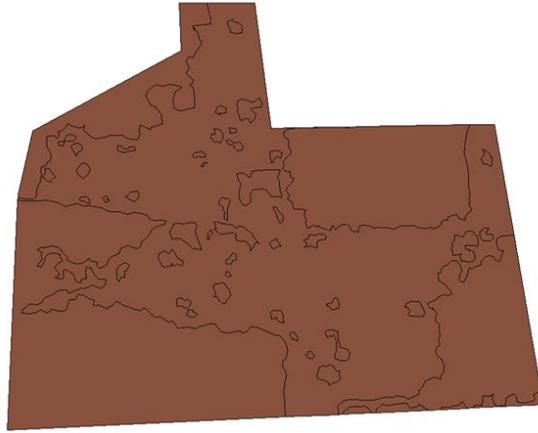


Figura 1: Selección de polígonos del rancho "El Copite". Cada área marcada está convertida a coordenadas UTM asociada a una tabla que presenta el área en m².

5.3.6 Análisis de tipo de distribución arbórea

Una vez obtenido el porcentaje del área total correspondiente a la cobertura arbórea en cada rancho, se tomaron en cuenta los diferentes arreglos de árboles existentes en potreros de Centroamérica (Ibrahim 2003; Murgueitio 2005; Harvey *et al.* 2006; Harvey *et al.* 2008) y en conjunto con criterios espaciales generados para facilitar la identificación, se reconocieron en las imágenes cinco tipos de distribución del elemento arbóreo:

1. Cerca viva: elementos arbóreos lineales que dividen espacios ya sea dentro o delimitando el polígono del potrero.
2. Bosque ripario: elementos arbóreos lineales asociado a los márgenes de ríos o riachuelos.
3. Fragmentos de bosque: áreas irregulares compuestas de árboles cuyas copas se tocan formando elementos cerrados y con áreas iguales o mayores a 1,500 m².
4. Pastizal arbolado: áreas del potrero que poseen vegetación herbácea destinada al pastoreo y árboles distribuidos de forma relativamente homogénea (ya sea de forma individual o en fragmentos cerrados no mayores a 1500 m²). Los árboles representan de 7% a 36% del área total del potrero; del 7 al 14% se considera cobertura arbórea baja y del 14.1 al 36% cobertura arbórea alta, según lo indicado por diversos autores (Betancourt 2003; Harvey *et al.* 2006; Saenz *et al.* 2007; Montagnini 2009; Ibrahim *et al.*, en prensa).

5. Pastizal: área compuesta en su mayoría de herbáceas destinadas al pastoreo y en algunas ocasiones con elementos arbóreos aislados que van del 0% al 3% del total del área considerada.

Usando las anteriores categorías se clasificaron los parches de vegetación de cada rancho y se obtuvo el porcentaje de cobertura arbórea presente en cada sitio de estudio (Figura 6).

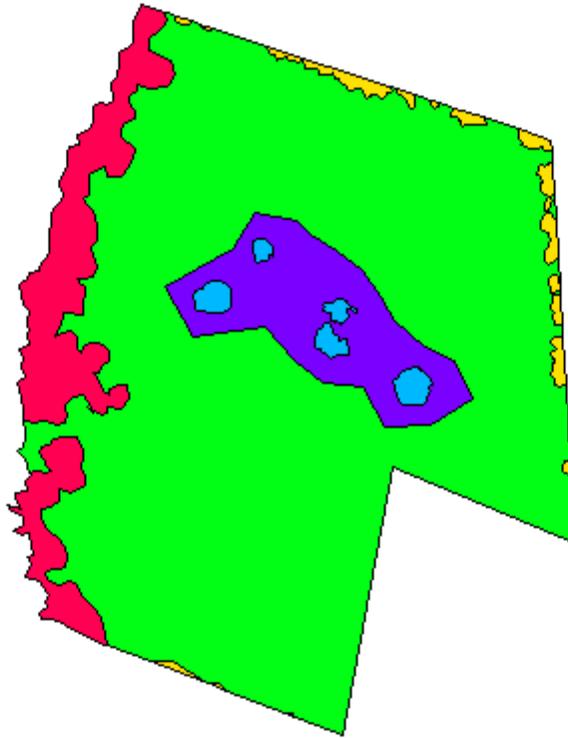


Figura 2. Polígono del rancho “El Rubí” subdividido por tipo de distribución arbórea. Simbología de colores: rojo = bosque ripario; amarillo = cerca viva; verde = potrero; morado = potrero arbolado; azul = elementos arbóreos del potrero arbolado.

5.4 Índices de bienestar animal

5.4.1 Obtención de datos de comportamiento, salud y producción

Tomando como base la metodología de los protocolos validados en el proyecto internacional WQ® de la Unión Europea en el que participó este grupo de trabajo, se elaboraron protocolos de evaluación de bienestar animal para las condiciones del ganado

de doble propósito en el trópico húmedo, con la intención de medir ciertas variables en campo.

Cabe señalar que el uso del protocolo de WQ® para el diseño de este estudio tuvo fines metodológicos, ya que aunque este protocolo ha demostrado ser eficiente en la evaluación del bienestar en sistemas intensivos, aún debe ser ajustado para condiciones extensivas, según lo discutido por Huertas *et al.* (2009). Debido a esto, las variables utilizadas se seleccionaron de acuerdo a la factibilidad de su obtención en sistemas extensivos y a la relevancia para relacionarlas con las mediciones de cobertura vegetal, no para estimar un nivel de bienestar objetivo dentro de los ranchos valorados.

Las variables evaluadas fueron comportamiento agonístico (frecuencia de cabezazos y desplazamientos), distancia de huida (% de vacas que pueden ser tocadas y % de vacas que no pueden ser tocadas con distancia asociada), indicadores de salud del hato (condición corporal por % de vacas con condición corporal baja; lesiones por ausencia y presencia de alopecias, heridas en la piel y cojeras con grado de severidad), facilidad de movimiento (tiempo que las vacas pasan amarradas) y expresión de otros comportamientos (tiempo que las vacas pasan en el potrero). Para la selección de estas variables se tomó en cuenta lo discutido por el grupo latinoamericano colaborador del proyecto WQ® (Huertas *et al.* 2009).

El Anexo 1 ejemplifica los formatos utilizados para la recolección de información.

5.4.1.1 Comportamiento agonístico

Se evaluaron todas las vacas en ordeño y en algunos casos otros individuos como las vacas próximas a parir y el toro perteneciente al mismo hato de ordeño a través de observaciones con muestreos de barrido y registro continuo. Estas observaciones fueron realizadas en el corral de ordeña (9 ranchos) y/o en el potrero (5 ranchos), según lo permitieran las actividades habituales de la unidad de producción.

Para poder obtener una mejor evaluación de los individuos, se dividieron los corrales y/o potreros en dos segmentos imaginarios que contenían el 50% de los animales cada uno. El tiempo de observación varió dependiendo de la duración de las actividades de cada unidad de producción. La evaluación se llevó a cabo por dos observadores (uno por segmento) y se realizó desde un punto elevado del corral y/o potrero.

Durante el tiempo de observación de cada segmento se registraron las frecuencias de los comportamientos agonísticos (cabezazos y desplazamientos) que se presentaron.

5.4.1.2 Distancia de huida

De acuerdo a la metodología validada por Huertas *et al.* (2009), se seleccionaron algunos animales del hato al azar después de finalizada la ordeña. Este procedimiento se realizó en el corral de ordeña (9 ranchos) y cuando fue posible en el potrero (5 ranchos).

La prueba consistió en acercarse a las vacas lentamente (un paso cada 2 segundos) con el brazo estirado hacia adelante en un ángulo aproximado de 45° tratando de tocar la boca / nariz, hasta que el animal doblase el cuello o se retirara para alejarse. A partir de esto se estimó la distancia de huida (distancia entre la mano y la boca / nariz en el momento del retiro).

5.4.1.3 Indicadores de salud del hato

Estos datos se obtuvieron por medio de observación directa. El número de animales seleccionados fue determinado por las especificaciones del protocolo referentes al tamaño de muestra requerido a partir del tamaño total del hato (información disponible en el cuadro 4 del Anexo 1). Los animales que se evaluaron fueron seleccionados al azar y se observaron de un solo flanco, ya fuera el derecho o izquierdo según la posición del animal y el observador. Las variables a observar fueron las siguientes:

- **Condición corporal (flaca-obesa):** Se observaron las vacas por medio de un muestreo focal, con base en criterios visuales basados en la parte posterior y el flanco de las vacas, clasificándolas en una escala de 0 a 2 (0 = vaca flaca, 1 = vaca aceptable, 2=vaca gorda)
- **Lesiones (ausencia/presencia; sin cojera-cojera severa):** Se registró la presencia/ausencia de alteraciones cutáneas (inflamaciones, heridas y alopecias). Así mismo, se observó la forma de desplazamiento de los animales a la salida de la ordeña. El grado de cojera se determinó en grados del 0 al 2 (0=vaca sin cojera, 1=vaca con cojera leve y 2=vaca con cojera severa)

5.4.1.4 Facilidad de movimiento y expresión de otros comportamientos

Además de estas mediciones, se aplicó un cuestionario a cada propietario acerca del tamaño total del hato, el número de vacas en ordeña, el tiempo que los animales permanecían dentro del corral y los días al año y horas al día que los animales permanecieron en los potreros correspondientes. Con esta información se estimó la facilidad de movimiento (dependiente de la cantidad de tiempo que las vacas permanecieran amarradas durante el ordeño) y la expresión de otros comportamientos (dependiente de la cantidad de tiempo que los animales estuvieran en el potrero y por ende, con mayor probabilidad de ejercer un comportamiento más natural).

5.4.2 Cálculo de puntajes para cada variable y asignación a categoría de bienestar

A partir de todos los datos obtenidos, se realizó el cálculo de puntaje a partir de la estadística incluida en el protocolo de WQ® (Vessier *et al.* 2009; WQ® 2009), el cual cuenta con procedimientos específicos para cada variable. El resultado final o puntaje es un número de 0 a 100, donde 0 representa lo peor y 100 lo mejor en cuanto a calidad del indicador. A continuación se describen los cálculos para cada variable.

5.4.2.1 Cálculo de puntaje para el comportamiento agonístico

De acuerdo a estudios experimentales, el máximo absoluto esperado de eventos agonísticos es de 500/hora/100 vacas, de los cuales 340 son desplazamientos y 160 cabezazos. A su vez, se considera que los desplazamientos son eventos más significativos en comparación con los cabezazos (Vessier *et al.* 2009; WQ® 2009).

A partir de estos supuestos, para el cálculo de puntaje de esta variable de acuerdo al protocolo, se utilizó una suma ponderada con un peso de 4 para los cabezazos y de 11 para los desplazamientos. El máximo teórico de esta suma es de 4380 (4 X 160 cabezazos + 11 X 340 desplazamientos). Para obtener un índice entre 0 y 100 (0 representando lo peor y 100 lo mejor), esta suma fue transformada en un índice que se menciona a continuación:

Índice de comportamiento social:

$$100 \times \frac{(4380) - (4(\text{cabezazos}) + (11(\text{desplazamientos})))}{4380}$$

Finalmente, este índice fue transformado en un puntaje usando una función tipo spline que muestra una curva suavizada con las ecuaciones:

Cuando $I \leq 70$, entonces el puntaje = $(0.396 \times I) - (0.00558 \times I^2) + (0.000123 \times I^3)$

Cuando $I \geq 70$, entonces el puntaje = $86.6 - (3.32 \times I) + (0.0474 \times I^2) - (0.000129 \times I^3)$

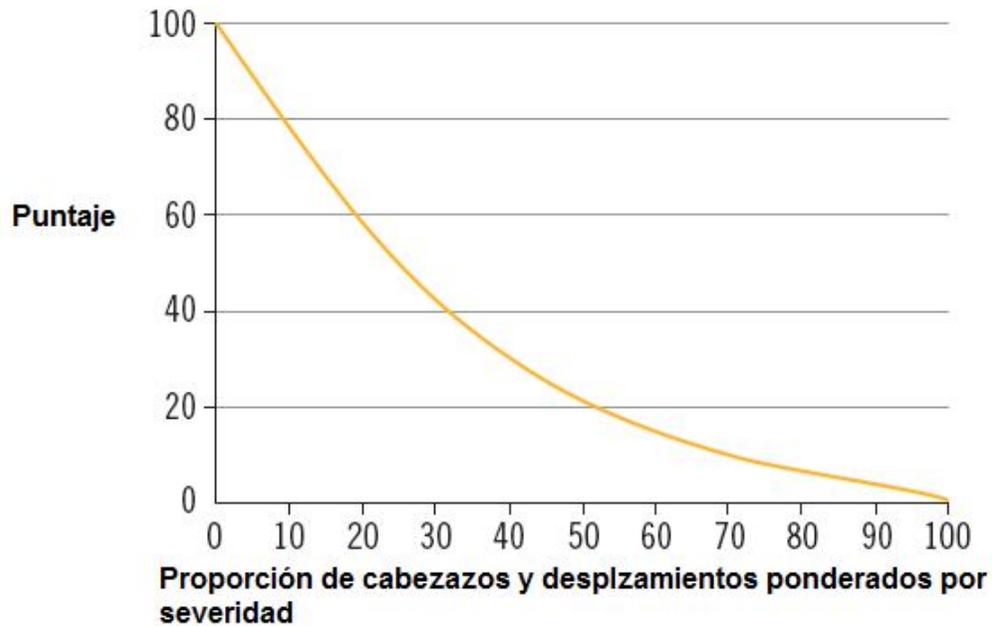


Figura 3. Cálculo de puntajes para la expresión de comportamiento agonístico de acuerdo a la frecuencia de cabezazos y desplazamientos (peso: 0.36 para cabezazos [4] y 1 para desplazamientos [11]) y en comparación con una situación extrema con 160 cabezazos y 340 desplazamientos. (Fuente: Protocolo "Assesement protocol for cattle" de WQ®, 2009).

5.4.2.2 Cálculo de puntaje para la distancia de huida

Cuatro categorías de animales (cat) fueron distinguidas a partir de las mediciones de campo y el porcentaje de animales en cada una de ellas fueron combinados en una suma ponderada con los siguientes pesos:

- Cat 1:0 para animales que pueden ser tocados.
- Cat 2:3 para animales que permiten la aproximación del observador a una distancia de hasta 50 cm pero que no pueden ser tocados.
- Cat 3:11 para animales que permiten la aproximación del observador a una distancia mayor de 50 cm y menor de 100 cm.
- Cat 4:26 para animales que permiten la aproximación del observador a una distancia mayor a 100 cm.

La suma fue transformada en un índice que varía de 0 (la peor situación) a 100 (la mejor situación) de la siguiente forma:

$$\text{Índice de comportamiento social } I = 100 - \frac{3 (\% \text{ cat } 2) + 11 (\% \text{ cat } 3) + 26 (\% \text{ cat } 4)}{26}$$

Finalmente, este índice fue transformado en un puntaje usando una función tipo spline que muestra una curva suavizada con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Cuando } I \leq 70, \text{ entonces el puntaje} = (0.738 \times I) - (0.0108 \times I^2) + (0.000114 \times I^3)$$

$$\text{Cuando } I \geq 70, \text{ entonces el puntaje} = -262 + (11.9 \times I) + (0.171 \times I^2) - (0.000874 \times I^3)$$

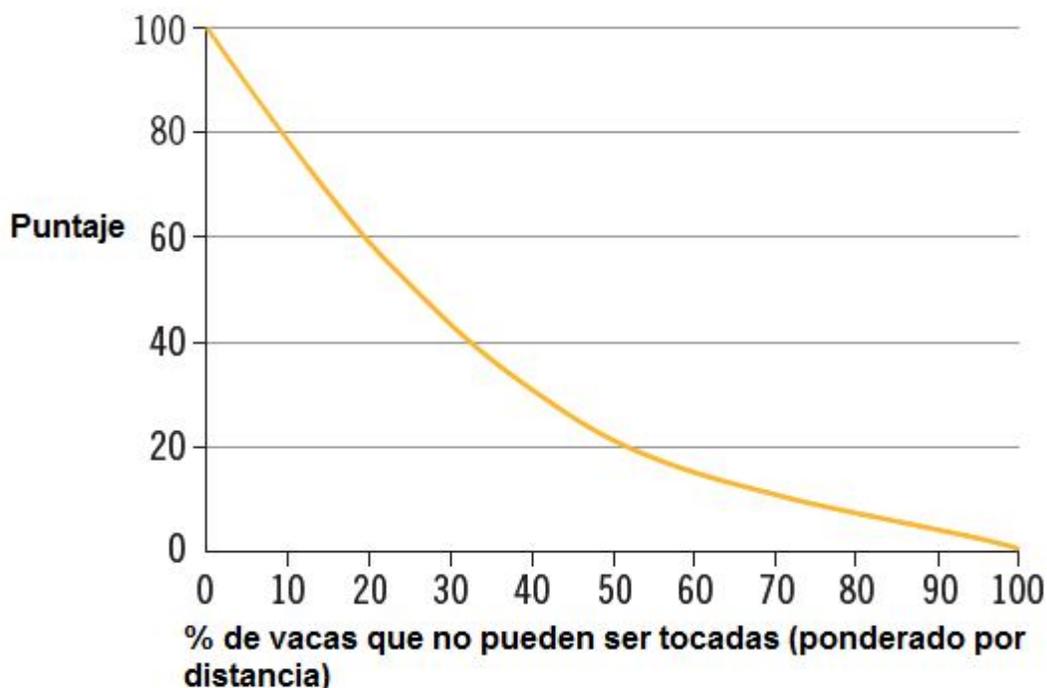


Figura 4. Cálculo de puntajes para la distancia de huida de acuerdo a la proporción de animales que no pueden ser tocados (peso: 0.12, 0.42 y 1 para animales con distancias de acercamiento de menos de 0.5 m [3], mas de 0.5 m y menos de 1 m [11] y más de 1 m [26]. (Fuente: Protocolo “Assesement protocol for cattle” de WQ®, 2009).

5.4.2.3 Cálculo de puntajes para la condición corporal

El puntaje de la unidad de producción en cuanto a la condición corporal fue calculado a partir del porcentaje de vacas muy delgadas. Este porcentaje fue transformado en índice:

$$I = 100 - \% \text{ de vacas muy delgadas}$$

Finalmente, este índice fue transformado en un puntaje usando una función tipo spline que muestra una curva suavizada con las ecuaciones:

$$\text{Cuando } I \leq 20, \text{ entonces el puntaje} = (111 \times I) - (1.39 \times I^2) + (0.00584 \times I^3)$$

Cuando $I \geq 20$, entonces el puntaje = $-2960 + (0.222 \times I) + (0.00277 \times I^2) - (5.93 \times 10^{-5} \times I^3)$

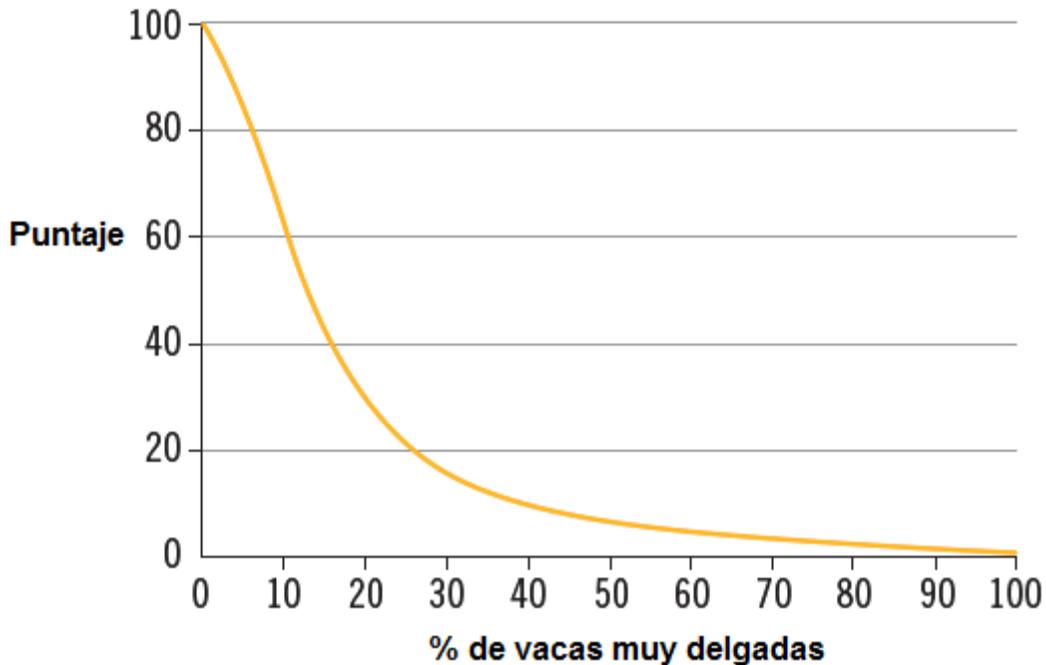


Figura 5. Cálculo de puntajes para ausencia de hambre prolongada de acuerdo al porcentaje de vacas muy delgadas en el hato. (Fuente: Protocolo "Assesment protocol for cattle" de WQ®, 2009).

5.4.2.4 Cálculo de puntaje para lesiones (alteraciones cutáneas y claudicaciones)

Se realizó a partir de dos puntajes parciales, uno para lesiones cutáneas y otro para claudicaciones, los cuales fueron calculados antes de ser combinados para un puntaje total.

- Puntaje parcial para alteraciones cutáneas: el porcentaje de animales afectado por una o muchas alteraciones moderadas y no severas y el porcentaje de animales afectados por una o más alteraciones severas fue combinado en una suma ponderada, con un peso de 1 para las alteraciones moderadas y 5 para las severas. Esta suma fue transformada en un índice que varía de 0 a 100 como sigue:

$$I = 100 - \frac{(\% \text{ moderadas}) + 5 (\% \text{ severas})}{5}$$

Finalmente, este índice fue transformado en un puntaje usando una función tipo spline que muestra una curva suavizada de acuerdo a las ecuaciones:

Cuando $I \leq 65$, entonces el puntaje = $(0.43168 \times I) - (0.0065044 \times I^2) + (0.00012589 \times I^3)$

Cuando $I \geq 65$, entonces el puntaje = $29.9 + (0.944 \times I) + (0.0145 \times I^2) - (1.92 \times 10^{-5} \times I^3)$

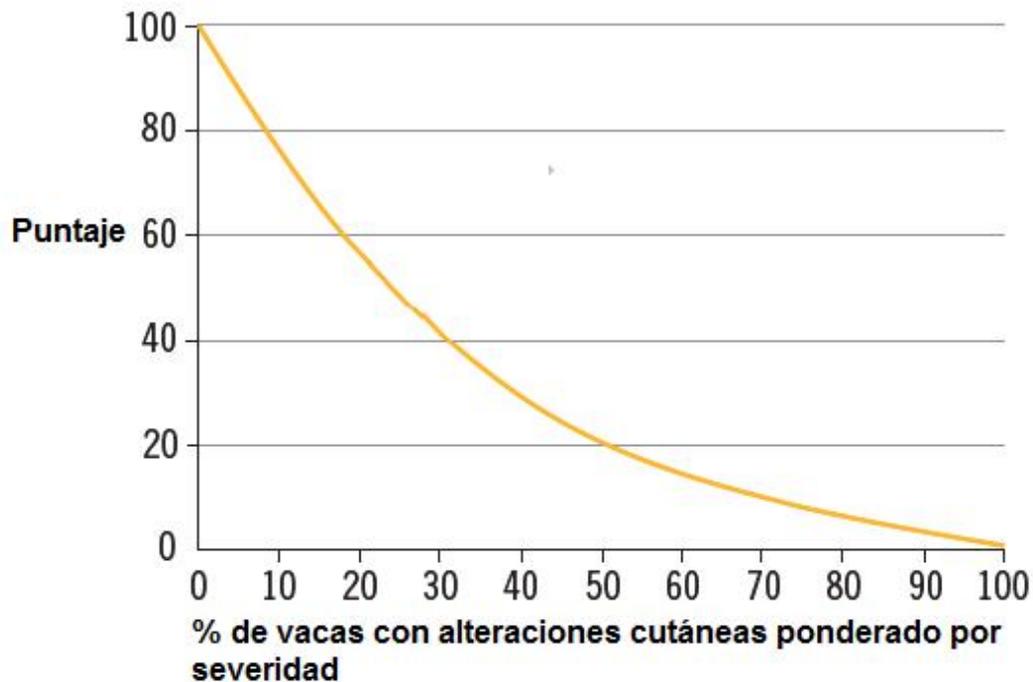


Figura 6. Cálculo de puntaje parcial para alteraciones cutáneas, de acuerdo al % de animales afectados por alteraciones moderadas y el % de animales afectados por alteraciones severas (pesos: 0.2 para moderadas [1] y 1 para alteraciones severas [5]). (Fuente: Protocolo "Assesment protocol for cattle" de WQ®, 2009).

Puntaje parcial para cojeras: el porcentaje de animales con cojera moderada y severa fueron combinados en una suma ponderada con un peso de 2 y 7 respectivamente. Después, la suma fue transformada en un índice que varía de 0 a 100 como sigue:

$$I = 100 - \frac{2 (\% \text{ moderadas}) + 7 (\% \text{ severas})}{7}$$

Finalmente, este índice fue transformado en un puntaje usando una función tipo spline que muestra una curva suavizada a partir de las ecuaciones:

Cuando $I \leq 78$, entonces el puntaje = $(0.0988 \times I) - (0.000955 \times I^2) + (5.34 \times I^3)$

Cuando $I \geq 78$, entonces el puntaje = $2060 + (79.3 \times I) + (1.02 \times I^2) - (0.00439 \times I^3)$

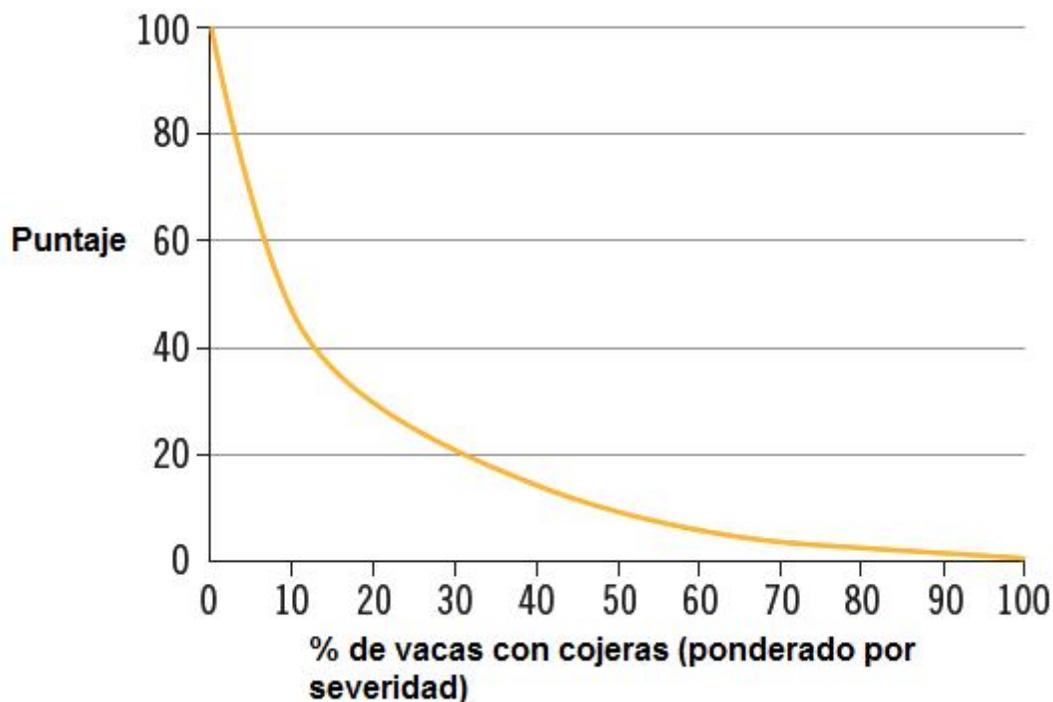


Figura 7. Cálculo de puntaje parcial para cojeras de acuerdo al % de animales moderadamente cojos y el % de animales severamente cojos (peso: 0.14 para moderados [2] y 1 para severos [7]). (Fuente: Protocolo “Assesment protocol for cattle” de WQ®, 2009).

Puntaje final para lesiones: los dos puntajes parciales fueron combinados usando una integral de Choquet, que conjunta criterios agregando un peso, al igual que una suma ponderada. Las variables de peso para la integral fueron para alteraciones cutáneas 0.56 mientras que para cojeras fue de 0.31

El resultado de esta operación es un puntaje de 0 (el peor resultado) a 100 (el mejor resultado).

5.4.2.5 Cálculo de puntaje para facilidad de movimiento

Para calcular este puntaje, se tomó en cuenta el tiempo que las vacas permanecieron en el potrero en días por año y en horas por día. Esta información fue proporcionada por el propietario.

Este puntaje evalúa la capacidad de las vacas para moverse libremente.

Una vaca es considerada como “amarrada” en un día dado si pasa por lo menos 18 horas atada.

A nivel de año, una vaca es considerada:

- Amarrada todo el año, si está amarrada (como se describió arriba) por al menos 265 días por año.
- Amarrada solo en el invierno, si permanece amarrada por al menos 15 días pero menos que 265 días al año.
- No amarrada, si permanece amarrada por menos de 15 días.
- Cuando una vaca es amarrada, se considera que la vaca realiza ejercicio regular cuando el animal es liberado al menos una hora al día.

A partir de estos criterios se genera un diagrama de decisión que otorga puntajes a cada una de las posibilidades:

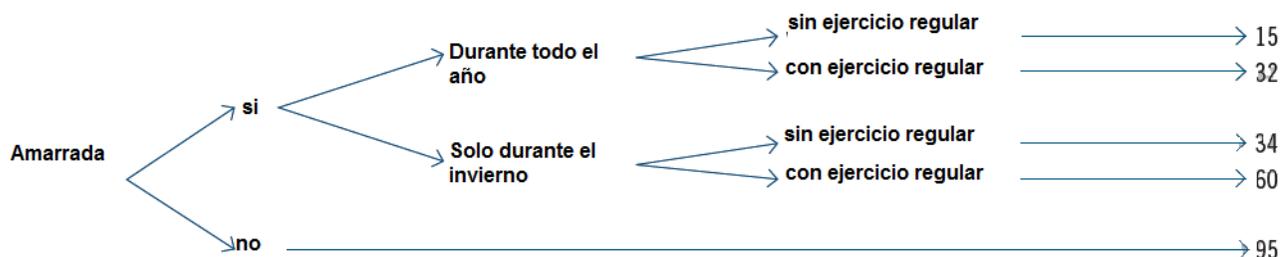


Figura 8. Diagrama de decisión para facilidad de movimiento. (Fuente: Protocolo "Assesment protocol for cattle" de WQ®, 2009).

5.4.2.6 Cálculo de puntaje para expresión de otros comportamientos

El porcentaje de días por año con al menos 6 horas en el potrero fue considerado. Este valor se obtuvo a partir de la información provista por el propietario. Este porcentaje fue transformado en un puntaje usando una función tipo spline que muestra una curva suavizada con las siguientes ecuaciones:

Cuando $I \leq 50$, entonces el puntaje = $(1.78 \times I) - (0.000932 \times I^2) + (0.000106 \times I^3)$

Cuando $I \geq 50$, entonces el puntaje = $-37.3 + (4.01 \times I) + (0.0457 \times I^2) - (0.000193 \times I^3)$

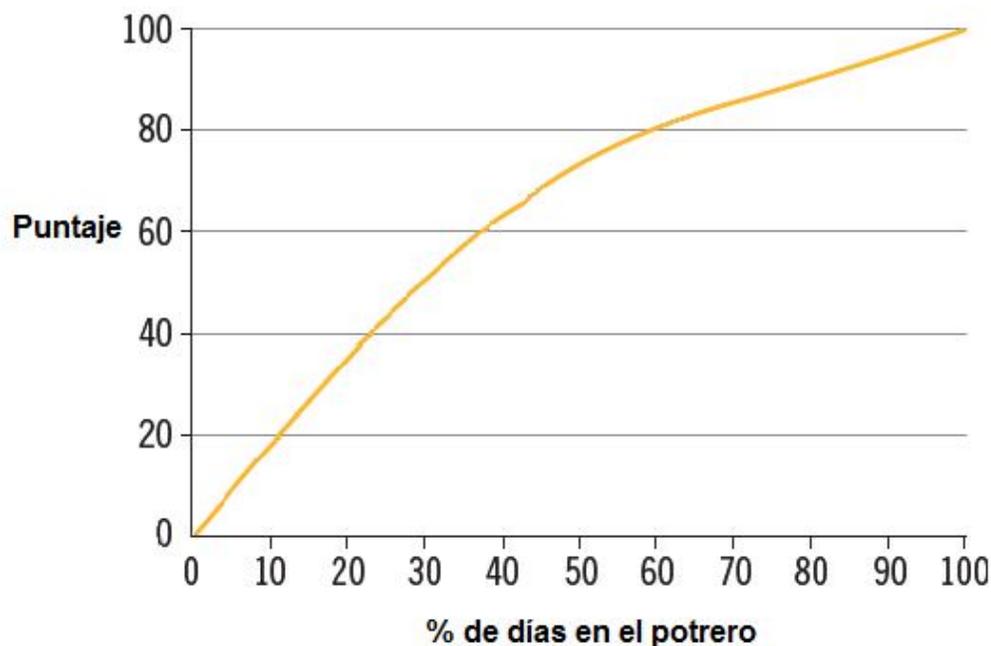


Figura 9. Cálculo de puntaje para la expresión de otros comportamientos de acuerdo a la proporción de días por año en el potrero. (Fuente: Protocolo “Assesement protocol for cattle” de WQ®, 2009).

Una vez obtenidos todos los puntajes para cada variable, estos fueron asignados a una de cuatro categorías de bienestar, de acuerdo a los puntajes de los indicadores.

- Excelente: (80.1 - 100).
- Mejorado: (60.1 – 80).
- Aceptable: (20.1 - 60).
- No clasificado: (0 - 20).

5.4.3 Relación entre cobertura vegetal y ciertos indicadores de bienestar

Con el fin de explorar la posibilidad de que exista una relación entre el área total, el porcentaje de potrero total, porcentaje de cobertura vegetal total y el porcentaje de cobertura correspondiente a cada tipo de vegetación con algún indicador de bienestar, se realizó la prueba de correlación de Spearman con la que se obtuvo un coeficiente numérico dentro del intervalo -1 y 1, indicando el tipo de asociaciones (negativas o positivas). Este análisis fue realizado con el programa SPSS versión 13.0 para Windows.

6. RESULTADOS

6.1 Análisis de cobertura vegetal

6.1.1 Análisis de áreas

A partir del análisis realizado con el programa ArcView 3.2, se obtuvieron los resultados resumidos en el cuadro 1.

El indicador porcentaje de cobertura arbórea mostró una enorme variabilidad entre ranchos, desde 52.42% en El Copite hasta 2.00% en Los Laureles. Como era de esperarse, la cobertura herbácea o de pastizal se comportó de forma inversa.

Se observó también que aunque existe un gradiente de cobertura arbórea, este no está relacionado con el área total destinada a los potreros en cada rancho.

Cuadro 1. Porcentaje de cobertura vegetal, potrero y área total en m²

RANCHO	COB ARB TOTAL (m2)	POTRERO TOTAL (m2)	ÁREA TOTAL (m2)	% COBERTURA ARBÓREA	% PASTIZAL
COPITE J2	42503	38529	81032	52.45	47.55
REFORMA JI	14482	31670	46152	31.38	68.62
CASABLANCA M2	32499	91600	124099	26.19	73.81
RUBÍ M1	12189	82543	94732	12.87	87.13
TORREÓN V2	38953	301566	340519	11.44	88.56
PIEDRA S2	7503	105105	112608	6.66	93.34
CANDELARIA C2	5101	71739	76840	6.64	93.36
CAPILLA C1	6188	90445	96633	6.40	93.60
PARROQUIA V1	3557	127587	131144	2.71	97.29
LAURELES S1	820	40234	41054	2.00	98.00

6.1.2 Análisis de tipo de distribución del elemento arbóreo

Se determinó que con respecto al área total, el pastizal arbolado (7%- 45% de cobertura arbórea) se encontró presente en todas las unidades de producción evaluadas, sin embargo, su presencia fue muy variable ya que el rango fue de 82.58% (Rancho El Copite) a 4.51% (Rancho La Parroquia).

La segunda distribución más encontrada fue el pastizal (0% - 6.9% de cobertura arbórea), con rango de 94.52% (Rancho Los Laureles) a 42.19% (Rancho Casablanca) y presente en ocho casos.

Se observó que en el 50% de las unidades de producción existe presencia de bosque, sin embargo el porcentaje fue bajo a excepción del Rancho El Copite con 48.35% del área total.

Por su parte el sistema de cerca viva estuvo presente en cinco ranchos con un rango porcentual de 5.42% (Rancho Casablanca) a 1.12% (Rancho La Parroquia), siendo este el rango más pequeño y estrecho encontrado.

El bosque ripario solamente se encontró en el rancho Casablanca con 16.20% del área total y en El Rubí con 9.89%.

Estos resultados se ilustran en la Figura 10:

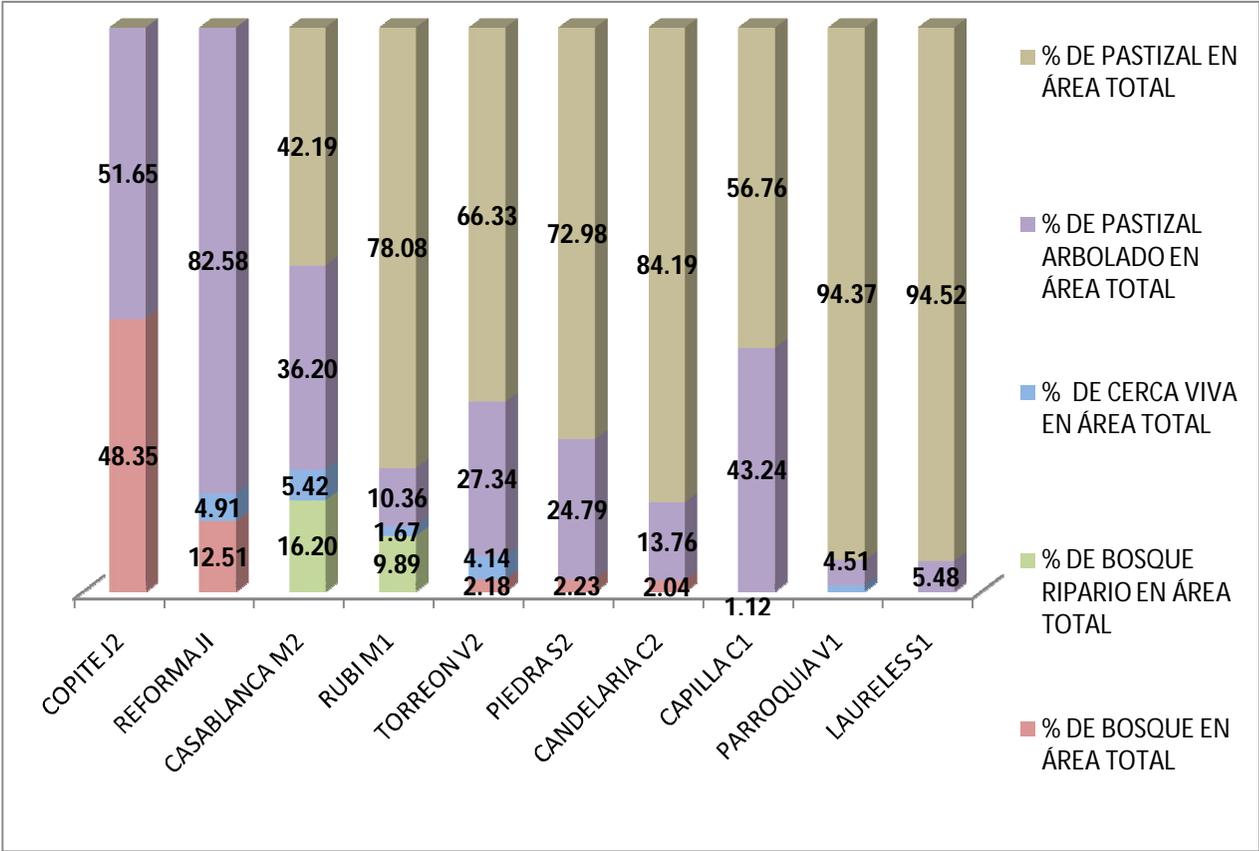


Figura 10. Porcentaje de tipo de distribución arbórea con respecto al 100 % del área total.

Dado que todos los ranchos analizados presentaron pastizal arbolado, se analizó el porcentaje de cobertura arbórea en cada caso (Figura 11). Cinco ranchos presentaron niveles de cobertura arbórea baja (de 7.94% a 13.17%) mientras que el resto presentaron

niveles de cobertura arbórea alta (Reforma, 16.91%; Piedra del Indio, 16.38%; La Candelaria, 30.95%; La Parroquia 32.25%; Los Laureles 32.25%).

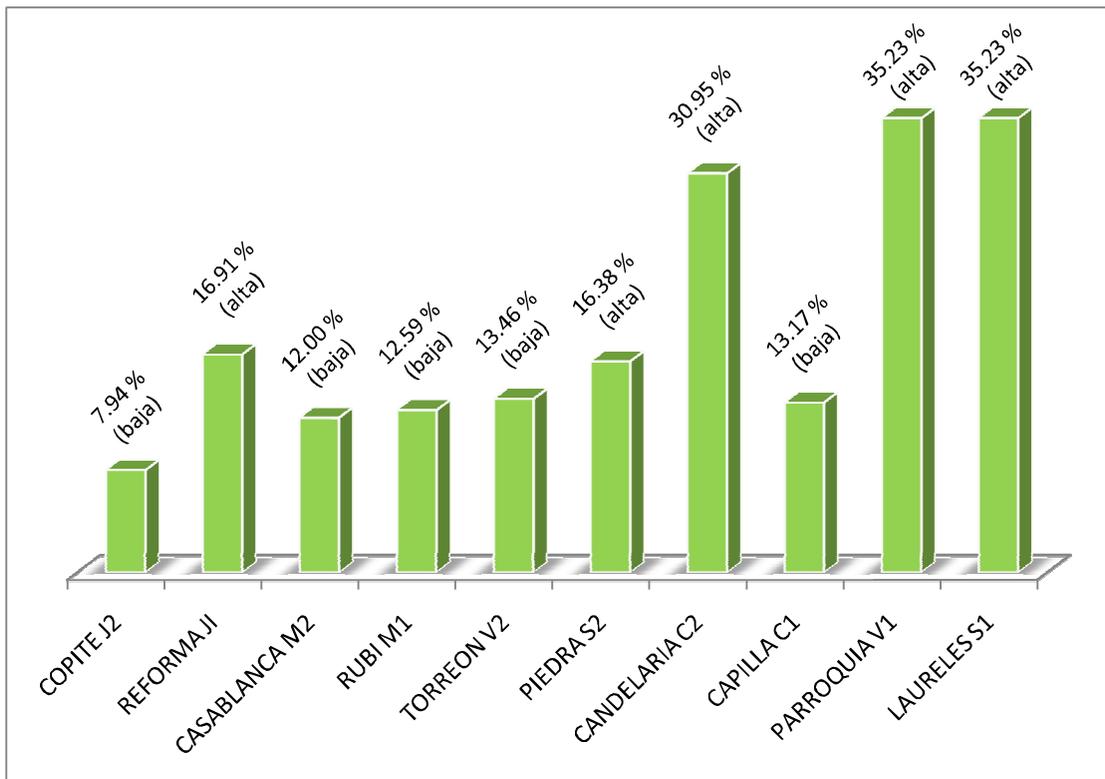


Figura 11. Porcentaje de cobertura arbórea en pastizal arbolado.

6.2 Evaluación de algunos indicadores de bienestar animal

A través de la metodología estadística generada por WQ®, se obtuvieron los puntajes ilustrados en el cuadro 2.

6.2.1 Condición corporal

Se observó que seis de los diez ranchos evaluados obtuvieron un puntaje excelente (100), mientras que uno obtuvo un puntaje mejorado (73.6) y tres de aceptable (49.3 – 31.8).

6.2.2 Facilidad de movimiento (h/días/año en el potrero)

Este indicador obtuvo puntajes excelentes en todos los casos (95).

6.2.3 Expresión de otros comportamientos (días (+ de 6 h)/año en el potrero)

En este caso, se obtuvieron en todos los ranchos puntajes excelentes que variaron de 90.1 a 100, dependiendo de las horas en las cuales las vacas estuvieron en la ordeña.

6.2.4 Lesiones

Seis unidades de producción obtuvieron puntajes excelentes (96.9- 82.1) mientras que tres obtuvieron puntajes mejorados (77.1- 79.8). Solo un rancho (La Capilla) obtuvo un nivel de aceptable (43.9).

6.2.5 Distancia de huida

Para la distancia de huida, cuando fue medida en el corral de ordeña solo fue excelente en un rancho (Los Laureles, 87.8), dos unidades presentaron puntajes mejorados (Piedra, 73.6; Torreón del Molino, 63.3) y seis estuvieron en aceptables (20.1- 54.8).

Esto se modificó cuando la evaluación se realizó en el potrero, en donde se observó que tres unidades estuvieron en la categoría de no clasificado y dos en aceptable.

6.2.6 Comportamiento agonístico

Cuando fue medido en el corral de ordeña (siete casos), este indicador obtuvo valores excelentes en seis ranchos (98.6- 89.3) y un puntaje aceptable en un caso (Los Laureles, 79.6), mientras que en el potrero (cinco ranchos), en cuatro casos el puntaje fue excelente (85.1-95.7), y en uno fue no clasificado (Reforma, 17.1)

Cuadro 2. Puntajes obtenidos a través de los protocolos de WQ®

RANCHO	CONDICIÓN CORPORAL	INFERENCIA DE LA FACILIDAD DE MOVIMIENTO (H/DÍA/AÑO EN POTRERO)	INFERENCIA DE LA EXPRESIÓN DE OTROS COMPORTAMIENTOS (DÍAS (+ de 6 h)/AÑO EN POTRERO)	LESIONES
COPITE J2	100 ****	95 ****	90.1 ****	96.9 ****
REFORMA JI	100****	95 ****	91.2 ****	78.2 +++
CASABLANCA M2	100 ****	95 ****	100 ****	96.6 ****
RUBI M1	100 ****	95 ****	100 ****	82.1 ****
TORREON V2	31.8 ##	95 ****	100 ****	77.1 +++
PIEDRA S2	100 ****	95 ****	98.6 ****	100 ****
CANDELARIA C2	73.6 +++	95 ****	100 ****	79.8 +++
CAPILLA C1	42.5 ##	95 ****	100 ****	43.7 ##
PARROQUIA V1	100 ****	95 ****	100 ****	87.1 ****
LAURELES S1	49.3 ##	95 ****	100 ****	100 ****

RANCHO	DISTANCIA DE HUIDA	COMPORTAMIENTO AGONÍSTICO	DISTANCIA DE HUIDA (POTRERO)	COMPORTAMIENTO AGONÍSTICO(POTRERO)
COPITE J2	-	-	74.9 +++	90.1 ****
REFORMA JI	54.8 ##	91.2 ****	46.6 ##	17.1 j
CASABLANCA M2	20.1 ##	90.3 ****	-	93.2 ****
RUBI M1	43.9 ##	89.3 ****	6 j	-
TORREON V2	63.3 +++	94.7 ****	18.5 j	95.7 ****
PIEDRA S2	73.6 +++	98.6 ****	-	85.1 ****
CANDELARIA C2	32.2 ##	83.5 ****	-	-
CAPILLA C1	40.5 ##	97.2 ****	17.8 j	-
PARROQUIA V1	41.6 ##	93.3 ****	-	-
LAURELES S1	87.8 ****	79.6 +++	-	-

EXCELENTE	****
MEJORADO	+++
ACEPTABLE	##
NO CLASIFICADO	j

6.2.8 Relación entre cubierta y ciertos indicadores del bienestar

La frecuencia de desplazamientos medida en la sala de ordeño presentó una relación negativa con respecto al área total del potrero (-0.717. $p < 0.05$).

Mientras tanto, el porcentaje de vacas con condición corporal baja se relacionó negativamente con la cobertura arbórea total y por consiguiente, de forma positiva con la cobertura herbácea o potrero total (-0.635, $p < 0.05$; 0.635, $p < 0.05$, respectivamente). Así mismo, este indicador se relacionó de forma negativa con el porcentaje de cerca viva (-0.728, $p < 0.01$).

El porcentaje de vacas con distancia de huida > 0 en el potrero mostró sólo una relación negativa con el porcentaje de potrero arbolado con respecto al área total (-0.9, $p < 0.05$).

Todos estos resultados se presentan en el cuadro 3:

Cuadro 3. Relaciones significativas a partir del coeficiente de correlación de Spearman

INDICADOR DE BIENESTAR (INFORMACIÓN PARA CÁLCULO DE PUNTAJES)	INDICADOR DE COBERTURA	ÍNDICE DE CORRELACIÓN
FRECUENCIA DE DESPLAZAMIENTOS (DESPLAZAMIENTOS/ VACA/HORA EN ORDEÑA)	Área total (m ²)	-0.717*
% DE VACAS CON CONDICIÓN CORPORAL BAJA	% Cobertura arbórea total	-0.635*
	% Potrero o cobertura herbácea total	0.635*
% DE VACAS CON DISTANCIA DE HUÍDA > 0 (POTRERO)	% Cerca viva en área total	-0.728*
	% Potrero arbolado en área total	-0.9*

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

7. DISCUSIÓN

7.1 Composición del paisaje como elemento en la toma de decisiones de manejo ambientalmente sostenible

En México, una de las tareas más importantes para los grupos encargados del manejo de recursos naturales, es la conversión de sistemas ganaderos extensivos a sistemas ambientalmente sostenibles, como los silvopastoriles.

Los sistemas silvopastoriles son considerados una alternativa de producción sostenible porque disminuye el impacto de la ganadería sobre los componentes del agroecosistema donde se desarrolla, pues genera beneficios ambientales como la preservación de la biodiversidad, la fijación de nitrógeno y el control de erosión, por mencionar algunos, así como en la salud y la producción animal como dentro de la mejora de variables reproductivas y en la disminución del estrés calórico, entre otras (Johnson *et al.* 1962; Djimde *et al.* 1989; Pezo e Ibrahim 1998).

Para poder llevar a cabo esta tarea es necesario conocer el estado actual de los sistemas ganaderos en México y en particular la composición y distribución del componente arbóreo, debido a que el manejo que cada productor le otorga a este componente genera características particulares que pueden estar relacionadas con esquemas ambientalmente sostenibles (aunque no sea la intención del propietario) o, por el contrario, pueden requerir de una reorganización basada en un análisis de las características individuales de cada rancho.

En este trabajo se evaluaron tres indicadores de sostenibilidad:

1. **El porcentaje de cobertura arbórea**, considerándose como silvopastoriles a aquellos valores situados entre el 22% al 35%, pues de acuerdo a lo descrito en la literatura, (Betancourt *et al.* 2003; Saenz *et al.* 2007; Montagnini 2009; Ibrahim *et al.* en prensa), lo obtenido en este estudio y la idea de que un sistema silvopastoril debe representar la combinación ideal de beneficios ambientales y productivos (siendo la productividad un reflejo del bienestar animal y de la cantidad de pasto producido), este es el rango porcentual que conserva biodiversidad, así como una buena producción de pasto y buenas tasas de consumo animal, además de otros

beneficios asociados a la sombra generada por los árboles como son la disminución del estrés calórico y por otro lado el aumento de materia seca y material nutritivo provistos por los árboles para la temporada seca (Bennett *et al.* 1985; Toops 1992; Pagot 1993; Blackshaw y Blackshaw 1994; Pezo e Ibrahim 1998; Paul *et al.* 1999; Ibrahim *et al.* 2005; Esquivel 2007).

2. **Los tipos de distribución arbórea** (fragmentos de bosque, bosque ripario, cercas vivas, pastizal arbolado y pastizal).
3. **La heterogeneidad**, que es la combinación de los tipos de distribución arbórea presentes en cada unidad.

Estas características han sido relacionadas ampliamente con la sostenibilidad, ya que están asociadas a la calidad y cantidad relativa de ciertos servicios ambientales en una unidad de producción, además de los beneficios agregados que ya se han enumerado.

El presente estudio demostró un margen porcentual muy amplio de cobertura arbórea. A pesar de que en Latinoamérica, la ganadería extensiva se relaciona con la deforestación, es posible encontrar unidades de producción en donde el ganadero mantiene cierto grado de cobertura arbórea como recurso para producir leña, madera, frutas y alimento extra para el ganado además de servicios como delimitación de terrenos y sombra tanto para el ganado, como para la fuente de agua que lo mantiene. Este porcentaje también está relacionado con la cantidad de servicios que el productor requiere o de los que esté consciente que puede obtener a partir del recurso arbóreo. (Cajas-Girón y Sinclair 2001; Gordon *et al.* 2003 y 2004; Harvey *et al.* 2004; Harvey *et al.* 2008d).

Así mismo, la distribución presente en todos los ranchos estudiados fue el pastizal arbolado. En la mitad de los casos estuvo asociado a coberturas altas, (15 a 36%), mientras que el resto se asoció a bajas (7 a 14%). Estos rangos porcentuales fueron considerados con base en los estudios que asocian diferentes niveles de cobertura en pastizal arbolado a beneficios productivos y ambientales (Betancourt *et al.* 2003; Harvey 2006; Saenz *et al.* 2007; Montagnini 2009; Ibrahim *et al.* en prensa).

La presencia de pastizal y cobertura arbórea en todos los ranchos implica que a pesar de las diferencias, cada uno cuenta con algún tipo de potencial para la conservación de la

biodiversidad y de servicios ambientales. En el contexto de Veracruz esto es de gran importancia ya que entre otras cosas, el estado se caracteriza por poseer gran diversidad de especies migratorias (Challenger 1998), entre las cuales destacan las aves, que son de los grupos animales más beneficiados por la cobertura arbórea en el agropaisaje.

El rancho El Copite contó con el mayor porcentaje de cobertura arbórea (52.45%). A su vez, con respecto al área total, presentó 51.65% de potrero arbolado de cobertura arbórea baja (7.94%), así como el mayor porcentaje de bosque encontrado en las unidades estudiadas (48.35%).

El porcentaje de bosque es óptimo para la biodiversidad de aves y la conservación de servicios ambientales, pero sobrepasa el porcentaje recomendado para el crecimiento del potrero, esto debido tanto a la competencia entre árboles y pastos por luz, agua y nutrientes (Kephart *et al.* 1992; Ong *et al.* 1991; Rao *et al.* 1998; Dias-Filho 2000; Harmannd *et al.* 2003), lo que se suma al efecto de otras características de la cobertura, como el tamaño y la forma del dosel, el cual puede reducir la producción de materia seca cuando es muy cerrado y denso (Belskey *et al.* 1989; Villafuerte 1998; Souza de Abreu *et al.* 1999).

El impacto de la cobertura arbórea en el crecimiento de pastos en sistemas silvopastoriles ha sido controversial ya que se han encontrado tanto mayores como menores niveles de productividad en pastizales asociados a árboles en una amplia gama de ecosistemas (Esquivel 2007). Estos resultados han sido relacionados con diferentes factores tales como la fertilidad del suelo (Durr y Rangel 2000), condiciones climáticas (Belsky 1989; Ludwing *et al.* 2001), la especie del pasto (Kephart *et al.* 1992; Dias Filho 2000), así como las densidad, configuración y características de las especies de árboles presentes en los potreros (Belsky *et al.* 1989; Fernandez *et al.* 2002; Teklehaimanot *et al.* 2002; Harmannd *et al.* 2003).

Por lo general, los pastos tropicales no crecen bien con altos niveles de sombra (<30% de la luz solar recibida); sin embargo, existen excepciones como *Panicum maximum*, que es altamente tolerante a la sombra. Otras especies como *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria mutica*, *Brachiaria decumbens* y *Cenchrus ciliaris* se adaptan bien a niveles medios de sombra (35 a 65 %) (Wong *et al.* 1990; Bhatt *et al.* 2002; Carvalho *et al.* 2002). En este sentido, Carvalho (1997) encontró que *Brachiaria brizantha*, *Panicum maximum* y

Brachiaria decumbens, en condiciones < 30% a 40 % de sombra, crecen a tasa relativas de 99.77% y 63% respectivamente en comparación a el crecimiento en plena exposición al sol. Otros estudios han demostrado que la masa seca de *Brachiara decumbens* se incrementa bajo cobertura arbórea media (22%) y disminuye con un 30%

Una producción mayor en pastura en sistemas silvopastoriles ha sido asociada con ciertas especies de árboles, en particular leguminosas (Belsky *et al.* 1989; East y Felker 1993; Durr y Rangel 2000; Fernández *et al.* 2002; Power *et al.* 2003, Esquivel 2007). Una probable explicación es que éstas se relacionan con el aumento en niveles de nitrógeno en el suelo provocado por el microclima generado bajo el dosel de estos árboles, lo que a su vez se asocia a una mayor fertilidad.

Por lo tanto, aunque El Copite no posee mucha heterogeneidad y presenta valores porcentuales no óptimos para la producción del potrero, la asociación con pastos altamente tolerantes a la sombra y/o leguminosas arbóreas puede asegurar beneficios productivos y a su vez garantizar la protección del enorme porcentaje de bosque encontrado que tiene un alto valor para la conservación de elementos endémicos. En este trabajo no se realizó la identificación de las especies vegetales presentes en el potrero, por lo que no es posible determinar si existen o no asociaciones positivas entre el elemento arbóreo y el herbáceo que se traduzcan en beneficios para el ganado; sin embargo, a través de los indicadores de cobertura obtenidos hemos podido establecer que el estudio de las asociaciones vegetales presentes en este potrero es el punto sobre el cual debe enfocarse el manejo de este rancho para encaminarlo hacia la sostenibilidad ambiental, ejemplificando así cómo este tipo de análisis apoya la toma de decisiones en el manejo de recursos ganaderos ambientalmente sostenibles.

En los casos de los ranchos Reforma y Casablanca, los porcentajes de cobertura arbórea total, (31.38% y 26.19%, respectivamente) presentan valores óptimos para ser considerados como silvopastoriles. El primero es uno de los casos más favorables en cuanto al manejo del recurso arbóreo con 16.91% de cobertura en pastizal arbolado de cobertura alta y lo relaciona con mayor abundancia de aves sin sacrificar la producción de pastos dado que este porcentaje se encuentra también por debajo del porcentaje máximo recomendado para el crecimiento de herbáceas relacionadas con árboles (Montagnini 2009; Ibrahim *et al.* en prensa). Con respecto a la heterogeneidad dentro del área total, este rancho posee además 82.58% de potrero arbolado, 12.51% de bosque y 4.91% de

cerca viva, lo que le confiere a esta unidad un nivel alto nivel de heterogeneidad, lo cual está asociado de forma positiva con la biodiversidad, la protección de servicios ambientales y la productividad, por lo que puede ser considerado como ambientalmente sostenible.

En el caso del rancho Casablanca, se observó que está constituido por pastizal arbolado en 36.20% del área total, siendo 12% de cobertura arbórea baja, así como 5.4% de cerca viva y 16.20% de bosque ripario, lo que le confiere heterogeneidad. Esta última distribución se asocia a un mayor valor en la conservación de murciélagos por la abundancia de elementos lineales, así como la prevalencia de endemismos vegetales, que son considerados prioritarios en los esquemas de conservación dado que México es uno de los países con mayor número de endemismos a nivel mundial (Challenger 2008).

En unidades como Reforma y Casablanca, donde existen condiciones que en conjunto pueden ser consideradas como óptimas en el contexto de los sistemas silvopastoriles, los esfuerzos deben de enfocarse en preservar las características de cobertura que generan beneficios integrales. Para lograr este objetivo, se requiere intensa investigación acerca de las relaciones entre los productores, el manejo y la economía de las fincas y la conservación de la biodiversidad, ya que se sabe que la estructura y la composición de los agropaisajes son el resultado de las decisiones individuales de los productores sobre el uso del suelo. Por lo tanto, solo mediante la comprensión acerca del manejo que los productores dan a sus tierras (y a los factores sociales, económicos y biofísicos que influyen en sus decisiones sobre el uso de suelo), así como de las ventajas (y desventajas) que los productores obtengan al conseguir una biodiversidad alta dentro de sus fincas, se tendrá la capacidad de entender mejor cómo podemos promover cambios en los agropaisajes que sean de beneficio para la conservación (Harvey 2008d). En la actualidad, son pocos los estudios que han explorado la forma en que las fuerzas económicas y sociales influyen sobre el uso de suelo, las configuraciones del paisaje y la biodiversidad existente en estos paisajes.

Por otro lado, la investigación relacionada con los factores socioeconómicos que rodean la ganadería en México también puede dar lugar a esquemas de incentivos económicos gubernamentales para sistemas ganaderos ambientalmente sostenibles. En este sentido, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) implementó desde el 2003 un esquema de pago por servicios ambientales (PSA) con el objetivo de reducir la conversión de la

cobertura forestal por medio de una compensación económica a los dueños de áreas con bosques. Sin embargo, existen aún dificultades para proteger áreas prioritarias ya que existen factores atenuantes como por ejemplo, el costo de oportunidad de la tierra que es mayor al monto ofrecido por el esquema de PSA, los costos de transacción que son mayores a los beneficios por obtener, la gran cantidad de requisitos para acceder al pago además de la dificultad para completarlos, y los fondos económicos aportados por el gobierno que no son suficientes para cubrir la demanda. Dada esta problemática, CONAFOR está desarrollando acciones para enfrentar los problemas mencionados en donde se permita, por ejemplo, la participación económica de los usuarios de los servicios ambientales (fondos concurrentes), además de realizar investigación relacionada con el desarrollo de metodologías para la valoración y cuantificación de los servicios ambientales generados por el bosque (Chagoya y Gutiérrez 2008).

En México aún no existen estímulos económicos en forma de PSA o créditos especiales para sistemas silvopastoriles como en el caso de Colombia, Nicaragua y Costa Rica (Murguetio 2009), por lo que este estudio proporciona información sólida, que puede ser usada por los planeadores y tomadores de decisiones para estructurar los incentivos a través de estrategias de producción agrosilvopastoriles o silvopastoriles compatibles con el manejo de los recursos naturales. Al identificar los sistemas que cuenta con las características para ser favorecidos y estimulados con estos apoyos (como los Ranchos Reforma y Casablanca), se garantizaría su prevalencia en el tiempo (es decir, brindándoles elementos de sostenibilidad), y se reconoce qué características relacionadas a la cobertura arbórea pueden ser mejoradas para orientar a sistemas extensivos hacia la reconversión ambiental.

En los ranchos El Rubí y Torreón del Molino con 12.87% y 11.44% de cobertura arbórea total respectivamente, no alcanzan el porcentaje óptimo para ser considerados como sistemas ganaderos sostenibles, representan un caso fuera de lo esperado en el contexto de América Central, ya que de acuerdo con Harvey *et al.* (2006) muchos potreros en esta zona, están compuestas con menos de 10% de cobertura arbórea.

El rancho El Rubí está constituido por pastizal arbolado de cobertura arbórea baja (10.36% del área total), además de estar asociado a bosque ripario (9.89% del área total) y un pequeño porcentaje de cerca viva (1.67%). Por su parte, Torreón del Molino presentó

27.34% de potrero arbolado de cobertura baja (13.46%), además de fragmentos de bosque (2.18%) y cerca viva (4.14%).

En ambos casos, la presencia de cerca viva y bosque es un elemento importante de conectividad dentro del agropaisaje y el aumento planificado de la cobertura en estas distribuciones podría tener implicaciones ecológicas, dado que en ambos ranchos los valores de cobertura arbórea en el potrero se acercan a aquéllos que brindan beneficios agregados. Una opción de manejo enfocada a aumentar el elemento arbóreo tomando en cuenta las ventajas que el productor busca obtener de su unidad de producción (como la generación de forraje extra o material para cercas y leña) sería una estrategia adecuada.

En el caso de los ranchos Piedra del Indio y La Candelaria la cobertura total fue de 6.66% y 6.64%, respectivamente, contando ambos con pequeños porcentajes de bosque (2.23% para Piedra del Indio y 2.04% para La Candelaria) y potrero arbolado de cobertura alta (24.79% y 13.76%, respectivamente), lo que los ubica con características que no cubren un sistema ambientalmente sostenible. Sin embargo, los fragmentos de bosque y el potrero arbolado de cobertura alta poseen un cierto valor para la conservación, por lo que una opción de manejo dirigida a aumentar la cobertura sería la implementación de cercas vivas debido a que poseen un tipo de distribución que otorga un enorme control al productor, pues entre otras cosas, puede decidir el lugar donde será establecida con el fin de evitar el pisoteo y dificultades en el movimiento diario del ganado, además de poder definir la especie arbórea a partir de los beneficios que se deseen recibir. Por otra parte, ofrece la ventaja de conectividad entre los fragmentos de bosque y las áreas de potrero arbolado, lo cual es un factor crítico para el movimiento de las especies animales asociadas a cada tipo de distribución, contribuyendo así a la creación de redes dentro de un paisaje fragmentado.

La Capilla encontró 6.40% de cobertura arbórea total en forma del pastizal arbolado de cobertura baja, el cual ocupa 43.24% del área total. Al presentar un bajo porcentaje de cobertura total y no contar con heterogeneidad, esta unidad de producción no es sostenible ambientalmente. Por otro lado, el pastizal arbolado ocupa casi la mitad del área total, por lo que el manejo enfocado a aumentar drásticamente la cobertura en esta distribución puede tener efectos importantes, pues cabe recordar que un pastizal arbolado de cobertura alta puede ofrecer algunos servicios ambientales, como la mejora en las condiciones del suelo, lo que a la larga haría posible agregar heterogeneidad.

La Parroquia (2.71%) y Los Laureles (2%) fueron las unidades con menor cobertura arbórea total, contando ambas con pequeños porcentajes de potrero arbolado (4.51% y 5.48%, respectivamente), y en el caso de La Parroquia, con un pequeño porcentaje de cerca viva (1.12%). El valor inicial para la conservación en este tipo de ranchos es nulo debido a que representan en gran medida al potrero relacionado al manejo extensivo. Una conversión de estas unidades de producción a sistemas ganaderos sostenibles debería buscar un aumento dramático de la cobertura arbórea (alrededor de 13 puntos porcentuales). Por lo discutido para el caso de Piedra del Indio y La Candelaria, la cerca viva es también en estos casos una de las opciones más fáciles para que el productor incluya un mayor porcentaje de cobertura arbórea y sobre todo, obtenga beneficio económicos, que es el motor principal en la toma de decisiones en las unidades de producción ganadera (Harvey *et al.* 2008c).

Por lo tanto, a través de este análisis, se comprobó que la composición ideal del paisaje para considerar un sistema como silvopastoril debe incluir porcentajes que permitan la productividad del pasto y el ganado (en este caso, 22% a 35%, pudiendo variar dependiendo de la especie de pasto que se utilice en un potrero, el clima y otras condiciones), además de altos niveles de heterogeneidad que garantizan la conservación de servicios ambientales como la biodiversidad. La inclusión de toda la cobertura y todas las distribuciones arbóreas posibles para el productor debe hacerse tomando en cuenta cuales son los beneficios que se busca agregar a una unidad de producción, pues no solo se busca garantizar la sostenibilidad ambiental de un rancho, sino la económica.

7.2 Evaluación de algunos indicadores de bienestar animal

7.2.1 Condición corporal

Dentro de este estudio, ninguna de las unidades evaluadas obtuvo puntajes de 0 a 20 o “No clasificados”, muy probablemente debido a que la condición corporal es una variable relacionada con la productividad que es constantemente vigilada por los productores, ya que tiene implicaciones no solo para el bienestar, sino para la producción de leche, la salud del hato, el desempeño reproductivo y la productividad total del rancho (Bewley y Schutz 2008) y por lo tanto tiene importancia económica.

El índice de correlación de Spearman indicó que el aumento en la cobertura arbórea total está relacionado con una disminución en el porcentaje de vacas con condición corporal baja, lo que implica que la presencia de árboles en el potrero es un factor que puede mejorar esta variable en el hato y por ende, su bienestar, además de diferentes indicadores productivos.

Estos resultados pueden estar relacionados con lo que se sabe acerca del valor nutricional de los árboles en potreros, ya que se ha reconocido que algunas especies de árboles producen hojas y vainas que son altamente palatables para el ganado y que están disponibles en la temporada seca, cuando las pasturas son de bajo valor nutricional. (Esquivel 2007).

Los insumos de estos árboles mejoran la productividad (peso vivo y producción de leche) ya que los insumos de estos árboles que pueden ser consumidos por el ganado se caracterizan por tener un alto valor nutricional (proteína cruda > 12% y digestibilidad de materia seca *in vitro* > 65%), en especial las especies leguminosas (Ortega *et al.* 1998; Solorio *et al.* 2000; Aguilar y Condit 2001; Alvarez *et al.* 2003; Ku 2005). Los frutos de las especies de árboles multipropósito como *Guazuma ulmifolia* (guácimo), *Pithecellobium saman* (genizaro), *Enterolobium cyclocarpum* (guanacaste), entre otros, han sido usados para alimentar al ganado, sustituyendo el uso de granos y mejorando la productividad del ganado particularmente durante la temporada seca (Moscoso *et al.* 1995; Ortega *et al.* 1998; Durr 2001; Zamora *et al.* 2001).

En México se ha demostrado que el ganado alimentado con frutas o especies de árboles multipropósito incrementa su ganancia de peso vivo comparado con el ganado alimentado solo con pastos. Novillos que consumieron los frutos de *Pithecellobium saman* ganaron más peso vivo (500 g / día) en comparación con los novillos sin suplementación (400 g / día). De manera similar, vacas lecheras alimentadas con frutas de la misma especie arbórea a niveles de 15% de su capacidad de ingesta incrementaron la producción de leche a razón de 2.2 litros/vaca/día. (Roncallo *et al.* 1996; Baquero *et al.* 1999).

Si los productores que participaron en este estudio mantienen este tipo de árboles en sus potreros, es de esperarse que la condición corporal se incremente conforme aumenta el porcentaje de cobertura arbórea. Desafortunadamente, en este trabajo no fue posible realizar censos florísticos en los potreros. Sin embargo, Bautista- Tolentino *et al.*(2010)

encontraron, a través de la caracterización de sistemas agroforestales en Veracruz, que la familia *Fabaceae* (leguminosas) es la mejor representada (16 especies), además de que los productores consideran a las vainas de especies arbóreas como *A. pennatula*, *C. cacalaco* y *D. carthagenensis*, un recurso para la época de estiaje. Por lo tanto, es muy posible que la relación entre la cobertura arbórea total y la condición corporal en este estudio se deba en cierta medida a la presencia de estos tipos de árboles en los potreros evaluados. Es necesario que los estudios que se deriven de este trabajo incluyan censos florísticos actualizados de la zona para confirmar esta hipótesis.

Además de esto, existe la posibilidad de que la presencia de árboles haya contribuido al aumento de la condición corporal a través de la disminución del estrés calórico debido a la sombra. Se considera a los árboles como los productores más efectivos de sombra pues combinan la protección del sol con el efecto de absorción de la radiación creado por las hojas frescas evaporando humedad (Hahn 1982; Wiersma 1982; Armstrong 1994) y se sabe que cuando la temperatura y la radiación solar alcanzan valores superiores al límite considerado como confort térmico para el ganado, los animales pueden experimentar una influencia negativa en la producción de leche, la reproducción, el crecimiento y la ganancia de peso, entre los más importantes (Drugociu *et al.* 1977; Hahn 1999; Pires *et al.* 2008).

En sistemas asociados a árboles, como los analizados en este trabajo, se ha observado que la sombra favorece ciertos aspectos del comportamiento que incrementan la ingesta de materia seca y por ende, la ganancia de peso y la condición corporal. Casasola (2000) encontró que en sitios con mayor cobertura arbórea los consumos se elevaron hasta en 3,7%, comparados con 1,3 y 2,0% en lugares con menor cobertura arbórea. Así mismo, en sistemas con mayor cobertura arbórea en Nicaragua (22 a 30%) el ganado aumento el tiempo dedicado al pastoreo y al ramoneo en comparación aquéllos asociados a coberturas bajas (0 a 7%) los cuales dedicaron más tiempo al descanso y la rumia, por lo que disminuyó su producción de leche en comparación con el ganado de cobertura alta (Betancourt 2003). En México, aunque no se encontraron diferencias significativas en el consumo de toretes, sí se encontraron en la tasa de crecimiento a favor del silvopastoreo, con las mejores ganancias de peso (486 g /animal/ día), en comparación con animales en monocultivo (369 g /animal/ día) (Pérez *et al.* 2008).

Por otro lado, a la sombra se le atribuyen también varios efectos benéficos relacionados con la condición corporal, además del aumento del consumo de alimento, como el incremento del tiempo utilizado para seleccionar los alimentos de mayor valor nutritivo en el potrero, la disminución en los requerimientos de agua, el incremento en la eficiencia de conversión alimentaria y una mejor respuesta inmunológica a las enfermedades (Soca 2005).

Por ende, en este estudio, los hatos relacionados con los potreros que presentaron mayor cobertura y por lo tanto, mayor sombra, pudieron ser favorecidos al modificar su conducta ingestiva e incrementar el consumo, lo que da lugar a una mejor condición corporal. Para profundizar en esta relación, la observación de los patrones de ingesta debe de ser incluida en estudios subsecuentes.

También se observó una relación estadísticamente significativa entre el incremento del porcentaje de cerca viva y la disminución del porcentaje de vacas con condición corporal baja, lo que puede deberse al tipo de especies que componen las cercas vivas y su valor nutricional. En este sentido, la necesidad de un inventario florístico actualizado de las especies que contienen los ranchos ganaderos de la zona vuelve a resaltar, en este caso, categorizándolas por tipo de distribución, pues el hecho de que sólo la cerca viva mostrara una relación positiva con la condición corporal puede deberse a factores como la palatabilidad y la energía contenida en las especies existentes en esta distribución en comparación con las otras. Esto puede ser muy útil para determinar opciones de manejo.

7.2.2 Facilidad de movimiento y expresión del comportamiento

Para el ganado estabulado el acceso al potrero es de gran importancia y debe de ser evaluado. Sin embargo, esta medida carece de sentido en unidades de producción como las incluidas en este trabajo, ya que los animales viven dentro del potrero y por lo tanto, los puntajes obtenidos en estos rubros siempre recaen en la categoría de “excelente”, como se puede observar en los resultados obtenidos. Esta consideración no refleja en sistemas extensivos del trópico la verdadera facilidad de movimiento y expresión de otros comportamientos.

Para el ganado mantenido en potreros, la influencia del clima en el bienestar animal y la producción ha sido estudiada desde 1950. El clima afecta al ganado directa e

indirectamente, dado que modifica la cantidad y/o calidad de alimento disponible, los requerimientos de agua y energía, la cantidad de energía consumida y el uso de la misma. Los animales lidian con las condiciones adversas del clima alterando sus mecanismos fisiológicos y su comportamiento con el fin de mantener su temperatura corporal dentro del rango normal. Como resultado es posible observar alteraciones en el consumo de alimento, la productividad y sobre todo, sus actividades (Balling 1980; Johnson 1987; Arias *et al.* 2008).

Como ya se ha mencionado, la sombra es un factor importante para el control del estrés calórico en el ganado. A pesar de que la temperatura del aire y la velocidad del viento son importantes para determinar la efectividad de los mecanismos para disminuir la temperatura en días claros, la radiación solar es el elemento climático más importante para predecir el uso de sombra. En otras palabras, dado que los mecanismos para disminuir la temperatura no son suficientes para prevenir el incremento de la temperatura corporal bajo condiciones de intensa radiación solar, las respuestas principales del ganado son la búsqueda de sombra y la ingesta de agua (Paranhos da Costa 1987).

Por lo tanto, la protección generada por la sombra es una barrera para la radiación térmica y no el calor, ya que no cambia la temperatura del aire. Sin embargo, dados los altos niveles de radiación solar en áreas tropicales, la protección es esencial y hay muchos estudios que sugieren que la mera existencia de sombra de árboles en pastizales puede alterar favorablemente el comportamiento del animal, ya que el control del microclima es posible plantando árboles y arbustos (Silva 2000; Detzel 1992).

Cuando los animales carecen de protección en contra de la radiación, se ha reportado que permanecen echados más tiempo, disminuyen actividades de pastoreo y ramoneo y reducen la agresividad, que es parte de las interacciones sociales. A su vez, aumenta el tiempo dedicado a beber agua y el que permanecen parados cerca de los bebederos (Betancourt *et al.* 2003; Brown- Brandl *et al.* 2006; de Souza *et al.* 2010). Otros estudios con cruza de ganado Zebú y europeo en sistemas silvopastoriles en el verano demostraron que de las 6 am a las 6 pm los animales realizaron el 68.6% de sus actividades bajo la sombra (Leme *et al.* 2005).

Por lo tanto, en condiciones de baja cobertura, las modificaciones del comportamiento enfocadas a contrarrestar el estrés calórico podrían ser clave para la evaluación de la

facilidad de movimiento y la expresión de otros comportamientos, ya que se modifican tanto las actividades que realizan en el contexto individual y social, como la libertad de movilizarse a diversos lugares dentro del potrero, pues los individuos se restringen a permanecer en zonas con sombra o cercanas a las fuentes de agua.

Es necesario que se realice más investigación sobre este tema para poder estimar un índice que refleje la calidad y no la cantidad del tiempo que el ganado en sistemas extensivos pasa en un potrero, siendo los factores climáticos y en especial, la radiación solar, elementos determinantes para la evaluación de este elemento del bienestar.

7.2.3 Lesiones

En este estudio, seis de los 10 ranchos evaluados presentaron valores excelentes para este indicador, mientras que tres fueron de puntajes mejorados y uno, aceptable. Como se mencionó, las condiciones de pastoreo favorecen a menores índices de cojeras y alteraciones cutáneas (Vanegas *et al.* 2006; Hernández-Mendo *et al.* 2007; Keyserlingk 2009), lo que se refleja en estos puntajes donde ningún rancho tiene valores no clasificados. Aún así, para las unidades que obtuvieron puntajes menores a excelente, es posible que sea debido a la calidad, el largo o el diseño de los caminos, ya que se ha comprobado que para ganado en pastoreo, este es el factor que puede aumentar la incidencia de cojeras y como consecuencia, de otro tipo de lesiones, como las dérmicas (Leonard *et al.* 1994; Lean *et al.* 2008).

Otro factor de riesgo es el estrés calórico, pues se ha demostrado que éste modifica el comportamiento de las vacas lo que aumenta el riesgo de laminitis y lesiones en la pezuña (Overton *et al.* 2002), por lo que la presencia de árboles parece ser importante para disminuir la incidencia de lesiones totales, aunque en este estudio no se encontraron relaciones significativas entre estas variables. Por lo tanto el diseño de los caminos y el impacto del estrés calórico deben de ser tomados en cuenta para evitar bajos niveles de bienestar en pastoreo.

7.2.4 Distancia de huida

En este trabajo, los puntajes de distancia de huida evaluados en la ordeña fueron en seis casos valorados como aceptables, en dos como moderados y en un caso como excelente.

Ningún rancho fue encontrado dentro de los puntajes más bajos o no clasificados, lo que indica que en una evaluación general, la distancia de huida presupone un manejo aceptable del ganado en las unidades evaluadas al momento de la ordeña, ya que se ha visto que la distancia de huida hacia una persona desconocida en un ambiente familiar se relaciona significativamente con el comportamiento del ordeñador (Wablinger *et al.* 2002).

Para este indicador medido en el potrero, tres ranchos fueron valorados como no clasificados, uno como aceptable y uno como mejorado. También, existió una correlación negativa entre el porcentaje de vacas que no pudieron ser tocadas y el porcentaje de pastizal arbolado en el área total, lo que indica que mientras el pastizal arbolado en un área determinada aumenta, el porcentaje de vacas que pueden ser tocadas es mayor.

Una explicación a esta relación son las restricciones espaciales, que juegan un papel importante. Una misma prueba diseñada para evaluar la relación humano- animal, realizada en ambientes diferentes puede tener un impacto distinto en el comportamiento que se espera evaluar (Waiblinger *et al.* 2006). La naturaleza y la magnitud de las reacciones fisiológicas y conductuales pueden diferir sustancialmente si son probadas en situaciones que permiten o bien, imposibilitan la huida de los humanos y la presencia o ausencia de refugio determina también si se presentan comportamientos de huida o bien, de inmovilidad (Jones, 1996).

En este trabajo, es posible que la posibilidad de tocar a un individuo haya aumentado a la par que la cobertura debido a que el elemento arbóreo impide la reacción de huida del ganado al ocupar espacio que de estar libre, beneficiaría la movilización. Al no tener otra alternativa, es factible que el ganado en potreros arbolados responda con la inmovilización y en consecuencia, la facilidad de ser tocado. Es necesario investigar más a fondo la aplicabilidad de esta prueba en sistemas extensivos.

Por otro lado, la presencia de árboles tiene otras implicaciones. Se ha reportado que el incremento de las temperaturas produce un desequilibrio endócrino en los animales, que muestran una respuesta corticosuprarrenal al efecto del estrés calórico; ésta se manifiesta, entre otras respuestas, en un marcado incremento inicial en los niveles de cortisol en plasma (Faure *et al.* 2004), aumento que también se observa en leche cuando los ordeñadores tienen interacciones táctiles negativas hacia el animal (golpes, empujones, fuertes palmadas) y una distancia de huida de entre 1 a 3 metros del experimentador (Hemsworth *et al.* 2000)

El cortisol en leche es considerado como un buen reflejo de la activación del eje hipotálamo- pituitario- adrenal durante el la ordeña (Verkerk *et al.* 1998), ya que es un indicador del estrés agudo generado por la interacción con los humanos y además, puede reflejar elevaciones crónicas del cortisol en plasma como consecuencia de niveles elevados de miedo (Hemsworth *et al.* 2000).

En este trabajo no se midieron los niveles de cortisol en plasma o leche. Sin embargo, considerando la distancia de huida como un reflejo de estrés psicológico, es plausible preguntarse si existe una relación entre el estrés físico provocado por la temperatura y las reacciones emocionales de un individuo. Este tema debe ser abordado en estudios subsecuentes.

7.2.5 Comportamiento agonístico

En los ranchos evaluados, se encontró que en el corral de ordeña los puntajes de comportamiento agonístico fueron calificados como excelentes en ocho casos y mejorado en uno, lo que indica que en general, dentro de los corrales de ordeña de cada rancho existen suficientes recursos y que la competencia por estos es baja, lo que limita las interacciones agresivas.

En el caso de los potreros, cuatro ranchos se calificaron como excelentes y uno como no clasificado. La correlación de Spearman entre la frecuencia de desplazamientos y el área total del rancho fue negativa, es decir, entre más espacio exista, menos interacciones agonísticas tienen lugar en el potrero, lo cual es congruente con la necesidad de mantener un espacio individual adecuado para limitar interacciones sociales negativas entre los animales. (Friend *et al.* 1997; Neindre *et al.* 2004; Johnson *et al.* 2007; Torres *et al.* 2009).

Sin embargo, la disponibilidad de recursos juega también un papel muy importante. Cuando recursos como espacio, comida o agua son limitados, las vacas necesitan competir por ellos. Como resultado, los individuos mostrarán comportamientos agonísticos (Phillips 2002; Boe and Faerevik 2003; DeVries *et al.* 2004).

Debido a que las condiciones de campo no lo permitieron, en este estudio no se evaluó la calidad nutricional del componente arbóreo ni la disposición del agua, además de que sólo cinco ranchos fueron evaluados para este indicador. Por estas razones, aunque se encontró que el espacio se relaciona significativamente con la calidad de la vida social,

no fue posible examinar más a detalle la relación que otros recursos tienen con la aparición de interacciones agresivas dentro de estas unidades de producción. Es necesario que estudios posteriores realicen más investigación al respecto.

8. CONCLUSIONES

- ✓ El análisis de áreas y cobertura vegetal es una herramienta útil para determinar tres variables principales: el porcentaje de cobertura arbórea total, los tipos de distribución arbórea presentes y la heterogeneidad.
- ✓ En el Estado de Veracruz, existe la ocurrencia incidental de sistemas con características consideradas como silvopastoriles (Ranchos Reforma y Casablanca) y por lo tanto, potencial para la conversión hacia sistemas sostenibles ambientalmente.
- ✓ El elemento arbóreo se relaciona con algunos indicadores de bienestar evaluados, pues ayuda a disminuir la radiación solar incidente, disminuyendo el estrés calórico y su influencia en diversos aspectos del bienestar animal.
- ✓ Los protocolos de evaluación deben tomar en cuenta el porcentaje de cobertura arbórea relacionado con el potrero para la evaluación exitosa del bienestar.
- ✓ Se recomienda:
 - ✓ Realizar análisis de área más extensivos con el fin de sentar bases para la generación de herramientas objetivas de evaluación como por ejemplo, un índice de cobertura arbórea para unidades de producción que tome en cuenta el porcentaje, la distribución y la heterogeneidad.
 - ✓ Tomar en cuenta no solo el porcentaje de cobertura, sino la cantidad de área arbolada por animal, para la generación de un análisis mucho más fino.
 - ✓ Realizar censos florísticos actuales de la zona, tanto de los árboles presentes por tipo de distribución como del tipo de pastos que componen el elemento herbáceo, de modo que se obtenga mayor información que pueda generar mejores conclusiones acerca del manejo de los sistemas pecuarios.
 - ✓ Investigar más a fondo el impacto del estrés calórico y su relación con el estrés emocional, es decir, como la perturbación térmica se relacionan directa e indirectamente con estados como la frustración, la ansiedad y el miedo, afectando las mediciones de bienestar y por otro lado, determinar hasta qué punto la sombra de los árboles limita este proceso de modo que se mejore el diseño de protocolos de bienestar para ganado en sistemas extensivos.

9. BIBLIOGRAFÍA

Agenäs, S., Heath, M., Nixon, R., Wilkinson, J., y Phillips, C., 2006. Indicators of undernutrition in cattle. *Anim. Welf.* 15(2), 149-160.

Aguilar, S. y Condit, R., 2001. Use of native tree species by an Hispanic community in Panama. *Economy Botany.* 55(2), 223-235.

Algers, B., 2004. Injury and disease, en: Global conference on animal welfare: an OIE initiative. Paris, Francia, 23-25 de febrero, 2004.

Alvarez, G., Melgarejo, L. y Castañeda, Y., 2003. Weight gain, feed conversion and efficiency in sheep fed with parota tree (*Enterolobium cyclocarpum*) fruit (seed and pod) and poultry manure. *Veterinaria México* 34(1), 39-46.

Armstrong, D.V., 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77, 2044–2050

Amstutz, H.E., 1987. Prophylaxis: breeding, feeding, housing and hoof trimming. en: *Bovine Pract.* 22, 179-181.

Anima, S.D., 2009. Silvopasture: an agroforestry practice, Oregon State University.

Arias, R.A., Mader T.L. y Escobar P.C., 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch Med Vet* 40, 7-42.

Avendaño, R.S., y Acosta, R.I., 2000. Plantas utilizadas como cercas vivas en el estado de Veracruz. *Madera y Bosques* 6, 56-71.

Balling R.C. Jr., 1980. An assessment of the impact of weather conditions on feedlot cattle performance. Center for Agricultural Meteorology and Climatology, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, NE. CAMaC Progress report 80-3.

Baquero L., Becerra A., Roncallo B. y Silva J. 1999. Suplementación de vacas doble propósito con frutos de algarrobbillo (*Pithecellobium saman*) durante el verano. IV seminario Internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles. Cali, Colombia. Octubre 28-30.

Barnett, J.L. y Hemsworth, P.H., 1990. The validity of physiological and behavioural measures of animal welfare. *Journal of Applied Animal Welfare Science.* 25, 177–187.

Bautista-Tolentino, M., López-Ortíz, S., Pérez-Hernández, P., Vargas-Mendoza M., Gallardo-López F. y Gómez-Merino F.C., 2010. Sistemas agro y silvopastoriles en la comunidad El Limón, municipio de paso de ovejas, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, en línea: <http://www.veterinaria.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/440/445>. Consultado en septiembre, 2010.

Beer, J., 1987. Experiences with fence line fodder trees in Costa Rica and Nicaragua, en Beer J., Fassbender, H.W., Hueveldop, J., (Eds.), *Advances in agroforestry research*. Turrialba, CR, CATIE. p. 215–222. (Serie Técnica no. 147).

Belsky A.J., Mwonga, S.M., Duxbury J.M., 1993. Effects of widely spaced trees and livestock grazing on understory environments in tropical savannas. *Agroforestry Systems* 24, 1-20.

Belsky, J., Amundson, R.G., Duxbury, J.M., Riha, S.J., Ali, A.R. y Mwonga, S.M., 1989. The effects of trees on their physical, chemical and biological environments in a semi arid Savanna in Kenya. *Journal of Applied Ecology*. 26, 1005-1024.

Bennett, A.F., J.Q. Radford, y A. Haslem., 2006. Properties of land mosaics: implications for nature conservation in agricultural environments. *Biological Conservation* 133, 250–264.

Bennett, I.L., Finch, A.V., Holmes, C.R., 1985. Time spent in shade and its relationship with physiological factors of thermoregulation in three breeds of cattle. *Applied Animal Behaviour Science* 13, 227-236.

Benton, T.G., Vickery, J.A., y Wilson, J.D., 2003. Farmland biodiversity: Is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution* 18, 182–188.

Berninger, F. y Salas, E., 2003. Biomass dynamics of *Erythrina lanceolata* as influenced by shoot-pruning intensity in Costa Rica. *Agroforestry Systems* 57, 19–29

Bernues, A., Riedel, J.L., Asensio, M.A., Blanco, M., Sanz, A., Revilla, R. y Casaus, I. 2005. An Integrated Approach to Studying the Role of Grazing Livestock Systems in the Conservation of Rangelands in A Protected Natural Park (Sierra de Guara, Spain). *Livestock Production Science*, 96, 75–85.

Bernabucci, U., Bani, P., Ronchi, B., Lacetera, N. y Nardone A., 1999. Influence of short and long term exposure to a hot environment on rumen passage rate and diet digestibility by Friesian heifers. *Journal of Dairy Science* 82, 967-973.

Betancourt, K., Ibrahim, M., Harvey, C., Vargas, B., 2003. Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 10(39–40), 47–51.

Bewley, J.M., Schutz, M.M., 2008. Review: An interdisciplinary review of body condition scoring in dairy cattle. *Professional animal scientist*, 24, 507-529.

Bhatt. R.K., Mirsa, L.P., Vandana, P. y Tiwari, H.S., 2002. Growth and biomass production in tropical range grasses and legumes under light stress environment. *Indian Journal of plant physiology*. 7(4), 349-353

Blair, R.B., 1999. Birds and butterflies along an urban gradient: surrogate taxa for assessing biodiversity? *Ecological Applications* 9, 164–170

Blackshaw, J. y Blackshaw, A., 1994. Heart stress in cattle and effect of shade on production and behaviour: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 34 (2), 285-295.

Breuer, K. 2000. Fear and productivity in dairy cattle. Ph.D. thesis. Monash University, Australia.

Broom, D.M., 1986. Indicators of poor welfare. *Br. Vet. J.* 142:524. *Rec. Med. Vet.* 164-715

Broom, D.M., Johnson, K.G., 1988. Concepts de stress et de bien-etre. en: "Le stress", *Requeiel de Medecine Veterinaire, Ecole Vet. D'Alfort*

Broom, D.M., 1991. Animal welfare: concepts and measurements. *J. Anim. Sci.* 69, 4167–4175.

Broom, D.M., 1998. 'Welfare, stress and the evolution of feelings'. *Advances in the Study of Behaviour*, 27, 371–403.

Broom, D.M. y Johnson, K.G., 1993. *Stress and animal welfare*. Chapman and Hall, London.

Brown-Brandl, T.M., Nienaber, J.A., Eigenberg, R.A., Made, r T.L., Morrow, J.L., y Dailey, J,W,. 2006. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. *Livest Sci* 105, 19-26.

Burel, F., Butet, A., Delettre, Y.R., y de la Peña N.M., 2004. Differential response of selected taxa to landscape context and agricultural intensification. *Landscape and Urban Planning* 67,195–204

Bøe, K.E., y Færevik, G., 2003. Grouping and social preferences in calves, heifers and cows. *Applied Animal Behaviour Science* 80 (3), 175-190.

Cajas-Giron, Y.S., y Sinclair F.L., 2001. Characterization of multistrata silvopastoral systems on seasonally dry pastures in the Caribbean Region of Colombia. *Agroforestry Systems* 53,215–225.

Carvalho, M.M., 1997. Asociación de pasturas con Arboles en la región centro sur de Brazil. *Agroforestería en las Américas* 4, 15-18

Carvalho, M.M., Freitas V de P. y Xavier D.F., 2002. Initial flowering, dry matter yield ad nutritive value of tropical forage grasses under natural shading. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 37(5), 717-722

Casasola, F., 2000. Productividad de los sistemas Silvopastoriles Tradicionales en Moropotenté, Estelí, Nicaragua. *Tesis Mag. Sc.Turrialba, CR, CATIE*. 94 p.

Chacón León, M.L. y Harvey, C.A., 2007. Contribuciones de las cercas vivas a la estructura y la conectividad de un paisaje fragmentado en Río Frío, Costa Rica, en: Harvey, C.A. y Saénz J. C. (Eds.), *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio. pp. 225-248.

Chagoya, J.L., Gutierrez, L.I., 2008. Esquema de pago por servicios forestales de la comisión nacional forestal, en: ed. C. Sepúlveda and M. Ibrahim. Turrialba, Políticas y sistemas de Incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas, Costa Rica: CATIE, pag 189-204

Challenger, A., 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado presente y futuro. CONABIO, Inst. de Biología UNAM y Sierra Madre, México, D.F.

Colborn, D.R., Thompson, D.L., Roth, T.L., Capehart, J.S. y White, K. L., 1991. 'Responses of cortisol and prolactin to sexual excitement and stress in stallions and geldings'. *Journal of Animal Science*, 69, pp. 2556–2562. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, 2010, "Reporte del Estado de los Bosques 2010".

Cornelissen, J.M.R., Ursinus, W.W., Schepers. F., Grot Koerkamp, P.W.G. y van Dixhoorn, I.D.E., 2009. Briek of requirements in the dairy cattle, Report 264 Ed. Wageningen UR Livestock Research, Holanda.

Couttolenc, B.E., Cruz, R.J.A., Cedillo, P.E., y Musálem, M.A. 2005. Uso local y potencial de las especies arbóreas en camarón de Tejada, Veracruz. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 11, 45-50.

Curtis, S.E., 1987. Animal well-being and animal care. *Veterinary Clinics of North America-Food Animal Practice*, 3, 369–382.

Daily, G.C., editor. 1997. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington, D.C.

Daily, G. C., G. Ceballos, J. Pacheco, G. Suzan, and A. Sanchez-Azofeifa. 2003. Countryside biogeography of neotropical mammals: conservation opportunities in agricultural landscapes of Costa Rica. *Conservation Biology* 17, 1814– 1826.

Daily, G. C., P. R. Ehrlich, and G. A. Sanchez-Azofeifa. 2001. Countryside biogeography: use of human-dominated habitats by the avifauna of southern Costa Rica. *Ecological Applications* 11, 1–13

D'Angelo M., Enne G., Madrau S., Percich L., Previtali F., Pulina G., Zucca C., 2000 .Mitigation land degradation in mediterranean agro-silvo-pastoral system: a GIS based approach. *Catena*, 40: 37-49.

Dawkins, M. S., 1980. *Animal suffering: the science of animal welfare*. Chapman and Hall, London.

DeMers M.N., 2005. *Fundamentals of geographic information systems*. Wiley. New York

De Haan, C., Steifeld. H. y Blackburn, H., 2005. *Livestock and the environment: Finding a balance*. Comision of the European Comunities, FAO, World Bank, Suffolk, U.K.

Detzel, V.A., 1992. Arborização urbana: importância e avaliação econômica. en: congresso brasileiro sobre arborização urbana, 1., 1992. Vitória. Anais... Vitória. 39-52.

De Souza, W., Barbosa, O.R., de Araujo Marquez, J., Gasparino, E., Cecato, U., Martinis, Barbero, M., 2010. Behavior of beef cattle in silvpastoral systems with eucalyptus. *R. Bras. Zootec.*, 39 (3), 677-684.

DeVries, T.J., Von-Keyserlingk, M.A.G. y Weary D.M., 2004. Effect of feeding space on the inter-cow distance, aggression, and feeding behavior of free-stall housed lactating dairy cows. *J.Dairy Sci.* 87, 1432–1438

- Dias-Filho, M.B., 2000. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. Humidicola* under shade. *Pesquisa agropecuaria Brasileira*. 35(12): 2335-2341
- Dix, M.E., y Leatherman, D., 1988. Insect management in windbreaks. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 22–23:231–240
- Djimde, M., Torres, F. y Migongo-Bake, W., 1989. Climate, animal and agroforestry. En: W S Reifsnnyder, T O Darnhofer (Eds). *Meteorology and agroforestry. Proceedings of an international workshop on the application of meteorology to agroforestry systems planning and management, Nairobi 9-13 February 1987*. International Council for Research in Agroforestry (ICRAF) Nairobi, Kenya, 463-470.
- Drugociu, G., Runceanu, L., Nicorici. R., Hritcu, V. y Pascal, S., 1977 Nervous typology of cows as a determining factor of reproductive and productive behaviour. *Animal Breeding* 45, 1262.
- Duncan I.J.H., 2004. Pain, fear and distress en: *Global conference on animal welfare: an OIE initiative*. Paris, Francia, 23-25 febrero, 2004.
- Duncan, I.J.H., 1993. 'Welfare is to do with what animals feel'. *J. Agric. Environ. Ethics*, 6, Suppl. 2, 8–14.
- Duncan, I.J.H. 1996. Animal welfare defined in terms of feelings. *Acta Agric. Scand. Sect. A, Animal Science Suppl.* 27, pp. 29–35.
- Duncan, I. J. H. 2002. Poultry welfare: science or subjectivity? *British Poultry Science*, 43, pp. 643–652.
- Duncan, I. J. H. y Petherick, J. C. 1991. 'The implications of cognitive processes for animal welfare'. *Journal of Animal Science*, 69, pp. 5071–5022.
- Duncan, I.J.H. y Wood-Gush., D.G.M., 1972. Thwarting of feeding behaviour in the domestic fowl. *Animal Behav*, 20, 444–451.
- Durr P.A. 2001. The biology, ecology and agroforestry potential of the raintree, *Samanea saman* (Jacq.) Merr. *Agroforestry Systems*. 79, 223-237
- Durr P.A. y Rangel J. 2000. The response of *Panicum maximum* to a simulated subcanopy environment 1. Soil x shade interaction. *Tropical Grassland* 34, 110-117
- East R.M. y Felker P. 1993. Forage production and quality of C4 perennial grasses grown under and outside canopies of mature *Prosopis glandulosa* Torr. Var *glandulosa* (mesquite). *Agroforestry Systems*. 22, 91-110
- Ebner J., 1993. 'Group-housing of lactating sows. Studies on health, behaviour and nest temperature'. Department of Animal Environment and Health, SLU Inst. för husdjurshygien. Report, 31, Skara. 1–108.

Ekesbo I. 1984 Methoden der Beurteilung von Umwelteinflüssen auf Nutztiere unterbesonderer Berücksichtigung der Tiergesundheit und des Tierschutzes. Wien Tierärz Monatsschr, 71:86-190.

Epila, J. S. O. 1986. The case of insect pest management in agroforestry systems. *Agricultural Systems* 19:37–52.

Esquivel, H. 2007. Tree resources in traditional silvopastoral systems and their impact on productivity and nutritive value of pastures in the dry tropics of Costa Rica. PhD. Thesis. Turrialba, CR, CATIE. 161 p.

Espinosa, J., Matus, J., Martínez, MA., Santiago, M., Román, H., y Lauro Bucio. 2000. Análisis económico de la tecnología bovina de doble propósito en Tabasco y Veracruz. *Agrociencia*. 34: 651-661.

Estrada, A., P. Cammarano, and R. Coates-Estrada. 2000. Bird species richness in vegetation fences and in strips of residual rain forest vegetation at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 9:1399–1416.

Estrada, A., and R. Coates-Estrada. 2001. Bat species richness in live fences and in corridors of residual rain forest vegetation at Los Tuxtlas, Mexico. *Ecography* 24:94–102.

Estrada, A., R. Coates-Estrada, A. Anzures Dadda, and P. Cammarano. 1998. Dung and carrion beetles in tropical rain forest fragments and agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 14:577–593

Estrada, A., R. Coates-Estrada, and D. A. Meritt. 1997. Anthropogenic landscape changes and avian diversity at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 6:19–43.

Fassbender H. 1993., Modelos edafológicos de sistemas agroforestales; 20. Edición. CATIE. Turrialba. Costa Rica. 1993; 490 p.

Faure, R.; Fernández Limia, O.C. & Morales, Denis. 2004. Concentraciones de Cortisol sérico en novillas Holstein durante las dos épocas del año en Cuba - Serum Cortisol levels in Holstein heifers in dry and rainy periods of subtropical climate. Disponible en: <http://comunidad.veterinaria.org/articulos/articulo.cfm> [consulta:septiembre 2010]

Fernandez M.E., Gyenge J.E., Dalla Salda G. and Schlichter T.M. 2002. Silvopastoral systems in northwestern Patagonia I: growth and photosynthesis of *Stipa speciosa* under different levels of *Pinus ponderosa* cover. *Agroforestry Systems* 55: 27-35

Fischer, J., and D. B. Lindenmayer. 2002a. The conservation value of paddock trees for birds in a variegated landscape in southern New South Wales. 1. Species composition and site occupancy patterns. *Biodiversity and Conservation* 11:807– 832.

Fischer, J., and D. B. Lindenmayer. 2002b. The conservation value of paddock trees for birds in a variegated landscape in southern New South Wales. 2. Paddock trees as stepping stones. *Biodiversity and Conservation* 11:833–849.

Flather, C. H., K. R. Wilson, D. J. Ean, and W. C. McComb. 1997. Identifying gaps in conservation networks: of indicators and uncertainty in geographic-based analyses. *Ecological Applications* 7:531–542.

Fraser D., 2004. Applying science to animal welfare standards en: Global conference on animal welfare: an OIE initiative. Paris, Francia, 23-25 febrero, 2004.

Fraser, A. F. and D. M. Broom. 1990. Farm Animal behaviour and Welfare. Sannders, New York.

Fraser, D., D. M. Weary, E. A. Pajor, and B. N. Milligan. 1997. A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Anim. Welf.* 6:187–205.

Friend, T. H.; Polan, C. E.; Gwazdauskas, F. C. y Heald, C. W. 1997. Adrenal glucocorticoid response to exogenous adrenocorticotropin mediated by density and social disruption in lacting cows. *J. Dairy Sci.* 60:1958-1963.

Galindo F., 1996. The relationships between behaviour and the occurrence of lameness in dairy cows, Ph D Thesis, University of Cambridge, U.K.

Galindo F. y Broom DM. 2000. The relationships between social behaviour of dairy cows and the occurrence of lameness in three herds. *Research in Veterinary Science* 69, 75-79.

Galindo, F., Broom, D.M. The effects of lameness on social and individual behavior of dairy cows. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 5, (3), 193 – 201.

García SC, Fulkerson WJ 2005. Opportunities for future Australian dairy systems: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45, 1041-1055.

García SC, Pedemera M, Fulkerson WJ, Horadagoda A, Kandra K 2007, Feeding concentrates based on individual cow requirements improves the yield of milk solids in dairy cows grazing restricted pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 47, 502-508.

Ganskopp, D. 2001. Manipulating cattle distribution with salt and water in large arid-land pastures: A GPS/GIS assessment. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 73:251–262

Ganskopp, DC, Bohnert, DW 2009. Landscape nutritional patterns and cattle distribution in rangeland pastures. *Applied Animal Behaviour Science* 116, 110–119.

Gillespie, T. W., A. Grijalva, and C. N. Farris. 2000. Diversity, composition and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology* 147:37–47.

Giraldo LA. Sistemas silvopastoriles para la ganadería en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 2000, 87 p.

Gobierno del Estado de Veracruz. 2005. Programa Veracruzano De agricultura, Ganadería, Forestal, Pesca y Alimentación 2005-2010. pdf. pp- 16-22. consultado en octubre 2010. www.secver.gob.mx/difusion/pvd/PVD2005-2010.pdf

Gómez JE, Velásquez JE. 1999. Proceso integral de recuperación y manejo de praderas, condición fundamental para el desarrollo ganadero en Caquetá. *Boletín Técnico Corpoica-Pronatta*. 42 p.

Gordon, J. E., W. D. Hawthorne, A. Reyes-García, G. Sandoval, and A. J. Barrance. 2004. Assessing landscapes: a case study of tree and shrub diversity in the seasonally dry

tropical forests of Oaxaca, Mexico and southern Honduras. *Biological Conservation* 117:429–442.

Gordon, J. E., W. D. Hawthorne, G. Sandoval, and A. J. Barrance. 2003. Trees and farming in the dry zone of southern Honduras II: the potential for tree diversity conservation. *Agroforestry Systems* 59:107–117.

Grandin, T. 1980. Observations of cattle behavior applied to the design of cattle handling facilities. *Applied Animal Ethology* 6, 19-31.

Greenberg, R., P. Bichier, and J. Sterling. 1997. Birds, acacia, and cattle in Southern Mexico. *Biological Conservation* 80:235-247.

Guevara, S., S. Purata y E. van der Maarel. 1986. The role of remnant trees in tropical secondary succession. *Vegetatio* 66: 74-84.

Guevara, S., J. Meave, P. Moreno-Casasola y J. Laborde. 1992. Floristic composition and structure of vegetation under isolated trees in neotropical pastures. *J. Veg. Sci.* 3: 655-664.

Guevara, S. y J. Laborde. 1993. Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences for local species availability. *Vegetatio* 107/108: 319-338

Gutiérrez M. 1995. *Agricultura para la vida*. Cali.

Hahn, G. L. 1982. Housing for cattle, sheep and poultry. *Animal Production in the Tropics*. M. F. Yousef, ed. Racger Publ., New York, NY.

Hahn G 1999 Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *Journal of Dairy Science* 82:10-20.

Harmand J.M., Donfack P. and Njiti C.F. 2003. Tree root systems and herbaceous species-characteristics under tree species introduced into grazing lands in subhumid Cameroon. *Agroforestry Systems*. 59: 131-140

Harvey CA, Haber WH 1999 Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agrofor. Sys.* 44: 37-68

Harvey, C. A., N. I. J. Tucker, and A. Estrada. 2004. Live fences, isolated trees, and windbreaks: tools for conserving biodiversity in fragmented tropical landscapes. Pages 261– 289 in G. Schroth, G. A. B. da Fonseca, C. A. Harvey, C.

Harvey, C. A., A. Medina, D. Sánchez Merlo, S. Vílchez, B. Hernández, J. Saenz, J. Maes, F. Casanovas, and F. L. Sinclair. 2006. Patterns of animal diversity associated with different forms of tree cover retained in agricultural landscapes. *Ecological Applications* 16:1986–1999.

Gascon, H. L. Vasconcelos, and A.-M. N. Izac, editors. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Island Press, Washington, D.C., USA

Harvey, C. A., Guindon, C. F., Haber, W. A.; Hamilton Derosier, D.; Murray, K. G., 2008a . La importancia de los fragmentos de bosque, los árboles dispersos y las cortinas rompevientos para la biodiversidad local y regional: el caso de Monteverde, Costa Rica. In: Harvey, C. A. y Saénz J. C. (Eds.), Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio. pp. 289-325.

Harvey, C.A., Villanueva, C; Ibrahim, M.; Gómez, R.; López, M.; Kunth, S.; Sinclair, F. 2008c . Productores, árboles y producción ganadera en paisajes de América Central: implicaciones para la conservación de la biodiversidad. In Harvey, C.A.; Sáenz, J. Evaluación y conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. INBio/CATIE/UNA. 1 ed. Heredia, Costa Rica. p. 197_224.

Harvey, C.A., O. Komar, R. Chazdon, B.G. Ferguson, B. Finegan, D.M. Griffith, M. Martinez-Ramos *et al.* 2008b. Integrating agricultural landscapes with biodiversity conservation in the Mesoamerican hotspot. *Conservation Biology* 22(1): 8-15.

Harvey C. y Sáenz J. Editores. 2008d. Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. INBio, Costa Rica.

Hemsworth, P. H., J. L. Barnett, L. Beveridge, and L. R. Matthews. 1995. The welfare of extensively managed dairy cattle: A review. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 42:161–182.

Hemsworth, P. H., G. J. Coleman, J. L. Barnett, and S. Borg. 2000. Relationships between human-animal interactions and productivity of commercial dairy cows. *J. Anim. Sci.* 78:2821–2831.

Hernández, H.J., López, O.S., Villarruel, F. M., Lorea, H. F., y Torres, R. J. 2006. Vegetación nativa de los agostaderos de la comunidad San Julián Veracruz: Importancia y potencial para la producción animal. En: Memorias de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. 10-12 de julio. México D.F. Archivo electrónico. 3 p.

Hernández I y Sánchez MD, 2005. Silvopastoral systems in Latin America and their contribution to sustainable development and biodiversity, en: Mosquera MR, McAdam JH y Rigueiro Rodríguez A, Silvopastoralism and sustainable land management, Cabi Publishing, Lugo, España, pp 219-222.

Hernandez-Mendo, O., M. A. G. von Keyserlingk, D. M. Veira, and D. M. Weary. 2007. Effects of pasture on lameness in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90:1209–1214.

Herrera, B. F. 2006. Anexo Resumen ejecutivo 2do informe de Gobierno. Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Xalapa, Ver. México. 14 p.

Hogan JP, Phillips CJC. 2008. Nutrition and the welfare of ruminants. *Annu Rev Biomed Sci* 10:T33-T50.

Huertas S.M., Paranhos da Costa M., Manteca X., Galindo F. y Morales M.S. 2009. An overview of the animal welfare assessment system in Latin America, en: Keeling L. 2009. An overview of the development of the Welfare Quality® assessment systems, Welfare Quality® Reports, Suecia, pp 79-93.

Hurnik, J. F. and Lehman, H. 1985. 'The philosophy of farm animal welfare: a contribution to the assessment of farm animal well-being'. Second Europ. Symp. Poult. Welfare, R.-M. Wegner ed., German Branch of the World's Poultry Science Association, Celle, Germany, pp. 255–266.

Ibrahim M. Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales. Conferencia electronica en potencialidades de los sistemas Silvopastoriles para la generación de servicios ambientales. FAO, 2001.

Ibrahim, M., A. Camero, J. Camargo y H. Andrade. 2003. Sistemas Silvopastoriles en América Central. Experiencias de CATIE. www.virtualcentre.org/es/frame.htm

Ibrahim, M.; Villanueva, C. & Mora, J. 2005. Traditional and improved silvopastoral systems and their importance in sustainability of livestock farms. In: Silvopastoralism and sustainable land management. (M.R. Mosquera, A. Riguerio and J. McAdam, Eds.). CAB. Wallingford, UK. p. 13

Ibrahim, M., Casasola, F., Villanueva, C., Murgueitio, E., Ramírez, E., Sáenz, J., y Sepúlveda, C. Payment for Environmental Services as a tool to encourage the adoption of silvo -pastoral systems and restoration of agricultural landscapes dominated by cattle in Latin America. Journal of Sustainable Forestry, En prensa.

Jiménez-Ferrer, G.; Velasco-Pérez, R.; Uribe, G. M. y Soto-Pinto, L. 2008. Ganadería y conocimiento local de árboles y arbustos forrajeros de la selva Lacandona, Chiapas, México. Zootecnia Trop., 26(3):333-337.

Johnson H, Ragsdale A y Shanklin M., 1962 Effect of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle. Mo. Agricultural Experimental Station Research Bulletin 791.

Johnson HD. 1987. Bioclimates and livestock. en: Johnson HD (ed). World Animal Science B5 Bioclimatology and the adaptation of Livestock, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Netherlands, Pp 3-16.

Johnston C.A. 1998, Geographic information systems in ecology. Blackwell Science. Oxford

Jones, R.B., 1996. Fear and adaptability in poultry: insights, implications and imperatives. Wild. Poult. Sci. J. 52,131–174.

Kephart K.D., Dwayne R., Buxton R. and Taylor S.E. 1992. Growth of C3 and C4 perennial grasses under reduced irradiance. Crop Science. 32: 1033-1038

Kleinn C. 2003. New technologies and methodologies for national forest inventories. Unasyva. 53, 10-15.

Ku J. 2005. Nutritive value of trees and shrubs for ruminants. In: Mosquera-Losada *et al.* (eds). Silvopastoralism and sustainable land management. CABI publishing. 83- 86

Launchbaugh, K. L., and L. D. Howery. 2005. Understanding landscape use patterns of livestock as a consequence of foraging behavior. Rangeland Ecol. Manage. 58:99–108.

Law, B. S., and M. Lean. 1999. Common blossom bats (*Syconycteris australis*) as pollinators in a fragmented Australian tropical rainforest. *Biological Conservation* 91:201–212

Lawton, J. H., *et al.* 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature* 391:72–76.

Lean, I. J., C. T. Westwood, and M. C. Playford. 2008. Livestock disease threats associated with intensification of pastoral dairy farming. *N. Z. Vet. J.* 56:261–269.

Leme, T.M.S.P.; Pires, M.F.A.; Verneque, R.S. *et al.* Comportamento de vacas mestiças holandês x zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril, *Ciência Agrotécnica*, 29, (3), 668-675, 2005.

Le Neindre P, Guémené D, Arnould C, Leterrier C, Faure JM, Prunier A, Meunier Salaün MC, 2004. Space environmental, desing and behavior : Effect of space and environment on animal welfare, en: Global conference on animal welfare: an OIE initiative. Paris, Francia, 23-25 febrero, 2004.

Leonard FC, J O'Connell, K O'Farrell. 1994. *Vet Rec* 134, 490-494

Levy, T.S.I., Aguirre, R.J.R., Martínez, R.M.M; y Durán, F.A. 2002. Caracterización del uso tradicional de la flora espontánea en la comunidad Lacandona de Lacanhá, Chiapas, México. *Interciencia* 27: 512-520.

Limpens, H. J. G. A., and K. Kapteyn. 1989. Bats, their behaviour and linear landscape elements. *Myotis* 29:63–71.

Luck, G. W., and G. C. Daily. 2003. Tropical countryside bird assemblages: richness, composition, and foraging differ by landscape context. *Ecological Applications* 13:235–247.

Lumsden, L. F., and A. F. Bennett. 2005. Scattered trees in rural landscapes: foraging habitat for insectivorous bats in southeastern Australia. *Biological Conservation* 122:205–222.

López M.M., Oliveira Prendes J.A. y Fernández Benito M. 2005. Biodiversity and sustainable development in the silvopastoral systems of the Cantabrian Mountains en: Mosquera MR, McAdam JH y Rigueiro Rodríguez A, (2005) *Silvopastoralism and sustainable land management*, Cabi Publishing, Lugo, España, pp 56-.

Ludwig F., de Kroon H., Prins H.H.T. and Berendse F. 2001. Effects of nutrients and shade on tree-grass interactions in an East African savanna. *Journal of Vegetation Science*. 12: 579-588

Magaña, JC., Ríos, G., y Martínez, JC. 2005. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. XIX Reunión ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal AMPA-Tampico, Tamaulipas. México. pp. 105-114.

Mahecha, L. 2002. El Silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 15(2):226-231.

- Mason, G. J., Cooper, J. and Clarebrough, C. 2001. 'Frustrations of fur-farmed mink'. *Nature*, 410, pp. 35–36.
- Mateus Valles G, 1984. Garrapatas de los bovinos: referencia especial a *Boophilus microplus* en: Novoa AR, Salud animal, manejo y administración en sistemas de producción de leche, Bib. Orton IICA / CATIE, 102
- McAdam J.H. 2005. Silvopastoral systems in North-West Europe en: Mosquera MR, McAdam JH y Rigueiro Rodríguez A, (2005) *Silvopastoralism and sustainable land management*, Cabi Publishing, Lugo, España, pp 19-22.
- McGlone, J. J. 1993. 'What is animal welfare?' *J. Agric. Environ. Ethics*, 6, Suppl. 2, pp. 26–36.
- Mendoza JE, Jiménez E, Lozano-Zambrano FH, Caycedo-Rosales P, Rengifo LM. 2007. Identificación de elementos del paisaje prioritarios para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales de los Andes centrales de Colombia. En: Harvey CA, Sáenz JC (eds.). *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad, 251-288.
- Menke C, Waiblinger S *et al.* 1999 Social behaviour and injuries of horned cows in loose housing systems. *Anim Welfare*, 8:243-258.
- Montagnini, 2009. El pago de servicios ambientales (PSA) como herramienta para fomentar la restauración y desarrollo rural. XIII Congreso Forestal Mundial, Buenos Aires, Argentina, 18-23 octubre.
- Moscoso C., Veles M., Flores A. and Angudelo N. 1995. Effects of Guanacaste tree *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq). Griseb. fruit as replacement for sorghum grain and cotton seed meal in lambs diet. *Small Ruminant Research*. 18: 121-124
- Murgueitio. E. 2005. Silvopastoral systems in the Neotropics en: Mosquera MR, McAdam JH y Rigueiro Rodríguez A, (2005) *Silvopastoralism and sustainable land management*, Cabi Publishing, Lugo, España, pp 24-29.
- Murgueitio, E., 1999. Reconversión ambiental y social de la ganadería bovina en Colombia. *World Animal Review* 93 (2): 2-15. FAO, Roma.
- Murgueitio, E., Incentivos para los sistemas silvopastoriles en América Latina, *Avances en Investigación Agropecuaria*, Vol. 13, Núm. 1, 2009, pp. 3-20 Universidad de Colima, México
- Musálem, S.M.A. 2002. Sistemas agrosilvopastoriles: una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 8:91-100.
- Nelson, D., G. Petersen. 1984. *Comp. Cont. Educ. Pract.*, 6: 545-552.
- Newton, A. C. 2007. *Forest ecology and conservation. A handbook of techniques*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Nieto, M.J., Manríquez, M.Y., López, O.S., y Gallardo L.F. 2006. Guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.): una opción para la producción de forraje en la ganadería del sistema

terrestre de Lomeríos en el centro de Veracruz. En: Memorias de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. 10-12 de julio. México D.F. Archivo electrónico. 3 p.

Ong C.K., Corlett J.E., Singh R.P. and Black C.R. 1991. Above and belowground interactions in agroforestry systems. *Forage Ecology Management*. 45: 45-58

Ortega M.E., Carranco M.E., Mendoza G. y Castro G. 1998. Composición química de la guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam) y su potencial en la alimentación de rumiantes. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 32: 411- 415

Ouweltjes, W., H.J.C. Van Dooren, L.F.M Ruis-Heutinck, G.J. Dijk, yA. Meijering. 2003. Huisvesting van melkvee: knelpunten uit oogpunt van welzijn. *PraktijkRapport Rundvee* 21

Overton MW, WM Sisco, DA Moore. 2002. *J Dairy Sci* 85, 2407-2413

Pagot, J. 1993. *Animal production in the tropics and subtropics*. London, UK, Macmillan. 517 p.

Paranhos da Costa, M.J.R. 1987. Comportamento dos animais de fazenda: reflexos na produtividade. en: ENCONTRO ANUAL DE ETOLOGIA, 5., Florianópolis. Anais... Jaboticabal: FUNEP, 159-168.

Paré, L. y T. Fuentes. 2007. Gobernanza ambiental y políticas públicas en Áreas Naturales Protegidas: lecciones desde Los Tuxtlas. Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Paul, RM; Turner, LW; Larson, BT. 1999. Effects of shade on production and body temperatures of grazing beef cows (en línea). In 2000 KY Beef Cattle Report. Disponible en <http://www.bae.uky.edu/ext/Publications/AEUs/aeu-91.pdf>

Pedernera M, 2008. Energy balance, reproductive performance and metabolic stress in Australian Holstein-friesian cows fed to achieve low or high milk yield on a pasture-based system of farming. Ph D Thesis, University of Sydney, Australia. Chapter 5.

Peralta N., Palma J.M. and Macedo R. 2004. Efecto de diferentes niveles de inclusión de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) en el desarrollo de ovinos en estabulación. *Livestock research for rural development*. [Online] disponible en <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd16/1/pera16.html>. (consultado en Septiembre del 2010)

Pérez E, Mildrey Soca, Díaz L y Corzo M, 2008. Comportamiento etológico de bovinos en sistemas silvopastoriles en Chiapas, México, *Pastos y Forrajes*, Vol. 31, No. 2, pp 161-172.

Perez L.E., Perez Y.L y Nazar B.H. 2005. Efecto del fruto de *Guazuma ulmifolia* sobre el consumo voluntario y digestibilidad aparente en ovinos, Chiapas, México. In: Velazco *et al.* (eds). *Memorias del primer simposio internacional de forrajes tropicales en la producción animal*. Tuxtla Gutierrez, Chiapas, México. 163 pp.

Pérez, P., Rojo, R., Álvarez, A., García, J. 2003. Necesidades investigación y transferencia de tecnología de la cadena de bovinos de doble propósito en el estado de Veracruz. *Fundación Produce Veracruz. Colegio de Postgraduados*. 170 p.

Peterse, D.J. 1979. Nutrition as a possible factor in the pathogenesis of ulcers of the sole in cattle. In: *Tijdschrift voor Diergeneeskunde* 104, 966-970.

Petit, L. J., and D. R. Petit. 2003. Evaluating the importance of human-modified lands for neotropical bird conservation. *Conservation Biology* 17:687–694.

Pezo D e Ibrahim M 1998 Sistemas silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal No.2. Materiales de Enseñanza No.40. CATIE, Turrialba, Costa Rica 258 p.

Phillips C. 2002. Cattle behaviour and welfare. Oxford [etc.]: Blackwell Science

Phillips, C.J.C. y I.D. Morris, 2000. The locomotion of dairy cows on concrete floors that are dry, wet, or covered with a slurry of excreta. In: *J. Dairy Sci.* 83, 1767-1772.

Pires M.F.A., L. E. Salla, C. R. T. Castro, D. S. C. Paciullo, M. G. C. D. Peixoto, R. L. Teodoro, L. J. M. Aroeira y F. J. N. Costa, 2008, Physiological and behavioural parameters of crossbred heifers in single *Brachiaria decumbens* pasture and in silvopastoral system en: P. Rowilson, M Steele y A Nefzaoui, eds, Proceedings of International Conference: Livestock and global climate change, 17-20 mayo, 2008.

Power I.L., Thorrold B.S. and Balks M.R. 2003. Soil properties and nitrogen availability in silvopastoral plantings of *Acacia melanoxylon* in North Island, New Zeland. *Agroforestry Systems* 57: 225-237

Provenza, F.D. 2003. Foraging Behavior: Managing to Survive in a World of Change. Behavioral Principles for Human, Animal, Vegetation, and Ecosystem Management. Natural Resources Conservation Service, Utah State University.

Provenza, F. D., y D. F. Balph. 1990. Applicability of five diet-selection models to various foraging challenges ruminants encounters. In: R. N. Hughes [ed.]. Behavioural mechanisms of food selection. NATO ASI Series G: Ecological Science. Volume 20. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer-Verlag. p 423–459.

Purata, Silvia and Greenberg, Russell and Barrientos, Verónica and López-Portillo, Jorge 1999. Economic potential of the huizache, *Acacia Pennatula* (Mimosoideae) in central veracruz, Mexico *Economic Botany*, vol. 53-1, pags. 15-29

Rarmírez H. 1998. Evaluación agronómica de dos sistemas silvopastoriles integrados por pasto estrella, *Leucaena* y Algarrobo forrajero. Tesis de Grado Universidad Nacional Bogotá. 1998

Rao M.R., Nair P.K. and Ong C.K. 1998. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 38: 3-50

Rind, M. I., and C. J. C. Phillips. 1999. The effects of group size on the ingestive and social behaviour of grazing dairy cows. *Animal Science* 68 (4):589-596.

Rocha J. V. 2000. El sistema de informaciones geográficas (SIG) en los contextos de planificación del medio físico y de las cuencas hidrográficas. En: Repetto F.L. Karez S.C.. Aspectos geológicos de protección ambiental. Montevideú. UNESCO, p 122-123.

Rodríguez FRA. 1985 Producción de biomasa de Poró gigante (*E. Poeppigiana*) y king grass (*P. purpureum* * *P. thypoides*) intercalados en función de la densidad de siembra y la biomasa de poda del Poró. CATIE. Tesis Mg. Sc.

Roncallo B., Navas A. y Garibella A. 1996. Potencial de los frutos de plantas nativas en la alimentación de rumiantes. En: II Seminario Internacional. Silvopastoreo: Alternativa para una ganadería moderna y competitiva. Valledupar, Neiva Villavicencio. Colombia. pp 231-244

Ruiz, A., Sagarraga, L., Salas, J., Estrella, H. *et al.* 2004. Impacto del TLC en la Cadena de Valor de Bovinos para Carne. Informe Técnico. Universidad Autónoma Chapingo. México. 39 p.

Rushen, J., Taylor, A.A., De Passille, A.M., 1999. Domestic animals' fear of humans and its effects on welfare. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 65, 285–303.

Rutter, S.M. 2007. The integration of GPS, vegetation mapping and GIS in ecological and behavioural studies *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, p.63-70

Sadeghian S, Rivera JM, Gómez ME. 1998. Impacto de la ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los andes de Colombia. En: Memorias de la conferencia electrónica sobre agroforestería para la producción animal en América Latina, realizada de abril a septiembre de 1998. CIPAVFAO. p 123-141.

Sáenz, J.C., F. Villatoro, M. Ibrahim, D. Fajardo and M. Pérez. 2007. Relación entre las comunidades de aves y la vegetación en agropaisajes dominados por la ganadería en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. *Agroforestería en las Américas* 45:37-48.

Sánchez, M. 1999. Agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en América Latina tropical. En: *Agroforestería para la producción animal en América Latina. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal* 143, Roma, 515p.

Sánchez, M.D., Rosales, M, Murgueitio, E. 2006. Agroforestería pecuaria en América Latina. Centro para la i, pp.1-7.

Szechtman, H., Lambrou, P. J., Caggiula, A. R. and Redgate, E. S. 1974. 'Plasma corticosterone levels during sexual behaviour in male rats'. *Horm. Behav*, 5, pp. 191–200.

Schulze, C. H., M. Walter, P. J. A. Kessler, R. Pitopang, D. Shadbuddin, M. Veddeler, S. Muñ hlenberg, R. Gradstein, C. Leuschner, I. Steffan-Dewenter, y T. Tschardtke. 2004. Biodiversity indicator groups of tropical land-use systems: comparing plants, birds and insects. *Ecological Applications* 14:1321–1333.

Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. SAGARPA. Sistema de Información y Estadística Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2005. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>. Estadística básica. Estadísticas del sector ganadero. Población ganadera 1996-2005 (carne y leche). Elaborado por el Servicio de Información Alimentaria y Pesquera (SIAP) con información de las delegaciones de la SAGARPA. Consultado en octubre, 2010.

Shearer, J.K. 1998. *The Bovine Practitioner*. 32:79-84.

- Silva, A. B. 1998. Sistemas de Informações Geo-referenciadas: uma introdução. No prelo. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas-SP.
- Silva, R.G. 2000 Introdução à bioclimatologia animal. São Paulo: Nobel. 286p.
- Silvia E. Purata, Russell Greenberg, Verónica Barrientos y Jorge López-Portillo. 1999 Economic potential of the huizache, *Acacia pennatula*. *Economic Botany*, Volume 53, Number 1, Pág15-29
- Soca, Mildrey. 2005. Los nematodos gastrointestinales de los bovinos jóvenes. Comportamiento en los sistemas silvopastoriles cubanos. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. CENSA. La Habana, Cuba. 111 p.
- Solorio J., Armendariz I. and Ku J. 2000. Chemical composition and in vitro dry matter digestibility of some fodder trees from South-East Mexico. *Livestock Research for Rural Development*. [Online] Available at: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd12/4/solo124a.htm>. (consultado en October 2010).
- Soto-Pinto, L., I. Perfecto, and J. Caballero-Nieto. 2002. Shade over coffee: its effects on berry borer, leaf rust and spontaneous herbs in Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems* 55:37–45.
- Souza de Abreu M, Ibrahim M, Harvey C y Jiménez F 2000 Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de La Fortuna de San Carlos, Costa Rica. *Agroforestería de las Américas*. 7(26): 53-56.
- Souza de Abreu M.H., Ibrahim M. and Sales S. 1999. Árboles en potreros y su influencia en la producción de leche. En: Primer Congreso Latinoamericano sobre Agroforestería para la producción sostenible. Cali, Colombia. 68 pp.
- Tadich N, 2008. Claudicaciones en la vaca lechera y su relación con el bienestar animal. [En línea] Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101008B/BA048.pdf> (Consultado en septiembre del 2010)
- Teklehaimanot Z., Jones M. and Sinclair F.L. 2002. Tree and livestock productivity in relation to tree planting configuration in a silvopastoral system in North Wales, U.K. *Agroforestry systems* 56: 47-55
- Terlouw, E. M. C., Lawrence, A. B., Ladewig, J., de Passillé, A. M. B., Rushen, J. and Schouten, W. 1991. 'A relationship between stereotypies and cortisol in sows'. *Behav Proc.*, 25, pp. 133–153
- Topps, J.H. 1992. Potential, Composition and use of legumes shrubs and trees as fodders for livestock in Tropics. *Journal of Agricultural Science*. Cambridge. 118: 1-8.
- Torres MG, Ortega ME, Alejos I, Pilonini J, 2009. Importancia del estrés social en el ganado bovino lechero. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 8:81-88
- Turcios, W.R. 1995. Producción y valoración económica del componente hídrico y forestal de los robledales de altura bajo intervenciones silviculturales. M.Sc.-Thesis, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 80 p

Vanegas, J., M. Overton, S. L. Berry, and W. M. Sischo. 2006. Effect of rubber flooring on claw health in lactating dairy cows housed in free-stall barns. *J. Dairy Sci.* 89:4251–4258.

Velázquez, A., E. Durán, J.F. Mas, D.B. Bray y G. Bocco. 2005. Situación actual y prospectiva del cambio de la cubierta vegetal y usos del suelo en México. Pp. 391-416. En: E. Zúñiga H. (Coordinadora). México ante los Desafíos de Desarrollo del Milenio. Consejo Nacional de Población, México D.F. (ISBN 970-628-845-7)

Verboom, B., and H. Huitema. 1997. The importance of linear landscape elements for the pipistrelle *Pipistrellus pipistrellus* and the serotine bat *Eptesicus serotinus*. *Landscape Ecology*12:117–125.

Verkerk, G. A., A. M. Phipps, J. F. Carragher, L. R. Matthews, and K. Stelwagen. 1998. Characterisation of milk cortisol concentrations as a measure of short-term stress responses in lactating dairy cows. *Anim. Behav.* 7:77–86.

Vessier I., Boteau R., Perny P. 2009. Scoring animal welfare. Difficulties and Welfare Quality® solutions en: Keeling L. 2009. An overview of the development of the Welfare Quality® assessment systems, *Welfare Quality® Reports*, Suecia, pp 79-93.

Vilaboa-Arroniz, J, Díaz-Rivera P, Ruiz-Rosado O, Platas-Rosado D, E, González-Muñoz S; Juárez-Lagunes F, 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Vol. 10, Núm. 1, sin mes, pp. 53-62

Villafuerte E. 1998. Sistemas expertos como herramienta para toma de decisiones de manejo en sistemas silvopastoriles del trópico húmedo bajo de Costa Rica. Tesis Mag Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 98 pp.

Villavicencio Gutiérrez, Eulalia E. et al., 2007. Orégano, recurso con alto potencial. *Revista Ciencia y Desarrollo*, Septiembre, Vol. 33, no. 211, 60-66.

von Keyserlingk, M.A.G., J. Rushen, A.M.B. de Passille, and D.M. Weary. 2009. Invited review: The welfare of dairy cattle – Key concepts and the role of science. *J. Dairy Sci.* 92:4101-4111

Waiblinger S, Menke C *et al.* 2002. The relationship between attitudes, personal characteristics and behaviour of stockpeople and subsequent behaviour and production of dairy cows. *Appl Anim Behav Sci*, 79:195-219.

Waiblinger S, Menke C *et al.* 2003. Influences on the approach and avoidance behaviour of dairy cows towards humans on 35 farms. *Appl Anim Behav Sci*, 84:23-39.

Washburn, S. P., S. L. White, J. T. Green Jr., and G. A. Benson. 2002. Reproduction, mastitis, and body condition of seasonally calved Holstein and Jersey cows in confinement or pasture systems. *J. Dairy Sci.* 85:105–111.

Weibull, A. C., J. Bengtsson, and E. Nohlgren. 2000. Diversity of butterflies in the agricultural landscape: the role of the farming system and landscape heterogeneity. *Ecography* 23: 743–750.

Welfare Quality®, 2009. Welfare Quality® assessment protocol for cattle. Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands

Wiersma, F. 1982. Shades for dairy cattle. UNv. Ariz. Ext. Serv., WREP 51. Univ. Arizona, Tucson.

Wilson, J. D., M. J. Whittingham, yR. B. Bradbury. 2005. The management of crop structure: a general approach to reversing the impacts of agricultural intensification on birds? *Ibis* 147:453–463.

Winckler, C., 2006. On-farm welfare assessment in cattle from basic concepts to feasible assessment systems. pp 493-500 in Proc. 24th World Buiatrics Congr., Nice, France.

Wechsler B, Schaub J *et al.* 2000 Behaviour and leg injuries in dairy cows kept in cubicle systems with straw bedding or soft lying mats. *Appl Anim Behav Sci.* 69:189-197.

Wong C. 1990. Shade tolerance of Tropical Forages: A Review. [Online] Available at <http://www.aciar.gov.au/web.nsf/doc/JFRN-5J476S/>

World Organization for Animal Health. 2008. Introduction to the recommendations for animal welfare. Article 7.1.1. Pages 235–236 in *Terrestrial Animal Health Code 2008*. World Organization for Animal Health (OIE), Paris, France.

Young, A. 1997. *Agroforestry systems for soil management*. 2nd (Ed.). CAB International, New York, USA. 320 p.

Zamora S., Garcia J., Bonilla G., Aguilar H., Harvey C.A. e Ibrahim M. 2001. Como utilizar los frutos de Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), guacimo (*Guazuma ulmifolia*), genizaro (*Phitecellobium saman*) y jícara (*Crescentia alata*) en la alimentación animal. *Agroforestería en las Américas*. 8(31): 45-49

10. ANEXOS

10.1 Formatos utilizados para medición de variables en campo

10.1.1 Formato para medir comportamiento cuantitativo

COMPORTAMIENTO CUANTITATIVO																				
RANCHO:	FECHA:	OBSERVADOR:	PAG:	SEGMENTO	INICIO Y FINAL	DURACION (min)	BARRIDO DE SEGMENTO					CONDUCTA AGONISTICA				COH		SALUD		
							PARADO	COMIENDO O BEBIENDO	ECHADO	SUMA	ECHADO EN EL CUBICULO	ECHADO FUERA DEL CUBICULO	CABEZAZOS	DESPLAZAMIENTOS	PELEAS	ARUYENTAR CON CONTACTO	ARUYENTAR PARA LEVANTAR A	LAMGUETEO SOCIAL	ESTORNUDOS	TOSIDAS
				BARRIDO 1																
				BARRIDO 2																
				BARRIDO HATO																
				DARRIDO POTRERO																
				TIEMPO DE OBSER																
				TIEMPO DE OBSER																
				BARRIDO 1																
				BARRIDO 2																
				BARRIDO HATO																
				DARRIDO POTRERO																
				TIEMPO DE OBSER																
				TIEMPO DE OBSERV																
				BARRIDO 1																
				BARRIDO 2																
				BARRIDO HATO																
				DARRIDO POTRERO																
				TIEMPO DE OBSER																
				TIEMPO DE OBSER																
				BARRIDO 1																
				BARRIDO 2																
				BARRIDO HATO																
				DARRIDO POTRERO																
				TIEMPO DE OBSER																
				TIEMPO DE OBSER																

TARJETA DE PUNTAJE PARA SALUD Y ZONA DE HUIDA

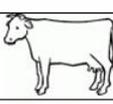
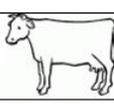
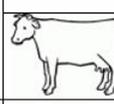
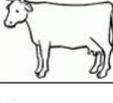
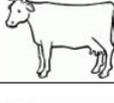
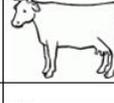
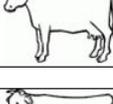
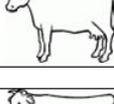
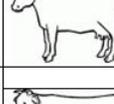
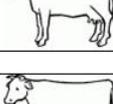
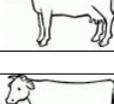
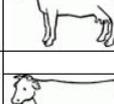
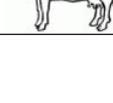
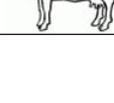
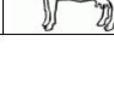
Fecha: _____
 Nombre del rancho: _____
 Ubicación: _____
 Municipio: _____
 Propietario: _____

No.	Zona de fuga (mts.) DF corral	Zona de fuga (mts.) DF comedero	Zona de fuga (mts.) DF potrero	Presencia de lesiones en piel	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

10.1.3 Formato para medir salud

Fecha: _____
 Nombre del rancho: _____
 Municipio: _____
 Propietario: _____

PRESENCIA DE LESIONES EN PIEL

No. de arete	Observaciones	No. de arete	Observaciones	No. de arete	Observaciones
					
					
					
					
					

		INDICADORES DE SALUD											
		1		2		3		4		5			
OBSERVADOR	No. de arete												
	Limpieza												
	Ubre	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1		
	Pierna	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1		
	Flanco	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1		
	CC	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
	Zonas alopecicas		si no		si no		si no		si no		si no		si no
	Lesiones / inflamaciones		si no		si no		si no		si no		si no		si no
	Pezuñas sobre crecidas		si no		si no		si no		si no		si no		si no
	Descarga nasal		si no		si no		si no		si no		si no		si no
FECHA	Estornudos		si no		si no		si no		si no		si no		si no
	Tos		si no		si no		si no		si no		si no		si no
	Incr frec. resp		si no		si no		si no		si no		si no		si no
	Secreción ocular		si no		si no		si no		si no		si no		si no
	Diarrea		si no		si no		si no		si no		si no		si no
	Descarga vulvar		si no		si no		si no		si no		si no		si no
	Ectoparásito		si no		si no		si no		si no		si no		si no
	Locomoción	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
	RANCHO:												
		No. de arete											
Limpieza													
Ubre		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1		
Pierna		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1		
Flanco		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1		
CC		0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Zonas alopecicas			si no		si no		si no		si no		si no		si no
Lesiones / inflamaciones			si no		si no		si no		si no		si no		si no
Pezuñas sobre crecidas			si no		si no		si no		si no		si no		si no
Descarga nasal		si no		si no		si no		si no		si no		si no	
Estornudos		si no		si no		si no		si no		si no		si no	
Tos		si no		si no		si no		si no		si no		si no	
Incr frec. resp		si no		si no		si no		si no		si no		si no	
Secreción ocular		si no		si no		si no		si no		si no		si no	
Diarrea		si no		si no		si no		si no		si no		si no	
Descarga vulvar		si no		si no		si no		si no		si no		si no	
Ectoparásito		si no		si no		si no		si no		si no		si no	
Locomoción	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	

10.2 Cuadro 4. Tamaño de muestra para la evaluación de salud (Protocolo WQ®, 2009)

Tamaño del hato	Número de animales a evaluar (sugerencia A)	Cuando A no es posible
30	30	30
40	30	30
50	33	30
60	37	32
70	41	35
80	44	37
90	47	39
100	49	40
110	52	42
120	54	43
130	55	45
140	57	46
150	59	47
160	60	48
170	62	48
180	63	49
190	64	50
200	65	51
210	66	51
220	67	52
230	68	52
240	69	53
250	70	53
260	70	54
270	71	54
280	72	54
290	72	55
300	73	55