



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Maestría en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO Y PARÁMETROS
FISIOLÓGICOS EN BOVINOS PRODUCTORES DE CARNE EN
CONDICIONES DE PASTOREO EXTENSIVO BAJO DIFERENTE
ESTRUCTURA DE VEGETACIÓN EN EL TRÓPICO HÚMEDO**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO EN MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

Claudia Nadiezhda Rodríguez Hernández.

Tutor: Dr. Francisco Galindo y Dra. Marta Romano.

Comité Tutorial: Dr. Carlos González-Rebeles

México, D.F.

2012



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.

DEDICATORIA

A Mamá Coty, Papá Arturo, Mamá Karlita, Tío Renato, a la maravillosa Nori Sofía y todas sus (nuestras) mascotas; a mis amig@s, porque todos juntos le dan sentido a mi existencia. Los amo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias al financiamiento proporcionado por el Macroproyecto en “Productividad sostenible de los hatos de cría en pastoreo” de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, así como gracias al apoyo de las instalaciones, ganado, equipo y personal capacitado del Campo Experimental del INIFAP “Las Margaritas” en Hueytamalco, Puebla, mediante la colaboración del Dr. Jorge Víctor Rosete Fernández y Dr. René Calderón Villa. También se contó con el apoyo del Dr. Jesús Jarillo del CEIEGT de Martínez de la Torre, Veracruz, quien me capacitó en el uso de los medidores electrónicos de pastoreo y dio apoyo para el entrenamiento de los animales. Un particular agradecimiento al Técnico Botánico Braulio Gómez del CIECO, y el invaluable apoyo de los vaqueros Genaro y José Antonio para el entrenamiento de los animales y la recolección de datos de campo.

Así mismo, el presente trabajo contó con la valiosa colaboración del Dr. Heliot Zarza Villanueva, investigador del Instituto de Ecología de la UNAM y docente de la FMVZ- UNAM para el procesamiento de la información de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la información satelital enviada por Jesús Fuentes Junco del CIECO.

Un agradecimiento importante corresponde al sistema de becas de maestría del CONACYT que me proporcionó la correspondiente beca a través del Programa Posgrados de Calidad en el periodo 2008-2010.

Por último, un agradecimiento particularmente importante al comité tutorial por su paciencia y apoyo y al jurado de examen por los comentarios y revisiones que tuvieron a bien hacer a este trabajo.

El Comité Tutorial estuvo integrado por:

Dr. Carlos González-Rebeles Islas

El Jurado del examen estuvo conformado por:

Presidente: Dr. Epigmenio Castillo Gallegos

Secretario: Dr. Francisco Galindo Maldonado

Vocal: Dra. Leonor Sanginés García

Suplente: Dra. Anne Sisto Burt

Suplente: Dr. Agustín Orihuela

INDICE

1. RESUMEN.....	6
2. INTRODUCCIÓN.....	7
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
4. METODOLOGÍA.....	35
5. RESULTADOS.....	43
6. DISCUSIÓN.....	56
7. CONCLUSIONES.....	72
8. BIBLIOGRAFÍA.....	73
9. ANEXOS.....	87

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los potreros de estudio.....	36
Cuadro 2. Horas totales de observación por día y por potrero.....	37
Cuadro 3. Porcentaje de estratos por potrero (1=Arbóreo, 2=Arbustivo, 3=Pastos, 4=Sin Vegetación).....	43
Cuadro 4. Hectáreas de cada tipo de cobertura y estratos individuales de hábitats presentes en cada potrero.....	44
Cuadro 5. HLI por potrero.....	45
Cuadro 6. Proporción promedio de individuos por potrero realizando las diferentes conductas, a partir de muestreos de barridos	46
Cuadro 7. Proporción de tiempos de conductas obtenidas por observación directa para la Temporada Seca en los 2 Tratamientos (T) (1=Simple, 2=Complejo)....	47
Cuadro 8. Valores promedio (M) por cada potrero (1=Trinchera, 2=Dos, 3=Mirador, 4=Canoas, 5=Cinco, 6=Encino) y desviación estándar (DE) de los comportamientos evaluados con el medidor de pastoreo (GR).....	49
Cuadro 9. Promedio de las variables de producción en los dos diferentes tratamientos, considerando el potrero Tradicional de baja complejidad y el potrero Complejo.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del lugar de estudio.....	40
Figura 2. Ubicación del potrero con menor complejidad vegetal (Tratamiento 1).....	40
Figura 3. Ubicación de los potreros considerados con mayor complejidad vegetal (Tratamiento 2).....	41
Figura 4. Categorización de los diferentes estratos en los potreros por medio de la técnica de Análisis de Valores Espectrales.....	41
Figura 5. Recorrido 26 marzo, 1,179 m.....	50
Figura 6. Recorrido 20 marzo, 813 m.....	50
Figura 7. Recorrido 21 de marzo, 407 m.....	51
Figura 8. Recorrido 1 mayo, 710 m.....	51
Figura 9. Recorrido 31 marzo, 4,351 m (salen 3 puntos del límite del potrero).....	52
Figura 10. Recorrido 24 abril, 2,689 m.....	52
Figura 11. Recorrido 23 marzo 3,680 m (se sale de lo que está delimitado como potrero).....	53
Figura 12. Recorrido 23 julio, 2,439 m.....	53
Figura 13. Recorrido 2 julio, 2214m.....	54
Figura 14. Recorrido 8 abril, 1917 metros.....	54

Rodríguez Hernández C.N. 2012

Evaluación del comportamiento y parámetros fisiológicos en bovinos productores de carne en condiciones de pastoreo extensivo bajo diferente estructura de vegetación en el trópico húmedo.

Tesis de Maestría, FMVZ-UNAM, México, 93 Págs.

1. RESUMEN

La ganadería es una de las actividades que se considera han generado mayor deterioro ecológico, sin embargo, es también una de las actividades económicas más importantes para México. Una de las propuestas para dar solución a esta problemática, es la aplicación de sistemas alternativos de producción como lo son los sistemas silvopastoriles, los cuales requieren no sólo un estudio más profundo de la complejidad de estructura vegetal en las diferentes zonas ecológicas de nuestro país, sino que requieren también el conocimiento de la interacción del ganado en diferentes ambientes en estos sistemas considerados alternativos para que realmente resulten sustentables. La complejidad de estructura vegetal en diferentes sistemas de pastoreo extensivo (tradicionales o silvopastoriles) es un factor ante el cual el ganado bovino puede presentar diferentes estrategias de adaptación lo cual puede repercutir en sus niveles de bienestar y de productividad. Se realizaron mediciones de comportamientos individuales tales como el pastoreo, rumia, locomoción y descanso, mediante registros de observación directa y el uso de aparatos medidores de pastoreo electrónicos (Grazing Recorders, GR^R, Institute of Grassland and Environmental Research), así como la evaluación de el uso de espacios y distancias de desplazamientos de animales utilizando geoposicionadores satelitales (GPS) y se midieron parámetros productivos (ganancia de peso y condición corporal) y parámetros de salud (índice de garrapatas) de vacas en agostaderos con distinta complejidad de estructura vegetal en el trópico húmedo. Se clasificaron los potreros en Tradicionales o de baja complejidad (10 -14% de cobertura arbórea) y No tradicionales o complejos (15-20% de cobertura arbórea). Los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas en los comportamientos de mantenimiento medidos por observación directa ni con el medidor de pastoreo GR^R. Los datos de comportamiento que si mostraron diferencias significativas fueron los comportamientos basados en mediciones de frecuencia a partir del GR^R ("inactivo", "Frecuencia Media de Rumia (FMR)", "Prehensiones al comer (PrehE)", y "Prehensiones al rumiar (PrehR)" con valores de $F=12.36$ ($P<0.05$), $F=13.96$ ($P<0.05$), $F=12.86$ ($P<0.05$) y $F=13.96$ ($P<0.05$) respectivamente). Las variables productivas y de salud tampoco mostraron diferencias significativas, con excepción de la variable "peso" que mostró ser menor en el sistema complejo. Las distancias de desplazamientos fueron mayores y más variadas en los potreros complejos, y mostraron mayor porcentaje de conductas poco usuales como el ramoneo. El ganado al que se le proporciona una mayor cantidad de estímulos, en este caso una mayor complejidad vegetal que le provee sombra y diversidad de alimentos, despliega un abanico de comportamientos mayor lo que puede traducirse en mejores niveles de adaptación en ambientes complejos. Estos ambientes son característicos de los sistemas de producción silvopastoriles que promueven modelos de producción pecuaria ambientalmente sustentables en el trópico.

2. Introducción.

El ganado bovino proporciona una multitud de productos y servicios que incluyen la carne, la leche y la tracción animal. Un animal que no se encuentre en un estado de bienestar positivo, no va a desarrollar todo su potencial productivo. Según Grandin (2000), los ganaderos pierden dinero cotidianamente por el maltrato hacia los animales que se tolera en el campo, simplemente porque no lo perciben como un problema, y por ende, no le buscan solución. En relación al proceso productivo en general, Stabursvik (2004) señala la importancia de tomar la ciencia del bienestar y aplicarla como medida preventiva contra numerosas enfermedades de “producción”. En los sistemas de producción agrosilvopastoriles, los animales se ven expuestos a una gran diversidad de condiciones ambientales a las que necesitan adaptarse, sin embargo en la actualidad no hay muchos métodos estandarizados de evaluación para este tipo de producciones extensivas a diferencia de los sistemas estabulados que han sido más estudiados. La importancia de realizar más estudios en este tipo de producciones pecuarias es el hecho de poder responder a las necesidades actuales de mejoramiento de los sistemas que vayan más enfocados a satisfacer las demandas de un mercado en el que la conservación de los recursos ambientales y el bienestar animal y social son fundamentales.

2. Revisión de Literatura.

2.1 Sector ganadero y deterioro de hábitat

El sector ganadero constituye un factor importante respecto de una serie de problemas ambientales que trascienden las fronteras, como la degradación de las tierras, el cambio climático, y la contaminación atmosférica, la escasez de recursos hídricos y la pérdida de biodiversidad. Montenegro y Abarca (2002), mencionan que la emisión de los gases de efecto invernadero incrementan anualmente en un porcentaje de 0,5 de bióxido de carbono (CO_2); 0,6 de metano (CH_4) y 0,35% de óxido nitroso (N_2O) y que esto se debe principalmente por el cambio en el uso de suelo (Jiménez-Trujillo 2007). En los países en vías de desarrollo la productividad es a menudo marginal; la gran mayoría de los piensos se destina al mantenimiento de los animales lo que conlleva a ineficiencias en el uso de recursos y niveles a menudo elevados de daño ambiental por unidad de producción siendo las más afectadas aquellas sometidas a un pastoreo excesivo. Es por ello que se considera necesario intensificar los sistemas de pastoreo en zonas cuyo potencial agroecológico lo permite, pero ajustando dicha producción para que este proceso resulte aceptable desde el punto de vista del ambiente, permitiendo así la prestación de servicios ambientales (mantenimiento del paisaje, protección de la biodiversidad, suministro de agua limpia y a largo plazo retención de carbono en los sistemas extensivos de pastoreo) además de la generación de los productos ganaderos convencionales (FAO, 2007).

Según la FAO (2008), en América tropical habitan 431.5 millones de habitantes, sólo el 7.5% de la población mundial. De éstas, únicamente trabajan en la agricultura el 23.2%, cuando en el total mundial el promedio es el doble (45%); no obstante, los países de la región tienen 1,688 millones de hectáreas de tierras continentales, cinco veces más que la superficie de las zonas templadas de América Latina. De las primeras, se incluyen 548 millones dedicadas a usos agropecuarios, predominantemente ganaderos. A pesar de que en América Latina y El Caribe coexisten diversos sistemas de producción ganadera —algunos con índices de producción y competitividad interesantes en el contexto global del mercado— el común denominador son las formas extensivas de manejo con pobres indicadores de desempeño, como la baja carga animal por unidad de superficie, la producción de carne en canal por hectárea y por año menor a 20 Kg., así como bajos parámetros reproductivos (menos de 60% de fertilidad) y tasas de extracción inferiores al 20%. Estos indicadores ligados a las condiciones de pobreza y bajas oportunidades de educación, servicios públicos y presencia estatal hacen que sea importante generar estudios que proporcionen datos objetivos en productividad y bienestar animal en estos sistemas para promover la reconversión ambiental ganadera utilizando incentivos económicos y de otro tipo. Entre los incentivos se consideran los instrumentos de política pública que sirven para estimular procesos y acciones de los sectores privados y sociales a través de mecanismos diversos que pueden ser complementarios en los niveles internacional, nacional, regional y municipal. Dichos incentivos pueden ser económicos, como el apoyo directo a plantaciones forestales comerciales e incentivos a la capitalización rural, tributarios (reducción de impuestos),

reglamentarios (normas sobre recursos naturales), financieros (mercados verdes, líneas de crédito) entre otros. La gama de incentivos es amplia y va desde enfoques convencionales de donación de árboles y arbustos forrajeros, más insumos y subsidios a la mano de obra, hasta pago directo por los servicios generados en las fincas ganaderas (Murgueitio, 2009). Actualmente, se ha planteado que una estrategia para solventar el impacto ambiental y la productividad de los sistemas convencionales de producción, es el uso de los sistemas silvopastoriles (SSP), que ayudan a incrementar la sostenibilidad y productividad de las fincas ganaderas (Devendra, Ibrahim 2004; Kallenbach *et al.* 2006, Tobar, Ibrahim 2010).

2.2 Sistemas silvopastoriles (SSP)

Un SSP es una estrategia de producción pecuaria que involucra la presencia de especies leñosas perennes (árboles o arbustos) y de los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales), en donde todos ellos interactúan bajo un sistema de manejo integral (Somarriba 1992). Algunos sistemas silvopastoriles son: leñosas en callejones, pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales, barreras vivas y cortinas rompevientos, cercas vivas, árboles y arbustos dispersos en potrero y bancos forrajeros (Pezo & Ibrahim 1998). Estos sistemas son una alternativa para incrementar o mantener la producción pecuaria y el establecimiento o manejo de la cobertura arbórea en fincas ganaderas para de la generación de servicios ambientales (Ibrahim *et al.*

2000), de la misma manera se espera poder realizar un manejo sostenible de los recursos naturales (Tobar, Ibrahim 2010). Una alternativa para la sostenibilidad de la producción bovina es el establecimiento de sistemas silvopastoriles, en los cuales se incorpora el árbol como elemento productivo, que hace aportes a la alimentación animal y genera relaciones positivas entre el suelo, las pasturas y los animales. El árbol aumenta la fertilidad del suelo a través del ciclaje de nutrientes (algunas especies pueden fijar nitrógeno); mejora el balance hídrico; reduce la evaporación, el estrés calórico en los animales a través de la producción de sombra, y las emisiones de CO₂ al fijarlo en el sistema, y permite diversificar la producción (madera, leña, frutos, entre otros). Estos beneficios contribuyen a mejorar la rentabilidad de la finca. Los sistemas silvopastoriles reducen los impactos del agroecosistema que pueden limitar la producción animal (Navas 2007).

2.2.1 Diseños de SSP

Las alternativas para la incorporación de árboles en los sistemas ganaderos como las cercas vivas, árboles dispersos en potrero, bancos forrajeros, pastoreo en plantaciones forestales o frutales, pasturas en callejones y cortinas rompevientos se pueden diseñar en arreglos que pueden incluir sistemas de dos, tres o más estratos, formados con especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, seleccionadas según un objetivo específico (producción de forraje, madera, leña, sombra, etc.) que determinará el manejo y la densidad de siembra (Navas 2007).

2.2.2 Interacciones ecológicas

En el diseño de sistemas silvopastoriles, se deben considerar las interacciones positivas y negativas entre los diferentes componentes (suelo, pastura, árbol, animal). Por ejemplo, las principales interacciones negativas que se pueden presentar entre las leñosas y las pasturas son la competencia por luz solar, nutrientes y agua, lo que determinará la producción de biomasa de la pastura. La competencia por luz se puede reducir al ampliar la distancia de siembra entre los árboles, escoger especies arbóreas que tengan copa poco densa o mediante podas formativas de las primeras ramas o las más cercanas al suelo. Por otro lado, en arreglos de árboles en línea, se debe tener presente la dirección del sol para realizar la siembra: los árboles debe ser orientados en sentido este-oeste, de manera que el sol caiga sobre la línea de árboles y, de esta manera, se reduzca el efecto de la sombra sobre las pasturas (Navas 2007). La producción y calidad de forraje depende directamente de la calidad y la fertilidad del suelo. El uso de especies arbóreas mejora el ciclaje de nutrientes dentro de los potreros debido a la recuperación de los mismos a través de sus raíces, y que por lixiviación se encuentran a profundidades a las cuales no tienen acceso las raíces de las pasturas. Las especies leñosas incorporan los nutrientes a su biomasa y luego los regresan a la superficie del suelo a través de los aportes de hojarasca, la cual se descompone liberando nuevamente los nutrientes y dejándolos a disposición de las pasturas. Algunas especies de árboles, especialmente los leguminosos, tienen la capacidad de fijar altas cantidades de nitrógeno atmosférico, gracias a su simbiosis con microorganismos del suelo como especies de bacterias de género *Rhizobium*, reduciendo las necesidades de la fertilización nitrogenada en los potreros. Existen ejemplos de arreglos de bancos forrajeros con *Gliricidia sepium* y

sistemas multiestrato con *Cynodon plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora*, los cuales tienen más de 20 años, presentan altas producciones de biomasa y no han sido fertilizados con nitrógeno, razón por la cual es importante inocular las especies con los microorganismos específicos para cada especie (Tobar–Ibrahim 2008). Dart (1994) menciona tasas de fijación de nitrógeno atmosférico por leguminosas arbóreas de hasta 300 Kg de N₂/ha/año, efecto positivo en la reducción de costos por fertilización nitrogenada en la finca, sin contar con la recuperación de otros nutrientes por los árboles (Navas 2007).

Zapata *et al.* (2009) confirman que para manejar adecuadamente la sucesión vegetal y darle un uso adecuado a las especies forrajeras, es importante estudiar su comportamiento con las diversas comunidades de plantas dependiendo de los diferentes suelos. El suelo es el principal factor causante de las diferencias en el tipo y distribución de la vegetación en un ecosistema dado, debido a las características físicas y químicas como el pH, materia orgánica, disponibilidad de nutrimentos, textura, cantidad de tierra fina, profundidad, compactación, pedregosidad y rocosidad (Zapata *et al.* 2009).

El ciclaje de nutrientes, la fijación de nitrógeno atmosférico y el recambio radicular (después de podas o ramoneo) por las especies leñosas, además de la protección de la erosión hídrica y eólica, mejoran la calidad física y química del suelo, lo que permite una recuperación de las áreas de pasturas degradadas. Por ejemplo, se han realizado trabajos con *Psidium guajava* en arreglos de cercas vivas y árboles

dispersos a suelos de pasturas degradadas, los cuales presentaban baja fertilidad. Esta especie rústica, poco exigente e invasiva, se ha establecido y contribuido a la recuperación de la pastura, además de aportar altas cantidades de fruta para la alimentación del ganado y la producción de leña (Somarriba, 1995). Trabajos realizados para medir el ciclaje de nutrientes en pasturas de *Cynodon nlenfluensis* en monocultivo, y asociadas con especies de árboles leguminosos (*Erithrina poeppigiana*) y no leguminosos (*Cordia alliodora*), mostraron que en los sistemas de pasturas en monocultivo no se presentó reciclaje de los nutrientes, mientras que en las pasturas asociadas con árboles hubo aportes de nitrógeno, fósforo y potasio al suelo mediante podas, siendo mayores en todos los nutrientes los aportes de la especie leguminosa, además de los incrementos en la producción de pasto que se presentaron en los sistemas asociados a árboles (1,3 y 3,5 veces más con árboles no leguminosos y leguminosos, respectivamente) versus los de pasturas en monocultivo (Bronstein 1984, Navas 2007).

En las fincas ganaderas, la reducción de la base forrajera durante los periodos de sequía es un problema que se agudiza cuando, simultáneamente, se presentan vientos que tienen un efecto desecante sobre la pastura, lo que se refleja en la cantidad y calidad de forraje disponible. Sistemas silvopastoriles como las cercas vivas o las cortinas rompevientos reducen significativamente este efecto, sin importar las especies de árboles que las conforman. El diseño de los sistemas ganaderos con alternativas silvopastoriles para mejorar la disponibilidad y calidad de las dietas de los animales en las diferentes épocas del año debe tener en cuenta las condiciones ambientales del agroecosistema, para aprovechar ventajas

de las especies arbóreas forrajeras, como su mayor resistencia a las épocas secas, la producción de forraje de buena calidad nutricional (proteína, vitaminas y algunos minerales) y la menor alteración de la calidad a lo largo del tiempo con relación a las pasturas (Navas 2007).

La producción de biomasa a partir de especies arbóreas y arbustivas permite, en épocas de buena producción de las pasturas, suplementar a los animales de manera que se llenen los requerimientos nutricionales y se mejore la producción de carne y leche. Asimismo, en las épocas en las cuales se reduce la producción en el potrero, los sistemas con especies leñosas pasan a ser la base de la alimentación, lo que permite conservar la carga animal en la finca y mantener o evitar la reducción drástica de la producción de leche o la pérdida de peso de los animales (Navas 2007).

La selección de las especies leñosas para alimentación debe tener en cuenta las interacciones con los demás componentes del sistema (por ejemplo, si la especie soporta el ramoneo de los animales), ya que algunas especies bajo este manejo pueden desaparecer del potrero en corto tiempo. Se han realizado trabajos donde especies como *L. leucocephala*, *Tithonia diversifolia* y *Erythrina berteroana*, bajo diferentes densidades y arreglos, soportan ramoneo y se recuperan al tiempo con la pastura asociada. Especies como *G. sepium*, *Trichantera gigantea* y *Erythrina poeppigiana* no soportan ramoneo y deben ser manejadas bajo sistemas de corte y acarreo (bancos forrajeros, cercas vivas), lo cual puede favorecer el uso del suelo en zonas con pendientes, a las cuales los animales no deberían tener acceso para evitar procesos de erosión o el rodamiento de los animales. Especies

como *Cratilia argentea* pueden resistir ramoneo en arreglos de pasturas en callejones donde se siembra en doble surco, un metro entre plantas y 10 a 15 metros entre surcos. En arreglos con alta densidad, 10.000 plantas por hectárea, no ha tenido muy buenos resultados por la alta pérdida de plantas en el corto tiempo (Navas 2007).

El uso de sistemas de ramoneo multiestrato favorece las relaciones positivas entre los componentes, con una mayor producción de biomasa comestible por área, mejor calidad nutricional de la pastura y mayor resistencia de ésta a las épocas secas, ya que los árboles ayudan a la conservación de agua en temporadas de lluvia y la liberan al suelo en las estaciones secas. Sistemas multiestrato para ramoneo con gramíneas como *C. nlenfluensis*, *C. plectostachyus* y variedades de *Panicum maximun* (tanzania y mombasa) en el primer estrato, asociadas a *L. leucocephala* en el segundo estrato y árboles a diferentes densidades de siembra como *P. juliflora*, entre otros, han tenido gran éxito en ecosistemas de bosque seco tropical, donde los árboles, además de reducir el estrés calórico de los animales, fijar nitrógeno atmosférico y ayudar a la conservación de la fauna silvestre, aportan altas cantidades de frutos a la dieta de los animales, directamente en el potrero (Navas 2007).

2.2.3 Estrés calórico en el ganado en SSP

En los sistemas de producción en áreas tropicales, la temperatura ambiente afecta negativamente la producción, reproducción y supervivencia de los animales, cuando permanecen en ambientes con temperaturas fuera de su rango de

termoneutralidad o zona de confort. Los animales, al entrar en estrés calórico y no poder liberar el calor interno eficientemente, reducen su consumo, el tiempo de pastoreo y rumia, lo que impide la eficacia de programas de mejoramiento genético y alimentación a partir de monocultivo de pasturas mejoradas (Navas 2007).

La zona de termoneutralidad varía para razas *Bos taurus* y *Bos indicus*. Se han realizado trabajos en los cuales se encontró que, bajo condiciones tropicales, temperaturas por debajo de 5°C y superiores a 20°C (Cowan *et al.*, 1993) afectan los índices productivos y reproductivos. Otros autores mencionan que a partir de los 27°C empieza el estrés calórico, y que por encima de 29°C se afecta la tasa de concepción. El uso de sistemas con árboles tiene un gran efecto en ecosistemas tropicales, pues generan microclimas que mantienen a los animales dentro o cerca de su rango de termoneutralidad. Se han encontrado reducciones de temperatura bajo la copa de los árboles de 2-9°C (Wilson y Ludlow, 1991; Reynolds, 1995; Navas, 2003), en comparación con áreas abiertas. La cobertura arbórea interfiere en el paso de la radiación solar hacia los animales, efecto que, además, los protege en zonas con predisposición a problemas de fotosensibilidad. La generación de microambientes con rangos de temperatura donde los animales pueden expresar su potencial genético es posible con diversas especies de árboles que pueden diversificar la producción en la finca (madera, leña, frutas, servicios ambientales, agroecoturismo). Estas especies se pueden sembrar como cercas vivas, pero cuando los potreros son grandes no tienen un impacto

significativo, mientras que la combinación con arreglo de árboles dispersos en potrero genera un microclima de mayor efecto (Navas 2007).

En un estudio publicado por Uma Korbi y Mary Goodman (2010) en E.U.A., el ganado utiliza más equitativamente el espacio en los sistemas silvopastoriles, con respecto a los pastizales y esta diferencia se le atribuye principalmente a la radiación solar reducida en el sistema silvopastoril. El pastoreo fue el comportamiento dominante en el sistema silvopastoril mientras que el descanso o inactividad fue dominante en los pastos abiertos. La sombra presente en los sistemas silvopastoriles demuestra reducir el estrés en el ganado durante las épocas calurosas del año. (Korbi, Goodman, 2010)

Cierto tipo de paisajes o ecosistemas en nuestro país, seguramente pueden estar siendo utilizados de manera poco uniforme por el ganado y una forma de contrarrestar este efecto es sugerida por Korbi y Goodman en llanos costeros del sureste de EUA, estableciendo prácticas de agroforestería sustentables. La presencia de árboles entre las pasturas como es bien sabido, provee sombra y refugio, y protege a los animales del estrés calórico lo cual está asociado con su bienestar y productividad. El amortiguamiento en las condiciones microclimáticas que se aporta a las pasturas por la presencia de árboles ha sido bien documentado que incrementa la ganancia de peso, producción de leche y las tasas de concepción en ganado vacuno y ovino en ambientes cálidos (Fike *et al* 2004). Así mismo, al proveer protección directa de las radiaciones solares, los árboles generan un enfriamiento evaporativo que facilita la transferencia de calor entre los animales (Blackshaw 1994). Además, aún cuando haya sombra artificial

disponible, Zuo y Miller-Goodman reportan que el ganado prefiere la sombra proveniente de los árboles. Dado que la sombra que está presente en los sistemas silvopastoriles es natural y está bien distribuida, la distribución del ganado en un paisaje silvopastoril puede diferir de un pastizal sin cobertura arbórea. Y eso, puede promover una mejor utilización del forraje y deposición de nutrientes a través de todo el sistema.

2.2.4. Certificación ecológica

Los mercados ecológicos certificados siguen creciendo con rapidez en los países desarrollados y la demanda interna en América Latina crece en forma más lenta pero constante. Los avances mayores se destacan en el sector de hortalizas y frutas. Para la carne bovina, la participación en el mercado es pequeña; en Estados Unidos de Norteamérica es sólo 1.6% de las ventas totales, pero está creciendo rápidamente y las operaciones comerciales ascienden a la no despreciable cifra de US\$ \$74 millones; y además el precio de estas carnes se cotiza 45% por encima de las carnes de bovinos normales, porque el 65% de los estadounidenses quieren la garantía de que la carne esté libre de antibióticos, hormonas y pesticidas; el 50% estaría dispuesto a comprar más carne natural si existiera una garantía confiable aunque dudan de que sea posible dar esta seguridad. En el caso de los productos lácteos, también hay avances importantes, como en Dinamarca, donde el 30% del mercado ya es orgánico certificado y las áreas de producción en la Unión Europea alcanza el 5% del área (De Haan 2008). El incentivo del mercado por acceso y precios es un dinamizador importante de las prácticas agroecológicas —como los Silvopastoriles— pero esto no puede ser una

acción de productores individuales sino acuerdos en la cadena completa donde participen los consumidores, los compradores de grandes almacenes y los gobiernos, quienes deben facilitar las condiciones necesarias de políticas. Por ejemplo, es urgente acelerar los procesos de normas para el mercado en América Latina, contar con procedimientos de certificación confiables y garantizar la producción regular, importante (de calidad) y confiable (De Haan 2008). Los sistemas silvopastoriles en varios países de la región pueden garantizar las calidades requeridas por los emergentes mercados orgánicos y biológicos. Incorporar estas prácticas en los esquemas y normas de certificación es una tarea urgente en los próximos años (Tobar- Ibrahim 2010).

2.3 Servicios ambientales

Los sistemas agroforestales pecuarios combinan árboles, arbustos, arvenses, forrajeras y ganados, reducen significativamente las temperaturas extremas, mejoran la producción de leche y carne, así como la rentabilidad, pues la actividad pecuaria se puede hacer simultáneamente con la generación de otros bienes, como son: la producción de madera y frutos (Murgueitio- Ibrahim 2008), el turismo rural y la generación de servicios ambientales, como la conservación de la flora y la fauna silvestre, la regulación y calidad hídrica en cuencas hidrográficas (Chará- Murgueitio 2005) y la captura de carbono atmosférico (Agostini- Ruiz 2007, Beer *et al.* 2003). Pero el paso de la ganadería latinoamericana hacia modelos de producción más amigables con la naturaleza y sistemas agroforestales pecuarios, requiere un enorme esfuerzo y prolongado proceso de cambio cultural y

tecnológico que, a su vez, precisa instrumentos económicos para que los productores avancen de manera confiable y rápida, tal como se requiere para la adaptación en el cambiante entorno climático y económico del mundo actual (Agostini-Ruiz 2007, Pagiola *et al.* 2005, Murgueitio 2009).

Existen además otros aspectos económicos dentro del manejo del bosque tropical que necesitan ser tomados en cuenta. Uno de ellos es el valor del bosque *per se*, el cual se clasifica en dos grandes ramas: el valor comercial y el valor no comercial. Estos últimos son los que interesan al presente trabajo pues dichos valores se consumen de manera colectiva por la gente; nadie en particular puede reclamar que tiene el derecho de propiedad sobre ellos, y por lo tanto, nadie los ofrece en el mercado. Los valores no comerciales son, por definición: aquellos bienes demandados que no se pueden comprar en un mercado porque se consumen de manera colectiva. No se puede tratar a los valores no-comerciales como valores comerciales, ya que no se puede esperar que las empresas privadas ofrezcan valores no comerciales. Es decir, el mercado libre puede encargarse eficientemente de la oferta de valores comerciales como la producción de madera o frutos, pero las dependencias gubernamentales y las organizaciones no gubernamentales (ONG's) tienen que encargarse de la oferta de valores no-comerciales. Dado que nada se paga por pasear o admirar la belleza de un paisaje -con excepción de los parques naturales que cobran una cuota de entrada-, o por un bien como el aire no contaminado que de hecho presenta una demanda real, el sistema de mercado "supone" erróneamente un valor nulo por la belleza de un bosque. Desde el punto de vista de la sociedad, el análisis de costo-beneficio

tiene que considerar tanto a los valores comerciales como a los no-comerciales. Para encontrar el valor total de un terreno se tienen que agregar ambos valores bajo el sistema de manejo empleado (Isa 2003).

2.4 Impacto del comportamiento y bienestar animal sobre la producción

Para que nuevos modelos de producción sustentable sean posibles, es necesario considerar que el comportamiento y bienestar de los animales tiene un impacto inmediato sobre la producción. Si no se sabe la influencia del comportamiento en el manejo no puede haber sustentabilidad de los sistemas ecológicos, culturales o económicos (Provenza 2003). Estrategias simples, que consideran el conocimiento del comportamiento animal pueden notoriamente mejorar la eficiencia y aprovechamiento de la agricultura, la calidad de vida para los productores y sus animales y la integridad del ambiente (Provenza 2003). Pero para poder hablar de modelos o sistemas productivos, debemos necesariamente considerar las condiciones ambientales que les ofrecemos a estos animales. Hughes (1976), Carpenter (1980) y Broom y Johnson (1993) enfatizan la importancia del “ambiente” dentro del concepto de bienestar animal. Cárvés (2005) señala que los animales que hoy están en producción originalmente fueron silvestres y estaban bien adaptados a su medio (Cárvés-Gallo, 2005). Dado que actualmente nosotros manejamos esas condiciones, una tendencia reciente es la que ofrecen ciertos sistemas extensivos, particularmente los agro-silvo-pastoriles, en los cuales se supone que es posible mejorar el grado de bienestar animal permitiendo que este viva de manera natural; es decir, aprovechando ambientes

naturales para la producción, considerando al mismo tiempo el deterioro ambiental y la productividad.

Duncan y Fraser (1997) resumen en los tres siguientes puntos de vista, los más importantes para el bienestar animal:

a) El funcionamiento biológico. Aquí, la buena calidad de vida o bienestar ocurre cuando los sistemas biológicos del animal funcionan de un modo normal o satisfactorio.

b) La experiencia subjetiva. Aquí, las emociones del animal, como el sufrimiento o placer, deben ser tomados en cuenta cuando se evalúa el estado del bienestar.

c) Que el animal viva de manera natural. El bienestar animal, depende de la posibilidad de expresar sus pautas de comportamientos naturales y viviendo de modo natural, de acuerdo con lo que indica la naturaleza de su código genético.

Fraser (2007) plantea una pregunta fundamental en la comprensión del papel que desempeñan los animales dentro de la producción animal: ¿Qué constituye una buena vida para los animales? Esta interrogante se puede resolver usando a la ciencia. Podemos identificar los ambientes que prefieren, si hay mayor predisposición a enfermedades en un ambiente que en otro, o si experimentan frustración si el ambiente no les permite comportarse de cierta forma. Estas preguntas pueden orientarnos para saber el grado de bienestar del que los animales gozan en un ambiente dado.

2.5 Comportamientos (parámetros) que indican un nivel de bienestar positivo del ganado bovino

La necesidad de evaluar los estándares de bienestar animal se ha transformado en un tema muy importante para asegurar la buena calidad de los sistemas productivos (Bowell *et al.* 2003). En la ciencia experimental, se pueden estudiar variables o tratamientos por separado y examinar el efecto promedio de esas variables, reduciendo la heterogeneidad del grupo en estudio, sin embargo, en los rebaños, se debe considerar una amplia gama de variables, las cuales se deben combinar y recién entonces ver su efecto para poder elaborar un diagnóstico y dar soluciones necesarias en el rebaño (Fraser 2003). Por lo tanto, el uso de una sola variable para medir el bienestar, podría llevar a conclusiones erradas al asumir que la mayoría de los animales no se ven afectados por las condiciones adversas, o por el contrario, indicar que su bienestar está en peligro, cuando en realidad no lo está. Al evaluar a los animales en forma íntegra, se hace evidente que todos los animales se ven afectados, pero utilizan diversos procedimientos para hacer frente a las condiciones adversas. El bienestar animal se refiere a un estado biológico del individuo y a la forma en que afronta cambios ambientales. Ese estado puede ser bueno o malo, dependiendo del éxito que el animal tiene en afrontar su ambiente (Fraser-Broom 1997). Por lo tanto, el concepto y su evaluación es objetiva y cuantificable.

Para que una herramienta apropiada de evaluación de bienestar pueda ser usada requiere de medidas que sean válidas y posibles de realizar (Mülleder *et al.* 2003).

Los factores de importancia para medir el bienestar animal son:

2.5.1 Factores basados en el animal: Se refiere a como el animal se enfrenta a su ambiente, lo que permite hacer mediciones de los sistemas de producción con distintos recursos (Whay *et al.* 2003). Las observaciones que son de gran relevancia en las vacas lecheras, pero que pueden aplicarse en el ganado de carne, se pueden separar en tres áreas:

2.5.2 Las que miden condición física del animal: están dados por diversos indicadores, como lo son: la Condición Corporal, la cual es utilizada para estimar las reservas energéticas del animal (Edmonson *et al.* 1989), examen de los miembros, conformación del animal, limpieza de la piel, alopecias en el cuerpo, presencia de heridas, condición de la glándula mamaria (Whay *et al.* 2003).

2.5.3 Las que se refieren al comportamiento del animal: por ejemplo, animales con signos de agresividad (los cuales se pueden asociar a experiencias negativas como el dolor o el sufrimiento), interacción social, actividad ruminal, por mencionar algunas. De esta forma se puede ver si los animales están adaptados o no al sistema de producción y si se relacionan con el entorno de acuerdo a su especie (Molony-Kent 1997).

2.5.4 Las que evalúan indicadores sanguíneos de estrés: Entre los más comúnmente utilizados se encuentran las concentraciones de Cortisol, prolactina, hematocrito (VGA), metabolitos como glucosa, ácidos grasos libres, y proteínas de la fase aguda como la haptoglobina (Tadich *et al.* 2003).

2.5.5 Factores asociados al recurso. Los que se refieren a la ejecución del sistema por parte de los encargados, las instalaciones, y mantención de las mismas. Por

ejemplo: la disposición de agua y comida, el manejo sanitario (aplicación de planes estratégicos de vacunación y desparasitaciones). En el caso de los sistemas estabulados, aspectos sobre el diseño de las construcciones tienen un impacto significativo sobre el bienestar (Bowell *et al.* 2003), es así que por ejemplo, es posible evaluar el espacio de los bebederos, calidad de pisos, tipo de comedero, el tipo de cubículo y sus dimensiones, las que condicionan un cómodo acceso a su interior, y por lo tanto, la aceptación o rechazo por parte de la vaca (Buxadé 1998). Estos factores, tienen la ventaja de ser objetivos y medibles, pero a la vez, presentan la imposibilidad para hacer comparaciones en relación al bienestar de dos rebaños con distintos tipos de recursos (Main *et al.* 2003).

2.5.6 Registros.

Son importantes al hacer un recuento de lo que ha sucedido en el tiempo, y permiten observar como se ha hecho el manejo de enfermedades, si han sido tratadas y su evolución. Entre los antecedentes que se pueden obtener están: casos y tratamientos de mastitis, casos y tratamientos de cojeras, tasa de concepción, distocias (Main *et al.* 2001).

2.5.7 Medición del comportamiento (estudios previos con GPS, GR, observaciones directas)

En trabajos anteriores han sido empleados diferentes métodos para lograr la medición del comportamiento del ganado; mediante la obtención de presupuestos de tiempo de diferentes comportamientos y uso de espacios dentro del potrero, el uso de collares contadores de mordiscos (Grazing Recorder^R) y aparatos de GPS

(Magellan^R), han resultado ser muy efectivos dado que es difícil realizar un registro del comportamiento trófico del ganado ya que las vacas continuamente comen y se mueven a lo largo de grandes extensiones de terreno (Maruyama; Nihei, 2007).

Maruyama y Nihei (2007) emplearon un sistema integrando un collar GPS y un collar contador de bocados. Los collares GPS que trazan las rutas en que se desplazan los animales han tenido gran auge en los años recientes. A este sistema se le conoce también como collar de telemetría GPS, y tiene la ventaja de obtener datos detallados del comportamiento del animal con una pequeña restricción en tiempo y localización de los observadores (Maruyama; Nihei, 2007). Gomes Páscoa y Paranhos da Costa (2007) en Brasil, también emplearon los GIS para la definición de estrategias de manejo de bovinos en potrero (Gomes Páscoa; Paranhos da Costa, 2007).

La efectividad y utilidad de este tipo de sistemas se ha verificado en investigaciones biológicas que trabajan con animales silvestres, cuyos comportamientos no pueden ser fácilmente captados o trazados por métodos convencionales (Maruyama; Nihei, 2007).

Estos estudios formales por medio de los sistemas GIS y GPS han sido aplicados principalmente para denotar la localización de cabezas de ganado. No obstante, este tipo de aparatos no aportan información con respecto a su capacidad de pastoreo. Para superar esta dificultad, Maruyama y Nihei, en el área de El Pantanal en Brasil, emplearon la colecta cuantitativa de datos mediante un

sistema de collares contadores de mordiscos (Maruyama, Nihei, 2007). El sistema mide automáticamente el movimiento de la quijada mientras la vaca come. El collar desarrollado y empleado por Rutter también es capaz de medir la frecuencia de rumia (Rutter *et al.* 1997).

2.6 Medición de bienestar

2.6.1 Condición física

El estado de nutrición está dado por la Condición Corporal (CC) medida en una escala de 1 a 5 en donde 1,0 es una vaca extremadamente delgada y 5,0 es una vaca extremadamente gorda (Edmonson *et al.* 1989).

Para la evaluación de la locomoción se otorga un puntaje de 0 a 4, en donde 0 es una vaca sana y 4 es una vaca que prefiere evitar el movimiento (Tadich *et al.* 2005).

También se pueden evaluar los hallazgos individuales tales como la presencia o ausencia de lesiones en la zona de los tarsos (pérdida de la continuidad del tejido epitelial con o sin soluciones de continuidad), lesiones en la grupa (glúteos, alas del ileón, isquion y zona perimetral de la cola, de un mínimo de 5 cm de diámetro), alopecias en la grupa (de un mínimo de 5 cm de diámetro), y el grado de suciedad de los animales determinándose como grado 1 cuando se observe suciedad hasta la altura de los tarsos, como grado 2 si hay suciedad sobre la rodilla y como grado 3 cuando se observen patas, ubres y flanco sucio) (Hugues 2001).

2.6.2 Cortisol sérico:

El cortisol es un glucocorticoide que forma parte de un sistema de respuestas al estrés por parte de los animales. Selye (1950, 1976) propuso un modelo para comprender este sistema del estrés en el cual los mayores componentes incluyen al cerebro, hipotálamo, glándula pituitaria, glándulas adrenales, glucocorticoides y una cascada de respuestas mediante las que los animales intentan responder a los estímulos estresantes (Grandin 2000). La respuesta de los animales hacia un agente inductor de estrés se vale de tres componentes principales:

- 1)** El primero es el reconocimiento de la amenaza, que ocurre en el sistema nervioso central y que culmina en una organización de defensa biológica de tipo homeostático.
- 2)** El segundo es la respuesta al estrés que confiere, cambios conductuales, autonómicos y neuroendocrinos que llevan al individuo a presentar cambios biológicos que afectan su economía corporal y es compensada por actividades biológicas como la gluconeogénesis.
- 3)** Si los estímulos inductores de estrés son prolongados, entonces se desarrollará el tercer componente que es un estado prepatológico en el cual se altera la capacidad individual para mantener las funciones normales y se desarrolla alguna enfermedad, cesa la reproducción y la producción y existen alteraciones conductuales como la agresividad, la falta de actividad o el desarrollo de conductas anormales.

Durante el estrés, la activación neuroendocrina se inicia al incrementar la concentración plasmática de norepinefrina y epinefrina como resultado de la activación del sistema nervioso simpático y esta es una característica de la respuesta aguda al estrés. Por otra parte, la consiguiente estimulación del sistema hipotálamo-hipófisis-adrenal (H-H-A) está relacionado con la respuesta crónica al estrés, del cual surge la producción de glucocorticoides y la biosíntesis de catecolaminas en la médula adrenal está determinada por la cantidad de glucocorticoides circulantes y son las concentraciones de catecolaminas sanguíneas las que estimulan la liberación de adrenocorticotropina por la hipófisis anterior (Caballero *et al.* 1995).

Los glucocorticoides inducen una disminución en la resistencia del animal ante diferentes enfermedades y también son causa de activación de infecciones latentes como la Rinotraqueítis Viral Bovina, Coccidiosis, Diarrea Viral Bovina, parasitosis y enfermedades causadas por herpesvirus. Tienen un potente efecto inmunosupresor, ya que son linfolíticos y disminuyen la producción de anticuerpos (inmunidad humoral). Los glucocorticoides participan en la supresión de la respuesta inflamatoria (por lo que existe una disminución en las concentraciones de fibrinógeno sanguíneo) y alérgica (disminución de eosinófilos), diapedesis leucocitaria y la formación de granulomas y a consecuencia de estos efectos interfieren con la respuesta del individuo frente a infecciones bacterianas y suprimen las reacciones de sensibilidad retrasada, existe también, una hipertrofia adrenal e involución tímica. También ocasiona una disminución en la promoción

de la excreción de ácido úrico y de agua libre para ser eliminado del organismo. Para ser eliminados del organismo son inicialmente desactivados y posteriormente conjugados para formar derivados hidrosolubles que se excretan en orina. El sitio principal de inactivación es el hígado y el proceso de desactivación es la reducción enzimática del anillo A. Durante el estrés agudo y crónico, las catecolaminas circulantes presentan concentraciones altas en plasma y en leche. La medición del estrés se puede llevar a cabo mediante la cuantificación de las catecolaminas y es posible también, cuantificar las concentraciones de catecolaminas de manera indirecta midiendo las concentraciones de los metabolitos de éstas en orina. El ácido vanilmandélico es un metabolito de las catecolaminas de excreción urinaria (Fraser 1985).

Los cambios conductuales atribuidos a la presencia de estrés pueden ser variables según la intensidad de estrés presentado por ejemplo la conducta de miedo, el intento de escape, emitir vocalizaciones, tornarse agresivo o hiperactivo son en general instancias relacionadas al estrés agudo. Sin embargo, cuando un animal se encuentra en un ambiente poco familiar y se ve frustrado para desarrollar conductas de escape puede bloquear completamente la actividad y desarrollar apatía o depresión (Luescher *et al.* 1989).

2.7 Análisis Espacial

La interpretación de imágenes satelitales o fotografía aérea ha llegado a ser una importante herramienta en mediciones de campo puesto que es la mejor manera

de representar o describir las coberturas vegetales de un paisaje, así como han sido de gran utilidad para estudiar las relaciones o interacciones entre estas superficies. Este tipo de herramientas se han empleado frecuentemente para describir matorrales, pastizales y tipos de cobertura arbórea en diversas zonas de estudio.

Una imagen aérea que ha sido interpretada para describir tipos de cobertura, puede indicar la localización e identificación de tipos de cobertura en un área determinada y dicha información puede ser muy útil para el manejo racional y sustentable de estas zonas en los sectores agrícola, ganadero, y de conservación de recursos naturales.

Los mapas de tipos de cobertura pueden proporcionar información útil para quienes quieren inventariar o evaluar el hábitat de especies silvestres en zonas de pastizales porque algunas especies, dentro de su rango de distribución están fuertemente asociadas con la estructura de hábitat provista por estos específicos tipos de cobertura.

El Índice de estratos de Hábitat provee una manera de describir cuantitativamente la complejidad estructural relativa de la cobertura de vegetación existente en un área de estudio. Provee un número entre 0.0 (no diversidad estructural) hasta 1.0 (alta diversidad estructural) que puede ser usada para caracterizar la diversidad vegetal de una parcela o tierra, comparar la diversidad vegetal entre varias parcelas de tierra, o proveer una base para evaluaciones estadísticas que muestren la dirección y tasa de cambio en la estructura de hábitat en el tiempo. El

índice no predice que tan adecuado es un hábitat para alguna especie en particular, aunque las especies silvestres que tienden a estar presentes en hábitats naturalmente complejos pueden estar en lugares con un HLI alto, mientras que las especies que requieren hábitats simples o poco complejos podrían estar en lugares con un HLI bajo. Un HLI alto no es equivalente a un “buen” hábitat, al igual que un HLI bajo no es sinónimo de “mal” hábitat (Short 1986).

2.8 Justificación

Todos estos antecedentes nos llevan a plantearnos el reto de aportar datos confiables que proporcionen información acerca de indicadores conductuales del ganado bovino en un tipo en particular de sistema de producción extensivo, que adicionalmente puede conllevar beneficios por la prestación de servicios ambientales.

Este tipo de estudios que emplean collares contadores de mordidas y collares con GPS permiten evaluar comportamientos de locomoción, descanso, alimentación, su principal aplicación es contribuir al desarrollo de un sistema de manejo de hatos que puedan realizar un pastoreo sustentable, así como preservar el ecosistema natural, con las ventajas que conlleva dados los servicios ambientales que presta.

2.9 Objetivo General

Evaluar el comportamiento individual y social, e indicadores productivos y de salud de los bovinos mantenidos en potreros con distinta complejidad en su estructura de vegetación en el trópico húmedo.

2.10 Objetivos Específicos

Determinar los presupuestos de tiempo de conductas de mantenimiento de bovinos en potreros con distinta complejidad en su estructura de vegetación.

Evaluar la sincronía conductual en el hato de bovinos en potreros con distinta complejidad en su estructura de vegetación.

Calcular la condición corporal y el índice de infestación por garrapatas de hato de bovinos en potreros con distinta complejidad en su estructura de vegetación.

Comparar la ganancia diaria de peso de bovinos en potreros con distinta complejidad en su estructura de vegetación.

2.11 Hipótesis

Los bovinos en trópico modifican la proporción de tiempo dedicado a conductas tróficas en función de la complejidad de la estructura de vegetación del potrero y la sincronía conductual del grupo no se modifica en condiciones de mayor complejidad en la estructura de vegetación del potrero.

3. Metodología

3.1 Localización y zona de estudio

El sitio donde se llevó a cabo el estudio fue el Campo Experimental (C. E.) Las Margaritas del Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El C. E. Las Margaritas se localiza en el Municipio de Hueytamalco, en la Sierra Nororiental del Estado de Puebla, en el kilómetro 9.5 de la carretera Hueytamalco-Tenampulco (20°N, 97°O, 520 msnm aprox.).

Se trabajó en un sistema de pastoreo extensivo en una zona de acahual joven y se emplearon dos tipos de potrero: el potrero denominado “Trinchera”, que fue considerado de tipo Tradicional, en el que predominan los pastos y hay poca superficie ocupada por árboles o plantas arbustivas gracias a técnicas de “chapeo” continuo, y el denominado “Cuartelazo” considerado de tipo No tradicional, en el que hay presencia de mayor cantidad de arbustos, árboles y herbáceas dado que se suprimieron las prácticas de “chapeo” en dicha superficie. El potrero No tradicional se subdividió a su vez en 5 superficies empleadas en el rancho como potreros independientes para su sistema de rotación, por lo que nos referiremos a estas superficies por los nombres que emplean en el rancho: Mirador, Cinco, Canoas, Dos y Encino.

Cuadro 1. Descripción de los potreros de estudio.

Potrero	Superficie (m²)	Clasificación
Trinchera	300016	Simple
Dos	470523	Simple
Mirador	490218	Complejo
Canoas	527033	Complejo
Cinco	256692	Complejo
Encino	194821	Complejo

3.2 Instrumentos

Se emplearon dos diferentes aparatos para recabar la información: Grazing Recorder^R (Rutter) o contador de mordiscos y un receptor GPS (eXplorist 600^R de Magellan).

Para el registro conductual se ocuparon formatos modificados a partir del diseño recomendado por Jarillo J (2008). (Apéndice I)

También se ocupó una báscula ganadera para registrar la ganancia de peso individual de los animales y una escala de medición de condición corporal del 1 al 5 para ganado de carne (Warren Gill).

3.3 Sujetos

Se emplearon 116 hembras cebuínas, genotipos F1 (Suizo, Charolais, Hereford, Angus, Simmental X Brahman), con peso inicial aproximado de 300kg de PV, de las cuales 25 eran vaquillas y de éstas, 9 fueron entrenadas. A estas últimas se les colocaron los aparatos de medición durante su rotación por los diferentes

potreros y se les midió peso y condición corporal (CC) al inicio y al término del periodo de observaciones.

3.4 Mediciones

3.4.1 Mediciones de comportamiento. A las 9 vacas que fueron entrenadas les fueron colocados los aparatos de medición durante su rotación por los diferentes potreros. Fueron observadas empleando una combinación de muestreos de barrido (cada 15 minutos) con muestreos conductuales-focales (el periodo de tiempo entre los barridos) en sesiones de 6 horas diarias. La unidad de muestreo por observación directa es el grupo completo de vacas (116) en el potrero y las vaquillas son individuos “muestreadores”.

3.4.2 Periodo de estudio y época del año. El estudio se realizó durante el periodo de secas (marzo a junio) y fue posible realizar dos ciclos de rotaciones en potreros representativos de dos sistemas de pastoreo distintos: uno Tradicional o simple, y uno No tradicional o complejo. Se realizaron 6 horas diarias de observaciones en promedio durante las cuales se colectaron 200 horas de observación.

Cuadro 2. Horas totales de observación por día y por potrero.

NO. DE DÍAS	POTRERO	HORAS DIARIAS	HORAS TOTALES OBS
7	TRINCHERA	6	42
7	DOS	6	42
6	ENCINO	6	36
6	CANOAS	6	36
6	MIRADOR	6	36
6	CINCO	6	36

3.4.3 Variables de medición.

Variables conductuales por observación directa (EC=echada, ER=echada rumiando, PD=parada, PR=parada rumiando, PST=pastando, RM=ramoneando y CA=caminando),

Variables conductuales por medición con marcador de pastoreo GR (comiendo, rumiando, inactivo e indeterminado, frecuencia media de mordidas (FME), frecuencia media de rumia (FMR), Prehensiones al comer (Preh E) y Prehensiones al rumiar (Preh R)),

Variables espaciales, obteniendo estratos de complejidad vegetal en el potrero para los dos diferentes tratamientos que consistieron en cobertura vegetal simple o potrero convencional, y cobertura vegetal compleja o potrero no convencional y distancias recorridas por día por individuo.

Variables de producción, la variable peso se determinó con la diferencia de peso al inicio y al final del periodo de observaciones y la condición corporal que se evaluó también al inicio y al final del mismo periodo.

3.5 Procedimientos

3.5.1 Trabajo de campo

Se realizó un periodo de entrenamiento por condicionamiento operante durante 2 meses para hacer posible la colocación de los aparatos de medición en las 9 vacas del grupo seleccionadas como individuos muestreadores.

Se llevó a cabo un periodo de observaciones preliminares del comportamiento de pastoreo tanto individual como de hato de los individuos seleccionados dentro de los potreros.

Para coleccionar los datos conductuales se sujetaba a los animales entrenados en el potrero y se colocaba el GR y el GPS y dejándose libre inmediatamente. Se realizaron las observaciones de barridos y focales en horarios representativos por la mañana, a medio día y por la tarde, como indica la tabla 1 (Rotación de aparatos y horarios de observación). Al término del día, se retiraban los aparatos y se guardó la información de ambos para su posterior análisis.

Para coleccionar los datos de producción, se reunió al grupo de animales al inicio y al término de la temporada de observaciones llevándolos a la báscula ganadera caminando desde el potrero. Se pesó a cada uno de las 25 vacas realizando además un registro de la condición corporal (Apéndice: Formatos de registro 1 y 2).

3.5.2 Categorización de potreros

Los potreros empleados se clasificaron según los estratos de vegetación que contienen: 1) Cobertura arbórea, 2) Cobertura arbustiva, 3) Pastizal y 4) Sin vegetación. Esta clasificación se realizó con base en la interpretación de imágenes satelitales de la zona de estudio, separando las diferentes clases de vegetación de acuerdo a diferencias colorimétricas y diferencia de textura en la imagen por medio de la técnica de Análisis de Valores Espectrales en el programa Arc View

MR para sistemas de información geográfica (SIG) y con apoyo del programa Google Earth MR.

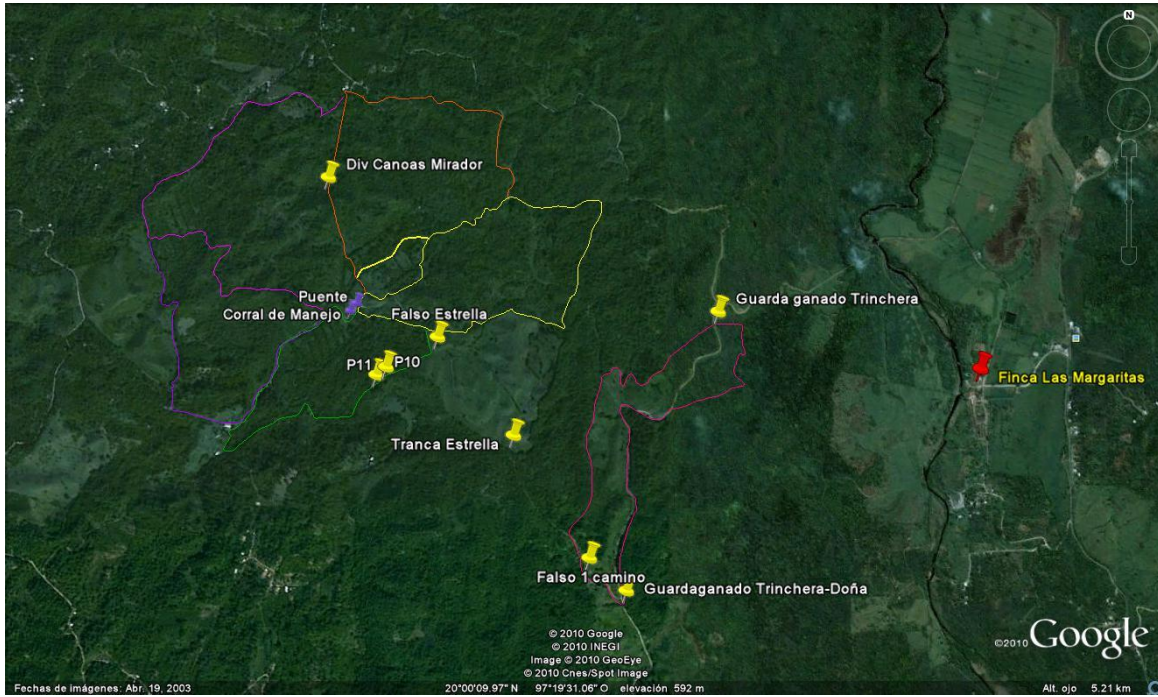


Figura 1. Ubicación del lugar de estudio.

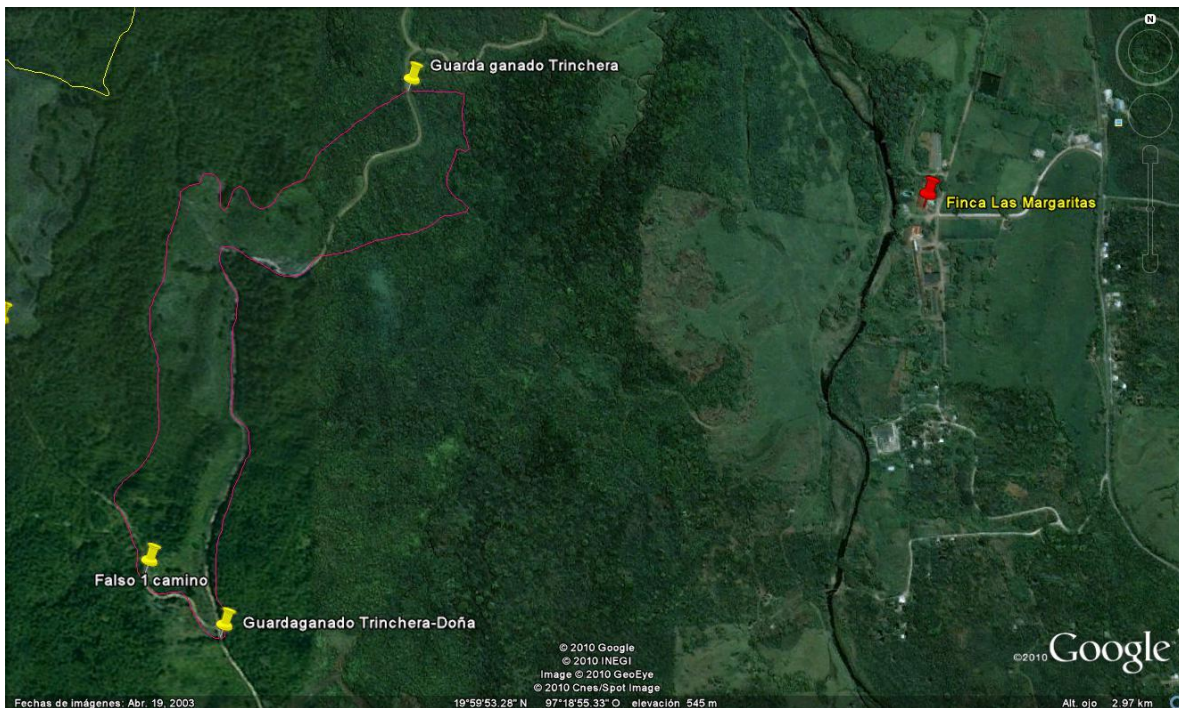


Figura 2. Ubicación del potrero con menor complejidad vegetal (Tratamiento 1).



Figura 3. Ubicación de los potreros considerados con mayor complejidad vegetal (Tratamiento 2).

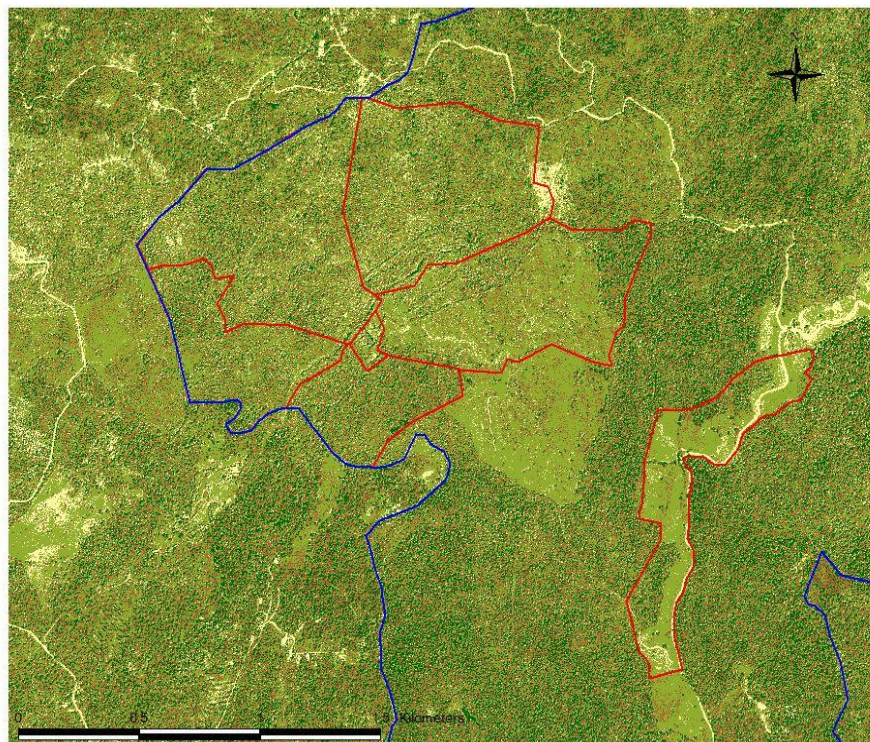


Figura 4. Categorización de los diferentes estratos en los potreros por medio de la técnica de Análisis de Valores Espectrales.

3.5.2 Análisis estadístico

Para comparar las variables (EC=echada, ER=echada rumiando, PD=parada, PR=parada rumiando, PST=pastando, RM=ramoneando y CA=caminando) de las mediciones de conducta en potreros simples y complejos se usó la prueba de Mann Whitney. En el caso de las variables medidas a partir del GR se usó la prueba de Friedman para comparar las medias entre potreros.

4. Resultados

Los resultados se dividieron en cuatro rubros: variables espaciales, variables conductuales, variables de producción y variables de salud para los dos diferentes tratamientos que consistieron en cobertura vegetal simple o potrero convencional, y cobertura vegetal compleja o potrero no convencional.

4.1 Variables espaciales y clasificación de potreros

La Técnica de Análisis de Valores Espectrales, en función de los valores obtenidos a partir de los píxeles ocupados en la imagen por cada tipo de vegetación proporcionó el valor en m² de cada una de las superficies ocupadas por cada estrato, dentro de los diferentes potreros, y se convirtió a porcentaje:

Cuadro 3. Porcentaje de estratos por potrero (1=Arbóreo, 2=Arbustivo, 3=Pastos, 4=Sin Vegetación).

POTRERO	ESTRATOS			
	1	2	3	4
Trinchera	11	15	64	11
Dos	10	22	60	8
Mirador	14	24	51	11
Canoas	14	24	51	11
Cinco	15	26	51	8
Encino	20	30	45	6

Cuadro 4. Hectáreas de cada tipo de cobertura y estratos individuales de hábitats presentes en cada potrero.

SEGMENTO	ESTRATOS INDIVIDUALES DE HÁBITATS PRESENTES						
	COBERTURAS	TOTAL	SUB SUPERFICIE	PASTOS	ARBUSTOS	ARBOLES	AREA TOTAL
MIRADOR	1	6.8333	6.8333	-	-	6.8333	13.6666
	2	11.9247	11.9247	-	11.9247	-	23.8494
	3	24.935	24.935	24.935	-	-	49.87
	4	5.3288	5.3288	-	-	-	5.3288
TOTAL		49.0218	49.0218	24.935	11.9247	6.8333	92.7148
ENCINO	1	3.814	3.814	-	-	3.814	7.628
	2	5.7594	5.7594	-	5.7594	-	11.5188
	3	8.7006	8.7006	8.7006	-	-	17.4012
	4	1.2081	1.2081	-	-	-	1.2081
TOTAL		19.4821	19.4821	8.7006	5.7594	3.814	37.7561
CINCO	1	3.8085	3.8085	-	-	3.8085	7.617
	2	6.752	6.752	-	6.752	-	13.504
	3	13.0537	13.0537	13.0537	-	-	26.1074
	4	2.055	2.055	-	-	-	2.055
TOTAL		25.6692	25.6692	13.0537	6.752	3.8085	49.2834
DOS	1	4.7888	4.7888	-	-	4.7888	9.5776
	2	10.2808	10.2808	-	10.2808	-	20.5616
	3	28.0846	28.0846	28.0846	-	-	56.1692
	4	3.8981	3.8981	-	-	-	3.8981
TOTAL		47.0523	47.0523	28.0846	10.2808	4.7888	90.2065
CANOAS	1	7.4292	7.4292	-	-	7.4292	14.8584
	2	12.806	12.806	-	12.806	-	25.612
	3	26.7566	26.7566	26.7566	-	-	53.5132
	4	5.7115	5.7115	-	-	-	5.7115
TOTAL		52.7033	52.7033	26.7566	12.806	7.4292	99.6951
TRINCHERA	1	3.1533	3.1533			3.1533	6.3066
	2	4.3809	4.3809		4.3809		8.7618
	3	19.115	19.115	19.115			38.23
	4	3.3524	3.3524				3.3524
TOTAL		30.0016	30.0016	19.115	4.3809	3.1533	56.6508

Para establecer el grado de complejidad de cada potrero, se empleó el Índice de Estratos de Hábitat (Habitat Layer Index, HLI por sus siglas en inglés) empleado por Henry L. Short (1986), donde:

$HLI = \frac{\text{Número de estratos actualmente presentes} \times \text{área actual en q se encuentran esos estratos.}}{\text{Número de estratos de hábitat potencialmente presentes} \times \text{área potencial de los estratos de hábitat}}$

De acuerdo al HLI y al porcentaje de cobertura arbórea, se ordenaron los 6 potreros de menor a mayor complejidad. El HLI para cada potrero se aprecia en el siguiente cuadro:

Cuadro 5. HLI por potrero

<i>POTRERO</i>	<i>HLI</i>
1. TRINCHERA	0,5
2. DOS	0,5
3. MIRADOR	0,6
4. CANOAS	0,6
5. CINCO	0,6
6. ENCINO	0,7

4.2 Variables conductuales

4.2.1 Sincronía de conductas de mantenimiento del hato en potreros de diferente complejidad en su estructura de vegetación.

Dentro del grupo completo de 116 individuos pastoreando en el sistema complejo y los 55 individuos pastoreando en el sistema simple, se observaron los siguientes valores de proporción de individuos realizando las 6 diferentes

conductas descritas en el etograma (Ec= echada, Er= echada rumiando, Pd= parada, Pr= parada rumiando, Pst= pastando, Rm= ramoneando, Ca=caminando y Otros) (Apéndice 1), y fueron obtenidas a partir de las observaciones de Barridos por el método de observación directa:

Cuadro 6. Proporción promedio de individuos por potrero realizando las diferentes conductas, a partir de muestreos de barridos.

<i>Potrero</i>	<i>Ec</i>	<i>Er</i>	<i>Pd</i>	<i>Pr</i>	<i>Pst</i>	<i>Rm</i>	<i>Ca</i>	<i>Otros</i>
Trinchera	8.65	7.91	15.63	10.03	45.6	2.57	8.12	1.49
Dos	5.95	7.53	12.28	5.48	55.35	2.74	10.08	0.59
Mirador	3.51	3.64	19.3	7.74	48.96	4.85	10.37	1.63
Canoas	12.99	5.28	16.98	5.8	44.08	2.37	11.52	0.91
Cinco	7.98	5.73	14.64	6.82	47.83	7.5	7.9	2.34
Encino	19.53	8.41	33.66	9.31	14.92	4.83	6.27	3.08

4.2.2 Proporción del tiempo en conductas de mantenimiento de las vacas experimentales.

4.2.2.1 Observación Directa

Se obtuvieron los valores de tiempo total de los comportamientos de mantenimiento en los individuos observados en cada temporada. Con estos valores, se calcularon los porcentajes de tiempo que los individuos empleaban en cada actividad. Los valores de proporción de tiempo realizando cualquiera de las 6 conductas descritas en el etograma (EC=echada, ER=echada rumiando, PD=parada, PR=parada rumiando, PST=pastando, RM=ramoneando y CA=caminando), fueron obtenidos por el método de observación directa con registros de los 9 individuos entrenados y se muestran a continuación:

Cuadro 7. Proporción de tiempos de conductas obtenidas por observación directa para la Temporada Seca en los 2 Tratamientos (T) (1=Simple, 2=Complejo)

ID VACA	T	<i>Conductas</i>						
		EC	ER	PD	PR	PST	RM	CA
5207	1	1.99	0	15.9	38.55	31.7	0.36	11.50
5201	1	10.79	8.8	16.51	8.43	42.08	4.93	8.47
6048	1	3.97	16.52	10.21	15.4	45.29	0.44	8.16
5184	1	0.93	0.46	8.29	4.54	56.1	10.41	19.28
5090	2	9.9	6.39	22.07	5.65	36.04	4.19	15.76
5045	2	5.67	2.45	16.31	2.68	44.26	6.09	22.55
6044	2	4.81	1.75	15.22	18.96	15.03	17.36	22.88
6096	2	15.15	12.71	14.83	12.21	31.69	1.96	11.46
5051	2	0.0	0.72	14.30	7.35	57.08	7.93	12.61

Los resultados de la prueba de Mann-Whitney (Wilcoxon) al analizar cada comportamiento en ambos tratamientos fueron los siguientes:

De las 7 conductas analizadas, EC, ER, PD, PR, PST, RM y CA ninguna mostró diferencia significativa entre ambos tratamientos, obteniéndose valores de $Z=0.5403$ ($P>0.05$, $SD=\pm 0.612$) para EC, PD, PR y PST, $Z=0.9025$ ($P>0.05$, $SD=\pm 0.122$) para ER, $Z=0.3913$ ($P>0.05$, $SD=\pm 0.857$) para RM y $Z=0.1779$ ($P>0.05$, $SD=\pm 1.347$) para CA.

4.2.2.2 Análisis de proporción del tiempo en conductas de mantenimiento y frecuencia de eventos de comportamiento trófico de las vacas con marcador de pastoreo.

Las variables evaluadas con el marcador de pastoreo son de dos tipos, las calculadas con base en los tiempos totales que son: comiendo, rumiando, inactivo e indeterminado y las calculadas con base en la frecuencia media de las diferentes conductas es decir: frecuencia media de mordidas (FME), frecuencia media de rumia (FMR), Prehensiones al comer (Preh E) y Prehensiones al rumiar (Preh R).

En cuanto a los resultados arrojados por el marcador de pastoreo (GR^{MR}) para las variables calculadas con base en los tiempos totales son los siguientes:

Los valores de los comportamientos “comiendo”, “rumiando”, “indeterminado” y la “Frecuencia media de mordidas comiendo (FME)” no mostraron diferencias significativas, mientras que los comportamientos “inactivo”, “Frecuencia Media de Rumia (FMR)”, “Prehensiones al comer (PrehE)”, y “Prehensiones al rumiar (PrehR)” mostraron diferencias significativas con valores de $F=12.36$ ($P<0.05$), $F=13.96$ ($P<0.05$), $F=12.86$ ($P<0.05$) y $F=13.96$ ($P<0.05$) respectivamente. Las medias de los comportamientos se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Valores promedio (M) por cada potrero (1=Trinchera, 2=Dos, 3=Mirador, 4=Canoas, 5=Cinco, 6=Encino) y desviación estándar (DE) de los comportamientos evaluados con el medidor de pastoreo (GR) con valor de $P < 0.05$.

Comportamiento	M1	M2	M3	M4	M5	M6	F
Comiendo	42.1±27.0	40.4±18.5	59.0±19.7	36.3±11.9	47.9±5.0	16.6±7.1	
Rumiando	26.7±11.7	16.3±11.1	20.0±13.5	19.7±11.4	21.4±6.0	18.9±9.5	
Inactivo	29.9 ±18.4	41.6 ±24.4	20.5 ±8.0	42.5 ± 21.6	29.4 ±1.9	62.8 ±12.1	12.36*
Indeterminado	1.19±1.04	1.63±2.1	0.35±0.33	1.45±1.12	1.2±0.56	1.54±0.57	
FME	6075.2 ±6998.9	6416.3 ±5034.2	10550.3 ±1603.9	11816 ±6438.6	9689.5 ±3188.4	1521.2 ±904.6	
FMR	7938.2 ±7622.4	10,398.5 ±10,926.9	23242.6 ±2864.9	16,010.3 ±10,533.8	16,586 ±5816.2	5894 ±538	13.96*
Preh E	11,113.6 ±1,359.6	17,914.1 ±11,687	39,663 ±7073.9	22,465.5 ±9458.7	35,187 ±2823.8	4050 ±2302.8	12.86*
Preh R	166.4 ±154.6	210.6 ±199.8	478 ±53	315.6 ±172.5	410.5 ±110.9	149.2 ±28.3	13.96*

*Si hubo diferencia significativa

4.3 Uso de espacios

El uso de espacios por parte de los sujetos de estudio mostró que en los potreros simples, las vacas visitan los mismos lugares y las rutas son muy similares, mientras que en los potreros complejos usan mayor cantidad de lugares ocupando diferentes rutas. Estas son algunas de las rutas de las vacas en cada potrero:

Potrero 1 (Trinchera)



Figura 5. Recorrido 26 marzo, 1,179 m.

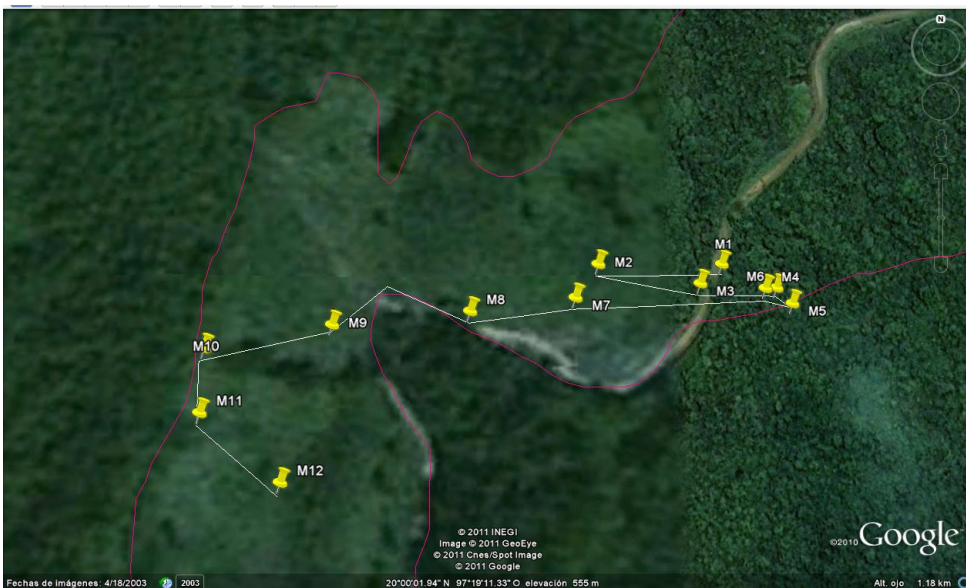


Figura 6. Recorrido 20 marzo, 813 m.

Potrero 2 (Dos)



Figura 7. Recorrido 21 de marzo, 407 m.



Figura 8. Recorrido 1 mayo, 710 m.

Potrero 3 (Mirador)

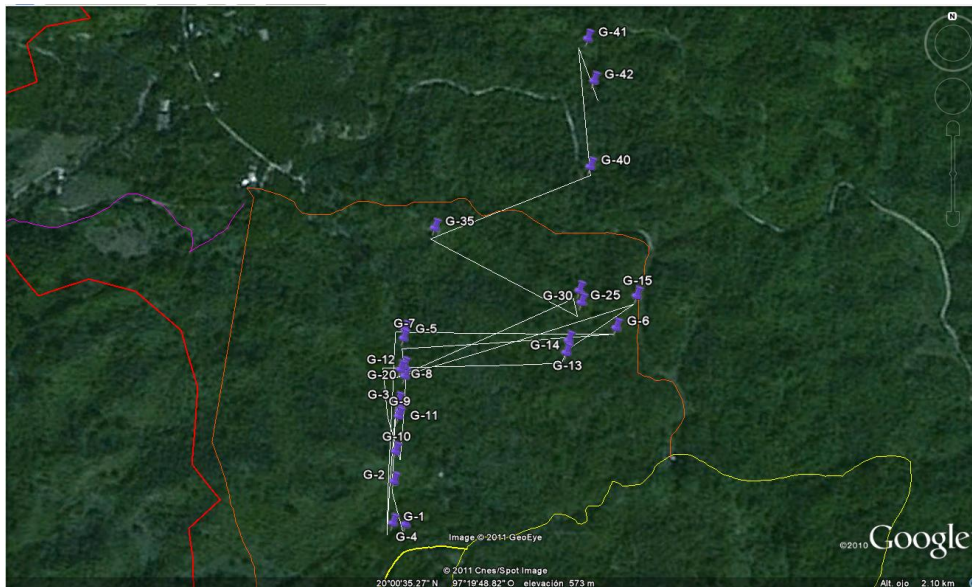


Figura 9. Recorrido 31 marzo, 4,351 m (salen 3 puntos del límite del potrero).

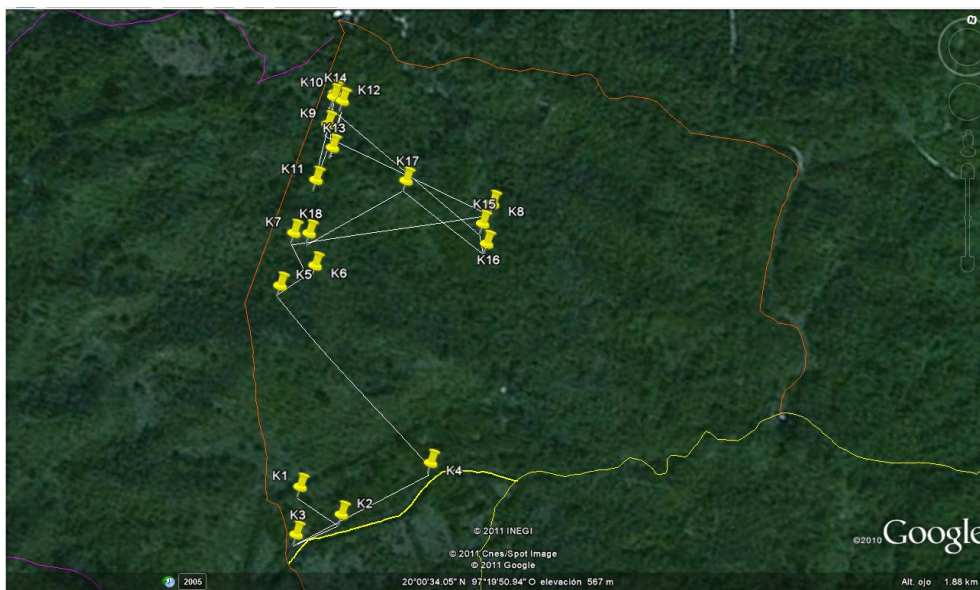


Figura 10. Recorrido 24 abril, 2,689 m.

Potrero 4 (Canoas)

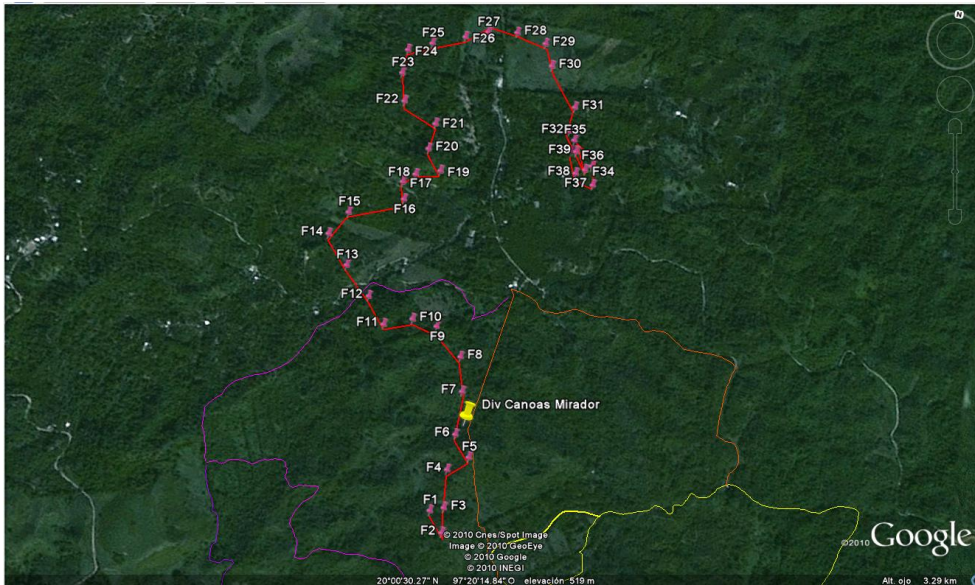


Figura 11. Recorrido 23 marzo 3,680 m (se sale de lo que está delimitado como potrero).

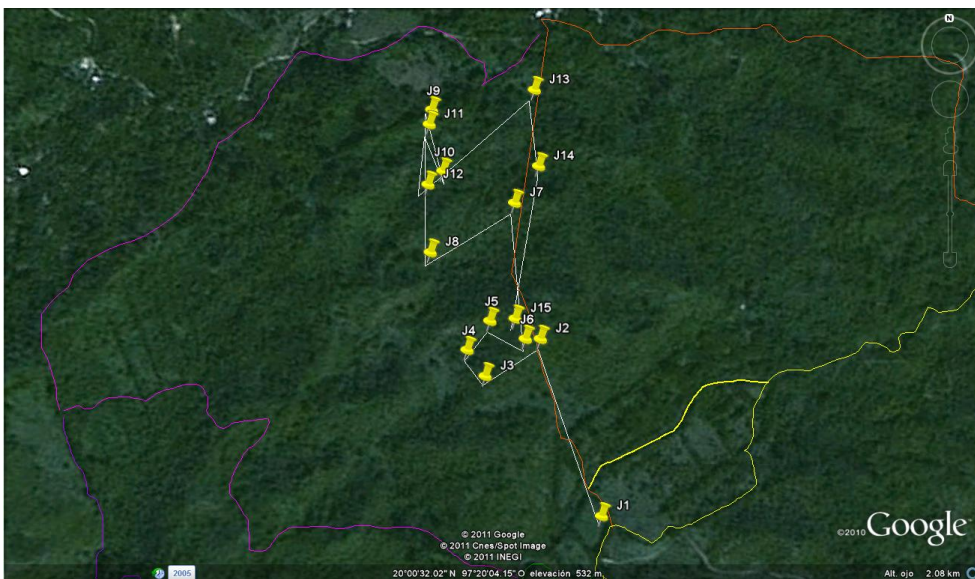


Figura 12. Recorrido 23 julio, 2,439 m.

Potrero 5 (Cinco)

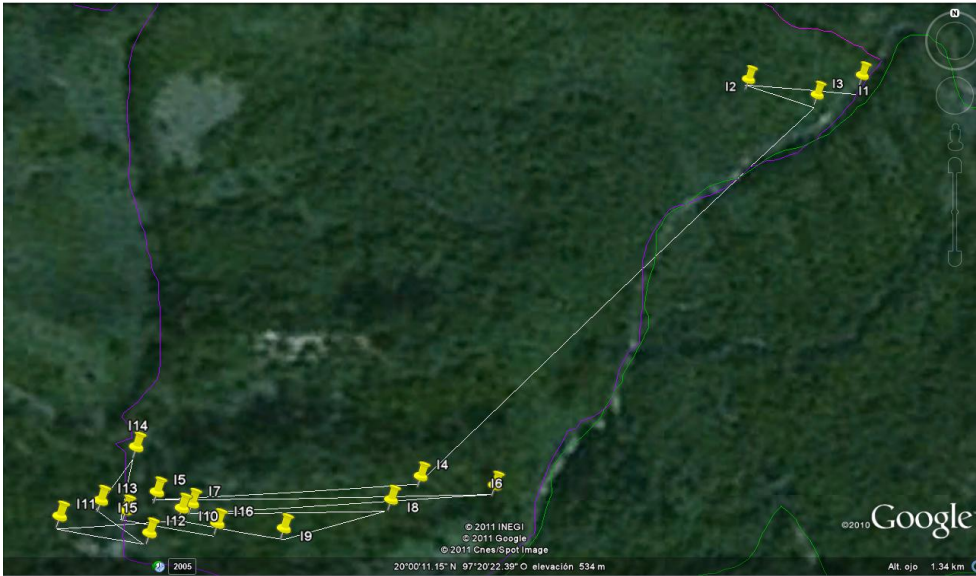


Figura 13. Recorrido 2 julio, 2214m.

Potrero 6 (Encino)

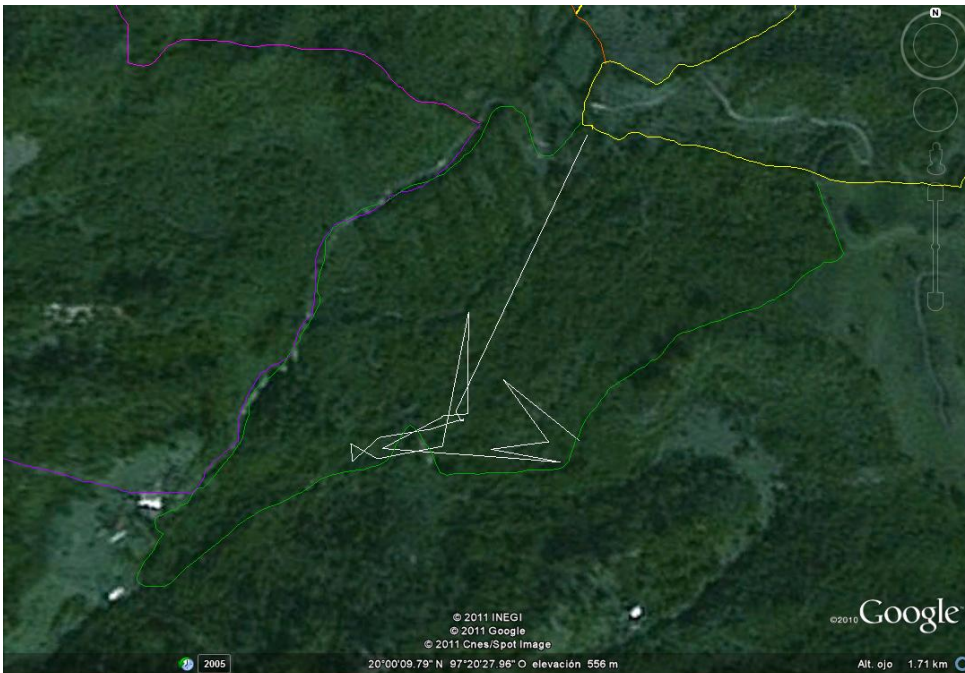


Figura 14. Recorrido 8 abril, 1917 metros.

4.4 Variables de producción

Cuadro 9. Promedio de las variables de producción en los dos diferentes tratamientos, considerando el potrero Tradicional de baja complejidad y el potrero Complejo.

Tratamiento	GDP	Condición Corporal	Indice garrapatas
Simple	5.25 \pm 7.61	2.42 \pm 0.37	3.6 \pm 2.21
Complejo	3.92 \pm 9.85	2.41 \pm 0.21	4.2 \pm 2.4

4.4.1 Ganancia de peso (GDP)

Los valores obtenidos mediante la prueba de Mann Whitney para la variable peso no mostraron diferencia significativa entre ambos grupos con un valor de $Z= 0.02$ ($P<0.05$, $M= 293.6$ kg $SD=\pm 2.327$).

4.4.2 Condición corporal

Los valores obtenidos mediante la prueba de Mann Whitney para la variable condición corporal no mostraron diferencias significativas entre los dos grupos con un valor de $Z=0.5262$ ($P>0.05$, $M= SD= \pm 0.634$).

4.4.3 Índice de garrapatas

Los valores obtenidos mediante la prueba de Mann Whitney para la variable denominada índice de garrapatas, no mostraron diferencias significativas entre los dos grupos con un valor de $Z=0.1316$ ($P>0.05$, $SD=+1.508$).

5. Discusión

Una de las alternativas de producción que en la actualidad tienen cada vez mayor auge son los sistemas de producción silvopastoriles que proporcionan una serie de beneficios ambientales tales como la reducción de daños a los ecosistemas, evitando erosión de suelo, reduciendo temperaturas extremas, promoviendo la conservación de la flora y la fauna silvestre, la regulación y calidad hídrica en cuencas hidrográficas (Chará y Murgueitio, 2005) y la captura de carbono atmosférico entre otros, además de mejorar la producción de leche y carne y mejorar la rentabilidad de los sistemas productivos al poder combinar la actividad pecuaria con producción de madera y frutos (Murgueitio-Ibrahim 2008) provocando una mayor generación de bienes. Estos sistemas proporcionan además diferentes beneficios directos a la salud animal pues mejoran ciertos indicadores de bienestar tales como la reducción de estrés calórico (Djimde *et al.* 1989, Johnson *et al.* 1962, Pezo-Ibrahim 1998) y por último, un ambiente que proporcione mayor diversidad en su estructura, puede proporcionar una mayor diversidad en los comportamientos que emiten los animales, de manera individual y grupal generando mayores posibilidades de adaptación. En los resultados encontrados

En un estudio realizado por Mancera K, (2010) en el trópico mexicano, se consideró pastizal arbolado con cobertura alta aquel que tenía del 15 al 36 % de superficie de árboles y pastizal arbolado con cobertura baja a aquel con porcentajes de 7 a 14 % (Mancera K, 2010). Se consideran silvopastoriles

aquellos sitios con un porcentaje de cobertura arbórea entre el 22 y el 35 %, para que sea un sistema que combine de la mejor manera beneficios productivos y ambientales. En este rango, se conserva de modo adecuado la biodiversidad, se produce una cantidad suficiente de forraje en forma de pasto y hay buenas tasas de consumo animal, tomando muy en cuenta la presencia de sombra generada por los árboles que es preferida por las vacas a la sombra artificial proporcionada por techos o tapancos (Korbi, Goodman, 2010). Aunado a esto, las coberturas herbáceas diferentes del pasto, como arbustos o árboles, proporcionan también una buena cantidad de materia seca para las temporadas de sequía. (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).

En el presente trabajo, se encontraron porcentajes de cobertura arbórea del 10-14% para el sistema tradicional y de 15-20% para el sistema no tradicional o complejo y de cobertura arbustiva del 15 y 30 % respectivamente, por lo que se tomó como referencia la clasificación de Mancera, encontrando que los potreros Dos (10%), Trinchera (11%), Mirador (14%) y Canoas (14%) presentan cobertura baja y los potreros, Cinco (15%), y Encino (20%) presentan coberturas altas. Dichos rangos porcentuales fueron considerados con base en los estudios que asocian diferentes niveles de cobertura en pastizal arbolado a beneficios productivos y ambientales (Mancera K, 2010).

Tal como lo mencionan Uma Korbi y Mary Goodman (2010) en E.U.A., el ganado utiliza más equitativamente el espacio en los sistemas silvopastoriles, con respecto a los pastizales y esta diferencia se le atribuye principalmente a la

radiación solar reducida en el sistema silvopastoril. En su trabajo, el pastoreo fue el comportamiento dominante en el sistema silvopastoril mientras que el descanso o inactividad fue dominante en los pastos abiertos. La sombra presente en los sistemas silvopastoriles demuestra reducir el estrés en el ganado durante las épocas calurosas del año (Korbi, Goodman, 2010).

Cierto tipo de paisajes o ecosistemas en nuestro país, seguramente pueden estar siendo utilizados de manera poco uniforme por el ganado y una forma de contrarrestar este efecto es sugerida por Korbi y Goodman en llanos costeros del sureste de EUA, estableciendo prácticas de agroforestería sustentables. La presencia de árboles entre las pasturas como es bien sabido, provee sombra y refugio, y protege a los animales del estrés calórico lo cual está asociado con su bienestar y productividad. El amortiguamiento en las condiciones microclimáticas que se aporta a las pasturas por la presencia de árboles ha sido bien documentado que incrementa la ganancia de peso, producción de leche y las tasas de concepción en ganado vacuno y ovino en ambientes cálidos (Fike et al 2004). Así mismo, al proveer protección directa de las radiaciones solares, los árboles generan un enfriamiento evaporativo que facilita la transferencia de calor entre los animales (Blackshaw 1994). Además, aún cuando haya sombra artificial disponible, Zuo y Miller-Goodman reportan que el ganado prefiere la sombra proveniente de los árboles. Dado que la sombra que está presente en los sistemas silvopastoriles es natural y está bien distribuida, la distribución del ganado en un paisaje silvopastoril puede diferir de un pastizal sin cobertura arbórea. Y eso,

puede promover una mejor utilización del forraje y deposición de nutrientes a través de todo el sistema.

La presencia de pastizal y cobertura arbórea en un potrero, como es el caso de los aquí estudiados, nos permite saber que cuentan con cierto potencial para la conservación de la biodiversidad y de servicios ambientales. En el contexto del trópico mexicano esto es de gran importancia ya que entre otras cosas, 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

Las vacas que estuvieron en los potreros más complejos (Cinco y Encino) mostraron porcentajes de 7.98 y 19.53 % de individuos descansando así como 47.83% y 14.92 % de individuos pastando respectivamente. En contraste, en los potreros de menor complejidad presentaron desde 3.65 a 12.99 % de animales descansando y de 44.08 a 55.35 % de animales pastando; sin embargo, en los registros provenientes del medidor de pastoreo, no hubo diferencias significativas entre los porcentajes totales de tiempo alimentándose para ambos grupos, por lo cual podemos deducir que una mayor cantidad de animales en ambientes poco complejos dedican su tiempo a la búsqueda de alimento para saciarse aun cuando sacrifiquen cierto tiempo de descanso que pueden permitirse los animales en ambientes complejos que consiguen en el mismo tiempo un mejor consumo.

El hecho de que los comportamientos de mantenimiento tanto en las mediciones por observación directa como por medio del GR no tuvieran diferencias

significativas, nos indican que la forma en que los diferentes individuos distribuyen el tiempo es similar en ambos sistemas de pastoreo, sin embargo, los comportamientos medidos en frecuencias por medio del GR si mostraron diferencias por lo que dichos comportamientos (“inactivo”, “Frecuencia Media de Rumia (FMR)”, “Prehensiones al comer (PrehE)”, y “Prehensiones al rumiar (PrehR)”) nos pueden indicar que los animales están ocupando el ambiente complejo con una mayor eficiencia.

En los potreros con menor cobertura los animales registraron menores distancias recorridas y mayor repetición de los lugares visitados lo cual puede resultar en un mayor desgaste de los suelos y del recurso vegetal retardando los tiempos de recuperación de la pradera. En los potreros complejos las rutas de las vacas mostraron que los animales visitaban una mayor diversidad de lugares evitando el sobrepastoreo en zonas localizadas y permitiendo a cada individuo desarrollar una estrategia particular de acuerdo a sus preferencias alimenticias y evitando competencia por recursos. Los recursos por los que los animales, en este caso las vacas compiten más, al grado de mostrar comportamientos agonísticos son espacio, comida o agua (Phillips 2002; Boe and Faerevik 2003; DeVries *et al.* 2004).

En cuanto al comportamiento de “locomoción”, la proporción de individuos dentro del hato que se encontraban caminando fue desde 6.27 hasta 11.52, no mostrando tampoco diferencia significativa entre tratamientos, pero siendo mayores los desplazamientos en los potreros más complejos. Los individuos dedicaron mayores tiempos, espacios y distancias en la búsqueda de alimento en

estos potreros. La radiación solar ha demostrado tener gran influencia en la expresión de actividades del ganado pues cuando la sombra es poca, prefiere limitar sus desplazamientos por búsqueda de alimento permaneciendo echados más tiempo, reduciendo sus actividades de ramoneo y pastoreo e incluso disminuyen las interacciones sociales. A su vez, incrementan el tiempo de consumo de agua y el de permanecer de pie cerca de las zonas para beber (Betancourt *et al.* 2003; Brown- Brandl *et al.* 2006; de Souza *et al.* 2010). Otros estudios con cruza de ganado cebú 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). Dentro del alcance de este estudio no se determinó dentro del uso de espacios si los desplazamientos de los individuos recayeron dentro de las zonas con mayor aporte de sombra, por lo que serían de mucha utilidad estudios posteriores en los que se cuantifique no solo la distancia recorrida sino la presencia o no de sombra en los sitios recorridos por los animales. Por lo tanto, la evaluación de la capacidad de movimiento y la expresión de otros comportamientos en función de contrarrestar el estrés calórico pueden ser elementos clave para determinar la libertad de movimiento de los animales; en zonas con baja cobertura los individuos suelen restringirse a permanecer en zonas de sombra o cercanas a 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 (Mancera, 2010).

El comportamiento de ramoneo es algo poco documentado en bovinos, sin embargo en el presente trabajo se observó dicho comportamiento en todos los potreros, tanto de alta como de baja cobertura, siendo obviamente más altos los valores en los potreros complejos. La proporción de tiempo mostrando comportamientos de ramoneo fueron superiores en 4 individuos, Jovita (6044) con 17.36%, Sandya (5184) con 10.41%, Tomasa (5051) con 7.93% y Botella (5045) con 6.09%. Los potreros en que se registró el mayor porcentaje de individuos ramoneando se observó en el potrero Cinco (7.5%), seguido por Mirador (4.85%) y Encino (4.83%). Estos resultados apoyan la idea de que cada individuo es capaz de desarrollar estrategias individuales de adaptación al ambiente en que habita y que mientras los animales tengan mayores opciones, pueden generar una mayor diversidad de comportamientos incrementando sus posibilidades de adaptación (Dawkins; Manning, 1992; Provenza, 2003).

Por otro lado, un factor que no se ha tomado mucho en cuenta en la producción tradicional es la palatabilidad de los alimentos puesto que los animales que consumen un mismo y único alimento constantemente pueden generar una cierta aversión o aburrimiento al sabor del mismo (Provenza, 2003). El ganado, dándosele la oportunidad, busca activamente la variedad en su alimentación. La preferencia por un alimento particular declina conforme el alimento es ingerido. Cuando el ganado ingiere un alimento con cierto sabor (por ejemplo maple, coco), prefiere un alimento con un sabor diferente al día siguiente (Provenza 2003). Las interacciones entre las sensaciones y el cuerpo ayudan a explicar porque la

palatabilidad cambia dentro de una comida o entre comida y comida. La saciedad de sabor-, nutrientes y toxinas específicas se refiere a la disminución en la preferencia de un sabor o un alimento durante y después de comerlo debido a interacciones que involucran el sabor del alimento y una retroalimentación post-ingestiva de nutrientes y toxinas. Los receptores de sabor responden al gusto (dulce, salado, amargo, ácido), olor (diversidad de olores) y tacto (astringencia, dolor, temperatura). Los receptores de sabor interactúan con receptores en el cuerpo (intestino, hígado, sistema nervioso central, etc.) que responden a los nutrientes y las toxinas (quimio-receptores), osmolaridad (osmo-receptores) y distensión (mecano-receptores). Estas interacciones causan una disminución transitoria en la preferencia por los alimentos de manera inmediata, solo después de ingerirlo; las interacciones pueden ser entendidas como si estuvieran trabajando a lo largo de una continua estimulación desde la más ligera hasta la más intensa. De este modo, la preferencia o aversión por un alimento es útil para el cuerpo para determinar el rango en que un alimento es adecuado, inadecuado o incluso excesivo). La disminución en la preferencia está influenciada por las necesidades nutricionales de los animales en relación a las características químicas de los alimentos; un ejemplo claro de esto es que la palatabilidad disminuye si un alimento contiene demasiada proteína con relación a la energía o si las tasas a las cuales se fermentan la energía y la proteína son desiguales. Un exceso de proteína causa exceso de amoníaco después de ser fermentado, o un exceso de carbohidratos una acidosis (Provenza 2003). Un ambiente con mayor diversidad vegetal puede ofrecer al ganado la diversidad de sabores y nutrientes necesaria para satisfacer sus necesidades nutricionales con base en los

contenidos químicos y sabores de los diferentes elementos que componen los diferentes estratos de estructura vegetal de los potreros. En cuanto a las especies tóxicas, el ganado que se enfrenta a este factor aprende por transmisión del conocimiento por parte de la madre o de otros miembros del grupo, sin embargo también depende de las consecuencias físicas y fisiológicas que experimente el individuo al consumir determinadas especies y cantidades. La incidencia de acidosis o intoxicaciones en sistemas de producción de estabulación o con poca variedad de especies para alimentación, bien podrían deberse a falta de alternativas de ingestión de los cuales puedan hacer uso los animales. Ciertas toxinas que puede ingerir un animal a partir de una planta, pueden ser neutralizadas al consumir otra especie. Por lo tanto es también importante mantener un inventario de las especies nativas y de las especies introducidas que puedan beneficiar al ganado sin afectar el ecosistema dentro del que se encuentra nuestro sistema de producción.

Las interacciones entre las diferentes especies de plantas dentro de los diferentes estratos vegetales también es un factor que debe tomarse en cuenta; un ejemplo clásico es el hecho de que la mayor parte de pastos tropicales no crecen bien con altos niveles de sombra, sin embargo, existen excepciones como *Panicum maximum*, que tolera muy bien la presencia de sombra. Otras especies como *Brachiaria brizantha*, *B. mutica*, *B. 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 *B. brizantha*, *P. maximum* y *B. 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 *B. 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-Felker 1993, Durr-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 (Mancera 2010).

Cierto número de ranchos en la zona del trópico veracruzano cuentan ya con 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 (Mancera K 2010).

La variable de producción “peso” si mostró diferencia significativa entre los grupos evaluados. Los valores promedio más bajos los encontramos en el sistema más complejo; esto puede explicarse por varios factores; aunque es importante el complemento en la alimentación por parte de los estratos arbóreo y arbustivo, donde se pueden encontrar especies de leguminosas o frutales, la calidad y cantidad del pasto es evidentemente muy importante en el mantenimiento o ganancia de peso del ganado. En un estudio realizado en México por Pérez *et al.* (2008), aunque no se encontraron diferencias significativas en el consumo de

toretas, 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). En el presente trabajo no se identificaron las especies de pastos existentes en los potreros, lo cual sería una contribución valiosa para determinar si las especies de pastos que se encuentran en estas unidades de producción son o no tolerantes a la sombra; cómo responden ante las interacciones con las especies de árboles presentes y que tan nutritivas o palatables resultan para los animales. Si fuera el caso de que hay pocas especies tolerantes a la sombra, habrá varios espacios en los que el ganado no encontraría pastos, consumiendo otros estratos o desplazándose a sitios donde sí lo hay, pero compitiendo por el recurso. Las diferencias de peso con respecto a la media del grupo fueron más marcadas en el potrero tradicional que en el complejo, lo cual puede indicar que hay mayor competencia por el recurso pasto y los individuos más dominantes son los que logran mayores consumos en detrimento de los de menor jerarquía (Galindo-Broom, 2000). En los potreros complejos, aunque el promedio de peso es menor, es menor la variabilidad por lo que posiblemente promoviendo las especies de mayor contenido nutricional o las combinaciones de especies más benéficas, el hato logre mayores ganancias de peso de una manera uniforme independientemente de los rangos jerárquicos. 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-Faerevik 2003, DeVries *et al.* 2004) y una reducción en sus niveles de bienestar positivo.

La variable de producción “condición corporal” no mostró diferencias significativas, aunque los valores promedio encontrados en ambos tratamientos es de intermedio a bajo (ICC=2.4). Mancera (2010) refiere que el aumento en la cobertura arbórea total de un sistema 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. Existe la posibilidad de que la presencia de árboles contribuya 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).

En sistemas asociados a árboles, como los analizados por Mancera (2010) se observó que la sombra favorece ciertos aspectos del comportamiento que incrementan la ingesta de materia seca y en consecuencia, la ganancia de peso y la condición corporal. Casasola (2000) encontró que en lugares con mayor cobertura arbórea los consumos aumentaron hasta en 3,7%, en comparación con 1,3 y 2,0% en sitios con menor cobertura de árboles. Así mismo, en sistemas con mayor cobertura arbórea en Nicaragua (22 a 30%) el ganado incrementó el tiempo dedicado al pastoreo y al ramoneo en comparación con aquéllos asociados a coberturas bajas (0 a 7%) los cuales dedicaron más tiempo al descanso y la rumia, por lo que se redujo su producción de leche en comparación con el ganado de cobertura alta (Betancourt 2003). A la sombra se le atribuyen otros efectos

positivos tales 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).

Es importante destacar que coberturas de árboles mayores al 35 % pueden ser idóneas para la preservación de biodiversidad, pero aumenta la competencia entre árboles y pastos por luz, agua y nutrientes impidiendo un adecuado crecimiento del potrero (Kephart *et al.* 1992, Ong *et al.* 1991, Rao *et al.* 1998, Dias-Filho 2000, Harmannd *et al.* 2003), esto aunado al efecto de otras características de la cobertura, como el tamaño y la forma del dosel, el cual puede disminuir la producción de materia seca cuando es denso y muy cerrado (Belskey *et al.* 1989, Villafuerte 1998, Souza de Abreu *et al.* 1999). No obstante, la cobertura arbórea no es el único factor que determina un mayor o menor crecimiento de pastos, existen diferentes factores tales como la fertilidad del suelo (Durr-Rangel 2000), condiciones climáticas (Belsky 1989, Ludwing *et al.* 2001), la especie del pasto (Kephart *et al.* 1992, Dias Filho 2000), así como la 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 otro lado, aunque el efecto no fue marcado en este trabajo, 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 sus

insumos pueden ser consumidos por el ganado y se caracterizan por tener un alto valor nutricional (proteína cruda > 12% y digestibilidad de materia seca *in vitro* > 65%), en especial las especies leguminosas (Aguilar -Condit 2001, Álvarez *et al.* 2003, Ortega *et al.* 1998, Solorio *et al.* 2000, Ku 2005). Los frutos de las especies de árboles multipropósito como *Guazuma ulmifolia* (guácimo), *Phitecellobium saman* (genizaro), *Enterolobium cyclocarpum* (guanacaste), entre otros, han sido empleados para alimentar al ganado, sustituyendo el uso de granos y mejorando la productividad del hato 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 *P. saman* ganaron más peso vivo (500 g / día) en comparación con los novillos sin suplementación (400 g / día). De manera similar, como lo indican Roncallo *et al.* (1996) y Baquero *et al.* (1999), 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 (Mancera 2010).

La variable de salud “índice de garrapatas” evaluada en este trabajo tampoco mostró diferencias significativas, encontrándose la presencia de estos ectoparásitos en ambos grados de complejidad vegetal. La presencia de garrapatas en el trópico es una constante que genera grandes pérdidas por transmisión de enfermedades, secuestro de nutrientes, sin mencionar los altos costos de mantener a los animales con tratamientos o baños garrapaticidas

periódicos para disminuir la incidencia de estas infestaciones. Al igual que ocurre con las plagas en sistemas de monocultivos a nivel agrícola, los ambientes simples son más susceptibles de padecer infestaciones y sus consecuencias que los ambientes complejos; estos últimos ofrecen mayor resistencia a enfermedades pues cuentan con factores como heterogeneidad, biodiversidad y las interacciones ecológicas que en ellos ocurren permiten que los efectos de las enfermedades se diluyan, o incluso que las redes tróficas interrumpan o afecten ciertos ciclos de vida de especies parásitas.

Como se mencionó anteriormente, los porcentajes de cobertura arbórea ideales para considerar un sistema silvopastoril sostenible van del 25 al 35 %. Ninguno de los potreros evaluados en este trabajo presentan esos grados de cobertura arbórea, a lo cual podemos atribuir la ausencia de diferencias significativas en los valores evaluados; no obstante, los puntos de importancia que se deben resaltar en este trabajo, son la diversidad en el abanico de conductas por parte del ganado, la eficiencia en la adaptación a sistemas de mayor complejidad y la ausencia de factores detrimentales en cuanto a salud o producción, por lo que se sugieren estudios más profundos, sobre todo sobre la identificación de las especies vegetales y los componentes nutricionales de los diferentes estratos y tipos de vegetación que componen este tipo de sistemas para lograr un manejo apropiado logrando mejores parámetros productivos en general y mayores beneficios asociados a los servicios ambientales y diversificación de actividades productivas en el trópico mexicano. Dado que los servicios ambientales, por si mismos no siempre son apreciados o valorados en toda su magnitud, es

importante hacer ver al ganadero o a los propietarios de las extensiones de tierra las ventajas de contar con este tipo de sistemas y más aún crear incentivos para evitar o reducir la conversión de bosques a potreros. Países como Nicaragua, Colombia y Costa Rica (Murgueitio 2009) han demostrado que los incentivos económicos gubernamentales mejoran las estrategias de producción y benefician la sostenibilidad ambiental.

Un mecanismo que se implementó en México para fomentar la reconversión ambiental a los tipos de sistemas silvopastoriles son los PSA (Pago por servicios ambientales) a través de la CONAFOR en el año 2003. Sin embargo, existen aún ciertas dificultades para proteger áreas de conservación prioritarias debido a circunstancias como costos de oportunidad de la tierra mayores a los otorgados por PSA, costos de transacciones mayores a los beneficios por obtener o insuficiencia de los fondos aportados por el gobierno para satisfacer la demanda. Al respecto, CONAFOR está desarrollando acciones para solucionar dichos problemas. Entre esas acciones, como lo mencionan Chagoya y Gutiérrez (2008) se encuentra la realización de investigaciones relacionadas con el desarrollo de métodos para efectuar la valoración y cuantificación de los servicios ambientales generados por los bosques (Mancera 2010).

6. Conclusiones

Los potreros para ganado bovino que presentan mayor diversidad en su estructura vegetal, pueden proporcionar una mayor diversidad en los comportamientos que emiten los animales, de manera individual y grupal generando mayores posibilidades de adaptación.

Los sistemas silvopastoriles son una excelente alternativa a los sistemas convencionales, pues ofrecen al ganado una diversidad en las alternativas para desarrollar los comportamientos de mantenimiento que ejecutan en los sistemas tradicionales y algunos adicionales.

La ausencia de diferencias significativas en los parámetros productivos, de salud y de comportamiento nos sugieren que el ganado puede presentar grados de bienestar similares en un sistema de pastoreo simple que en uno complejo. La diferencia fundamental puede radicar en los beneficios ambientales y productivos que un sistema silvopastoril promueve.

La presencia de mayor cantidad de sombra en los ambientes complejos permite mayores desplazamientos del ganado promoviendo una mayor satisfacción y diversidad en la búsqueda y consumo de nutrientes provenientes de diferentes especies vegetales existentes en los diferentes estratos.

Se sugieren estudios posteriores que se enfoquen en la identificación de especies de los potreros en cuestión, su disponibilidad y contenido de nutrientes para un manejo benéfico para el ganado, el ambiente y el productor.

7. Bibliografía

- Aguilar, S. y Condit, R., 2001. Use of native tree species by an Hispanic community in Panama. *Economy Botany*. 55(2), 223-235.
- Álvarez V, Bonilla R. Adultos y ninfas de la garrapata *Amblyomma cajennense* Fabricius (Acari: Ixodidae) en equinos y bovinos. *Agronomía Costarricense* 31(1): 61-69. ISSN:0377-9424 / 2007.
- Álvarez G, Melgarejo L , 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 DV, 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science* 77, 2044–2050.
- Arrano C. Evaluación del bienestar de vacas en lecherías de la provincia de Valdivia. Valdivia, Chile, 2006.
- Baquero L, Becerra A, Roncallo B, 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.
- Belsky J, Amundson RG, Duxbury JM, Riha SJ, Ali AR, Mwangi SM, 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 AF, Radford JQ, Haslem A, 2006. Properties of land mosaics: implications for nature conservation in agricultural environments. *Biological Conservation* 133, 250–264.
- Bennett IL, Finch AV, Holmes CR, 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.
- 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.
- Blackshaw J, 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.
- Bøe KE, y Færevik G, 2003. Grouping and social preferences in calves, heifers and cows. *Applied Animal Behaviour Science* 80 (3), 175-190.
- Botero J, Ibrahim M, Bouman B, Andrade H, Camargo JC, 1999. Modelaje de opciones silvopastoriles sostenibles para el sistema ganadero de doble propósito en el tropico húmedo. *Agroforestería en las Américas* 6 (23): 60-62.

- Brown-Brandl TM, Nienaber JA, Eigenberg RA, Mader TL, Morrow JL, y Dailey JW, 2006. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. *Livestock Science* 105, 19-26.
- Caballero CS, Sumano LH, Ocampo CL, 1995. Estrés y Producción animal. *Memorias de Etología aplicada-FMVZ*, 12-17.
- Cárvaves M, Gallo C. PROYECTO FIA-PI-C-2005-1-P-010 “Diagnóstico e implementación de estrategias de bienestar animal para incrementar la calidad de la carne de rumiantes de abasto” Chile, 2005.
- Casasola F, 2000. Productividad de los sistemas Silvopastoriles Tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 94 p.
- 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.
- Consejo civil mexicano para la silvicultura sostenible. Disponible en URL : http://www.ccmss.org.mx/modulos/casillero_servicios.php el 20 de enero de 2009.
- Dawkins MS, 2000. Animal mind and animal emotions. *American Zoology*, 40:883–888. De el Symposium *Animal Consciousness: Historical, Theoretical, and Empirical Perspectives* presented at the Annual Meeting of

the Society for Integrative and Comparative Biology, 6–10 January 1999, en Denver, Colorado.

- DeVries TJ, Von-Keyserlingk MAG, Weary DM, 2004. Effect of feeding space on the inter-cow distance, aggression, and feeding behavior of free-stall housed lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 87, 1432–1438
- Dias-Filho MB, 2000. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. Humidicola* under shade. *Pesquisa agropecuaria Brasileira*. 35(12): 2335-2341
- Djimde M, Torres F, Migongo-Bake W, 1989. Climate, animal and agroforestry. En: Reifsnnyder WS, Darnhofer TO (Editores). *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.
- Durr PA, 2001. The biology, ecology and agroforestry potential of the raintree, *Samanea saman* (Jacq.) Merr. *Agroforestry Systems*. 79, 223-237
- Durr PA, Rangel J, 2000. The response of *Panicum maximum* to a simulated subcanopy environment 1. Soil x shade interaction. *Tropical Grassland* 34, 110-117

- 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.
- Fernandez ME, Gyenge JE, Dalla Salda G, Schlichter TM, 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
- Hahn. G. L. 1982. Housing for cattle, sheep and poultry. *Animal Production in the Tropics*. M. F. Yousef, ed. Racger Publ., New York, NY.
- Fraser D, 2007. Animal welfare and intensive animal production: are they compatible? En: Sustainable food production and ethics. Preprints of the 7th Congress of the European Society for Agricultural and Food Ethics. Vienna, 2007. Wageningen Academic Publishers, Holanda.
- Fraser AF, 1985. "World Animal Science" *Ethology of Farm Animals*, Ed. Elsevier
- Galindo F, Broom DM. The relationships between social behavior of dairy cows and the occurrence of lamenesses in three herds. *Research in Veterinary Science*. 69, 75-79, 2000.
- Gomes Páscoa A, Paranhos da Costa MJR. Aplicação dos sistemas de informação geográfica para definição de estratégias de manejo de bovinos nas pastagens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, *suplemento especial*, p.45-51, 2007.

- Grandin T, 2000. Livestock Handling and Transport. CABI Publishing, Wallingford, Oxon (Reino Unido) Capítulo 5, pp. 63-85.
- Harmand JM, Donfack P, Njiti CF, 2003. Tree root systems and herbaceous species-characteristics under tree species introduced into grazing lands in subhumid Cameroon. *Agroforestry Systems*. 59: 131-14
- Harvey CA, Tucker NIJ, Estrada A, 2004. Live fences, isolated trees, and windbreaks: tools for conserving biodiversity in fragmented tropical landscapes. Pages 261– 289
- Ibrahim M, Casasola F, Villanueva C, Murgueitio E, Ramírez E, Sáenz J, 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.
- 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*. (Mosquera MR, Riquerio A, McAdam J, Editores) CAB. Wallingford, Reino Unido. Página 13 .
- Issa J, 2003. El Giro pragmático en ética ambiental. En: *Los caminos de la ética ambiental Vol. II*. Plaza y Valdés, México.

- Jiménez TJA, 2007. Diseño de sistemas de producción ganaderos sostenibles con base a los sistemas silvopastoriles (SSP) para mejorar la producción animal y lograr la sostenibilidad ambiental. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Johnson H, Ragsdale A, 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 (Editor). World Animal Science B5 Bioclimatology and the adaptation of Livestock, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Netherlands, Pp 3-16.
- Kephart KD, Dwayne R, Buxton R, Taylor SE, 1992. Growth of C3 and C4 perennial grasses under reduced irradiance. Crop Science. 32: 1033-1038
- Ku J, 2005. Nutritive value of trees and shrubs for ruminants. In: Mosquera-Losada *et al.* (Editores). Silvopastoralism and sustainable land management. CABI publishing. 83- 86
- Leme TMSP, Pires MFA, Verneque RS, 2005. Comportamento de vacas mestiças holandês x zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril, *Ciência Agrotécnica*, 29, (3), 668-675.
- López A, Schlönvoigt A, Ibrahim M, Kleinn C, Kanninen M (1999). Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 6 (23): 51-53.

- Ludwig F, De Kroon H, Prins HHT, Berendse F, 2001. Effects of nutrients and shade on tree-grass interactions in an East African savanna. *Journal of Vegetation Science*. 12: 579-588
- Luescher UA, Friendship R M, Lissemore DD, Mc Keown DB, 1989. Clinical ethology in food animal practice. *Applied animal Behaviour Science*, 22 , 191-214
- Mancera AKF, 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.
- Martin P, Bateson M. La medición del comportamiento. Editorial Acribia, Zaragoza, España, 1986.
- Maruyama H, Nihei T. Grazing Behavior of Cows Measured by Handheld GPS and Bite Counter Collar : A Case of Fazenda Baía Bonita in South Pantanal, Brazil. 2007.
- 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, 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, 1999. Reconversión ambiental y social de la ganadería bovina en Colombia. *World Animal Review* 93 (2): 2-15. FAO, Roma.
- Murgueitio E, 2009. Incentivos para los sistemas silvopastoriles en América Latina, *Avances en Investigación Agropecuaria*, Vol. 13, Núm. 1, 2009, pp. 3-20 Universidad de Colima, México
- 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.
- Navas PA, 2007. Sistemas silvopastoriles para el diseño de fincas ganaderas sostenibles. *ACOVEZ*, 16. Disponible en URL: <http://www.produccion-animal.com.ar> el 30 de mayo de 2010.
- Ong CK, Corlett JE, Singh RP, Black CR, 1991. Above and belowground interactions in agroforestry systems. *Forage Ecology Management*. 45: 45-58
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. *Cómo enfrentarse a la interacción entre la ganadería y el medio ambiente*. Comité de Agricultura, Roma, 25 – 28 de abril de 2007.
- Ortega ME, Carranco ME, Mendoza G, 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

- Pagot J, 1993. Animal production in the tropics and subtropics. London, UK, Macmillan. 517 p.
- 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>
- Pérez E, Mildrey S, Díaz L, Corzo M, 2008. Comportamiento etológico de bovinos en sistemas silvopastoriles en Chiapas, México, Pastos y Forrajes, Vol. 31, No. 2, pp 161-172.
- Pezo D, 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
- Provenza F, 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
- Rao MR, Nair PK, Ong CK, 1998. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. Agroforestry Systems 38: 3-50

- Ricker M, Daly D, 1998. Manejo del bosque tropical. En: Botánica económica en bosques tropicales. Editorial Diana, México.
- Rodríguez HCN, 2007. Determinación del ciclo estral en borregas cimarrón (*Ovis canadensis*) mediante observaciones conductuales y determinación de progesterona en heces. FMVZ-UNAM, 60 págs.
- Roncallo B, Navas A, 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
- Rutter SM, Champion RA, Penning PD, 1997. An automatic system to record foraging behavior in free-ranging ruminants. Applied Animal Behaviour Science 54, 185- 195.
- Rutter SM, 2000. Graze: A program to analyze recordings of the jaw movements of ruminants. Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, 32 (1), 86-92.
- Sáenz JC, Villatoro F, Ibrahim M, Fajardo D, Pérez M, 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.

- Scherr SJ, McNeely JA, 2008. Biodiversity conservation and agricultural sustainability: towards a new paradigm of 'ecoagriculture' landscapes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363, 477-494.
- Short HL. Rangelands. In: Copperrider AY, Boyd RJ, Stuart HR (1986). *Inventory and Monitoring of Wildlife Habitat*. U.S. Dept. Inter., Bur. Land Manage. Service Center. Denver, Co. 93-122.
- Soca M, 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, 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).
- Souza de Abreu MH, Ibrahim M, 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.
- Sowell BF, Mosley JC, Bowman JGP, 1999. Social behavior of grazing beef cattle: Implications for management. *Proceedings of the American Society of Animal Science*.

- Tallwin JRB, Rook AJ[†], Rutter SM, 2005. Impact of grazing management on biodiversity of grasslands. *Animal Science*, 81: 193-198.
- Teklehaimanot Z, Jones M, Sinclair FL, 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
- Tobar LD, Ibrahim M, 2008. Valor de los sistemas silvopastoriles para conservar la biodiversidad en fincas y paisajes ganaderos en América Central. 1ª Ed. Del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Tobar LD, Ibrahim M, 2010. ¿Las cercas vivas ayudan a la conservación de la diversidad de mariposas en paisajes agropecuarios?, *International Journal of Tropical Biology*, 58 (1): 447-463.
- Topps JH, 1992. Potential, Composition and use of legumes shrubs and trees as fodders for livestock in Tropics. *Journal of Agricultural Science. Cambrige*. 118: 1-8.
- 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.
- Wiersma F, 1982. Shades for dairy cattle. UNv. Ariz. Ext. Serv., WREP 51. Univ. Arizona, Tucson.

- Dawkins MS, Manning A, 1992. *Animal Behaviour*. 4th Ed. Cambridge University Press.
- Zamora S, García J, Bonilla G, Aguilar H, Harvey CA, Ibrahim M, 2001. Como utilizar los frutos de Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), guacimo (*Guazuma ulmifolia*), genizaro (*Phitecellobium saman*) y jícaro (*Crescentia alata*) en la alimentación animal. *Agroforestería en las Américas*. 8(31): 45-49
- Zapata BG, Bautista ZF, Astier CM, 2009. Caracterización forrajera de un sistema silvopastoril de vegetación secundaria con base en la aptitud de suelo en Yucatán, México. *Técnica Pecuaria México*, 47 (3):257-270.

Apéndice

1. Etograma (Rodríguez HCN, 2007)

Sistema Motivacional	Categoría	Comportamiento	Clave
Individual	Trófico	Pastando/Ramoneando	Pst/Rm
	Descanso	Echada/Echada rumiando	Ec/Er
		Parada/Parada rumiando	Pd/Pr
	Locomoción	Caminando	Ca

1.1 Comportamiento Individual o de Mantenimiento.

Trófico o alimenticio

Pastando (Pst): Acción de ingestión de pasto o cubierta vegetal a ras de suelo.

Dado que el bovino es un herbívoro rumiante, su alimentación es a base de forraje. Para llevar a cabo esta actividad, el animal utiliza sus belfos para seleccionar el alimento y posteriormente lo introduce a la cavidad bucal con ayuda de la lengua para ser masticado y al final ser deglutido.

Ramoneando (Rm): Acción de ingestión de arbustivas o arbóreas, la cabeza no está a ras de suelo, sino a la altura de la cabeza sin inclinarse o arriba de ella.

Descanso

Echado: El bovino generalmente reposa en decúbito esternal con los miembros en posición ligeramente oblicua hacia la izquierda o derecha, extendidos o flexionados. Puede adoptar ciertas variaciones como la de apoyar por completo la cabeza sobre el lugar de descanso, dormir con el cuello en posición erguida. También puede adoptar una posición de “ovillo”, es decir, el cuello doblado sobre cualquiera de los costados del cuerpo. Para fines del presente trabajo, se toma en cuenta si el animal esta echado sin rumiar (Ec) o echado rumiando (Er).

Rumiar: Es la acción de reensalivar, remasticar y deglutir el material alimenticio proveniente del rumen, posterior a la regurgitación del mismo. Para fines del presente trabajo, puede encontrarse al animal rumiando de pie (Pr) o rumiando echado (Er)

Parada (Pd): Es la acción que realiza la vaca permaneciendo parada sobre sus cuatro miembros, con o sin movimiento de rumia (Pr= Parada rumiando, Pd= parada) y sin locomoción.

Locomoción

Caminando (Ca): Es el desplazamiento del animal de un lugar a otro por medio de movimientos coordinados de los miembros anteriores y posteriores sobre el piso.

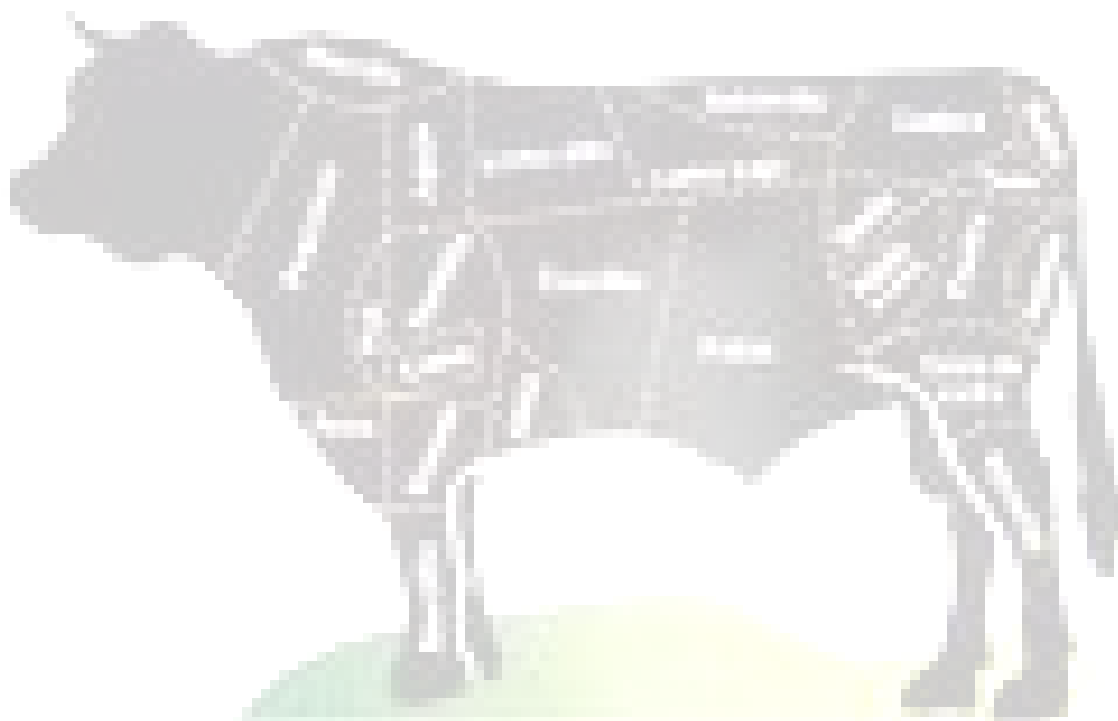
Formato registro 1.

No. Individuo_____ Fecha_____ Total de garrapatas_____

X= 1 garrapata/región corporal

Nota: este registro se puede ocupar para lesiones visibles en piel y anexos, en tal caso:

L= 1 lesión + tamaño aprox en cm/región corporal



Observaciones:

Formato registro 2

Peso y condición corporal

- 1.-EXTREMADAMENTE DELGADA: Vaca sin grasa visible o palpable sobre las costillas y lomo.
- 2.- MUY DELGADA: Vaca con poca grasa sobre la columna vertebral. Este animal tiene pobre producción de leche y poca o ninguna posibilidad de cargarse nuevamente.
- 3.- DELGADA: Animal con algo de grasa sobre la columna y una pequeña cantidad sobre las costillas.
- 4.- INTERMEDIA: Vaca con las costillas individuales no tan obvias a la vista y con algo de grasa sobre huesos de la cadera.
- 5.- MODERADA: Animal con buena apariencia general; la grasa que cubre las costillas se siente esponjosa. Esta calificación es la mínima para que vuelva a cargarse.

Fecha: _____ Sale de potrero: _____ Ingresa al potrero: _____

No. Prog.	ID VAK	Peso	Condición corporal (1-5)		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					

Tabla 1. Calendario de rotación de potreros con las vacas con GPS y GR y horas de observación.

Fecha	Potrero	ID VACA
04-mar	Trinchera	5201
05-mar	Dos	5051
06-mar	Trinchera	5207
09-mar	Dos	5090
10-mar	Encino	5045
11-mar	Encino	6044
13-mar	Encino	6096
14-mar	Encino	5207
15-mar	Cinco	5090
18-mar	Cinco	5051
19-mar	Cinco	5045
20-mar	Trinchera	5201
21-mar	Trinchera	5207
23-mar	Canoas	5090
24-mar	Trinchera	6048
26-mar	Trinchera	5201
27-mar	Canoas	6044
29-mar	Mirador	6048
30-mar	Mirador	5051
31-mar	Mirador	5090
02-abr	Dos	5045
03-abr	Dos	6096
07-abr	Trinchera	5184
08-abr	Encino	5090
09-abr	Encino	6044
10-abr	Cinco	5051
15-abr	Cinco	6048
13-abr	Cinco	5207
16-abr	Canoas	5051
19-abr	Canoas	6048
17-abr	Canoas	6096
22-abr	Canoas	5045
23-abr	Mirador	6044
24-abr	Mirador	5201
27-abr	Mirador	5051
28-abr	Dos	6048
29-abr	Dos	6096
01-may	Dos	5207