



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL  
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
ESCUELA DE POSGRADO

Efecto de la cobertura arbórea sobre el movimiento,  
comportamiento y preferencia de árboles por vacas lecheras en  
Rivas, Nicaragua

por

Iván Alexander Ramírez Barrera

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado  
como requisito para optar por el grado de  
*Magister Scientiae* en Manejo y Conservación de  
Bosques Tropicales y Biodiversidad

Turrialba, Costa Rica, 2012

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de

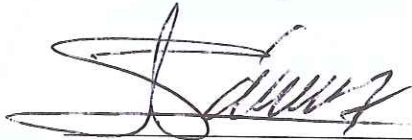
**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y CONSERVACIÓN  
DE BOSQUES TROPICALES Y BIODIVERSIDAD**

**FIRMANTES:**



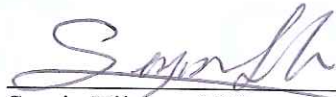
---

Fabrice De Clerck, Ph.D.  
**Consejero Principal**



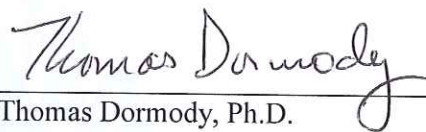
---

Joel Sáenz, M.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**



---

Sergio Vilchez, M.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**



---

Thomas Dormody, Ph.D.  
**Decano de la Escuela de Posgrado**



---

Iván Alexander Ramírez Barrera  
**Candidato**

## AGRADECIMIENTOS

- Primero agradezco a mi familia, especialmente a mi madre y hermana por apoyarme en todo momento incondicionalmente.
- A Yara Saenz, por estar siempre a mi lado, aún en la distancia...
- A mis amigos, en especial a Marlon Sotelo por todos los buenos consejos de vida y científicos durante el desarrollo de la maestría.
- A Sergio Vilchez, amigo y asesor que me guió en los momentos de penumbra estadística.
- Al Proyecto FUNCiTree por financiar mi maestría, en especial a Fabrice DeClerck por creer y confiar en mi. A todo el equipo FUNCiTree de Nicaragua por todo el apoyo y todos los buenos momentos.
- A Joel Saenz Por dedicar tiempo a revisar mis escritos.
- A Natalia Estrada y Cristian Brenes por sus contribuciones con el análisis en SIG.
- A todos mis amigos productores de Rivas que me dejaron trabajar en sus fincas.
- A mis asistentes de campo también les doy gracias por entregar lo mejor de ellos para el desarrollo de esta investigación.
- A las vaquitas, que nunca me cornearon.

## **BIOGRAFÍA**

El autor nació en la República de El Salvador el 17 de marzo del año 1979. Estudió Biología en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua e hizo estudios de especialización en Biodiversidad con CATIE, Universidad de Saint Louis Missouri, Universidad Centroamericana, El Chicago Field Museum entre otros. Ha trabajado como consultor independiente para el Gobierno de Nicaragua, organizaciones internacionales como The Fauna and Flora International, The US Forest Service, Deutscher Entwicklungsdienst y también algunas organizaciones no gubernamentales.

Antes de empezar la maestría en CATIE se dedicó al estudio de los agropaisajes, donde destaca la investigación de la respuesta de la biodiversidad a cambios estructurales.

# CONTENIDO

CONTENIDO	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE DE CUADROS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
2 MARCO CONCEPTUAL	4
2.1 Aspectos relevantes de la ganadería en América latina	4
2.2 Importancia de los árboles en las fincas ganaderas	5
2.3 Efecto de los árboles para el control del estrés calórico y aumento de la productividad del ganado	7
2.4 Comportamiento del ganado, estrés calórico y su relación con la productividad	9
2.5 Diversidad funcional y su medida	12
2.6 Sistemas de información geográficos aplicados al estudio del compor- tamiento y movimiento animal.	13
3 METODOLOGÍA	15
3.1 Área de estudio	15
3.2 Selección de Fincas y Potreros	15
3.3 Selección de animales para el experimento	16

3.4	Registro de patrones de movimiento y comportamiento en los niveles de cobertura estudiados. . . . .	17
3.5	Evaluación del comportamiento de las vacas . . . . .	18
3.6	Preferencia por rasgos y grupos funcionales de árboles . . . . .	19
4	RESULTADOS	21
4.1	Patrones de movimiento . . . . .	22
4.2	Visitas a los árboles en los potreros . . . . .	27
4.3	Relación entre el tiempo bajo los árboles y los rasgos funcionales. . . . .	28
4.4	Grupos funcionales de Árboles en los potreros . . . . .	30
4.5	Uso de los Grupos Funcionales . . . . .	32
4.5.1	<i>Entre las horas del día</i> . . . . .	32
4.5.2	<i>Entre los periodos del año</i> . . . . .	33
4.5.3	<i>Entre niveles de cobertura arbórea</i> . . . . .	33
4.6	Actividades realizadas entre horas, ubicación en el potrero y su relación con los grupos funcionales. . . . .	36
5	DISCUSIÓN	39
5.1	Cambios estructurales de la vegetación en los potreros estudiados. . . . .	39
5.2	Patrones de Movimiento de las vacas en los potreros. . . . .	40
5.3	Utilización de los árboles en los potreros . . . . .	41
5.4	Preferencias por rasgos y grupos funcionales . . . . .	42
5.4.1	<i>Rasgos funcionales</i> . . . . .	42
5.4.2	<i>Grupos funcionales</i> . . . . .	43
5.4.3	<i>Comportamiento de las vacas y su relación con los grupos funcionales</i> . . . . .	44
6	CONCLUSIONES	46
7	RECOMENDACIONES	47
8	BIBLIOGRAFÍA	48

## RESUMEN

Usando sistemas de información geográfica se evaluó el efecto de la cobertura arbórea sobre los patrones de movimiento y comportamiento de vacas lecheras en 13 potreros de Rivas Nicaragua. Se evaluaron también las preferencias por rasgos funcionales así como por tipos funcionales de árboles. Se evaluó una serie continua de tiempo desde febrero hasta septiembre entre las 7:00 y las 18:00 horas. Se encontró que a lo largo del día es cuando se presentan mayores variaciones para todas las variables evaluadas y no a lo largo del año. Las vacas utilizan los árboles mayoritariamente al medio día y para la protección, prefieren tipos los funcionales de árboles que mejor reducen los efectos de la radiación solar y la temperatura. Se presenta un mayor uso de los árboles en la época lluviosa que en la seca. Dependiendo de las actividades que las vacas realizan y la hora del día, estas harán uso de diferentes grupos funcionales de árboles, utilizando árboles con menos coberturas para pastorear y los que tienen copas más densas para protegerse. Cuando los árboles deciduos recuperan sus hojas en la época lluviosa, son visitados por las vacas, en la época seca estos árboles son muy poco visitados. Se propone un diseño de sistemas silvopastoriles con presencia tanto de árboles deciduos como siempre verdes, ya que las vacas utilizan diferentes grupos a lo largo del año. En la época lluviosa el efecto protector de los árboles deciduos y siempre verdes es el mismo, pero a pesar de esto las vacas prefieren los deciduos. Durante la época seca, los siempreverdes ofrecen mayor protección ya que los deciduos pierden sus hojas, y las vacas cambian sus preferencias por los siempreverdes. Se recomienda podar los árboles siempreverdes en la época lluviosa, cuando ellos así como los deciduos ofrecen similar protección, ya que demasiada sombra de dosel afectaría la productividad de los pastos existentes en la zona y las vacas prefieren los deciduos en esta época.

# ABSTRACT

Using geographic information systems, the effects of tree cover on the movement patterns and behavior of dairy cows was studied in 13 pastures in Rivas Nicaragua. Cow preferences for functional traits and for functional groups of trees were also identified. A continuous period of time from February to September between 7:00 and 18:00 was evaluated. The study showed that during the day, higher variations occur than seasonal changes for all the variables studied. Cows mainly use trees at noon for protection and preferred functional groups of trees that best reduced the effects of radiation and temperature. It was observed that cows used trees more during the rainy season than in the dry season. Depending on the activities that cows do and the time of day, they visit different functional groups. Cows use trees with less coverage to graze and those with denser canopy coverage for protection. When deciduous trees regain their leaves in the rainy season they are visited by cows while during the dry season these trees are not visited. A design of silvopastoral systems with the presence of both deciduous and evergreen trees is recommended, because the different functional groups are utilized by the cows during different seasons. In the rainy season the effect of both evergreen and deciduous groups is the same, however cows prefer deciduous trees. In the dry season the evergreen trees offer greater protection than the deciduous trees which lose their leaves, and cows switch their preference to evergreen trees. We recommend to prune the evergreen trees in the rainy season when both groups of trees offer similar protection, because too much canopy coverage will affect the grass growth and cows prefer deciduous trees during this time.



## ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1</i>	<i>Resumen de las Características de los Niveles de Cobertura . . . . .</i>	21
<i>Cuadro 2</i>	<i>Grupos funcionales por categorías de cobertura . . . . .</i>	31
<i>Cuadro 3</i>	<i>Rasgos entre los grupos funcionales . . . . .</i>	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i>	<i>Los Tres Niveles de Cobertura Estudiados . . . . .</i>	16
<i>Figura 2</i>	<i>Movimiento de Dos Vacas en Un potrero . . . . .</i>	17
<i>Figura 3</i>	<i>Grupos Funcionales de Árboles con las localizaciones de las Vacas .</i>	20
<i>Figura 4</i>	<i>Temperatura promedio anual y diaria en la zona de estudio . . . . .</i>	22
<i>Figura 5</i>	<i>Sinuosidad del movimiento a lo largo del día . . . . .</i>	23
<i>Figura 6</i>	<i>Distancia total recorrida a lo largo del día . . . . .</i>	24
<i>Figura 7</i>	<i>Largo del paso en diferentes momentos del día . . . . .</i>	25
<i>Figura 8</i>	<i>Largo del paso en el año y en las diferentes coberturas . . . . .</i>	26
<i>Figura 9</i>	<i>Tiempo promedio bajo los árboles lo largo del día . . . . .</i>	27
<i>Figura 10</i>	<i>Tiempo bajo los árboles en el año y en entre coberturas . . . . .</i>	28
<i>Figura 11</i>	<i>Relación entre Rasgos Funcionales y el número de Visitas . . . . .</i>	29
<i>Figura 12</i>	<i>Grupos Funcionales conformados (Ward con Distancia Euclideana)</i>	30
<i>Figura 13</i>	<i>Biplot con los rasgos asociados a cada grupo funcional . . . . .</i>	32
<i>Figura 14</i>	<i>Visitas a los grupos funcionales en las hora del día . . . . .</i>	34
<i>Figura 15</i>	<i>Preferencias por los grupos funcionales en los niveles de cobertura .</i>	35
<i>Figura 16</i>	<i>Preferencias por los grupos funcionales lo largo del año . . . . .</i>	36
<i>Figura 17</i>	<i>Actividades realizadas, ubicación en el potrero y hora del día . . . .</i>	37
<i>Figura 18</i>	<i>Actividades realizadas bajo los árboles, hora del día y época del año</i>	38

# 1. INTRODUCCIÓN

La ganadería desempeña un papel muy importante en la economía de más de un billón de personas en el mundo (Steinfeld *et al.* 2006). Se estima que para el año 2050 la producción global de leche y carne será de más del doble de la actual. Este incremento de producción de la ganadería demanda una reducción de los impactos ambientales que esta genera para mantener su contribución actual al deterioro de los ecosistemas (Steinfeld *et al.* 2006). Y es por esta razón que existe una búsqueda actual de cambios tecnológicos y la incorporación de nuevos conocimientos, que permitan alcanzar un balance entre conservación ecológica y producción (Steinfeld *et al.* 2006).

En las regiones tropicales, la ganadería se desarrolla en sistemas de pasturas con poca sombra con menos de siete por ciento de cobertura (Drugociu *et al.* 1977; Hahn 1997) y es una práctica muy generalizada debido a la influencia negativa que tiene la sombra sobre la mayoría de las especies de pastos nativos. Por tal razón una adecuada selección de especies arbóreas que contribuyan al bienestar animal es necesaria, ya que estos sistemas no pueden ser saturados de árboles por los efectos negativos sobre la productividad de las pasturas.

Mucho se ha discutido sobre el impacto que una baja cobertura arbórea tiene para mantener el bienestar animal y para incrementar la productividad del ganado (Ittner y Kelly 1951; Morrison 1983; Mitlohner *et al.* 2001; Mitlohner *et al.* 2002; Mader 2003; López *et al.* 2007; Villanueva *et al.* 2007). Proporcionar sombra adecuada al ganado en la época de mayor estrés calórico y de déficit de pasto puede aliviar en gran medida el estrés del ganado (Schütz *et al.* 2008). Incorporar árboles de sombra en los potreros demostró además contribuir a un mayor tiempo de Pastoreo y a una reducción de la tasa respiratoria de las vacas (Mitlohner, 2002) con esto a un incremento tanto en la producción de leche como de carne (Mitlohner, 2003; Betancourt *et al.* 2003). La presencia de árboles en los sistemas de pasturas además de tener un efecto benéfico para el ganado, contribuye a la conservación de la agro biodiversidad (Tucker *et al.* 2008). La presencia de árboles en potreros favorece la producción de frutos y forraje que las vacas pueden consumir y mejorar la calidad y cantidad de su dieta; el manejo adecuado de los árboles podría generar

además madera para construcción de cercas y encierros, leña para las familias y frutos para la comercialización. El conocimiento de los patrones de comportamiento de los animales facilita las actividades pecuarias y de cacería (Blackshaw *et al.* 2003b). Para el caso específico del ganado, los patrones de comportamiento de mayor interés para el hombre, son aquellos que inciden sobre el rendimiento (en peso y producción de leche), la salud y el bienestar del mismo, y se ven fuertemente afectados por factores climáticos y ambientales, entre los que destacan la temperatura, humedad y radiación solar (Mader 2003).

Los estudios geo referenciados del ganado, podrían ser utilizados como una herramienta más para el diseño de sistemas silvopastoriles que contribuyan al bienestar del ganado y con esto al incremento de la productividad. Pero el potencial de estos apenas empieza a ser explotado y ofrecer análisis profundos de las interacciones entre los animales de pastoreo y su entorno, especialmente en sistemas extensivos de producción (Powell *et al.*, 1996 en Schwager *et al.* 2007). Mediante el uso de sistemas de información geográficos es posible la obtención de información mucho más compleja y precisa que con observaciones directas; es posible la asociación de numerosos parámetros espaciales tales como la distancia total recorrida en un intervalo definido de tiempo y con esto estimar patrones diarios de movimiento y comportamiento de animales principalmente de pastoreo de una manera más eficiente y relacionarlos además con muchos otros parámetros ambientales (Robert *et al.* ; 1985; Ganskopp *et al.* 2000; Schlecht *et al.* 2004; Leûn *et al.* 2006; Schwager *et al.* 2007; Guo *et al.* 2009; Schütz *et al.* 2009).

Mediante el uso de sistemas de información geográfica, se evaluó el efecto de la cobertura de árboles sobre los patrones de movimiento y comportamiento de vacas lecheras, así como identificar preferencias por especies de árboles o sus rasgos funcionales en fincas de Rivas Nicaragua. Los datos fueron recolectados desde febrero hasta septiembre entre las 7:00 y las 18:00 horas y se determinó si el efecto de la cobertura arbórea así como la preferencias por grupos funcionales variaba en dependencia de estos factores. Con la información generada se contribuye al conocimiento de los efectos de la cobertura arbórea así como la presencia de ciertos rasgos funcionales de árboles sobre el comportamiento vacuno en las regiones tropicales secas de Centroamérica y permite considerar nuevos elementos como formas de copas, densidad de sombra, altura de los árboles, alturas de las copas, áreas de

copa, deciduosidad de las especies y grosor de las hojas para mejorar el diseño de sistemas silvopastoriles, considerando el confort de las vacas en los potreros.

## **1.1. Objetivos**

### ***1.1.1. Objetivo general***

Evaluar el efecto de la cobertura arbórea sobre el movimiento y comportamiento (Descanso y pastoreo) de vacas lecheras y la preferencia por rasgos funcionales de arboles en fincas de Rivas Nicaragua.

### ***1.1.2. Objetivos específicos***

- Caracterizar los patrones de movimiento de vacas lecheras en potreros con alta media y baja cobertura arbórea, en diferentes épocas del año y en diferentes horas del día.
- Evaluar el comportamiento de las vacas lecheras a diferentes horas y épocas en el año
- Determinar la preferencia de las vacas por rasgos funcionales de árboles relacionados con sombra y alimentación en alta media y baja cobertura arbórea a diferentes horas del día y épocas del año.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1. Aspectos relevantes de la ganadería en América latina

La ganadería es económica política y socialmente muy significativa a escalas nacionales y regionales (Steinfeld *et al.* 2006). La ganadería emplea a 1.3 billones de personas y constituye el principal medio de vida para mas de un billón de personas pobres (Steinfeld, Gerber *et al.* 2006). La ganadería además provee un tercio de la proteína consumida por la humanidad, y podría constituirse en una potencial alternativa que contribuya con la reducción de la desnutrición y hambre en el mundo (Steinfeld (2006); Gerber *et al.* 2006).

También funciona como base para la diversificación de la producción y de las fuentes de ingreso, proveyendo empleo y fuentes de ingreso durante todo el año y puede funcionar como una reserva de capital para muchos hogares ganaderos localizados en lugares rurales remotos principalmente en países con bajas fuentes de ingresos (FAO 2007).

La producción global de carne se proyecta va a ser mas de 465 millones de toneladas para el año 2050, mas del doble de la actual y se espera que la producción de leche también tenga un incremento a 1043 millones de toneladas para el mismo año. Este incremento de producción de la ganadería demanda al menos una reducción de los impactos ambientales negativos que esta genera sobre los ecosistemas (Steinfeld, Gerber *et al.* 2006).

Ciertamente, existe una búsqueda actual de cambios tecnológicos y geográficos, que permitan alcanzar un balance entre conservación ecológica y producción. La ganadería es vista como un agente clave en la deforestación de las tierras naturales, especialmente en Latinoamérica. Se estima que cerca del 33% del total de tierras arables del planeta son ocupadas tanto para el pastoreo como para la producción de alimento para el ganado (Steinfeld, Gerber *et al.* 2006).

Tradicionalmente en los trópicos la ganadería se caracteriza por el manejo del ganado en pasturas con poca sombra, aumentando así el estrés calórico de las vacas, teniendo esto una alta repercusión sobre la productividad, reduciéndola hasta en un 30% (Betancourt

*et al.* 2003). Incrementos de temperatura rectal de aproximadamente 0.5°C producto de una reducción de cobertura arbórea del 50% de los árboles puede reducir hasta en un 30% la producción de leche (Betancourt *et al.* 2003). Algunos productores centroamericanos introducen árboles en los potreros para la protección y sombra del ganado, pero además para producir leña y madera para la construcción de infraestructura básica en las fincas (Villanueva *et al.* 2004). Estos productores utilizan diferentes tipos de coberturas expresadas como diferentes tipos de usos de suelo, relacionados con tipos de sistemas agroforestales como lo son las cercas vivas, pasturas con bajas y medias cobertura). A pesar de esto, la implementación de árboles en potreros se ve limitada debido a que la mayoría de los productores utilizan pasturas naturales que son muy sensibles a la reducción de luz solar.

Los sistemas silvopastoriles pueden contribuir a reducir de los efectos negativos de la producción ganadera, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad e inclusive a aumentar la productividad de los mismos; esta afirmación se respalda debido al hecho que la agroforestería a sido identificada como una estrategia sostenible de manejo del suelo por parte de las Naciones Unidas en la Agenda 21 (Fernández, Mosquera *et al.* 2009). Los sistemas silvopastoriles han demostrado ser muy exitosos a escalas experimentales en países como Nicaragua, Costa Rica, Colombia y Brasil entre otros. Estos sistemas aumentan el bienestar animal y están encaminados a la producción de derivados vacunos saludables y de alta calidad (Fernández, Mosquera *et al.* 2009). Pero los árboles y los pastos deben ser manejados adecuadamente ya que la cobertura arbórea podría ser un factor limitante para la producción de pastos.

## **2.2. Importancia de los árboles en las fincas ganaderas**

De las áreas de pasturas que existen en el planeta, se estima que mas del 60% están degradadas, producto de los sistemas tradicionales de producción ganadera sin rotación de potreros. Los principales problemas ambientales a los que esto a conllevado son la erosión y pérdida de la fertilización natural de los suelos, desertificación, pérdida de diversidad biológica, emisión de gases de efecto invernadero y contaminación de aguas (Tobar *et*

*al.* 2010). Las razones más importantes para la introducción de árboles en los potreros es la provisión de sombra y alimento para el ganado, la obtención de productos como leña, madera y frutos (Esquivel, Ibrahim *et al.* 2003; Restrepo, Ibrahim *et al.* 2004). Además de esto, la presencia de árboles en sistemas de pasturas, ya sea en forma de cercas vivas o árboles dispersos pueden contribuir a la conservación de la agrobiodiversidad, funcionando principalmente como corredores biológicos para la fauna local (Beer, Harvey *et al.* 2003). Estos árboles contribuyen a la formación de redes estructurales, y proveen una serie de servicios ecosistémicos como fijación de carbono, entre otros (Tobar and Ibrahim 2010).

Árboles aislados ofrecen la posibilidad de integrar aspectos productivos y de conservación de la biodiversidad. Mientras ofrecen refugio y alimento para la biodiversidad, pueden facilitar leña para la mejora de los cercos de las fincas y proporcionar alimento para el ganado en las épocas de mayor deficiencia de pastos. Los árboles también contribuyen al enriquecimiento de las fuentes hídricas y mejoran la calidad de los suelos con la hojarasca, lo que eventualmente se traduce en una mejora de su productividad (Manning, Gibbons *et al.* 2009). La presencia de árboles también contribuye a una mejor adaptación al cambio climático de los sistemas de pasturas. Ofrece la posibilidad de facilitar alimento y protección sin comprometer la producción agrícola ni pecuaria.

La incorporación de árboles cuyas hojas poseen altos contenidos de nutrientes ofrecen la posibilidad de mejorar la nutrición del ganado lechero y de carne. La contribución de hojarasca a los suelos de baja fertilidad podría transformarlos y mejorarlos con el tiempo (Carvalho 1997). Los productores reconocen en cierto grado importancia de la presencia de árboles conservando cierta cobertura en sus potreros; estos árboles cubren en parte muchas de sus principales necesidades (Mosquera, 2010).

Sánchez *et al.* (2007) reconoce en la zona de Belén, Rivas, Nicaragua la presencia de 38 especies utilizadas para leña; 25 para madera, 23 para sombra, 20 para postes, 12 que producen frutos que son utilizados para alimento del ganado, 13 usadas para forraje en alimentación del ganado y siete que producen frutos para el consumo humano.

Los productores reconocen al Guanacaste y al Guácimo como especies cuyos frutos y

follaje pueden ser utilizados para el consumo animal y contribuyen a la creación de sitios de sombra para el ganado. Los árboles forrajeros desempeñan un papel importante para la alimentación del ganado, principalmente en la época seca (Sánchez, López *et al.*?).

### **2.3. Efecto de los árboles para el control del estrés calórico y aumento de la productividad del ganado**

Existe un creciente interés por encontrar alternativas de manejo para mejorar el bienestar e incrementar la productividad animal, por el impacto que esto tiene sobre la productividad y por ende sobre la economía de las fincas (Betancourt, Ibrahim *et al.* 2003).

En estudios realizados por Betancourt *et al.* (2003) en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua, encontraron que el tiempo que el ganado pasa pastoreando fue mayor (5% ) en pasturas con alta cobertura (10-20% de cobertura) de árboles en comparación con potreros con baja cobertura (<7% de cobertura), mostrando una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ). En la región de Estelí, Nicaragua se encontró que el consumo de alimento fué hasta un 3.7% mas alto en pasturas con altas densidades de árboles (Casasola, Ibrahim *et al.* 2001). En cuanto al tiempo de rumia y descanso, Betancourt (2003), fué mayor en potreros con bajas coberturas (<7% de cobertura), con lo que posiblemente se reduce también la cantidad de pasto consumido por el ganado, teniendo como impacto poco aumento de peso por parte del ganado. La producción de leche registro un incremento del 29% en vacas que pastorean en potreros con mucha cobertura arbórea. Este estudio destaca y demuestra la importancia de los árboles en potreros para contribuir a controlar del estrés calórico de las vacas y mejorar la productividad de las mismas, dado que se presenta un incremento en el consumo de pasto y una mayor eficiencia en la digestión.

En experimentos realizados por Mitlohner *et al.* (2003) se demostró que la presencia de sombra tiene un efecto benéfico en la productividad y el comportamiento de animales de engorde. El peso de los animales de engorde después de 121 días se incrementó significativamente en animales que disponían de algún tipo de sombra en comparación de aquellos que estaban únicamente expuestos al sol. También en este mismo estudio se compararon aspectos fisiológicos y de comportamiento en animales expuestos al



sol y animales bajo sombra; se encontró que la tasa promedio de respiración fue significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) en animales que no tenían sombra, indicando esto un mayor estrés calórico en vacas bajo mas sol. A pesar que la tasa de respiración vario para ambos grupos a lo largo del año, las diferencias entre estos siempre fueron significativas (Mitlohner, Galyean *et al.* 2002). Ademas de esto, se encontró que el sistema inmunológico de los animales que se mantienen bajo sombra era mas eficiente que los que permanecen sin ella.

Las observaciones realizadas en el Texas Tech University Burnett Center por Mitlohner *et al.* (2003) indican que las vacas siguen la línea de sombra a medida que esta se mueve, evitando la exposición directa al sol. En términos generales, todos los comportamientos se vieron afectados por la presencia de sombra, como lo es el tiempo que permanecen en pie, tiempo de descanso, tiempo de alimentación, tiempo de toma de agua, es decir aspectos que tienen una relación directa con la productividad del ganado se vieron favorecidos con la presencia de sombra.

La información recabada por Mitlohner, *et al.*(2002) a pesar de haber generado información fisiológica muy importante con respecto al efecto de la sombra sobre las vacas, no ofrecen una respuesta a interrogantes sobre comportamiento o preferencias de las vacas por ciertos tipos de cobertura, ya que este estudio fué realizado con animales estabulados.

Además de esto, la presencia de árboles en potreros favorece la producción de frutos que las vacas pueden consumir y mejorar la calidad y cantidad de su dieta. Especies como *Guazuma ulmifolia*, *Samanea saman* y *Albizia caribea* podrían contribuir a la dieta si estos si son utilizadas con mas frecuencia en los potreros. Como una estrategia adicional, los árboles en potreros podrían generar ingresos adicionales a los productores mediante la venta de frutas como marañón, aguacate, cocos y mangos.

## 2.4. Comportamiento del ganado, estrés calórico y su relación con la productividad

El comportamiento animal es la expresión del esfuerzo para adaptarse a diferentes condiciones, tanto externas como internas, entonces puede ser visto también como una respuesta a un estímulo (Blackshaw, Allan *et al.* 2003). A todas las acciones que los animales realizan en respuesta a estos estímulos se le denomina comportamiento, y son realizadas con el objetivo de mantenerse con vida: alimentación, bienestar (descanso) y reproducción. El conocimiento de los patrones de comportamiento de los animales ha sido de gran interés para la humanidad por los beneficios que estos traen, principalmente pensando en pastoreo y cacería (Blackshaw, Allan *et al.* 2003). Para el caso específico del ganado, los patrones de comportamiento de mayor interés, son aquellos que inciden sobre el rendimiento (en peso y producción de leche), la salud y el bienestar del animal, y se ven fuertemente afectados por factores climáticos y ambientales, entre los que destacan la temperatura, humedad y radiación solar (Mader 2003).

El ganado es homeotermo, es decir que es capaz de mantener constante su temperatura corporal. Esto es de vital importancia para el mantenimiento de una amplia gama de reacciones bioquímicas y procesos fisiológicos asociados con el metabolismo regular y su fisiología (Blackshaw, Allan *et al.* 2003).

La vaca usa el 60-65% de la energía consumida diariamente en la producción de carne o de leche y el 35-40% es convertida en calor (Yubarta, 2001). Cuando el animal requiere disipar el calor emplea dos tipos de mecanismos: la transmisión que es responsable del 75% del calor disipado por el bovino utilizando los sistemas de radiación, conducción y convección, y la vaporización que es responsable del restante 25% del calor disipado utilizando los sistemas de transpiración o sudoración y de expiración o jadeo.

Los mecanismos de sudoración que posee el ganado son aparentemente deficientes, si son comparados por ejemplo con los del ser humano y los equinos, los que son de muy alta eficiencia. Considerando lo antes mencionado, se hacen necesario tomar en cuenta al momento de diseñar sistemas de manejo de ganado, información sobre como el ganado responde a los cambios ambientales específicos y que factores afectan su movimiento y

tiempo de pastoreo. Una de las formas más sencillas de ayudar al ganado a lidiar con condiciones ambientales adversas es alterando el microclima de las unidades de producción, mediante la incorporación de árboles en los potreros que provean sombra de calidad y alimento complementario, además estos árboles deben estar dispuestos de tal manera que permitan a las vacas recorrer el potrero en búsqueda de pasto en tiempos muy calientes sin generar estrés calórico (Mader 2003).

El pastoreo se ve afectado por factores como la intensidad de la radiación solar y la especie de planta pastoreada y usualmente se presenta el mismo patrón de comportamiento en todo el hato. La temperatura es el factor ambiental con mayor impacto sobre el pastoreo (Ittner and Kelly 1951; Morrison 1983; Finch 1986; Mader, Holt *et al.* 2002; Mader, Davis *et al.* 2006; Tucker, Rogers *et al.* 2008; Franklin, Cabrera *et al.* 2009; Schütz, Rogers *et al.* 2009).

Razas como Jersey, Holstein y Pardo Suizo mostraron una marcada caída de la producción de leche y de la ingesta de alimentos sobre los 25 grados Celcius (Ragsdale *et al.* 1949 en Mader 2003). Una vaca estresada por el calor prefiere descansar y protegerse del sol en lugar de alimentarse y en sistemas de pasturas donde la temperatura alcanza valores extremos durante el día el ganado preferirá pastorear por la noche; esto no representa un problema pero usualmente los productores estabulan el ganado durante la noche limitándoles a las vacas la posibilidad de compensar el forrajeo que no realizaron en el día (Krysl *et al.* 1993).

En áreas de pasturas sin árboles y de ganadería extensiva, la distancia entre las vacas es mas corta que en áreas con una mayor densidad de árboles y arbustos. Esto señala que la cohesión del hato es mayor en áreas abiertas, afectando el patrón de pastoreo (Dudzinski, Muller *et al.* 1982). Esta cohesión podría favorecer a las vacas mas dominantes y limitar el consumo de buen pasto a las vacas mas sumisas del hato.

Otro factor dependiente de las condiciones ambientales es el tiempo que el ganado pasa descansando y rumiando, pudiendo tener esto repercusiones en el consumo de pasto y por ende en la productividad. Al pasar mas tiempo descansando y rumeando, no dedican suficiente tiempo para consumir suficiente alimento, reduciendo su peso corporal

y reduciendo además la producción de leche. Razas como Zebus y Zebu tienen una preferencia a permanecer descansando o pastoreando en pleno sol, pero otras razas como las inglesas buscan más la sombra (Kelly, 1959 en Mader 2003).

En un estudio de siete razas de ganado realizado por Rogalski (1975) se encontró que en condiciones de alta humedad y viento la actividad de pastoreo ocupa aproximadamente el 48% del día y cuando está nublado y sin viento el pastoreo puede llegar a ocupar hasta el 67%. Pero estos periodos de tiempo también pueden verse afectados por la temperatura, patrones diurnos y estacionales, dirección del viento, la raza del ganado, la disponibilidad de agua, topografía del terreno, disponibilidad de pasto, defecación y organización social del hato (Mader 2003). Lo óptimo para la producción ganadera es que las vacas dediquen mayor parte del tiempo al pastoreo y no al descanso, y que este periodo grande de pastoreo en el día se mantenga sin variaciones a lo largo de los días para mantener una producción estable y sin muchas variaciones.

Episodios de alta temperatura ambiental sumado a humedad relativa alta, radiación solar, y vientos de poca velocidad pueden disminuir la ingesta de alimentos por parte de los animales de engorde (Hahn, 1994, 1995; Hubbard *et al.*, 1999; Mader *et al.*, 1999). En instancias extremas, estas condiciones pueden manifestarse simultáneamente y resultar en la muerte del ganado como consecuencia de hipertermia (Busby y Loy 1996; Hahn y Mader 1997; Mader, 2003).

La evidencia refiere que una temperatura corporal normal para la especie (no un estado hipertérmico) promueve una mayor productividad en el ganado. Aun pequeños cambios en la temperatura corporal serían perjudiciales para los procesos metabólicos (Finch 1986). En días con temperaturas ambientales máximas el ganado que pastorea a pleno sol, donde hay poca presencia de árboles muestra alteraciones en su comportamiento y camina mucho para realizar un enfriamiento transpirativo; a consecuencia de esto el ganado se cansa en exceso y reduce su tiempo de pastoreo cuando la temperatura baja, tiempo en el que el ganado que ha estado en sombra aprovecha al máximo para pastorear.

## 2.5. Diversidad funcional y su medida

La diversidad funcional son los valores y los rangos de rasgos funcionales que poseen las especies vegetales en un ecosistema (Díaz y Cabido 2001). Esto se basa en el hecho que las plantas responden a diversos cambios en las condiciones ambientales; sus estructuras vegetativas reflejan presiones que afectan procesos ecológicos (Díaz y Cabido 2001). Al medir la diversidad funcional, se mide la variedad de rasgos, que son de relevantes ecológicamente para alcanzar el entendimiento de las diferentes relaciones de una planta con su entorno (Cornelissen *et al.*, 2003).

Las metodología para evaluar la diversidad funcional son diversas. Pero destaca entre las diversas metodologías el enfoque de los tipos funcionales, que son definidos como grupos de especies con iguales respuestas o efectos sobre procesos ambientales en un ecosistema dado (Cornelissen, Lavorel *et al.* 2003). Esto conlleva a una ruptura de la taxonomía clásica para agrupar especies y de acuerdo a sus funciones ecológicas. Al hablar de grupos funcionales, es posible categorizarlos en grupos con efectos similares sobre los procesos ambientales y grupos con respuestas iguales a los factores ambientales (Lavorel y Garnier 2002).

Los rasgos funcionales con mayor valor son aquellos que se relacionan más estrechamente con procesos biológicos esenciales de las plantas y su relación con el ambiente en el que se desarrollan. Entre estos rasgos destacan la palatabilidad para herbívoros, velocidad de crecimiento, velocidad de descomposición, sombra que generan y velocidad y forma de dispersión (Díaz et ál. 2002).

Para una adecuada selección de los rasgos funcionales a medir, es necesario determinar cuáles de ellos son apropiados para responder preguntas sobre el organismo específico en estudio, priorizar los rasgos en función de su importancia funcional relativa, definir las variables que mejor expresan las características de esos rasgos (Petchey y Gaston 2006).

## 2.6. Sistemas de información geográficos aplicados al estudio del comportamiento y movimiento animal.

Los sistemas de posicionamiento global y sus herramientas asociadas permiten la toma automatizada de datos provenientes de movimientos animales. Mediante el uso de sistemas de información geográficos, a diferencia de las observaciones directas es posible la asociación de numerosos parámetros espaciales tales como la distancia total recorrida en un intervalo definido de tiempo y con esto estimar patrones diarios de movimiento y comportamiento de animales (Robert, White *et al.* ; 1985; Ganskopp, Cruz *et al.* 2000; Schlecht, Halsebusch *et al.* 2004; León, Stevenson *et al.* 2006; Schwager, Anderson *et al.* 2007; Guo, Poulton *et al.* 2009; Schütz, Rogers *et al.* 2009).

Desde inicios de la última década, muchas especies de vida silvestre o bajo cautiverio han sido estudiadas mediante el uso de collares GPS, entre los que se encuentran alces (Rodgers and Anson 1994; Rempel *et al.* 1995; Moen *et al.* 1996a, 1996b; Dussault *et al.* 1999; Girard *et al.* 2002), venados (Blanc and Brelurut 1997; Merrill *et al.* 1998; Bowman *et al.* 2000), elefantes (Blake *et al.* 2001) y vacas (Ganskopp, Cruz *et al.* 2000; Schlecht, Halsebusch *et al.* 2004; Schwager, Anderson *et al.* 2007; Putfarken, Dengler *et al.* 2008; Franklin, Cabrera *et al.* 2009; Guo, Poulton *et al.* 2009) entre otros.

Estos sistemas de posicionamiento global han sido utilizados exitosamente para el estudio del manejo de pastoreo por especies mixtas como ovejas y vacas (Putfarken, Dengler *et al.* 2008). Utilizando GPS e interpretando la información recabada y analizada con los sistemas de información geográfica, es posible relacionar aspectos de movimiento y comportamiento animal con ecología de paisaje. Ungar et al (2005) evaluó la potencialidad de collares GPS para predecir la actividad de ganado vacuno en dos sistemas intensivos de pastoreo contratantes con buenos resultados, haciendo énfasis en la alta potencialidad de esta herramienta.

La razón biológica más importante para emprender estudios etológicos de animales consiste en alcanzar el entendimiento del uso que estos hacen del paisaje, lo que permitirá manejar adecuadamente la forma de pastoreo y como los animales utilizan las áreas de pasturas y de esta manera evitar la sobre o subutilización de las mismas (Schwager,

Anderson *et al.* 2007).

Específicamente, el monitoreo del comportamiento del ganado en pasturas ha sido de gran interés en los últimos años y las técnicas utilizadas para esto han cambiado al ritmo de los avances tecnológicos, actualmente, los sistemas de posicionamiento global se están convirtiendo en el método estándar en los estudios de comportamiento vacuno (Franklin, Cabrera *et al.* 2009). Por ejemplo, estudios realizados por Franklin et al (2009), han demostrado que el uso de bebederos en potreros cercanos a parches de bosques riparios, reducen considerablemente el número de visitas por parte del ganado a estas áreas, reduciendo el impacto asociado.

Ciertamente, los estudios georeferenciados del ganado, podrían ser utilizados para el diseño de sistemas silvopastoriles que contribuyan al bienestar del ganado y con esto incrementar la productividad, pero el potencial de estos apenas empieza a ser explotado y este ofrecerá análisis profundos de las interacciones entre los animales de pastoreo y su entorno, especialmente en sistemas extensivos de producción (Powell *et al.*, 1996 en Schwager *et al.* 2007). El uso de GPS también podría influir sobre el comportamiento de los animales bajo estudio, en estudios realizados con venados rojos portando collares con GPS's con peso equivalente al 3.5% del peso del animal, se presento irritación de la piel, comportamiento social anormal y de pastoreo y reducción de la ingesta (Blanc y Brelurut, 1996 en Schwager *et al.* 2007), una manera para evitar esto es la utilización de equipos compactos y de poco peso, y dejar un tiempo para que el animal se acostumbre al GPS antes de empezar las mediciones.

## **3. METODOLOGÍA**

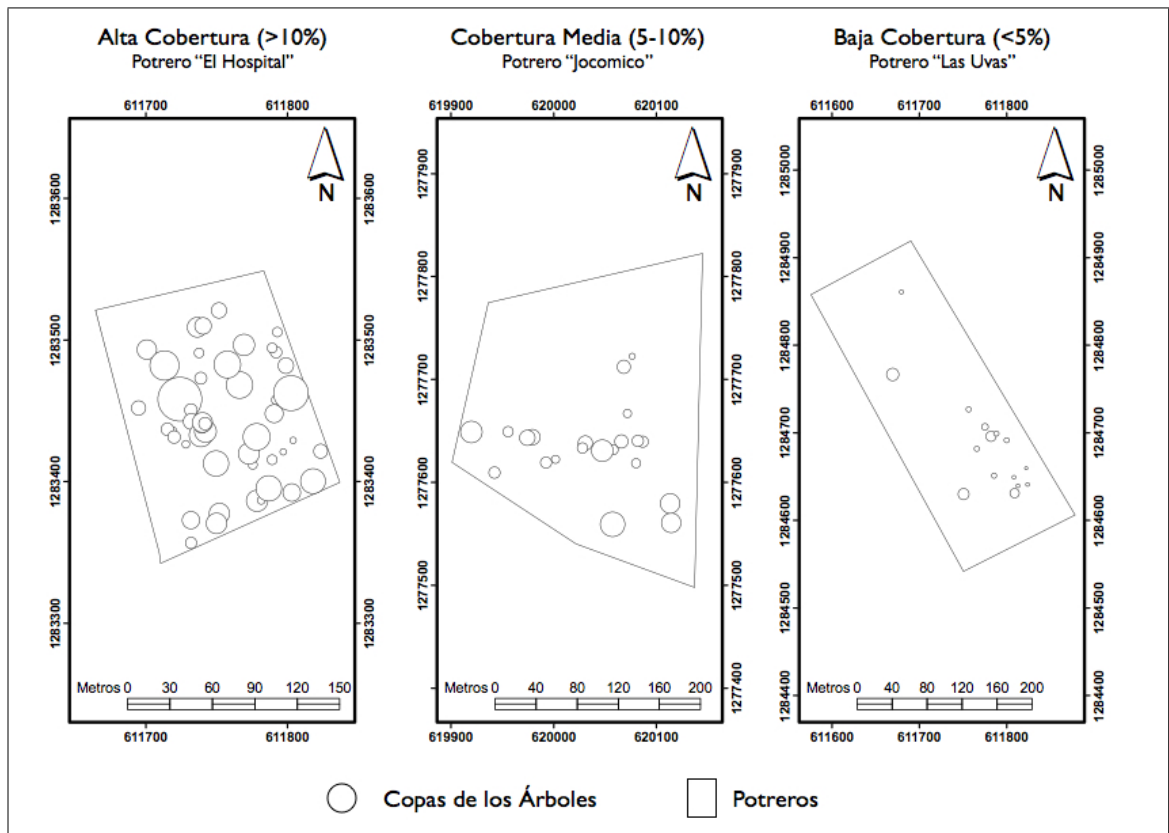
### **3.1. Área de estudio**

El área de estudio se localiza en el municipio de Belén, departamento de Rivas en el pacífico sur de Nicaragua, ubicado entre las coordenadas 11°30 latitud norte y 85°53 longitud oeste. El clima del Municipio es seco y su temperatura oscila entre los 26 y los 33°C, presenta una precipitación anual entre los 1,400 y 1,600 mm. La topografía en Belén es uniforme con suelos del tipo vertisoles así como molisoles. Posee altitudes entre los 100 y 200 msnm (INETER, 2000). El paisaje, que originalmente era un bosque seco tropical (Holdridge, 1978), ha sido transformado a una matriz ganadera con doble propósito (Calvo, 2009) y sufre de una constante degradación (Sauceda, 2010), producto de la extracción del remanente de madera principalmente para leña (López, 2002). En la zona de Belén, se han identificado unas 72 especies de árboles y una densidad promedio de 16.72 ha<sup>-1</sup> árboles por hectárea (Harvey, 2010).

### **3.2. Selección de Fincas y Potreros**

La investigación se desarrollo en 13 potreros, pertenecientes a nueve fincas localizadas en las comarcas de San Antonio, El Javillo, El Menco, La Curva, El Amparo y Cantimplora. Dado el interés de la investigación, la selección de los potreros estuvo determinada por el nivel de cobertura arbórea, se seleccionaron cinco potreros para coberturas altas, cuatro para medias y cuatro para bajas (Alta: 24% de cobertura, Media: 8% y baja 4%). El área de los potreros estudiados fué de entre los 0.2 y 0.8 ha. Todos carecían de cercas vivas y tenían un relieve homogéneo sin presencia de montículos, zonas de encharcamiento, quebradas, zanjones, bebederos y comederos. Además de esto, se realizó un estudio botánico de la pastura en la época seca y en la lluviosa y se identificaron las diferentes especies que la componen así como sus proporciones de abundancia. Para esto se utilizo la Técnica del Botanal (Tothill *et al.*, 1978). Como una herramienta auxiliar para la selección de potreros se revisó la base de datos de árboles en potreros del Proyecto Sistemas Silvopastoriles del grupo GAMA, la base de datos de rasgos funcionales de árboles





*Figura 1: Los Tres Niveles de Cobertura Estudiados*

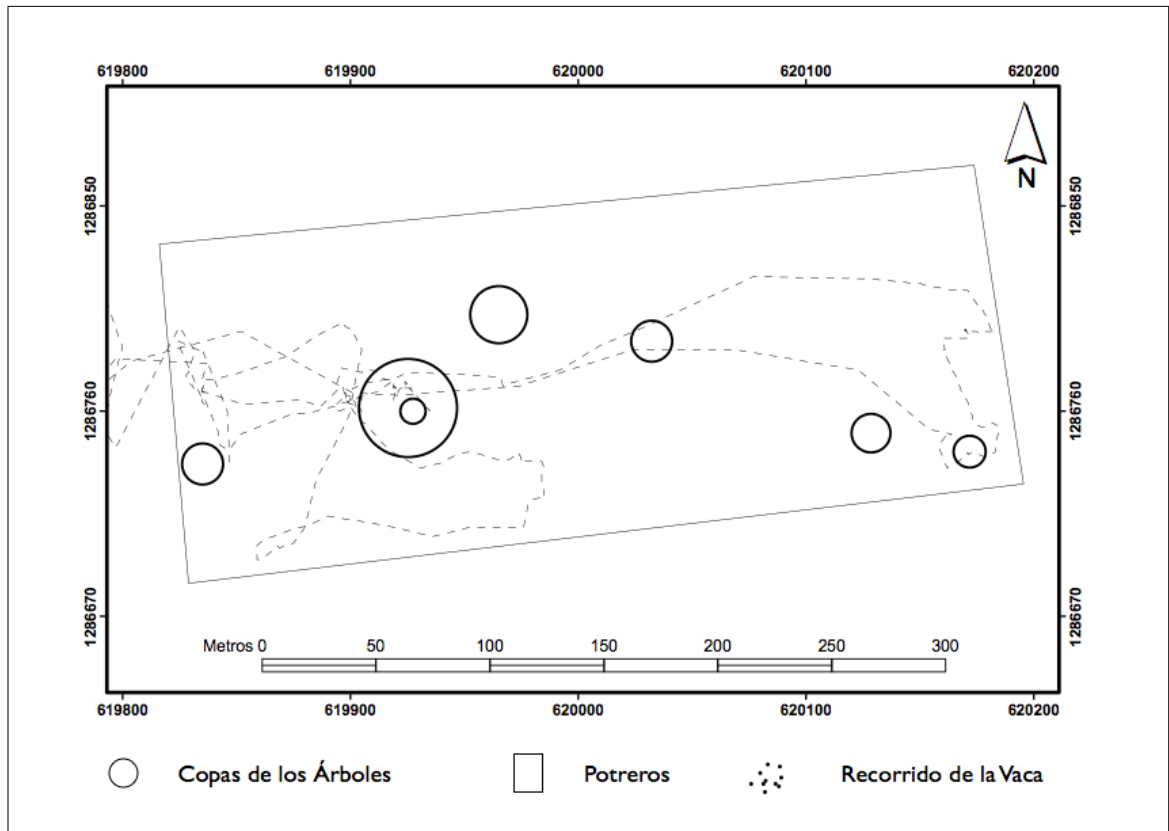
en potreros del proyecto FUNCiTree así como la información proveniente del mapeo de cobertura arbórea en potreros que recopiló Saucedá (2009), Sánchez (2006), García (2010) y Chica (2010). El comportamiento y movimiento de las vacas fue evaluado en los potreros en una serie continua de tiempo que fue desde febrero hasta septiembre del 2011, para un total de 6 mediciones por potrero.

### 3.3. Selección de animales para el experimento

Para este experimento se seleccionaron simultáneamente por lo menos cuatro vacas por cada uno de los potreros para cada uno de los tres niveles de cobertura en estudio. Se registro la edad y el color, ya que estos podrían influir en el comportamiento y se manejaron estos factores como covariables y como efectos aleatorios en modelos mixtos. En la zona existe mucha variabilidad genética en cuanto a cruces de razas, por lo que todas las vacas

estudiadas han sido consideradas como mixtas, aunque igual la raza se maneja como un efecto aleatorio. Las vacas utilizadas en este estudio estaban todas paridas.

### 3.4. Registro de patrones de movimiento y comportamiento en los niveles de cobertura estudiados.



*Figura 2: Movimiento de Dos Vacas en Un potrero*

Collares con GPS se colocaron en cada una de las vacas a ser estudiadas en cada potrero. Para esto se utilizaron GPSs marca Garmin modelo Etrex Legend, estos son resistentes al agua, de buena durabilidad y bajo peso. Los GPS registraron todos los movimientos diurnos que las vacas realicen desde las 7:00 hasta las 18:00 en intervalos de un minutos entre cada medición, aproximándose mucho a la frecuencia de tres minutos sugerida Putfarken *et al.* (2008). Los datos fueron registrados en coordenadas UTM con proyección WGS84 16P, con un error máximo de 3 metros. Los coordenadas recabadas

se descargaron diariamente mediante el Programa Base Camp® de Garmin® y fueron ordenadas y almacenadas en una sola matriz en formato Excel separado por comas para su posterior procesamiento en el programa ArcGis® de ESRI.

Con la Herramienta Hawth's Tools en el programa ArcGis®, se calculó la distancia total recorrida por cada vaca, el largo del paso (Distancia entre una coordenada y la siguiente) y la sinuosidad del movimiento (variación de los ángulos de rotación de una coordenada a la siguiente) para cada vaca en cada potrero en los seis períodos estudiados. Posteriormente se crearon matrices con los valores promedios calculados por vaca, potrero, nivel de cobertura y periodo del año, para realizar pruebas estadísticas.

Se utilizaron Análisis de Varianza en Modelos Mixtos con todas las covariables y variables consideradas para identificar diferencias estadísticas a valores de  $p < 0.05$ . Se utilizaron criterios de Información de Akaike y Bayesianos para determinar el modelo con el conjunto de covariables que mejor explico el movimiento y comportamiento de las vacas. En los casos necesarios se utilizaron funciones de ajuste del modelo para cumplir los supuestos de normalidad y heterogeneidad de varianza. Los programas utilizados para este propósito fueron Infostat y R.

### **3.5. Evaluación del comportamiento de las vacas**

Para evaluar el comportamiento se utilizó la técnica de barrido mediante la observación directa (Altmann 1974). Se registró la ubicación de la vaca, la hora del día y la actividad realizada. Las actividades registradas fueron: caminando, descanso echada, descanso parada, comiendo pasto y comiendo ramas. Para el registro de la ubicación de la vaca se considero pleno sol, bajo la copa de los árboles y sombra proyectada. Las observaciones se realizaron cada 5 minutos desde las 7:00 hasta las 6:00 en los meses de marzo, abril, agosto y septiembre.

Se elaboro una matriz de datos en Microsoft Excel con cada una de las observaciones tomadas para cada vaca en cada potrero con los valores de actividad, ubicación y especie si su ubicación y si la actividad estaba relacionada con un árbol, y se anotó la especie. Posteriormente se estimaran los tiempos que cada vaca dedicó en el día a cada una de

estas actividades y localizaciones por potrero, expresada en frecuencias acumuladas. Se realizaron Tablas de contingencia mediante el estadístico de Chi Cuadrado en busca de asociaciones entre la actividad realizada y el período del año, la hora y la ubicación en el potrero. Para visualizar estas asociaciones se realizaron análisis de correspondencias y se graficaron.

### **3.6. Preferencia por rasgos y grupos funcionales de árboles**

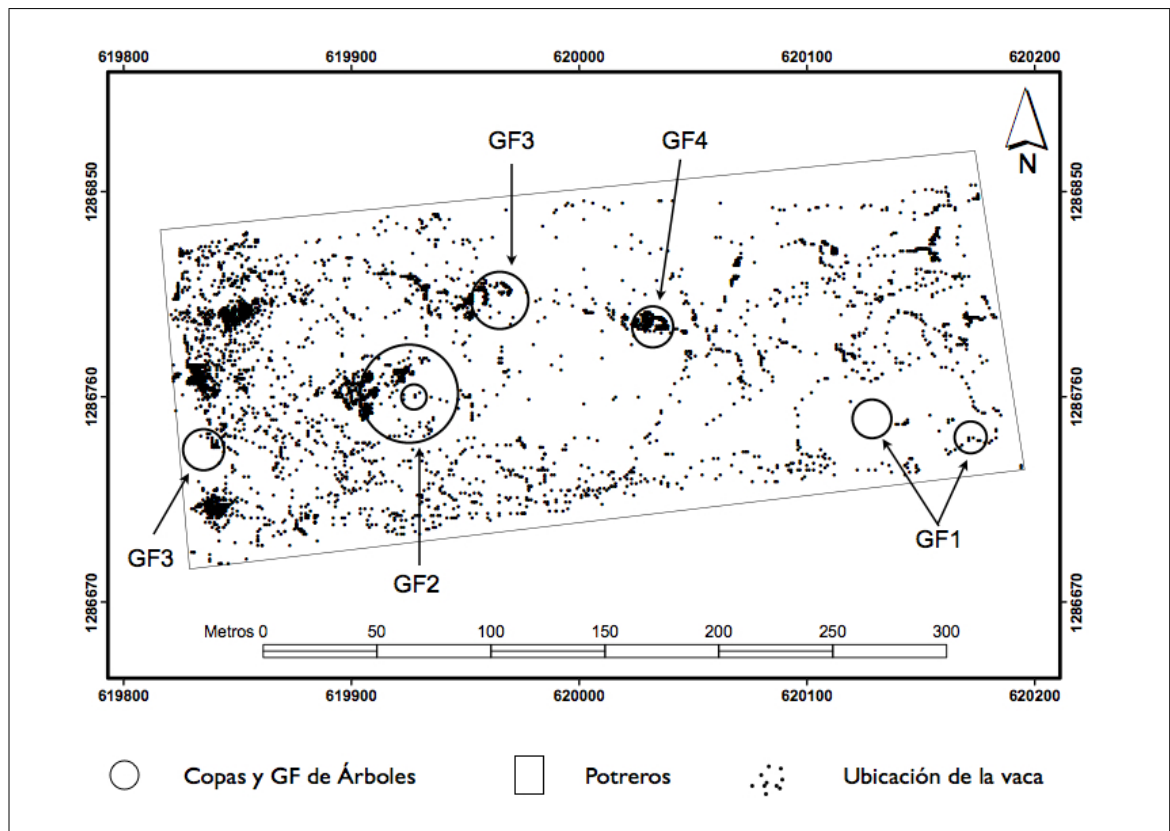
Todos los árboles y arbustos presentes en cada potrero fueron identificados y georeferenciados. Las características de los árboles medidas en cada potrero fueron aquellas que estaban más relacionadas con la provisión de sombra y alimentación para el ganado: altura total del árbol, diámetro de copa, densidad de copa, altura de la primera rama, grosor de la hoja y fuerza tensil. Se realizaron dos mediciones para todos los árboles en los potreros; una en la época seca y una en la lluviosa. Con la información recabada se elaboraron mapas de la distribución de las especies en cada potrero en el programa ArcGis 9.3, y con el diámetro de la copa, se construyeron círculos; los que fueron asociados con las localizaciones de cada vaca mediante la herramienta Spatial Joins. Luego, se generaron salidas desde ArcGis con información sobre la vaca, hora del día, potrero, categoría de cobertura y especie visitada. Se realizaron análisis de regresión simples para explorar la preferencia de las vacas con cada uno de los rasgos estudiados.

Se conformaron cuatro grupos funcionales de Árboles en los potreros estudiados. Estos grupos se construyeron a partir de las características antes descritas. Las agrupaciones fueron conformadas mediante un análisis de conglomerados utilizando el método de Ward con distancia euclidiana. Se comprobó mediante un Análisis de varianza multivariado, que los grupos funcionales conformados difieren estadísticamente entre sí. Se realizó un análisis discriminante para establecer la relación entre los diferentes rasgos y los grupos funcionales conformados. Estas relaciones fueron graficadas con un Biplot.

Posteriormente, se realizaron tablas de contingencia para identificar asociaciones de la frecuencia de las visitas de las vacas a cada grupo funcional conformado con la hora del día, categoría de cobertura y periodo en el año. Estas asociaciones se utilizaron como un

indicador de la preferencia de las vacas por cada grupo funcional. Se desarrollaron análisis de correspondencia y se graficaron Biplots para visualizar mejor estas relaciones.

Las preferencias observadas están limitadas por las especies (y los grupos funcionales a los que corresponden) que estaban presentes en los potreros, que son, las especies más comúnmente encontradas en la zona de estudio. Es importante señalar que el término preferencia ha de manejarse bajo la asunción que mayores frecuencias de visitas o tiempo asociado a una especie de árbol o grupo funcional se dan porque las vacas prefieren a estos sobre los otros grupos funcionales o especies que estén presentes.



*Figura 3: Grupos Funcionales de Árboles con las localizaciones de las Vacas*

## 4. RESULTADOS

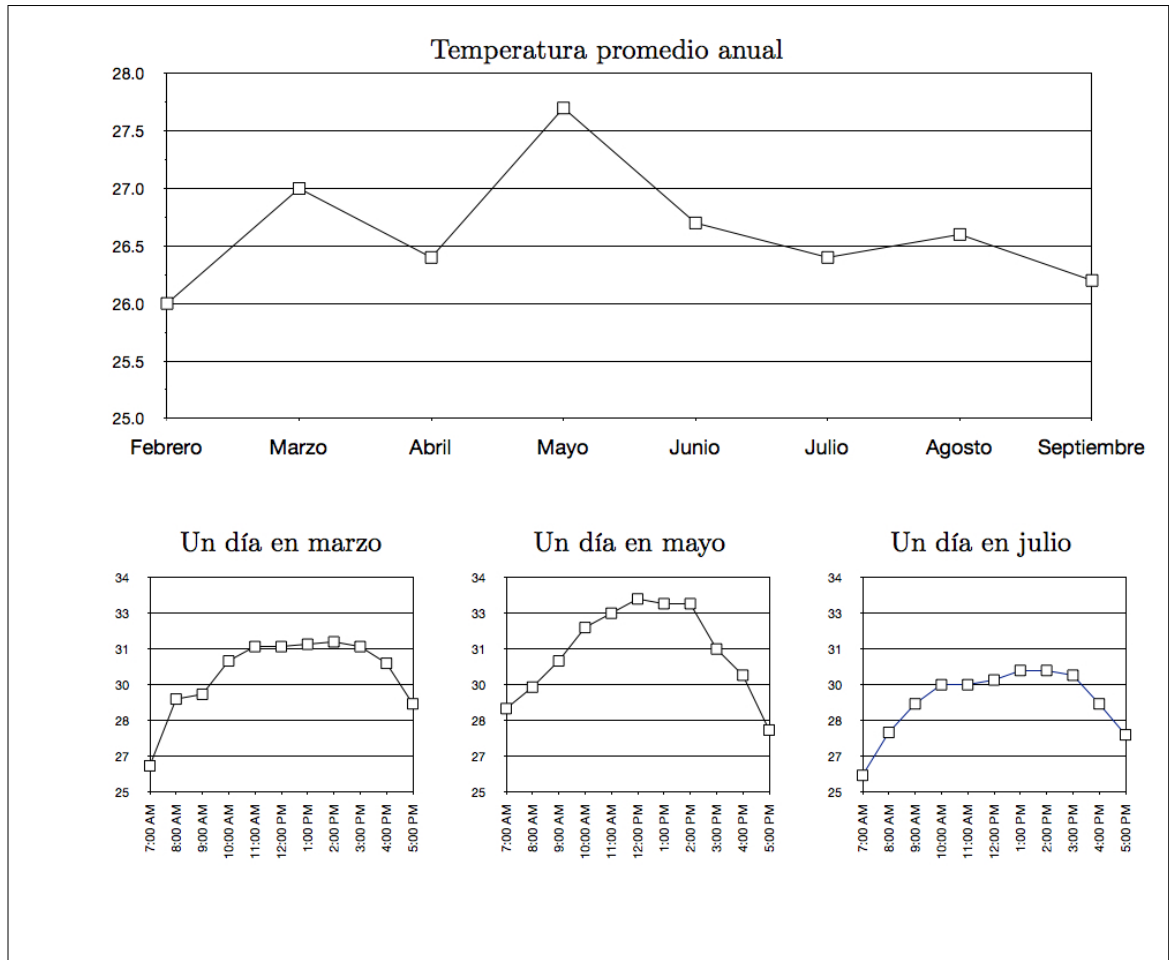
Se estudiaron en total 13 Potreros, Cinco para Cobertura alta, cuatro para cobertura media y cuatro para cobertura baja. En promedio, la cobertura arbórea en los potreros de alta cobertura fue de 24%, en cobertura media de 8% y en cobertura baja de 4%. En las coberturas alta se registraron 12 especies, en las coberturas medias 10 y en las bajas 6. La proporción de pasto comestible (Especies de la pastura que las vacas comen y que no rechazan) fue del 63% en coberturas altas y de 84% en las coberturas medias y bajas. El área promedio de los potreros fue de 0.46 ha; a mayor detalle, en las altas coberturas se presentaron áreas promedio de 0.3 ha, en coberturas medias de 0.7 y en coberturas bajas de 0.4.

*Tabla 1: Resumen de las Características de los Niveles de Cobertura*

	Cobertura Alta			Cobertura Media			Cobertura Baja		
	$\bar{x}$	<i>e.e.</i>	<i>c.v.</i>	$\bar{x}$	<i>e.e.</i>	<i>c.v.</i>	$\bar{x}$	<i>e.e.</i>	<i>c.v.</i>
<i>Area del potrero (m2)</i>	32123.4	53.1	36.1	69865.3	65.3	53.1	42937.5	118.6	49.1
<i>Cobertura arborea(%)</i>	24.0	0.0	41.7	8.0	0.0	20.2	4.0	0.0	22.4
<i>Numero de arboles(N)</i>	65.8	3.5	50.2	34.1	2.0	51.2	17.9	1.2	54.7
<i>Numero de especies(S)</i>	12.0	3.4	56.5	10.0	0.6	10.0	5.8	0.6	21.9
<i>Pasto comestible(%)</i>	63.6	2.7	40.2	83.9	0.7	7.5	83.4	1.6	16.2

En general se recolectaron y procesaron 121,355 coordenadas, levantadas del monitoreo de 62 vacas en los 13 potreros, estudiados entre los meses de febrero y septiembre de 2011. El número de vacas no fue igual en cada potrero, en algunos casos se evaluaron 5 vacas y en otros 4, dependiendo de la disponibilidad del productor. En otros casos se evaluaron las mismas vacas para varios potreros.

Como una referencia general, se incluye un grafico de la temperatura promedio para la zona de estudio en los meses trabajados, ya que este servira para una mejor interpretaci3n de los resultados, relacionandola con esta variable ambiental.



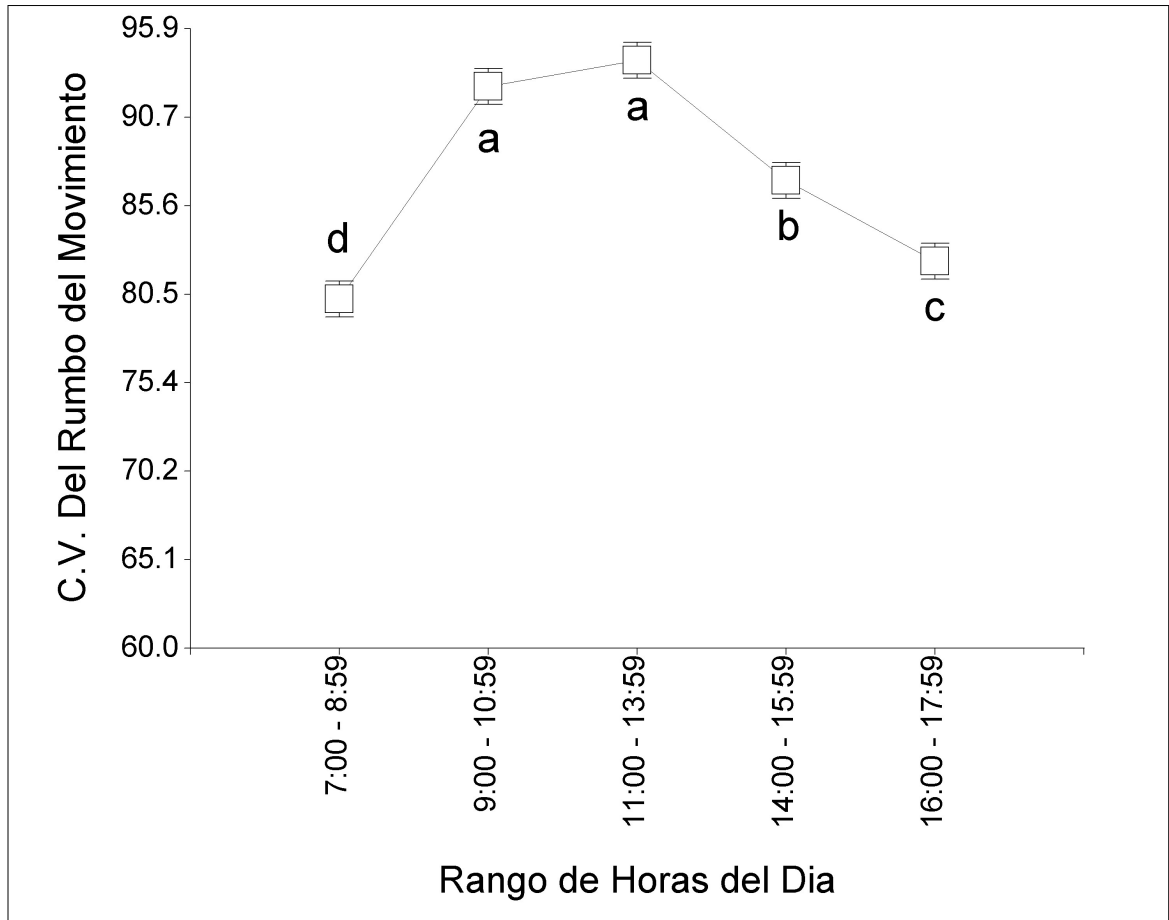
*Figura 4: Temperatura promedio anual y diaria en la zona de estudio*

#### 4.1. Patrones de movimiento

Se encontraron diferencias para la sinusidad del movimiento únicamente entre las horas del día ( $F_{4,114} = 6.67, p < 0.0001$ ), no se encontró una influencia del periodo ni el nivel de cobertura, es decir independientemente de cualquier factor, la hora es la que determina la sinusidad del movimiento.

Se encontraron diferencias para distancia total recorrida entre las horas del día  $F_{4,114}$

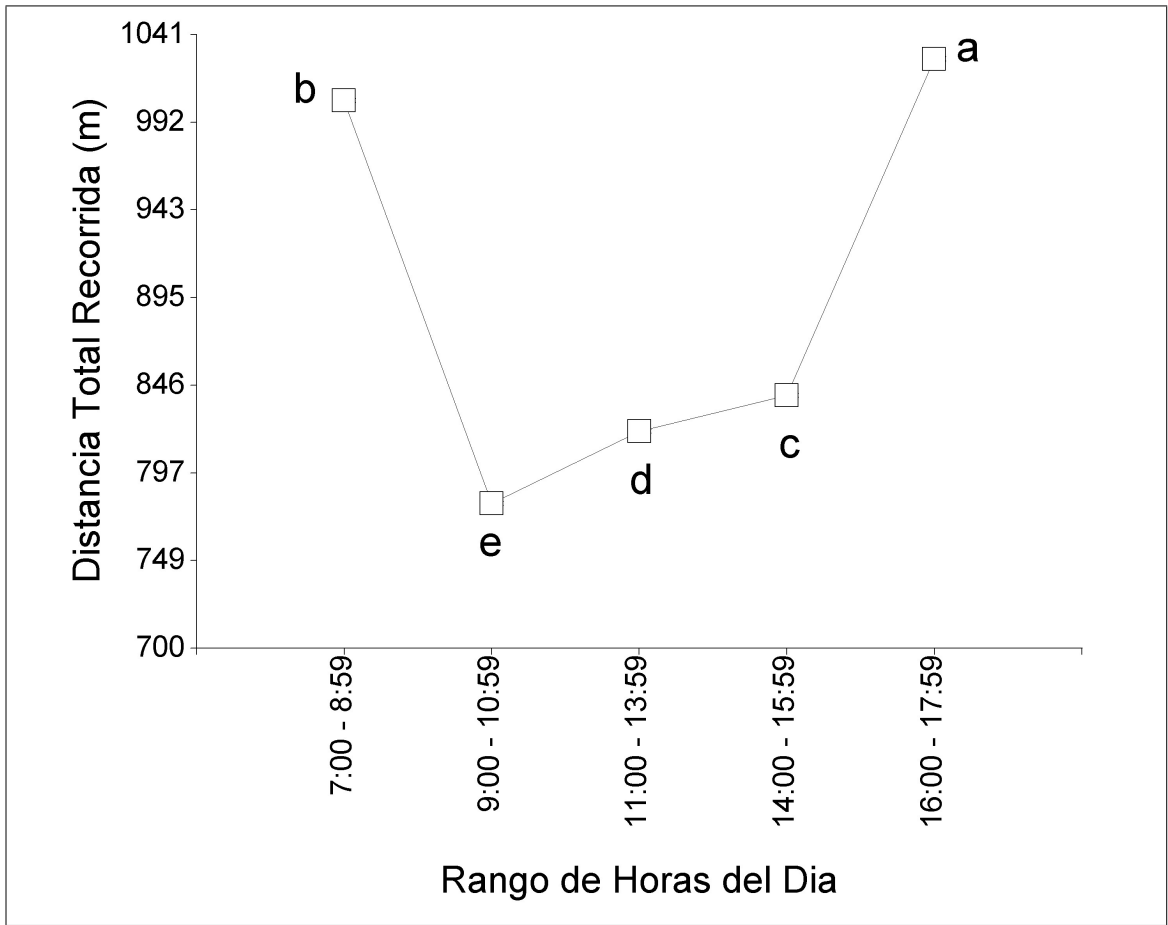
= 2.74,  $p = 0.03$ ), independientemente del periodo del año y del nivel de cobertura; la hora es la que determina la distancia total recorrida. Se muestra una tendencia a reducir la distancia recorrida a medida que se aproxima la hora más caliente del día.



**Figura 5:** Sinuosidad del movimiento a lo largo del día

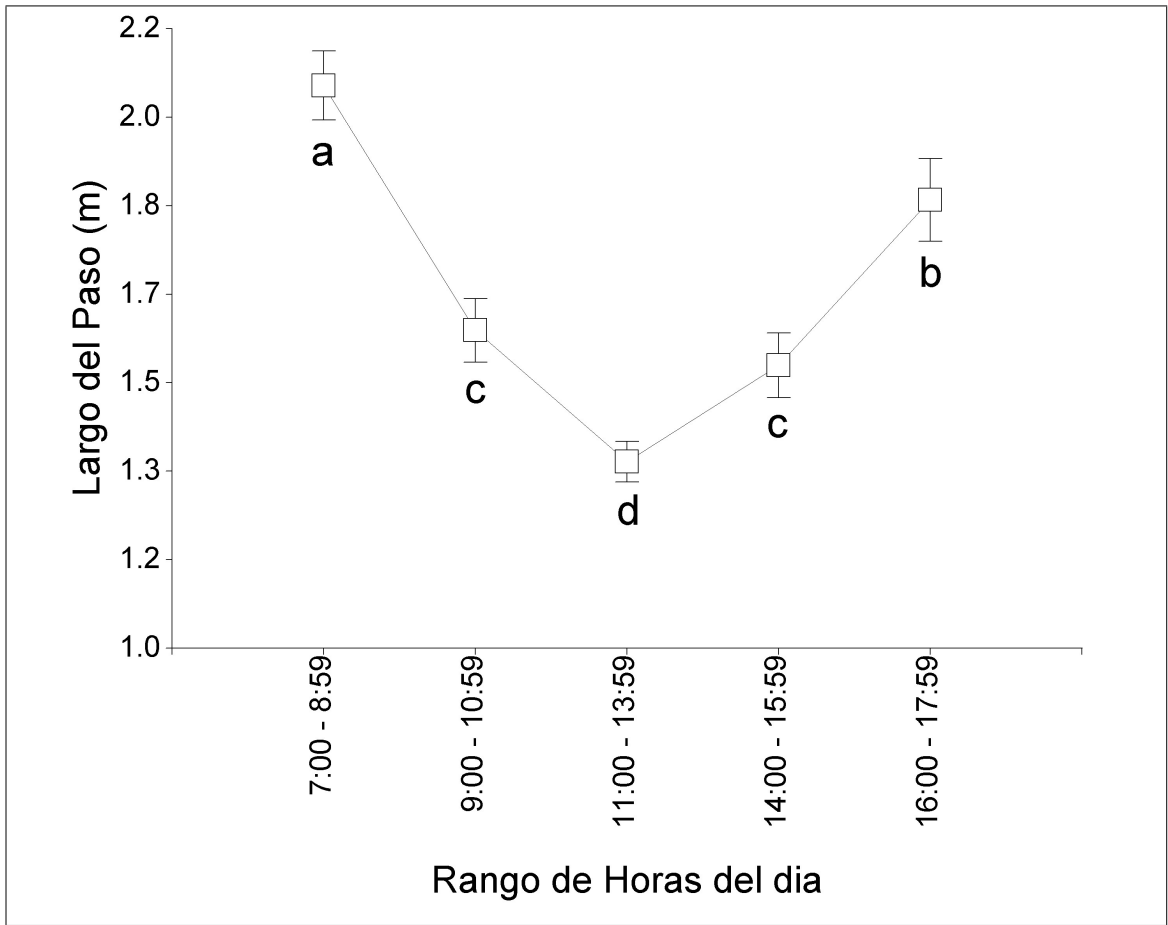
Se Analizo también el largo del paso de la vaca en un periodo de un minuto y se encontraron diferencias significativas en la interacción entre categoría de cobertura y periodo del año ( $F_{10,25} = 3.05$ ,  $p = 0.01$ ). Entre las hora del día también se encontraron diferencias significativas ( $F_{4,114} = 5.46$ ,  $p = 0.0005$ ). La hora del día influye fuertemente, reduciendo el largo del paso a medida se acercan las horas más calientes. Tanto en la tarde como en la mañana, los largos del paso son estadísticamente similares. Entre las categorías de cobertura baja y media se muestra igual tamaño de paso en la época seca (valores más bajos que en cobertura alta). En la época lluviosa, el tamaño del paso no se muestra diferente entre las categorías de cobertura, pero esto se debe a que en esa época



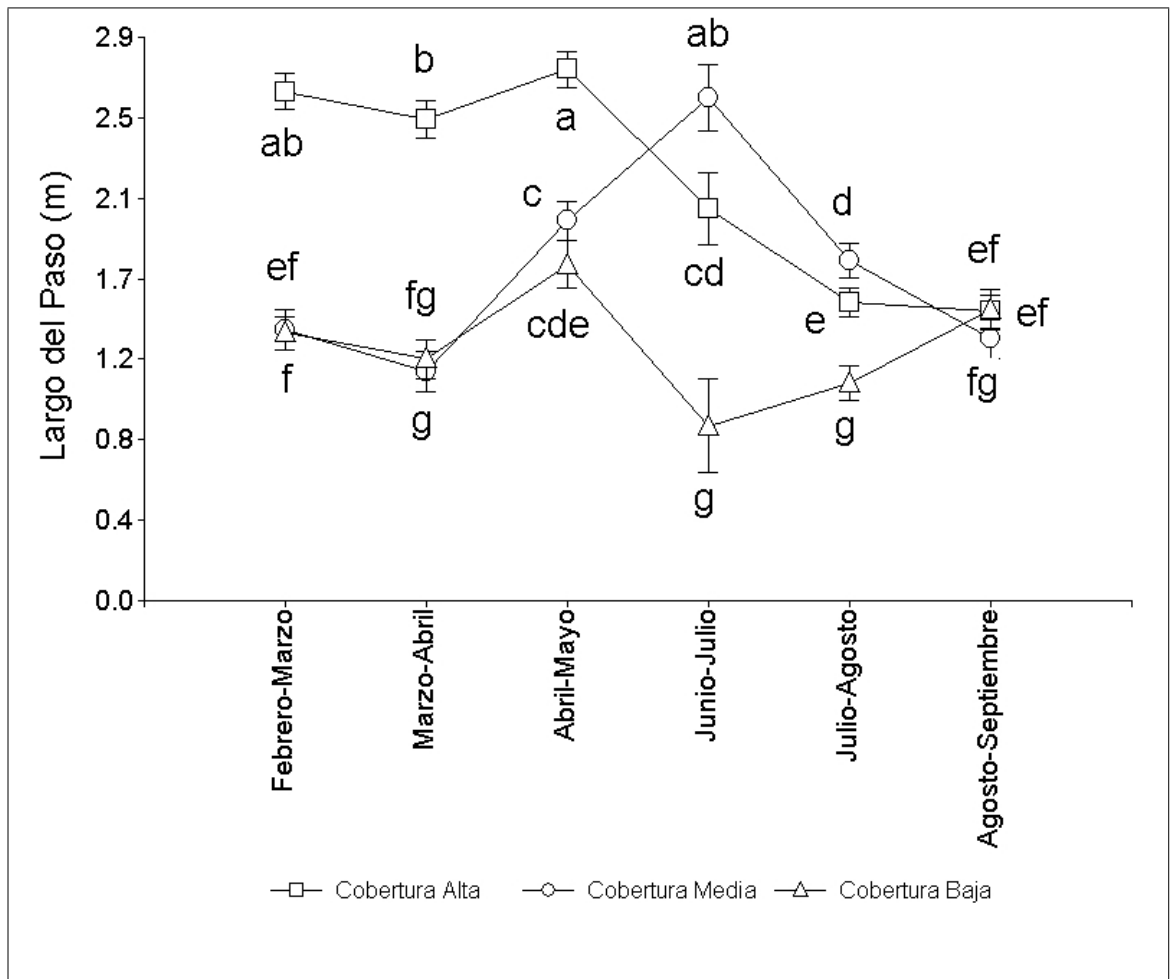


*Figura 6: Distancia total recorrida a lo largo del día*

el largo del paso se reduce considerablemente en las coberturas altas.



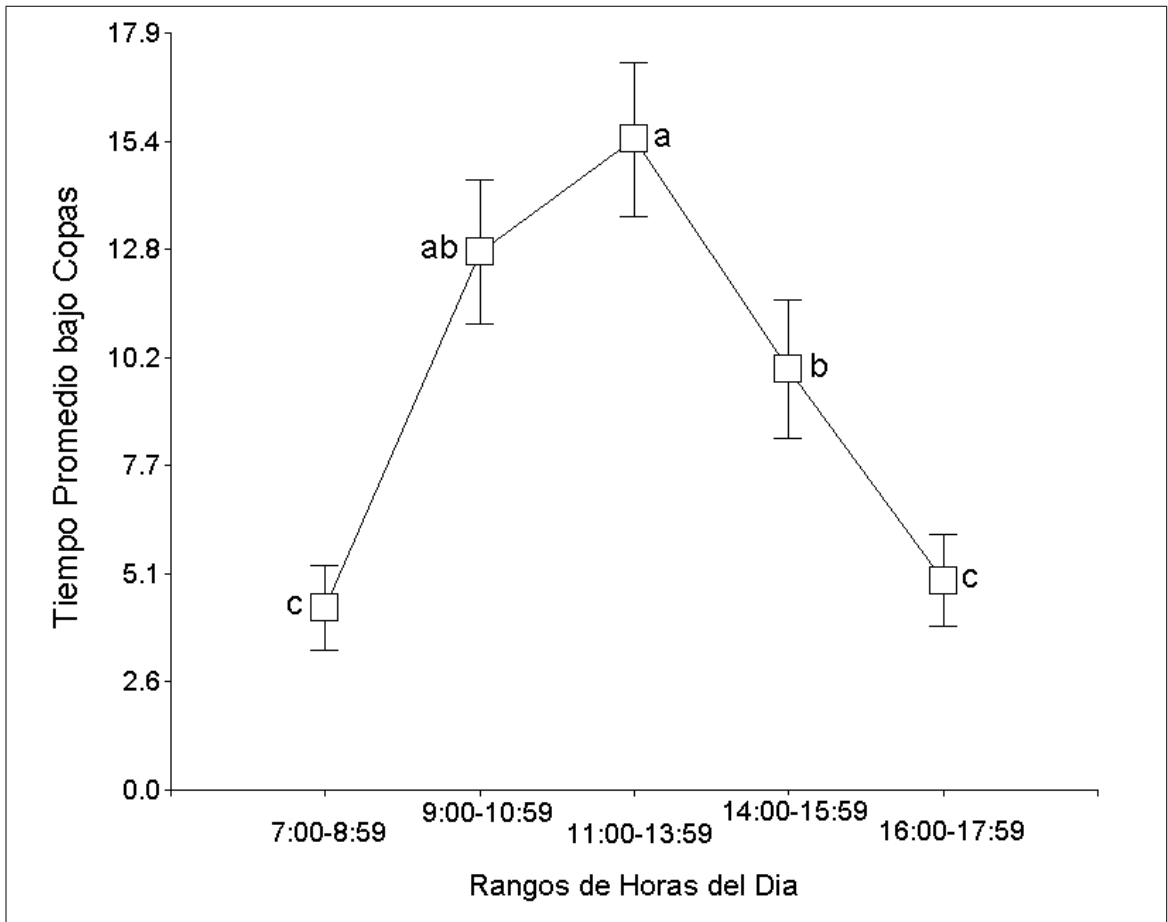
*Figura 7: Largo del paso en diferentes momentos del día*



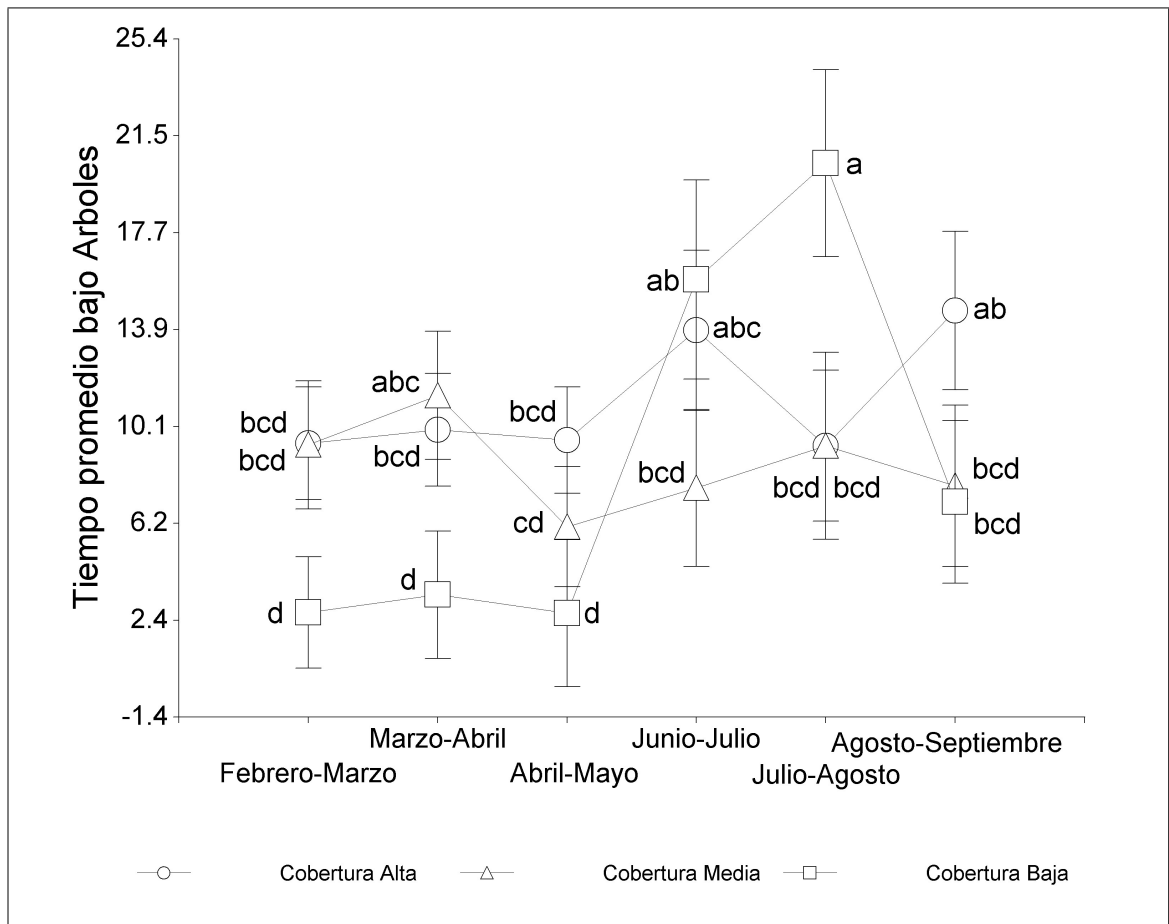
**Figura 8:** Largo del paso en el año y en las diferentes coberturas

## 4.2. Visitas a los árboles en los potreros

Para el Tiempo promedio bajo las copas de los árboles se muestran diferencias significativas a entre la interacción: Categoría de cobertura y periodo del año ( $F_{40,115} = 1.18, p = 0.03$ ). Además, hubo diferencias significativas entre las horas del día  $F_{4,115} = 13.90, p < 0.0001$ ). Las horas del día con mayores visitas están entre las 11:00 y las 14:00; se muestra una clara tendencia de disminución del tiempo bajo las copas de los árboles tanto en mañana como en la tarde.



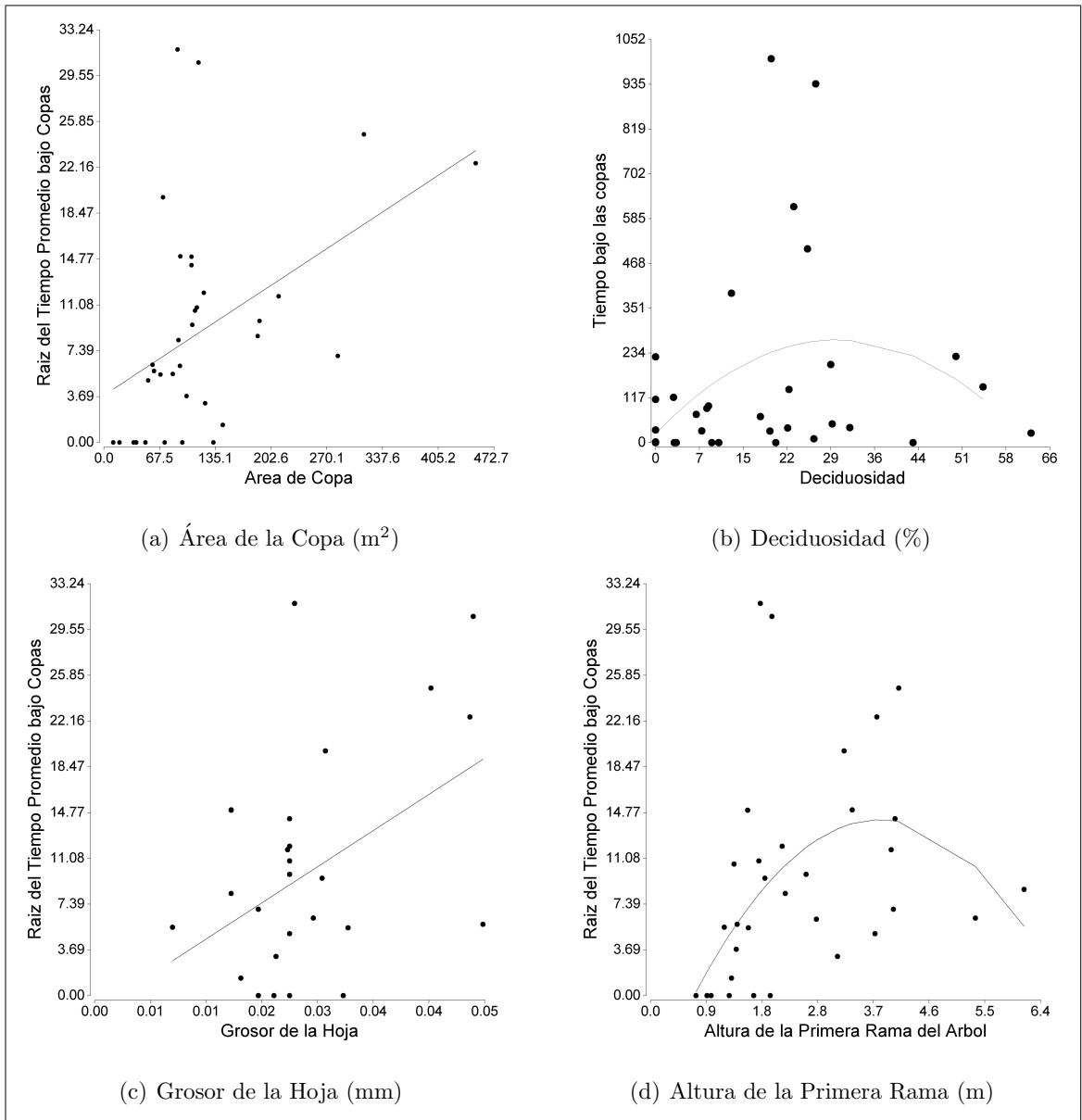
*Figura 9: Tiempo promedio bajo los árboles lo largo del día*



*Figura 10: Tiempo bajo los árboles en el año y en entre coberturas*

### 4.3. Relación entre el tiempo bajo los árboles y los rasgos funcionales.

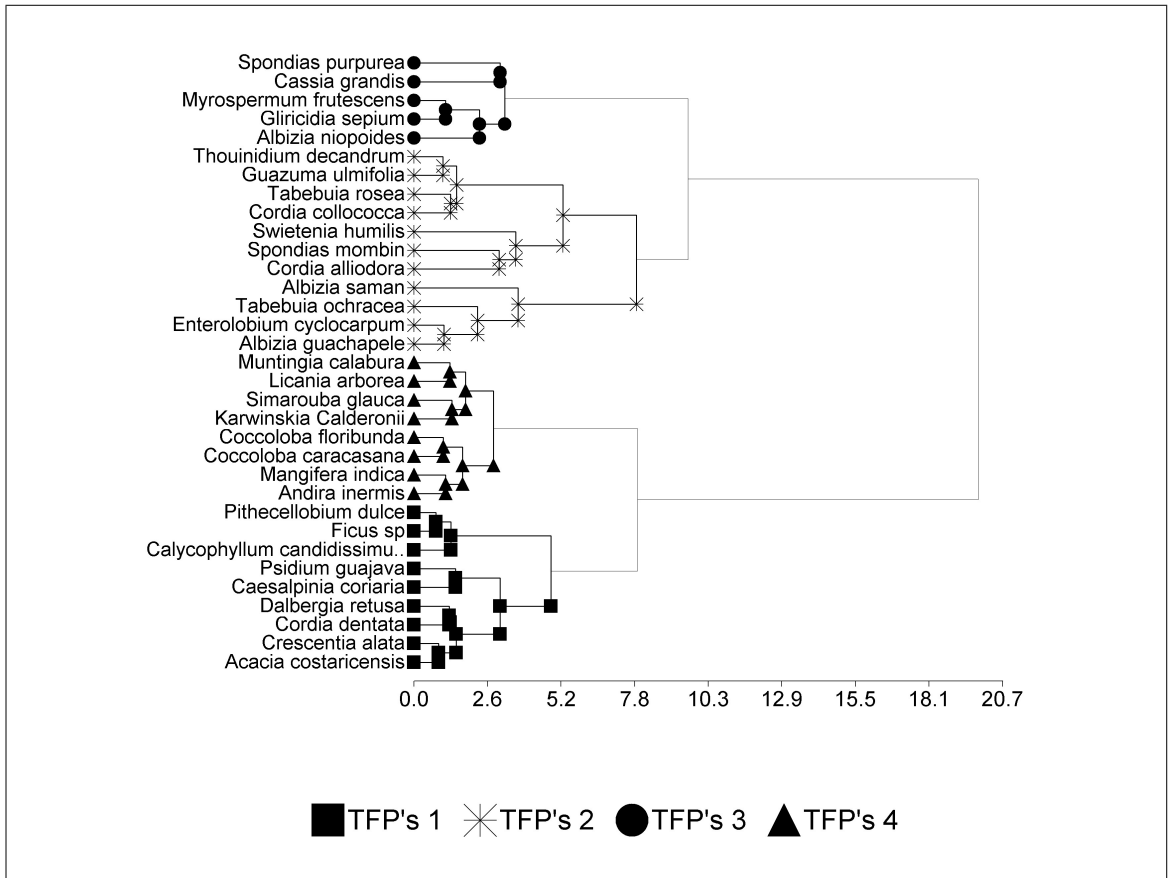
Se trabajo con seis rasgos funcionales de los árboles en los potreros: (1) área ocupada por la copa del árbol ( $m^2$ ), (2) la altura de la primera rama (m), (3), densidad de la copa(%), (4) la altura total del árbol (m), (5) forma de copa (escala logaritmica entre -1 y 1) y (6) deciduocidad de las hojas (%). Se encontraron relaciones positivas entre el número de visitas y el grosor de la hoja, el área de copa, la deciduosidad del árbol y la altura de la primera rama. Para el caso de altura de la Primera rama y deciduocidad la mayor relación se dio en las alturas de primera rama intermedias y en arboles semidecuidos. A medida aumenta el grosor de las hojas de las especies, así como el área de cobertura de la copa de



**Figura 11:** Relación entre Rasgos Funcionales y el número de Visitas

las especies, se incrementa la preferencia de las vacas por visitarlos. Las vacas visitan más a árboles con alturas de las primeras ramas intermedias entre 2 y 4.5 metros, visitando menos los arboles con primeras ramas muy altas o muy bajas. Las vacas visitan más los árboles siempre verdes y semideciduos mientras que los deciduos son evitados.

#### 4.4. Grupos funcionales de Árboles en los potreros



**Figura 12:** Grupos Funcionales conformados (Ward con Distancia Euclidean)

Se identificaron de cuatro grupos funcionales de árboles en las unidades experimentales estudiadas. Estos grupos se construyeron a partir de los atributos y rasgos funcionales mencionados en el acápite anterior. Las agrupaciones fueron conformadas con la más alta correlación cofenética encontrada, que fue de 0.77 utilizando el método de Ward con distancia Euclidean. Los grupos funcionales conformados difieren estadísticamente entre sí ( $F_{18,68} = 10.75, p < 0.0001$ ).

Los rasgos que mejor separan a los grupos son área de copa, donde el GF2 se diferencia claramente del resto con los mayores valores y el GF3 con los menores valores. Altura de la Primera rama, donde el GF3 y GF2 difiere estadísticamente del resto de los grupos funcionales, presentando valores más altos el GF2 y los menores el GF1; altura total muestra mayores valores para el GF2 y menores en el GF1. Densidad de copa separa

claramente al GF1, GF2 y GF4 del GF3 quien presenta los valores más bajos. La deciduosidad es menor en los grupos GF1 y GF4, intermedia en el GF2 y mayor en el GF3. Aunque todos los árboles fueron elíptico horizontales *per se*, el GF3 y GF1 fueron los que presentaron formas más elíptico-horizontal, mientras que los grupos GF2 y GF4 tienen formas más circulares.

Tabla 2: Grupos funcionales por categorías de cobertura

	GF1		GF2		GF3		GF4	
Categorías de cobertura	<i>S</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>N</i>
<i>Cobertura alta</i>	6	65	9	241	4	10	5	27
<i>Cobertura media</i>	4	29	4	17	2	8	4	9
<i>Cobertura baja</i>	5	46	8	59	1	14	5	5

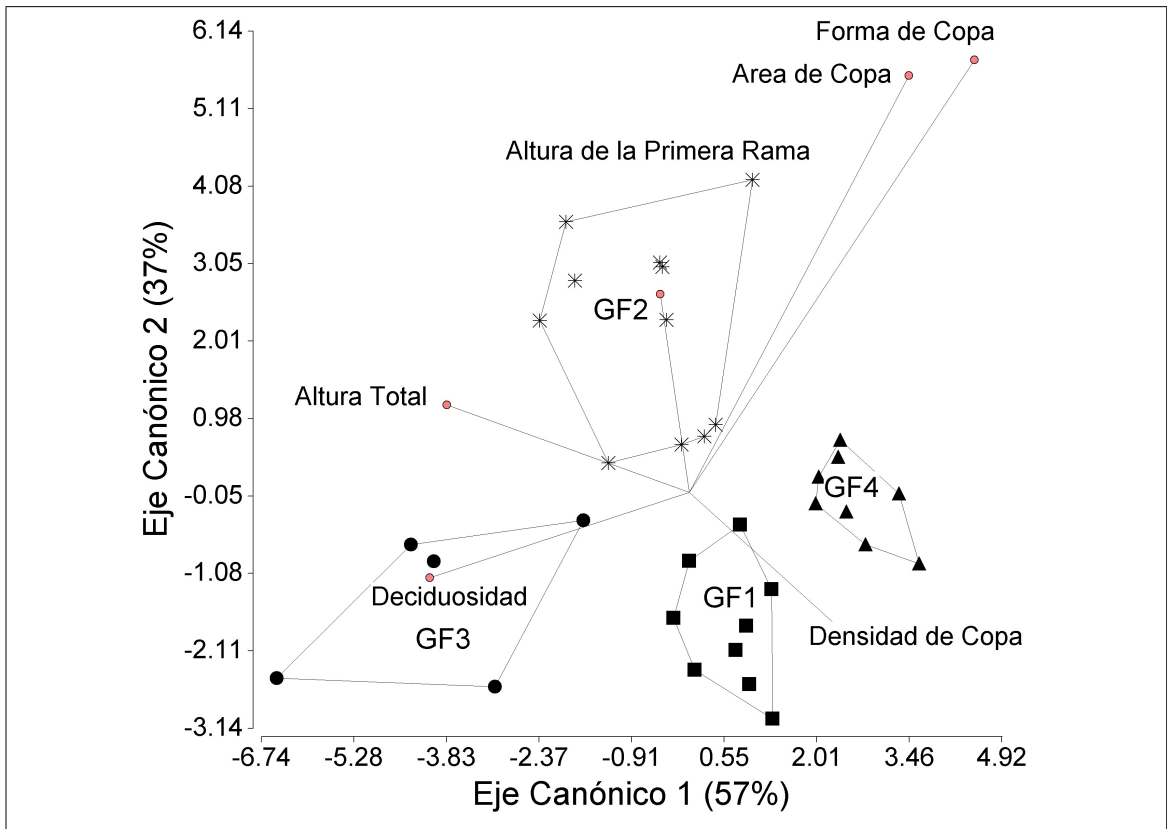
Tabla 3: Rasgos entre los grupos funcionales

Rasgos	GF1	GF2	GF3	GF4	H	<i>p</i>
<i>Area de Copa (m2)</i>	84.25A	190.45B	77.00A	82.85A	4.87	0.0073
<i>Alt. Primera Rama (m)</i>	1.59A	3.66B	2.79B	1.58A	10.90	0.0001
<i>Altura Total (m)</i>	5.06A	12.23B	7.22A	6.72A	12.95	<0.0001
<i>Densidad de Copa (%)</i>	78.45A	71.08B	57.26C	91.23 A	14.68	<0.0001
<i>Deciduosidad (%)</i>	9.32A	20.99B	47.80C	5.25A	27.04	<0.0001
<i>Forma de Copa (-1 a 1)</i>	1.59A	-0.44B	-0.73 A	-0.29B	7.98	0.0005

A mayor detalle, el grupo funcional dos (GF2) está compuesto por las especies con las más grandes áreas de Copa, grandes alturas, primeras ramas más altas, densidades de copa media, formas de copa entre elíptico y circulares y deciduosidad intermedia. El GF4 está asociado también a grandes áreas de copas, primeras ramas bajas, alturas totales bajas, las mayores densidad de copa, deciduosidad baja y formas de copa circulares. El GF1 posee áreas de copa intermedias, Primeras ramas bajas, Alturas totales bajas, densidades de copa altas, poca deciduosidad y formas de copa elipsoide vertical. El GF3 posee áreas de



copa pequeñas, primeras ramas intermedias, alturas totales intermedias, bajas densidades de copas, los mayores valores de deciduosidad, y las copas más elipsoides.



*Figura 13: Biplot con los rasgos asociados a cada grupo funcional*

## 4.5. Uso de los Grupos Funcionales

### 4.5.1. Entre las horas del día

Se encontraron diferencias significativas ( $X^2_{12} = 651.40, p < 0.0001$ ) en el número de visitas a los diferentes grupos funcionales entre las horas del día. A excepción de las primeras horas de la mañana y las últimas de la tarde, a lo largo del día el número de visitas registradas fue mayor a los grupos funcional GF2, GF4 y GF1, que agrupan a los árboles que ofrecen mayor protección contra los efectos de la radiación y de las altas temperaturas. Se muestra una tendencia a mayor uso del GF2 entre las 9:00 y las 14:00; este grupo lo integran árboles que están compuestos por las especies con las más grandes áreas de copa,

grandes alturas, primeras ramas más altas, densidades de copa media, formas de copa entre elíptico-circulares y deciduosidad intermedia. Entre las 14:00 y las 15:59 se registró un mayor número de visitas al GF1 y GF4, que comparten las mayores densidad de copa, grandes áreas de copas, primeras ramas bajas, alturas totales bajas, deciduosidad baja pero difieren en las formas de las copas. A las primeras horas del día, así como en las últimas de la tarde, el grupo funcional tres (GF3) es el más visitado y esta asociado a áreas de copa pequeñas, primeras ramas intermedias, alturas totales intermedias, bajas densidades de copas, los mayores valores de deciduosidad, y las copas más elipsoides, es decir árboles que no ofrecen mucha protección y además son deciduos.

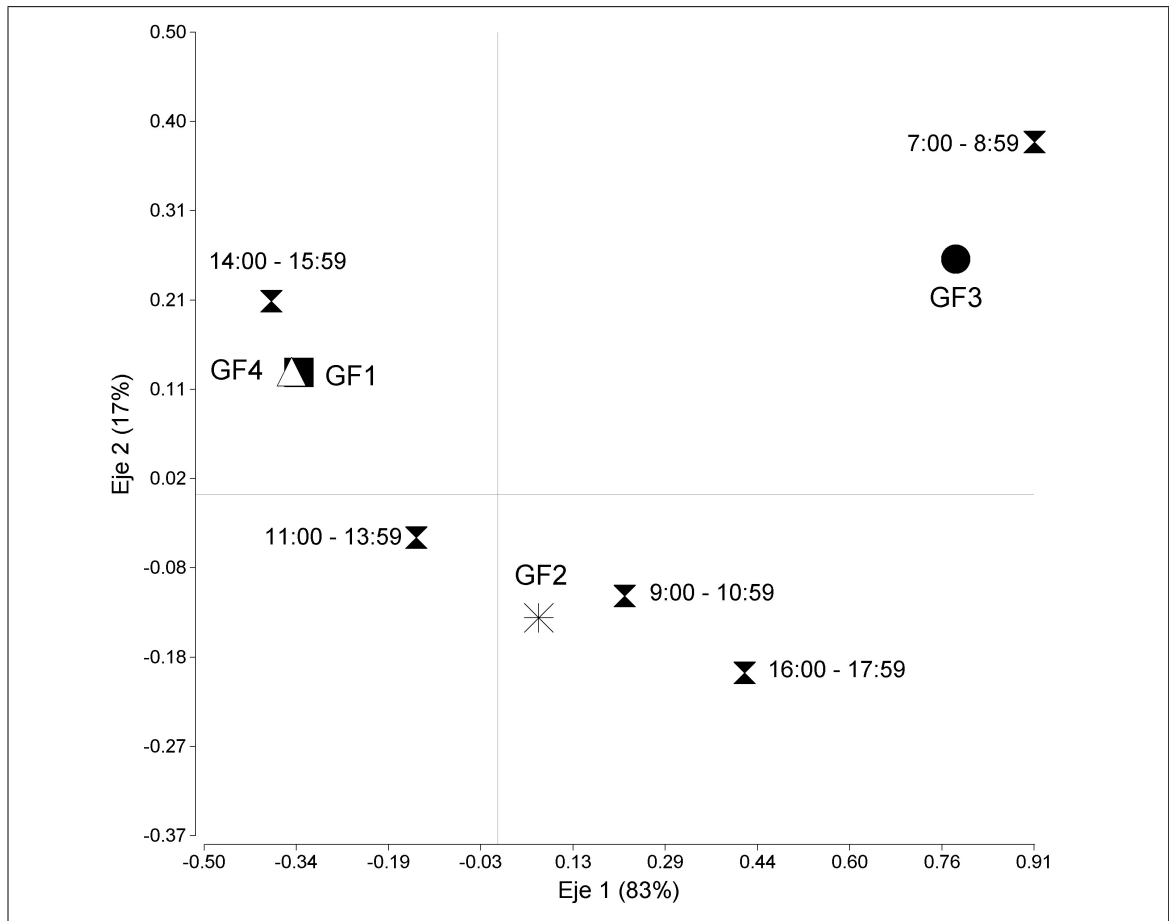
#### ***4.5.2. Entre los periodos del año***

No se encontraron diferencias significativas en las vistas a los grupos funcionales en la interacción periodo del año con hora ni categoría de cobertura los periodos del año. Existen diferencias significativas ( $X_{15}^2 = 692.82, p < 0.0001$ ) para el número de visitas a los Grupos Funcionales entre los meses del año. En los meses de marzo hasta mayo, se muestra una mayor preferencia por el grupo funcional cuatro (GF4), que agrupa a los arboles menos deciduos con las mayores densidades de copa. A pesar de esto, durante todo el año se muestra una preferencia por los grupos GF1, GF2 y GF4, pero entre julio y agosto parece existir mayor preferencia por el GF3, que posiblemente ya haya recuperado cobertura Vegetal para esas fechas.

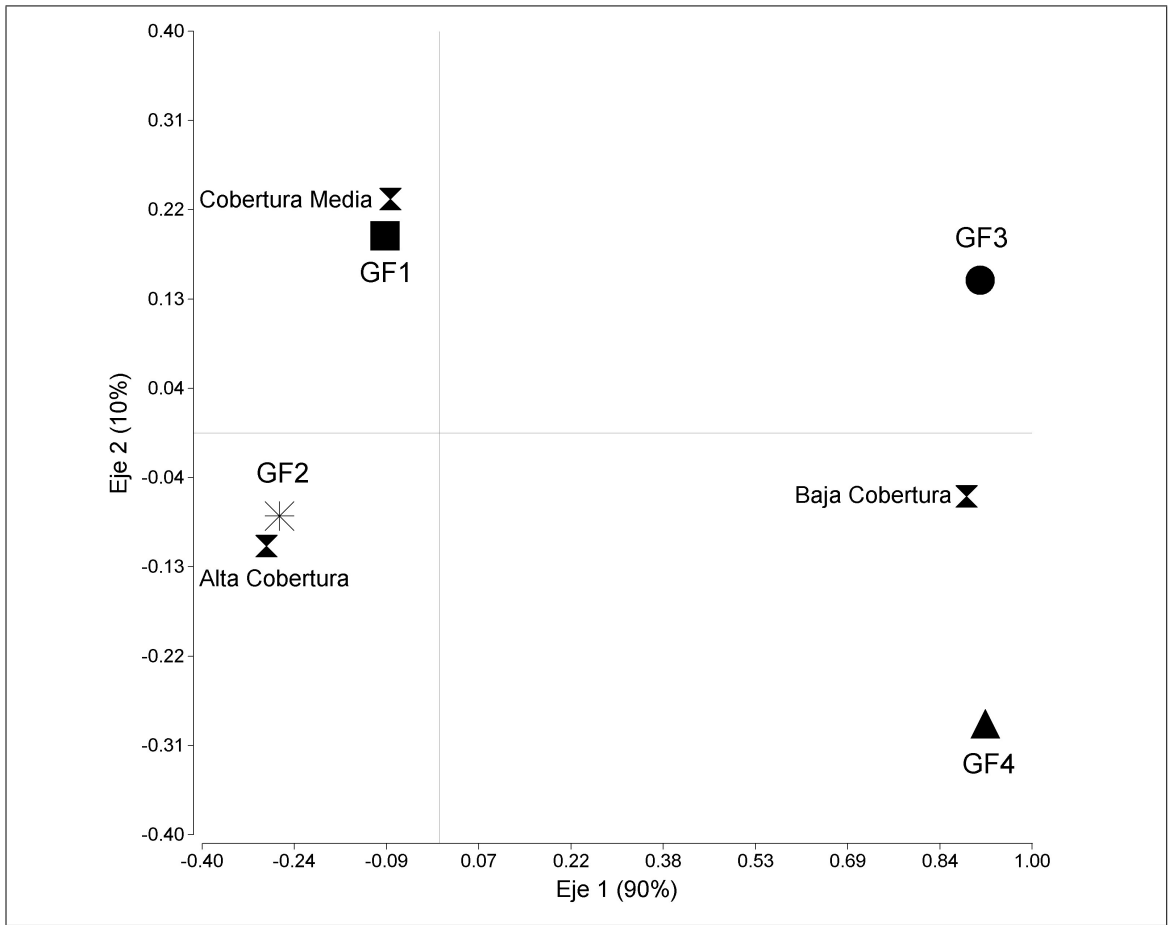
#### ***4.5.3. Entre niveles de cobertura arbórea***

Se encontraron diferencias significativas en el número de visitas a los diferentes grupos funcionales entre los tres niveles de cobertura estudiados ( $X_6^2 = 1136, p < 0.0001$ ). Los grupos funcionales dos (GF3) y cuatro (GF4) son más visitados en las bajas coberturas. El grupo funcional cuatro, que es el menos deciduo y con copas más densas resulta más atractivo cuando la cobertura arbórea es escasa. Los grupos tres (GF2) y uno (GF1) son más visitados en las coberturas medias y Altas, ambos relacionados también con protección. Los análisis estadísticos indican que la preferencia por los grupos funcionales

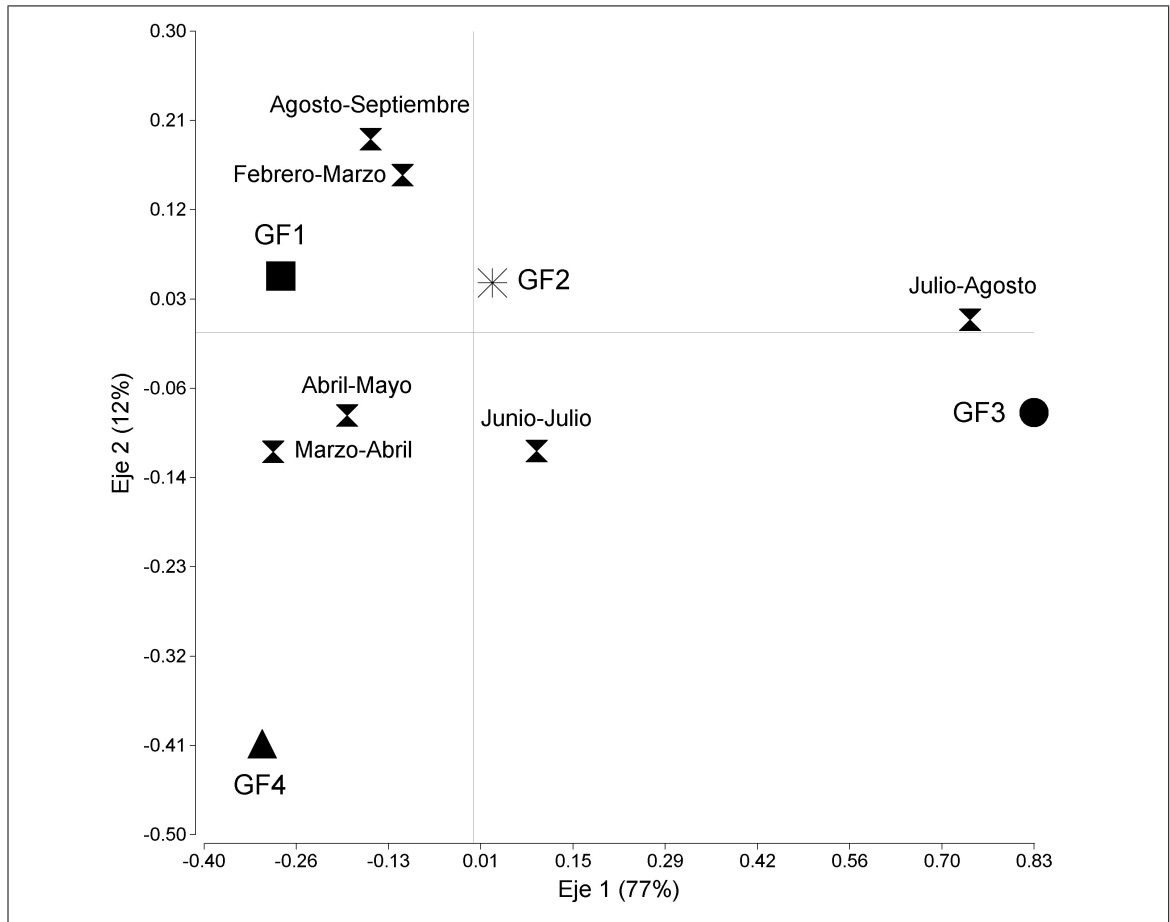
entre los niveles de cobertura no está dada por diferencias significativas entre el número de individuos y especies para cada grupo en cada nivel.



**Figura 14:** *Visitas a los grupos funcionales en las hora del día*



**Figura 15:** Preferencias por los grupos funcionales en los niveles de cobertura

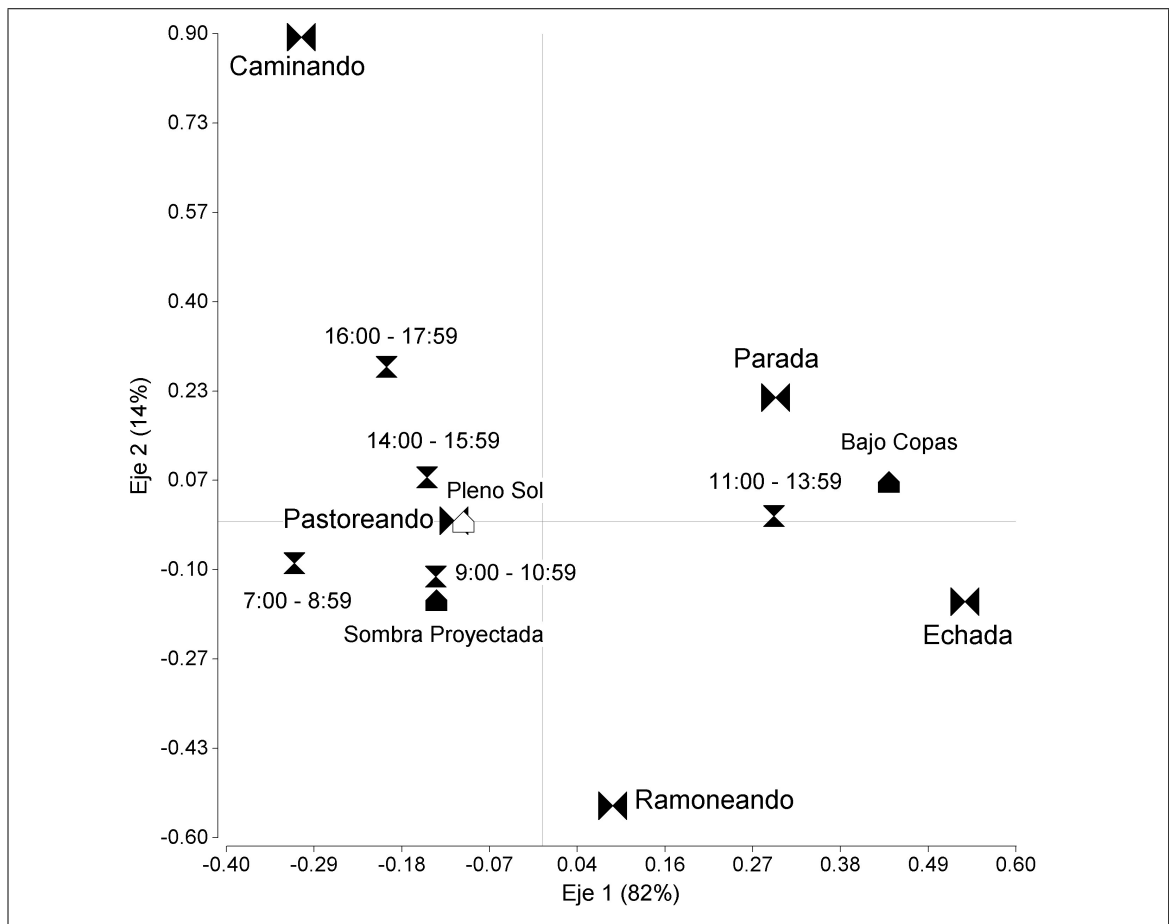


*Figura 16: Preferencias por los grupos funcionales lo largo del año*

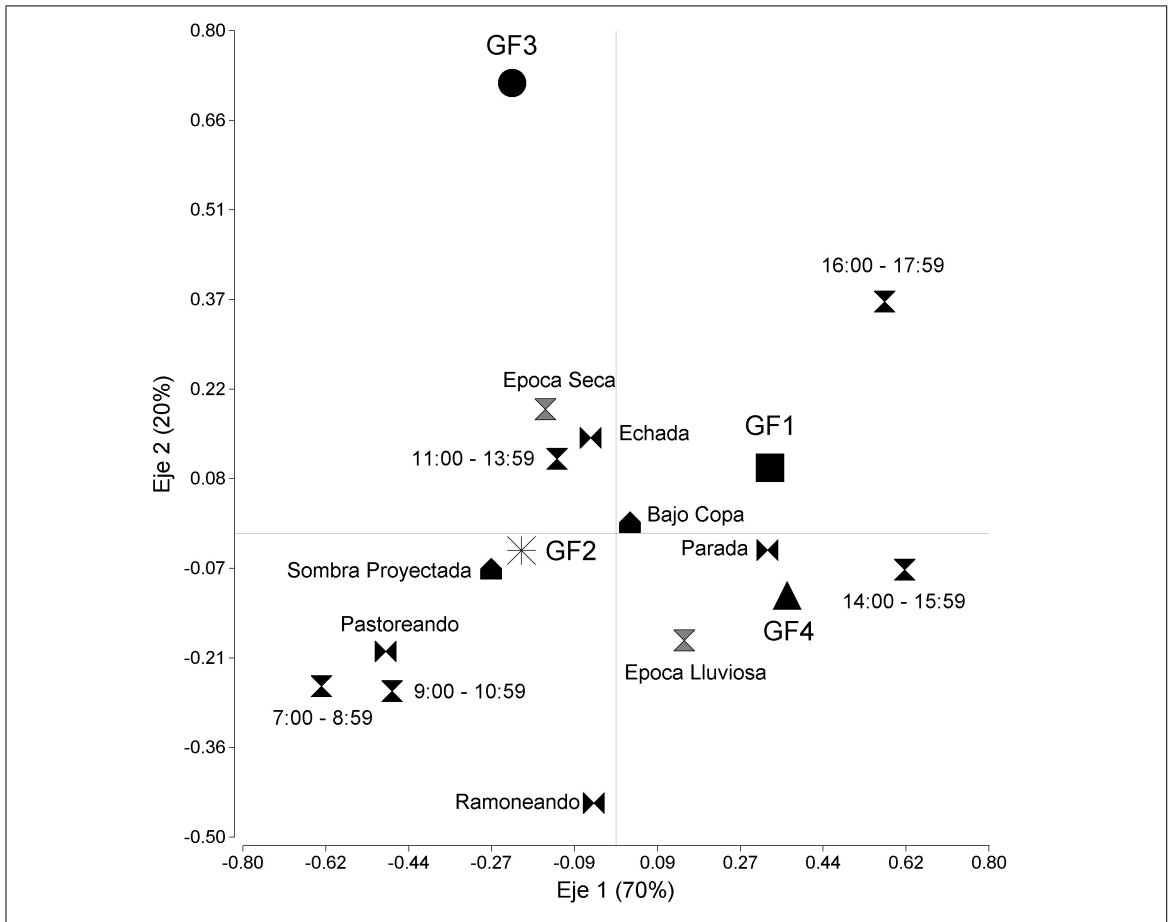
#### 4.6. Actividades realizadas entre horas, ubicación en el potrero y su relación con los grupos funcionales.

Las actividades realizadas por las vacas se relacionan estadísticamente con la ubicación en el potrero ( $X^2_8 = 2312.02$ ,  $p < 0.0001$ ) y con respecto a la hora del día ( $X^2_{16} = 343.47$ ,  $p < 0.0001$ ). También la ubicación en el potrero estuvo relacionada con la hora del día ( $X^2_8 = 218.28$ ,  $p < 0.0001$ ). La ubicación a pleno sol se relaciona con las primeras horas de la mañana, la media mañana, la media tarde y la tarde, pero no con las horas del medio día. A medio día las vacas prefieren estar bajo las copas. Por otro lado, echarse y permanecer de pie sin hacer nada se realiza claramente bajo las copas de los árboles y a medio día; el pastoreo se realiza claramente a pleno sol. Caminar y ramonear se

muestran bastante independiente de la hora, pero claramente nunca ocurre a medio día. Las actividades realizadas por las vacas bajo los arboles se relacionan estadísticamente a los grupos funcionales conformados ( $X_9^2 = 117.77, p < 0.0001$ ) y a la hora del día ( $X_{12}^2 = 161.36, p < 0.0001$ ). El descanso (parada y echada) se asocia fuertemente a las horas del medio día, a estar bajo las copas o en sombra proyectada y al grupo funcional cuatro, dos y uno. La época parece no influir en esto. Ramonear se muestra independiente del grupo funcional. Por otro lado, el pastoreo bajo las copas ocurre claramente en la media mañana, y ocurre mayoritariamente bajo especies del Grupo funcional dos, que poseen valores no tan altos de densidades de copa, y se da en los lados donde la sombra del árbol es proyectada.



**Figura 17:** Actividades realizadas, ubicación en el potrero y hora del día



*Figura 18: Actividades realizadas bajo los árboles, hora del día y época del año*

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Cambios estructurales de la vegetación en los potreros estudiados.

El incremento de la densidad de sombra favoreció en gran medida la disponibilidad de un mejor recurso para la protección del ganado en la zona. Los cambios en la cobertura arbórea registrados en los potreros entre la época seca y lluviosa son relativamente pequeños y no se presentan variaciones significativas, viéndose un cambio mas marcado en la densidad de la sombra presente. Se registraron incrementos significativos en la densidad de la sombra de los árboles entre un cero y un 50%.

La zona de Rivas, por ser una región de bosque seco tropical según la clasificación de Holdridge (1978), conserva en gran medida una composición botánica de especies en su mayoría deciduas y semideciduas, pero fue posible identificar la presencia de especies de árboles siempre verdes en el paisaje, dejando muy claro que hoy en día la composición de especies arbóreas obedece tanto a factores climáticos, así como de manejo, tal como Harvey et al (2010) lo identifica también.

Fue posible identificar que las vacas prefieren más las especies siempre verdes que las deciduas para refugiarse. La incorporación de especies siempre verdes en los sistemas de pasturas se considera benéfica para mantener estable la calidad de la sombra que sirve como protección para el ganado;. Los cambios en la estructura identificados, favorecieron un mayor uso del recurso arbóreo por parte de las vacas y tiene efectos sobre patrones de movimiento como largo del paso y en cierta medida la distancia total recorrida. De la misma manera, el incremento en la densidad de sombra de las especies mas caducifolias las vuelve mas atractivas para las vacas y estas aumentan el numero de visitas a esas especies.



## 5.2. Patrones de Movimiento de las vacas en los potreros.

Los patrones de movimiento en su mayoría están determinados por las variaciones ambientales que se presentan a lo largo del día. Se presentan valores similares tanto en la mañana como en la tarde y valores muy distintos en el medio día, cuando la temperatura ambiental promedio es la máxima del día ( $31 \pm 3$  °C) y el ITH es de aproximadamente 83% (García 2011). En el medio día, los movimientos son mas sinuosos y las vacas efectivamente caminan menos y se ubican bajo las copas de los árboles.

Al analizar las variaciones de temperatura registradas por el instituto Nicaraguense de estudios territoriales para el 2011 es posible visualizar claramente una relacion ya sea positiva o negativa con los patrones de comportamiento registrados en este estudio. Por ejemplo, la sinusidad del movimiento sigue positivamente la tendencia de campana que forman las variaciones diarias de temperatura, mientras que la distancia total recorrida en intervalos de dos horas, se comporta inversamente proporcional, esto se puede ver comparando la Figura 4 con los patrones de movimiento observados.

La interacción de la temperatura ambiental y la humedad relativa son los factores ambientales que mas influyen en la percepción del calor por parte de las vacas (Steadman 1979; Hahn 1994, 1995; Hubbard *et al.*, 1999; Mader *et al.*, 1999)). Diversos autores señalan que entre esta relación de Temperatura y humedad y el grado de estrés de las vacas existe una muy fuerte relación (Bohmanova *et al.*, 2007; Bohmanova *et al.*, 2007; Bouraoui *et al.*, 2002; Dikmen y Hansen, 2009; García y Wright, 2007; Huhnke *et al.*, 2004;). Para la zona de estudio, según reporta García (2011) el índice de Temperatura y humedad no muestra cambios a lo largo del año, ya que a pesar que existe una reducción de la temperatura ambiental en la época lluviosa, la humedad relativa aumenta, manteniendo valores del Índice de Tempera y Humedad (I.T.H.) iguales a los de la época seca.

La disponibilidad del pasto comestible siempre fue menor en las altas coberturas arbóreas (68%) tal como lo señala Andrade e Ibrahim (2001), mientras que las coberturas medias y bajas presentaron valores muy similares (>85%). Al entrar la época lluviosa y aumentar la disponibilidad de pastos, los potreros con altas coberturas se vuelven muy similares (en cuanto a la disponibilidad de pasto comestible) a las medias y bajas

coberturas arbóreas. En ese momento, el largo del paso se igualo para los tres niveles de cobertura estudiados. Al existir menor disponibilidad de pasto comible en los potreros las vacas tienden a moverse mas en busca de mejor alimento y se presume esa sea razón de las diferencias entre los niveles de cobertura estudiados.

### **5.3. Utilización de los árboles en los potreros**

Existe un mayor número de visitas a los árboles en la época lluviosa que en la época seca. Al aumentar la disponibilidad y la calidad del recurso árbol en las pasturas, las vacas hacen mas uso de este, pero si el recurso no es lo suficientemente bueno, las vacas han de utilizarlo menos. En la época lluviosa, cuando los árboles deciduos y semideciduos han recuperado sus hojas y la densidad de las copas es mayor los arboles se vuelven mas atractivos para las vacas, esto se ve claramente en el hecho que las vacas solo visitaron los árboles deciduos cuando estos tenían hojas. Para las bajas coberturas se muestra un marcado incremento del tiempo promedio bajo los árboles de la época seca a la lluviosa. Se presenta, una interacción entre la categoría de cobertura y el período del año. En esta interacción no se presentan diferencias muy marcadas entre las coberturas medias y altas, reforzando la idea que las variaciones diarias de temperatura y radiacion son las que determinan los patrones de movimiento y comportamiento.

A lo largo del día, independientemente del nivel de cobertura arbórea y del periodo del año, las vacas pasaran mas tiempo bajo los árboles a las horas mas calientes, donde los valores del I.T.H. son mayores. Gracias a los valores observacionales, se pudo constatar que en su mayoría las visitas a los árboles son en busca de protección y no de alimentación, por tal razón no es de extrañarse que sea a las horas mas bochornosas del día, cuando las vacas pasan más tiempo bajo los árboles.

La visita a los árboles tambien sigue la misma tendencia de las variaciones diarias de temperatura, presentandose valores más altos al medio día y menores tanto en la mañana como en la tarde.

## 5.4. Preferencias por rasgos y grupos funcionales

### 5.4.1. *Rasgos funcionales*

A partir de los datos observados, fue posible distinguir que las vacas están utilizando el recurso árbol más para protección que para alimentación; los registros muestran proporciones significativamente más bajas para alimentación que para protección. Esto posiblemente se deba a que ellas agotan rápidamente los frutos y brotes de buena calidad, por la escasez de pasto en los potreros durante la época seca. De todos los rasgos evaluados en los potreros, aquellos relacionados con calidad de sombra y regulación de la temperatura ambiental son los que presentaron correlaciones positivas con el tiempo que las vacas pasan bajo los árboles. Por ejemplo, al incrementarse el área de la copa y el grosor de las hojas, se presenta un mayor número de visitas a los árboles. El grosor de la hoja, no solo podría ser atractivo para la alimentación del ganado, también en teoría debería reducir la cantidad de la luz que pasa a través de ellas, volviendo el área bajo la copa un poco más oscura para el ganado. Kendall (2006), Holtung (2008) y Blackshaw y Blackshaw (1994) señalan que para el ganado, la reducción de la intensidad de la radiación solar también es un factor de mucha importancia a la hora de seleccionar sombras para su protección, seleccionando siempre aquellas estructuras de sombra que mejor bloqueen la luz.

La altura de la primera rama se relaciona a un mayor número de visitas de las vacas cuando esta posee valores intermedios; es decir cuando las primeras ramas no son ni muy altas ni muy bajas; no obstante al analizar los valores de altura de mayor preferencia del ganado es posible ver que son bastante más altos que lo que podrían alcanzar para comerlas y por esa razón, es posible concluir que la selección de estas alturas se debe a una más eficiente regulación térmica y reducción de los niveles de radiación cuando las ramas no son ni muy bajas ni muy altas.

Las vacas prefieren más los árboles siempre verdes mientras que los deciduos son evitados, por tal razón un incremento de las especies semidecíduas y siempre verdes, podría incrementar el uso que las vacas hacen de los árboles en los potreros. Esto indica en cierta medida que la importancia de los árboles para las vacas radica en el grado de protección que ofrecen.

Los árboles deciduos son visitados únicamente cuando han recuperado su cobertura arbórea a mediados o finales de la época lluviosa.

#### **5.4.2. Grupos funcionales**

La preferencia de las vacas por los grupos funcionales varía entre las horas del día, así como entre los diferentes períodos del año. Los grupos funcionales que ofrecen mayor protección serán visitados a las horas más calientes del día, pero también son los más visitados a lo largo del año. En la zona de estudio, especies como *Cordia collococca*, *Spondias mombin*, *Albizia saman*, *Albizia guachapele*, *Guazuma ulmifolia* y *Enterolobium cyclocarpum* corresponden al grupo de las más usadas para protección, que además bien manejadas podrían generar alimento suplementario para el ganado. Este patrón de selección de buena sombra ha sido claramente observado por Blackshaw (1994), cuando al probar preferencia de las vacas por sombras artificiales, siempre visitaron con mayor frecuencia las que reducían más el efecto de la temperatura ambiental y la radiación.

Los grupos funcionales conformados son claramente diferentes entre ellos en la medida que ofrecen un grado diferente de protección a las vacas. Estos grupos fueron conformados basados únicamente en aquellos rasgos que más se relacionan con la protección, ya que mayoritariamente las vacas usan los árboles para protección.

La calidad, tamaño de la sombra y la deciduosidad, determina la preferencia de las vacas por los árboles a lo largo del año. Durante la época seca, las especies deciduas de copas pequeñas no son visitadas y esto se debe a que no ofrecen mayor protección que las especies siempre verdes o semideciduas con copas grandes y densidades de sombra mayores. Al entrar la época lluviosa y al haber recuperado la cobertura vegetal, los árboles deciduos, se vuelven atractivos para las vacas, cambiando su preferencia hacia estas especies, posiblemente como una manera de salir de la rutina de todo el año. Las especies que corresponden al grupo de las deciduas en la zona de estudio son *Cassia grandis*, *Gliricidia sepium* y *Albizia niopoides*, muy reconocidas por tener hojas muy gustadas por las vacas, lo que podría justificar que las visiten cuando tienen hojas, más que a otras especies de otros grupos funcionales.

### ***5.4.3. Comportamiento de las vacas y su relación con los grupos funcionales***

Se muestra claramente que las actividades de pastoreo se asocian a los lugares donde no hay cobertura arbórea y se da principalmente en la mañana así como en la tarde. El pastoreo decrece en las horas del medio día, ya que las condiciones ambientales se vuelven muy críticas para las vacas y el sol golpea fuertemente los potreros. Cuando las vacas necesitan descansar (a medio día que las condiciones ambientales son mas críticas), visitaran los árboles que ofrecen mejor sombra y mayor área de sombra y se echaran o permanecerán en pie hasta que la temperatura decrezca y reinicien sus actividades de pastoreo a pleno sol. Las vacas que pastorearon a medio día, lo hacen bajo las copas de los árboles con menor densidad de sombra, donde el pasto tiene mas posibilidades de crecer, o lo hacen del lado de los arboles donde se proyecta la sombra durante esa hora del día. Esquivel (2007) señala que las especies de árboles mas frondosas tienden a reducir la biomasa de las pasturas considerablemente, mientras que aquellas con copas menos densas permiten el crecimiento de buen pasto. Lo antes mencionado da oportunidad a las vacas de pastorear mientras se protegen de la radiación, que es justamente lo que se ve en los resultados de este estudio, donde bajo las especies de árboles del GF2, que posee bajas densidad de copa, es donde se da el pastoreo bajo copas a las horas del medio día.

Según indica Rogalski (1975), si las condiciones fueran mas favorecedoras para las vacas a las horas del medio día, y existiera disponibilidad de buen pasto bajo las copas, posiblemente pastorearían mas durante el medio día, y al hacer esto podría verse un incremento en la productividad de las fincas, como lo señala Mitlohner *et al.* (2003). Pero la disposición de estos árboles en los potreros debe permitir a las vacas recorrer el potrero en búsqueda de pasto en horas y épocas muy calientes sin generar estrés calórico (Mader 2003).

El ramoneo y el caminado puede ocurrir en cualquier momento del día, pero nunca el caminado durante el medio día. Como se dijo anteriormente, este patrón de comportamiento no se ve afectado por la época del año, ya que la temperatura y la humedad relativa mantiene una relación muy complementaria a lo largo del año, haciendo

que el índice de temperatura y humedad no varíe significativamente.

## 6. CONCLUSIONES

- Los patrones de movimiento están fuertemente asociadas a las horas del día y no se ven claramente afectados por los cambios estacionales.
- La hora del día determina fuertemente el tiempo que las vacas pasarán bajo las copas de los árboles, pero se muestra también un mayor uso de los árboles en la época lluviosa.
- Es de vital importancia mantener una alta diversidad funcional de árboles en los potreros, ya que las vacas hacen uso de todos los árboles en algún momento del día o del año.
- Especies como *et al. Cordia collococca, spondias mombin, Albizia saman, Albizia guachapele, Guazuma ulmifolia y Enterolobium cyclocarpum* corresponden al grupo de las especies de árboles más usadas para protección a las horas más calientes del día.
- *Cassia grandis, Gliricidia sepium y albizia niopoides*, que son especies deciduas son utilizadas por las vacas una vez que han recuperado sus hojas; estas especies además ofrecen alimento de buena calidad para las vacas, por tal razón se considera de vital importancia mantenerlas en los potreros, aunque en la época seca no sean utilizadas.
- Las diferentes actividades realizadas por las vacas también están determinadas por las horas del día, repitiéndose el patrón a lo largo del año.
- Las vacas prefieren pastorear bajo especies con copas pequeñas y no muy densas y se protegen en especies con copas grandes y sombras densas.

## 7. RECOMENDACIONES

- Continuar investigaciones en potreros grandes con un mapeo intensivo de la distribución espacial del pasto.
- Incorporar aspectos de productividad de las vacas en los estudios y relacionarlos con los patrones de movimiento.
- Conservar árboles deciduos en los potreros, ya que estos no afectaran los pastos en la época seca, y realizar podas de las copas de los árboles siempre verdes durante la época lluviosa para mantener los niveles de cobertura y no afectar la producción de pastos.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Beer, J; Harvey, C; Ibrahim, M; Harmand, J; Somarriba, E; Jiménez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas* 10(37-38):80.
- 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 Matagalpa, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40):47-51.
- Blackshaw, J; Allan, D; McGreevy, P. 2003a. Notes on some topics in applied animal behaviour. 3 ed. St. Lucia, Brisbane, Queensland, 4067, Australia., School of Veterinary Science, University of Queensland. 757.
- Carvalho, M. 1997. Asociaciones de pasturas con árboles en la región centro sur del Brasil. *Agroforestería en las Américas* 4(5).
- Casasola, F; Ibrahim, M; Harvey, C; Kleinm, C. 2001. Caracterización y productividad de sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 8(30):17-20.
- Cornelissen, JHC; Lavorel, S; Garnier, E; Díaz, S; Buchmann, N; Gurvich, DE; Reich, PB; Steege, HT; Morgan, HD; Heijden, MGAvd; Pausas, JG; Poorter, H. 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51(4):335-380.
- Drugociu, G; Runceanu, L; Nicorici, R; Hritcu, V; Pascal, S. 1977. Nervous typology of cows as a determining factor of reproductive and productive behaviour. *Anim. Breed* 45:1262.
- Dudzinski, M; Müller, W; Low, W; Schuh, H. 1982. Relationship between dispersion behaviour of free-ranging cattle and forage conditions. *Applied Animal Ethology* 8(3):225-241.

- Esquivel, H; Ibrahim, M; Harvey, C; Villanueva, C; Benjamin, T; Sinclair, F. 2003. *Arboles dispersos en potreros de fincas ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. Agroforestería en las Américas* 10(39-40):24-29.
- FAO. 2007. *Gridded Livestock of the world 2007*. Rome, Italy, FAO. 131.
- Fernández, E; Mosquera, M; Rigueiro, A. 2009. *Silvopastoral systems: effects on alpha and beta biodiversity eleven years after establishment. Grassland Science in Europe, Volume 14*:95-98.
- Finch, VA. 1986. *Body Temperature in Beef Cattle: Its Control and Relevance to Production in the Tropics. J. Anim Sci.* 62(2):531-542. Disponible en <http://jas.fass.org/cgi/content/abstract/62/2/531>
- Franklin, DH; Cabrera, ML; Byers, HL; Matthews, MK; Andrae, JG; Radcliffe, DE; McCann, MA; Kuykendall, HA; Hoveland, CS; Calvert, VH, II. 2009. *Impact of water troughs on cattle use of riparian zones in the Georgia Piedmont in the United States. J. Anim Sci.* 87(6):2151-2159. Disponible en <http://jas.fass.org/cgi/content/abstract/87/6/2151>
- Ganskopp, D; Cruz, R; Johnson, DE. 2000. *Least-effort pathways?: a GIS analysis of livestock trails in rugged terrain. Applied Animal Behaviour Science* 68(3):179-190. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T48-4066S48-1/2/d1c7c1a05d4ea4c09b79aef1c8b8c6ac>
- García, F. 2003. *Efecto de la cobertura arbórea en potreros y el estado de lactancia, sobre el comportamiento diurno de ganado doble propósito manejado bajo pastoreo en el trópico sub-humedo Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE.* 115 p.
- Guo, Y; Poulton, G; Corke, P; Bishop-Hurley, GJ; Wark, T; Swain, DL. 2009. *Using accelerometer, high sample rate GPS and magnetometer data to develop a cattle movement and behaviour model. Ecological Modelling* 220(17):2068-2075. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VBS-4WJ8FH8-1/2/fe057361b05361ed1ec7c62c40e4cca4>

- Hahn, G. 1997. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *Journal of Animal Science* 77(suppl 2):10.
- Ittner, NR; Kelly, CF. 1951. Cattle Shades. *J. Anim Sci.* 10(1):184-194. Disponible en <http://jas.fass.org/cgi/content/abstract/10/1/184>
- LeÛn, EA; Stevenson, MA; Duffy, SJ; Ledesma, M; Morris, RS. 2006. A description of cattle movements in two departments of Buenos Aires province, Argentina. *Preventive Veterinary Medicine* 76(1-2):109-120. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6TBK-4K5SSWY-2/2/ad2f1f70f792599dced273c9f6b4be12>
- López, F; López, M; Gómez, R; Harvey, CA; Villanueva, C; Gobbi, J; Ibrahim, M; Sinclair, FL. 2007. Tree cover and profits in cattle farms in Rivas and Matiguás, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* (45):101-108.
- Mader, TL; Holt, SM; Hahn, GL; Davis, MS; Spiers, DE. 2002. Feeding strategies for managing heat load in feedlot cattle. *J. Anim Sci.* 80(9):2373-2382. Disponible en <http://jas.fass.org/cgi/content/abstract/80/9/2373>
- Mader, TL. 2003. Environmental stress in confined beef cattle. *J. Anim Sci.* 81(14\_suppl\_2):E110-119. Disponible en [http://jas.fass.org/cgi/content/abstract/81/14\\_suppl\\_2/E110](http://jas.fass.org/cgi/content/abstract/81/14_suppl_2/E110)
- Mader, TL; Davis, MS; Brown-Brandl, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim Sci.* 84(3):712-719. Disponible en <http://jas.fass.org/cgi/content/abstract/84/3/712>
- Manning, A; Gibbons, P; Lindenmayer, D. 2009. Scattered trees: a complementary strategy for facilitating adaptive responses to climate change in modified landscapes? *Journal of Applied Ecology* 46(4):915-919.
- Mitlohner, FM; Morrow, JL; Dailey, JW; Wilson, SC; Galyean, ML; Miller, MF; McGlone, JJ. 2001. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *J. Anim Sci.* 79(9):2327-2335. Disponible en <http://jas.fass.org/cgi/content/abstract/79/9/2327>

- Mitlohner, FM; Galyean, ML; McGlone, JJ. 2002. Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. *J. Anim Sci.* 80 ( 8 ) : 2 0 4 3 - 2 0 5 0 . Disponible en <http://jas.fass.org/cgi/content/abstract/80/8/2043>
- Morrison, SR. 1983. Ruminant Heat Stress: Effect on Production and Means of Alleviation. *J. Anim Sci.* 57 ( 6 ) : 1 5 9 4 - 1 6 0 0 . Disponible en <http://jas.fass.org/cgi/content/abstract/57/6/1594>
- Ospina, S. 2005. Rasgos funcionales de las plantas herbáceas y arbustivas y su relación con el régimen de pastoreo y la fertilidad edáfica en Muy Muy, Nicaragua. *Herbaceous and woody plant functional traits and its relation with the grazing regimen and the soil fertility in Muy Muy, Nicaragua. . Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica, CATIE.* 88 p.
- Pickett, STA. 1985. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics.* London, Academic Press, Inc. xiv + 472pp.
- Putfarken, D; Dengler, Jr; Lehmann, S; Hordtle, W. 2008. Site use of grazing cattle and sheep in a large-scale pasture landscape: A GPS/GIS assessment. *Applied Animal Behaviour Science* 111 ( 1 - 2 ) : 5 4 - 6 7 . Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T48-4P2B3W9-2/2/f685dc1ccd6db8626b97097cf3211d5c>
- Restrepo, C; Ibrahim, M; Harvey, C; Harmand, M; Morales, J. 2004. Relaciones entre la cobertura arbórea en potreros y la producción bovina en fincas ganaderas en el trópico seco, Cañas, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 11(41-42):29-36.
- Robert, B; White, BJ; Renter, DG; Larson, RL. Evaluation of three-dimensional accelerometers to monitor and classify behavior patterns in cattle. *Computers and Electronics in Agriculture* 67(1-2):80-84. Consultado 2009/7//. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T5M-4W4BMCK-1/2/0364d355b77cb89ecb326c89985a0a14>
- Sánchez, D; López, M; Medina, A; Gómez, R; Harvey, C; Vilchez, S; Hernández, B; López, F; Joya, M; Sinclair, F. ? Importancia Ecológica y Socioeconómica de la

- Cobertura Arbórea en un Paisaje Fragmentado de Bosque Seco de Belén, Rivas, Nicaragua. Encuentro (68).
- Schlecht, E; Hulsebusch, C; Mahler, F; Becker, K. 2004. The use of differentially corrected global positioning system to monitor activities of cattle at pasture. *Applied Animal Behaviour Science* 85(3-4):185-202. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T48-4BGHHYR-1/2/4729fa66cd508b1576e9b7f87d3fbbcf>
- Schütz, KE; Cox, NR; Matthews, LR. 2008. How important is shade to dairy cattle? Choice between shade or lying following different levels of lying deprivation. *Applied Animal Behaviour Science* 114(3-4):307-318. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T48-4SHFSDP-1/2/e7b896fee02fb9677c48baf1c8ebde51>
- Schütz, KE; Rogers, AR; Cox, NR; Tucker, CB. 2009. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: Shade use, behaviour, and body temperature. *Applied Animal Behaviour Science* 116(1):28-34. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T48-4T8TW2C-2/2/b0fdff011fd8a5dbc59d5427b79b5d3e>
- Schwager, M; Anderson, DM; Butler, Z; Rus, D. 2007. Robust classification of animal tracking data. *Computers and Electronics in Agriculture* 56(1):46-59. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T5M-4MYF5XP-2/2/590d3b039b4d7537a506a8310c93e237>
- Steinfeld, H; Gerber, P; Wassenaar, T; Castel, V; Rosales, M; Haan, Cd. 2006. Livestock's long shadow: environmental issues and options. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). xxiv + 390 pp.
- Tobar, D; Ibrahim, M. 2010. Las cercas vivas ayudan a la conservación de la diversidad de mariposas en paisajes agropecuarios? *Rev. biol. trop* 58(1):447-463.
- Tucker, CB; Rogers, AR; Schütz, KE. 2008. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system.

Applied Animal Behaviour Science 109(2-4):141-154. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T48-4NSPVR4-1/2/4d0742a6ba060bc82451ce92e1cd4903>

- Villanueva, C; Tobar, D; Ibrahim, M; Casasola, F; Barrantes, J; Arguedas, R. 2007. Dispersed trees in pastures of cattle farms in the Central Pacific region of Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* (45):12-20.
- Violle, C; Lecoœur, J; Navas, ML. 2007. How relevant are instantaneous measurements for assessing resource depletion under plant cover? A test on light and soil water availability in 18 herbaceous communities. *Functional Ecology* 21(2):185-190.
- Diaz, S., Cabido, M., (2001). Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution* 16(11):646-654
- Lavorel, S., Garnier, E., (2002). Predicting changes in community composition and ecosystem functional from plants traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology* 16:545-556.
- Ungar, E., Henkin, Z., Gutman, M., Dolev, A., Genizi, A., Ganskopp, D., (2005). Inference of Animal Activity From GPS Collar Data on Free-Ranging Cattle. *Rangeland Ecology. y Management*. [doi: 10.2111/1551-5028(2005)58(256:IOAAFG)2.0.CO;2]. May 2005, Vol. 58, No. 3, pp. 256-266