



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
ESCUELA DE POSGRADO

Contribución de las cercas vivas para controlar el estrés calórico en
vacas lecheras en el trópico húmedo de Costa Rica

por

Pedro Roberto Argeñal Vega

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado
como requisito para optar por el grado de

Magister Scientiae en Agroforestería Tropical

Turrialba, Costa Rica, 2011

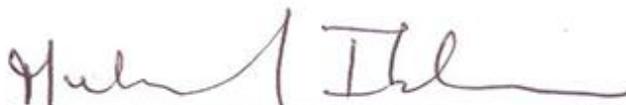
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE EN AGROFORESTERÍA TROPICAL

FIRMANTES:



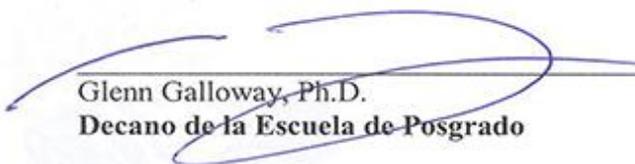
Cristóbal Villanueva, M.Sc.
Consejero Principal



Muhammad Ibrahim, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Francisco Casasola, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado

Pedro Roberto Argeñal Vega
Candidato

DEDICATORIA

A mi madre (Q.E.P.D), por sus sacrificios y por enseñarme el amor al estudio

A mis hermanas Reyna Mercedes, Brenda Patricia.

A mis hijos: Carlos Fernando, Isabella Andrea, Fadir Antonio y Valeria Alexandra con mucho cariño.

A mis hermanas Reyna Mercedes, Brenda Patricia y a todos mis amigos y compañeros de maestrías.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme permitido esta oportunidad de realizar mis estudios de maestrías en el CATIE.

A mi familia por su enorme esfuerzo, para culminar mi estudio y el apoyo la confianza depositada en esta etapa importante de mi vida profesional.

Al ministerio de educación de Nicaragua, a la señora Navy Machado, con gentileza ayudo a la gestión de mis documentos.

Agradezco a la Organización de Estados Americanos (OEA), por el apoyo financiero para culminar la maestría en el CATIE.

A los miembros del comité: Cristóbal Villanueva M.Sc, Ph.D. Muhammad Ibrahim y Francisco Casasola M.Sc, quienes me apoyaron decididamente a la terminación del presente trabajo.

A la gerencia, personal administrativo y de campo de la finca del CATIE por su gran apoyo en la realización del presente trabajo de investigación.

A todos mis compañeros y amigos por compartir ideas y opiniones.

A todo aquellas personas que desinteresadamente colaboraron en este proyecto.

Que DIOS los bendiga.

BIOGRAFÍA

El autor nació en la ciudad de León, Departamento de León, Nicaragua el 22 de febrero de 1975. Estudió en la Escuela Oscar Barrantes y luego en el Colegio San Ramón de Nonato donde culminó sus estudios de bachillerato durante el periodo 1989-1993.

Posteriormente, ingreso a la Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, Nicaragua, donde obtuvo el título de Ingeniero Forestal en el periodo de 1994-1999. Luego trabajo en el Instituto de Investigación y Desarrollo (Nitlapan-UCA), desde el año 2000 hasta el 2007. En los primeros años ocupó el cargo de asistente técnico de campo, luego del año 2004-2007 trabajó como asistente local del Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas.

En el año 2008 inicia sus estudios de maestría en Agroforestería Tropical en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Donde fue becado por la Organización de Estados Americanos (OEA) y finalizó sus estudios en el año 2011.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
BIOGRAFÍA	V
CONTENIDO	VI
RESUMEN.....	VIII
SUMMARY	X
ÍNDICE DE CUADROS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS	XV
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	2
1.1.1 Objetivo general	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
1.2 HIPÓTESIS DEL ESTUDIO	3
1.3 REVISIÓN DE LITERATURA	3
1.3.1 Los árboles en línea	3
1.3.2 ¿Qué son las cercas vivas?.....	4
1.3.3 Composición, riqueza, diversidad y estructura de las cercas vivas	5
1.3.4 Beneficios ecológicos y económicos	8
1.3.5 Manejo y beneficios productivos de las cercas vivas	11
1.3.6 Estrés térmico en clima cálido.....	12
1.3.7 Temperatura corporal	14
1.3.8 Tasa respiratoria	15
1.3.9 Métodos para determinar disponibilidad de pasto.....	16
1.4 BIBLIOGRAFÍA	17
2 ARTICULO 1. CARACTERIZACIÓN DE LAS CERCAS VIVAS EN LA FINCA AGROPECUARIA DEL CATIE	25
2.1 INTRODUCCIÓN.....	26
2.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
2.2.1 Descripción del área de estudio.....	27
2.2.2 Caracterización de las cercas vivas	28
2.2.3 Análisis de la información.....	29
2.3 RESULTADOS	29
2.3.1 Composición, riqueza, abundancia y diversidad	29
2.3.2 Estructura de las cercas vivas	34
2.4 DISCUSIÓN.....	37
2.4.1 Características de las cercas vivas	37
2.5 CONCLUSIONES.....	39

2.6	RECOMENDACIONES	40
2.7	IMPLICACIONES DEL ESTUDIO	41
2.8	BIBLIOGRAFÍA	42
3	Artículo 2. EFECTO DE LA SOMBRA DE CERCAS VIVAS EN EL COMPORTAMIENTO ANIMAL, LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y LA DISPONIBILIDAD DE PASTO EN SISTEMAS GANADEROS.....	45
3.1	INTRODUCCIÓN.....	47
3.2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
3.2.1	Descripción del área de estudio	48
3.2.2	Selección de los tratamientos y las áreas experimentales.....	50
3.2.3	Selección y manejo de los animales	53
3.2.4	Disponibilidad de pastos.....	54
3.2.5	Carga animal del área usada por el lote de vacas en producción	54
3.2.6	Variables ambientales.....	54
3.2.7	Variables fisiológicas de los animales.....	55
3.2.8	Comportamiento animal	56
3.2.9	Producción de leche.....	56
3.2.10	Análisis estadísticos.....	56
3.3	RESULTADOS	58
3.3.1	Disponibilidad de Pastos	58
3.3.2	Carga animal y manejo de los apartos	60
3.3.3	Índice de Temperatura Ambiental (ITH).....	61
3.3.4	Temperatura Rectal y tasa respiratoria	62
3.3.5	Comportamiento animal	64
3.3.6	Producción de leche.....	67
3.4	DISCUSIÓN.....	69
3.4.1	Efecto de la sombra de las cercas vivas sobre la disponibilidad de pasto	69
3.4.2	Factores ambientales y su relación con el estrés calórico	70
3.4.3	Beneficio de la sombra de cercas vivas para controlar el estrés calórico.....	71
3.4.4	Cambios de comportamiento.....	73
3.4.5	Producción de leche en respuesta a las condiciones climáticas.....	74
3.5	CONCLUSIONES.....	75
3.6	RECOMENDACIONES	76
3.7	IMPLICACIONES DEL ESTUDIO	76
3.8	BIBLIOGRAFÍA	77
4	ANEXOS	82

Argeñal Vega, P. 2011. Contribución de las cercas vivas para controlar el estrés calórico en vacas lecheras en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 89 p.

Palabras clave: Cobertura arbórea, índice de temperatura y humedad, riqueza, sombra.

RESUMEN

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica. En el primer artículo el objetivo fue conocer la composición, riqueza, diversidad y estructura de las cercas vivas en la finca del CATIE. Se realizó un inventario forestal de las cercas vivas internas y externas en la finca Agropecuaria, en cada una se tomó los puntos extremos con el uso del GPS para su ubicación dentro de la finca y determinar la longitud. Luego fueron seleccionadas 33 cercas vivas internas y 29 cercas vivas externas, en las cuales se recolectó la información siguiente: conteo e identificación de cada especie, diámetro a la altura de pecho, altura total y el radio de copa. En el inventario forestal se identificaron 138 cercas vivas (25.3 km); también, se encontraron 41 cercas muertas (6.0 km) que tienen potencial para convertirse en cercas vivas para aumentar los beneficios económicos y ecológicos para la finca y el Agropaisaje por medio de este sistemas silvopastoril. En el total de cercas de la finca, el 58.6 % corresponde a las cercas vivas internas, 18.4 % a las cercas vivas externas y 22.9 % a las cercas muertas. La longitud promedio por tipo de cerca fue 166.6 m, 301.78 m y 146.5 m para las cercas vivas internas, externas y cercas muertas respectivamente. En el inventario se encontraron 4256 individuos pertenecientes a 28 especies arbóreas que se distribuyen en 15 familias. Las mayorías de los individuos presentes en las cercas vivas pertenecen a cuatro especies que representan el 90.1% del total de individuos inventariados. Las especies dominantes fueron *Erythrina fusca lour* (45.8%), *Gliricidia sepium* (16.8%), *Erythrina costaricensis* (17.5%) y *Trichantera gigantea* (9.94%). El segundo artículo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la sombra de las cercas vivas, sobre la disponibilidad de pastos, las variables fisiológicas (temperatura rectal y tasa respiratoria), comportamiento animal (pastoreo, descanso y rumia), y producción de leche de vacas lecheras. En cuanto a la disponibilidad de pastos, en ambas épocas (invierno y verano) los potreros sin cercas vivas tuvieron la mayor disponibilidad en comparación a los potreros con cercas vivas (1275.74 vs 1095.93 kg MS/ha/ciclo en invierno; 1356.75 vs 1254.70 kg MS/ha/ciclo en verano). La carga animal en la época de verano es más baja respecto a la época de invierno, debido a que a partir de esta

fecha se incrementa el número de vacas paridas en la finca pasando la carga animal de 3.8 UA/ha en la época de verano a 4.2 UA/ha en la época de invierno. El cual es el rango de carga animal que maneja la finca a lo largo del año. El ITH se obtuvo de los valores de la temperatura ambiental y humedad relativa, el cual indica cuando se produce estrés calórico en función de las variables ambientales mencionadas. Los resultados reflejan que hubo leve estrés calórico (ITH 74-79) a partir de las 11:00 am en la época de verano y a partir de las 9:00 am en el invierno donde la humedad relativa alta tiene una influencia importante. Eso significa que bajo estas condiciones es necesaria la sombra (especialmente de árboles) para el ganado para mitigar dicho estrés; también, se puede estabular el ganado a partir de las 11:00 am que es lo que implementa la finca con el fin de evitar alcanzar niveles medios (ITH 80-83) o severos (ITH > 84) de estrés en los animales. Tanto en la época de verano e invierno en los potreros con cercas vivas las vacas presentaron una temperatura rectal menor ($p=0.0001$) en comparación a lo que sucedió en potreros sin cercas vivas (38.87 ± 0.03 vs 39.00 ± 0.04 °C en verano; 38.9 ± 0.03 vs 39.24 ± 0.03 °C en invierno). La tasa respiratoria a las 11:00 am presentó diferencia significativa ($p=0.0001$) entre potreros con y sin cercas vivas para la época de verano e invierno, donde la vacas en potreros con cercas vivas tuvieron una menor tasa respiratoria (71.04 ± 0.81 vs 74.35 ± 1.14 respiraciones/min en verano; 76.28 ± 0.68 vs 80.94 ± 0.62 respiraciones/min en invierno). La producción de leche promedio (kg/vaca/día) durante los seis meses del estudio, fue mayor en los potreros con cercas vivas (varió de 15.02 a 18.11) en comparación a los potreros sin cercas vivas (varió de 14.77 a 17.9 kg/vaca/día). Por lo tanto, los resultados muestran que las vacas que pastorean en los apartos (potreros) con cercas vivas presentan una mayor producción de leche y mayor confort para reducir el estrés calórico. Esto implica el potencial que tienen las cercas vivas en fincas ganaderas para reducir los efectos del estrés calórico para mantener e incrementar la producción de leche. Además, de los beneficios en la parte reproductiva que reporta la literatura. Sin olvidar el potencial para la producción de productos maderables y no maderables, y los beneficios ecológicos como secuestro de carbono y la conservación de la biodiversidad.

Argeñal Vega, P. 2011. Contribution of live fences to control the heat stress in dairy cows in the humid tropic of Costa Rica. Thesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 89 p.

Key words: richness, shade, temperature and humidity index, tree cover.

SUMMARY

The research was conducted at CATIE Agricultural farm, on Turrialba, Costa Rica. The first article determine the composition, richness, diversity and structure of hedgerows on the farm. Forest inventory was conducted of internal and external hedges in the agricultural farm, each took the end points with the use of GPS for location within the property and determine the length. They were then selected 33 internal hedges and 29 external hedges, which was collected the following information: counting and identifying species, diameter at breast height, total height and radius of glass. The forest inventory identified 138 hedges (25.3 km) also found 41 dead fences (6.0 km) that have the potential to become living fences to increase economic and environmental benefits for the farm and through this silvopastoral systems. In total fencing of the property, 58.6% corresponds to the internal hedges, fences 18.4% and 22.9% live outside the fences dead. The average length by type of fence was 166.6 m, 146.5 m to 301.78 m and live fences and dead fences respectively. The 4256 inventory were individuals belonging to 28 tree species distributed in 15 families. The majority of individuals present in the hedges belonging to four species representing 90.1% of individuals inventoried. The dominant species were *Erythrina fusca Lour* (45.8%), *Gliricidia sepium* (16.8%), *Erythrina costaricensis* (17.5%) and *Trichantera gigantea* (9.94%). The second article was to evaluated the effects of the shadow of the live fences, pasture availability, physiological variables (rectal temperature and respiratory rate), animal behavior (grazing, rest and rumination), and milk production of dairy cows. Regarding the availability of pasture, in both seasons (winter and summer) unfenced pastures had the highest live availability compared to pastures with fences (1275.74 vs 1095.93 kg MS/ha/cycle in winter, 1356.75 vs 1254.70 kg MS /ha /cycle in summer). The stocking rate in the summer is low compared to the winter time, because from this date to increase the number of milk cows on the farm from the stocking of 3.8 AU / ha in the summer to 4.2 AU / ha in the winter time. Which is the range of stocking that manages the farm along the year. The ITH is obtained from the values of temperature and relative humidity, which indicates when there is heat stress based on the environmental

variables mentioned. The results show that there was mild heat stress (THI 74-79) starting at 11:00 am in the summer and from 9:00 am in the winter where the high relative humidity has an important influence. This means that under these conditions is necessary in the shade (especially trees) for the cattle to mitigate this stress, too, can be penning cattle from 11:00 am that's what the farm implements in order to avoid achieve average levels (ITH 80-83) or severe (THI> 84) of stress in animals. Both in the summer and winter pastures with cows fences had a lower rectal temperature ($p = 0.0001$) compared to what happened in paddocks without live fences (38.87 ± 0.03 vs 39.00 ± 0.04 ° C in summer, 38.9 ± 0.03 vs 39.24 ± 0.03 ° C in winter). The respiratory rate at 11:00 am presented significant difference ($p = 0.0001$) between pastures with and without live fences for summer and winter season, where the cows to pasture with live fences had a lower respiratory rate (71.04 ± 0.81 vs 74.35 ± 1.14 breaths / min in summer, 76.28 ± 0.68 vs 80.94 ± 0.62 breaths / min in winter). The average milk yield (kg /cow /day) during the six-month study, was higher in pastures with live fences (ranged from 15.02 to 18.11) compared to the fields without live fences (ranged from 14.77 to 17.9 kg / cow / day). Therefore, the results show that cows that graze in the paddocks (paddocks) with live fences have a higher milk production and greater comfort to reduce heat stress. This implies the potential for living fences on cattle farms to reduce the effects of heat stress to maintain and increase milk production, in addition to the reproductive benefits reported by the literature. Also the potential for the production of timber and non-timber and ecological benefits such as carbon sequestration and biodiversity conservation.

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1. Composición de especies de cercas vivas de Río Frío, Cañas, Rivas y Matiguás.</i>	6
<i>Cuadro 2. Composición de especies de cercas vivas de Río Frío, Cañas, Rivas y Matiguás.</i>	6
<i>Cuadro 3. Medias (\pmEE) de las variables estructurales para la combinación los factores diversidad arbórea y conexión al bosque de las cercas vivas de Matiguás, Nicaragua.</i>	7
<i>Cuadro 4. Distribución porcentual total de las cercas vivas en la finca Agropecuaria del CATIE, Costa Rica.</i>	30
<i>Cuadro 5. Especies comunes en las cercas vivas internas y externas en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica.</i>	31
<i>Cuadro 6. Características de las cercas vivas y cercas muertas según las variables evaluadas en la finca Agropecuaria del CATIE.</i>	36
<i>Cuadro 7. Comparaciones de media con LSD de Fisher para las variables DAP, altura total y diámetro de copa para la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica.</i>	36
<i>Cuadro 8. Lista de potreros seleccionados, su tamaño y cobertura arbórea. Finca agropecuaria del CATIE.</i>	51
<i>Cuadro 9. Carga animal promedio en los diferentes meses de estudio en la finca Agropecuaria, CATIE, Turrialba, Costa Rica.</i>	61
<i>Cuadro 10. Valores promedio para Índice de Temperatura y Humedad (ITH) en la finca del CATIE.</i>	61
<i>Cuadro 11. Promedio y error estándar (EE) de las variables fisiológicas (temperatura rectal y tasa respiratoria) en vacas lecheras en potreros con y sin cercas vivas durante el verano e invierno en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba. Costa Rica.</i>	63

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Roles productivo y ecológico de las cercas vivas en los paisajes.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2. Localización del área de la finca agropecuaria, CATIE, Turrialba, Costa Rica..</i>	<i>288</i>
<i>Figura 3. Número total de individuos inventariados en las cercas vivas internas e externas, en la finca Agropecuaria, CATIE. Costa Rica</i>	<i>322</i>
<i>Figura 4. Riqueza de las especies arbóreas en las cercas vivas de la finca Agropecuaria, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Cercas vivas internas (n=29), cercas vivas externas (n=26).</i>	<i>333</i>
<i>Figura 5. Índice de Shannon de las especies arbóreas en las cercas vivas en base al número total de árboles inventariados en la finca Agropecuaria, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Cercas vivas internas (n=29), cercas vivas externas (n=26).</i>	<i>34</i>
<i>Figura 6. Ubicación de las cercas vivas (internas, externas y muertas), en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Cercas vivas internas (n=29), cercas vivas externas (n=26).</i>	<i>355</i>
<i>Figura 7. Distribución porcentual de las clases diamétricas de los árboles en las cercas vivas de la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica.....</i>	<i>377</i>
<i>Figura 8. Localización de la finca agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica.</i>	<i>49</i>
<i>Figura 9. Distribución de la precipitación pluvial en la finca agropecuaria del CATIE para el año 2009. Turrialba, Costa Rica. Fuente: Estación meteorológica del CATIE.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 10. Ubicación y distribución de los tratamientos evaluados en los apartos en finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2009.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 11. Disponibilidad de pasto en los potreros con y sin cercas vivas durante los meses estudiados en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2009.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 12. Disponibilidad de pasto en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2009.....</i>	<i>600</i>
<i>Figura 13. Relación del Índice de Temperatura y Humedad (ITH) y la tasa respiratoria en vacas lecheras de la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba. Costa Rica.....</i>	<i>64</i>

<i>Figura 14. Localización en el espacio bidimensional de las variables ambientales temperaturas ambiental, humedad relativa, rayo ultravioleta y el comportamiento de los animales mediante el análisis de componentes principales: primer plano factorial representa un 87.1% de la varianza en la finca Agropecuaria, CATIE, Turrialba, Costa Rica.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 15. Producción de leche promedio por vaca en los diferentes meses del estudio en los potreros con y sin cerca viva en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica.....</i>	<i>688</i>
<i>Figura 16. Producción promedio de leche por vaca en los potreros con y sin cercas vivas en el verano e invierno en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica.....</i>	<i>699</i>

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

ACP: Análisis de Componentes Principales

ANDEVA: Análisis De Varianza

CA: Carga Animal

CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

CCV: Con Cercas Vivas

CM: Cercas Muertas

DAP: Diámetro a la Altura del Pecho (1.3 m)

DCA: Diseño Completamente a Alzar

EE: Error estándar

GPS: Sistemas de Posición Geográfica

HR: Humedad Relativa

ITH: Índice de Temperatura Humedad

kg: Kilogramos

km: Kilómetros

m: metros

MS: Materia Seca

mm: Milímetros

msnm: Metros Sobre el Nivel del Mar

PC: Proteína Cruda

PP: Precipitación Pluvial

SCV: Sin Cercas Vivas

UA: Unidad animal (1 UA equivale a 400 kg PV)

1 INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 40 años el área en pasturas en Centroamérica ha aumentado de 3.5 a 9.5 millones de hectárea y el inventario bovino ha pasado de 4.2 a 9.6 millones de cabezas (Kaimowitz 2001). La ganadería predominante es por medio de sistemas tradicionales relacionados con bajas productividad, rentabilidad y degradación de los recursos naturales. Sin embargo, la inclusión de árboles y arbustos significa un reto para la ganadería tropical, ya que se pretende incrementar la producción de leche y carne en forma acelerada, constante y sostenible para suplir la demanda de la población, garantizando la conservación de los recursos naturales y el ambiente (Toral y Hernández 1996).

En América Central, al igual que en otras partes del mundo, existe un aumento en la conversión de paisaje naturales en mosaicos complejos de pasturas o campos agrícolas, fragmentos de bosques y aéreas residenciales, lo que amenaza la sobrevivencia de muchas especies de plantas y animales (Harvey *et al.* 2005). La mayoría de los paisajes retienen fragmentos de bosques dispersos, así como árboles dispersos y otros remanentes de vegetación natural, sobre todos en la orillas de los ríos (Kleinn 2000; Sánchez *et al.* 2006).

Una estrategia que podría ayudar a mantener o mejorar los paisajes para tratar de revertir parte de estos desajustes ecológicos es el establecer cobertura arborea en las fincas, ya sea como árboles dispersos o como cercas vivas. En las tierras bajas del Neotrópico, por ejemplo, es común encontrar fragmentos de bosques inmersos en una matriz dominada por sistemas silvopastoriles y agrícolas en donde las cercas vivas son un componente común en la dinámica productivas (Urgirles 1996, Villafuerte 1998, Villacís 2003. Harvey *et al.* 2005).

La presencia de las cercas vivas no solo se dan en áreas biofísicamente diversas, con diferentes elevaciones, zonas ecológicas y tipos de suelo, sino también en aquellas con distintas culturas, historias de uso del suelo y producción agrícola principalmente en pasturas (Sauer 1979, Budowski 1987). Así como en algunas regiones agrícola donde la deforestación y la conversión a áreas de agricultura han sido elevadas, las cercas vivas

constituye la forma más prevalente de cobertura arbórea que permanece en el paisaje, según su composición, riqueza y estructura cumple funciones importantes para la conservación de la biodiversidad (Harvey *et al.* 2003, Sáenz *et al.* 2007).

En la mayoría de fincas ganaderas existen cercas vivas con variada composición y estructura que define su función a nivel productivo y ecológico. Aunque, en fincas lecheras la cobertura arbórea es reducida para no reducir la disponibilidad de pastos ya que en general son sistemas intensivos en el manejo y uso de pasturas. Por los tanto, se llevo a cabo el siguiente estudio para generar información de las cercas vivas en fincas lecheras en el trópico húmedo de Costa Rica, tomado como caso de estudio la finca Agropecuaria del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza(CATIE). Dicho estudio fue enfocado para conocer el estado de las cercas vivas y el efecto de la sombra sobre la producción de leche de vacas Jersey y en la disponibilidad de los pastos predominantes en los potreros del módulo lechero de dicha finca (*Cynodon nlemfuensis* y *Brachiaria radicans*).

1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1.1 Objetivo general

- Conocer el estado de las cercas vivas y la contribución de la sombra en el control del estrés calórico de vacas lecheras en el trópico húmedo de Costa Rica.

1.1.2 Objetivos específicos

- Conocer la composición, riqueza, abundancia, diversidad y estructura de las cercas vivas.
- Evaluar el efecto de la sombra de las cercas vivas sobre el comportamiento del ganado, la producción de leche y la disponibilidad de pasto en sistemas de producción de leche.

1.2 HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

- Existe variabilidad en composición, riqueza, abundancia, y estructura de las cercas vivas.
- Las cercas vivas están dominadas por dos especies de leñosas y que reciben el manejo de la poda con mucha frecuencia.
- La sombra de las cercas vivas contribuye en el incremento de la producción de leche al reducir el estrés calórico de los animales. Además, se reduce la disponibilidad de pasto en comparación a potreros a pleno sol.

1.3 REVISIÓN DE LITERATURA

1.3.1 Los árboles en línea

Según la utilidad que se le dan a los árboles en línea, estos puede ser clasificados en tres tipos de sistemas; cercas vivas, linderos y cortinas rompevientos (Méndez *et al.* 2000), es posible encontrar cercas vivas en muchos lugares del mundo, pero su apariencia, estructura y composición difieren enormemente según la región y su dinámica dentro del paisaje y estará influenciada por las actividades humanas (Burel 1996).

Las cercas vivas se pueden encontrar en linderos tanto externos e internos de las fincas ganaderas, fundamentalmente en postes o estacas de plantas con capacidad de rebrotes estos son cercas vivas. Mientras la integración de árboles maderables en cercas es para linderos o división de potreros, estos dos escenarios han sido más evolucionando en América Central, debido a la demanda de madera y a la necesidad de diversificar la productividad de la finca ganaderas (Hernández y Simón 1993). Las cortinas rompevientos son utilizadas principalmente para protección de cultivos o pastos, y su establecimiento se orienta en forma perpendicular a la dirección dominante del viento (Galloway 1987).

1.3.2 ¿Qué son las cercas vivas?

Consiste en sembrar árboles, arbustos y/o palmas en línea como soporte para el alambre de púas o liso para delimitación de la propiedad, división de potreros o usos de la tierra en la finca (Budowski 1987). Una cerca viva puede estar formada solamente de especies leñosas o de una combinación de especies leñosas con postes muertos. Generalmente las cercas vivas pueden estar asociadas con ecosistemas como; cultivos agrícolas, pasturas, otras tecnologías agroforestales y viviendas. En la cerca viva las especies leñosas actúan como poste vivo o cuenta con un sofisticado enjambre de asociaciones vegetales de especies espinosas y no palatables para el ganado y otros animales; así protegen sembrados y viviendas y dividen lotes de pasturas en rotación (Ospina 2003).

Las cercas vivas son cobertura arbórea que son comunes en las fincas ganaderas, cuyos objetivos principales es de impedir el paso de los animales (salir o entrar de las parcelas cultivadas por pasto), dividir y delimitar potreros y propiedades, proteger y cuidar cultivos y crear condiciones micro climáticas confortables y favorables para la producción animal (Ivory 1990 y Otorola 2000).

Por lo tanto, las cercas vivas constituyen una de las más sencillas tecnologías agroforestales y también una de las de mayor dispersión en nuestro continente. Debido a estos dos factores y a la importancia real y potencial en las fincas de las familias rurales, su estudio y fortalecimiento cobra vigencia en procesos de reeducación, reconversión y diversificación en fincas rurales. Las cercas vivas constituye el único elemento que rompe la monotonía de las pasturas o cultivos transitorios, el refugio único de aves, insectos y reptiles; actúan como la opción única de conectividad vertical y horizontal de manchas de bosques; el árbol de sombra y frutas del caminante y forraje para el ganado (Ospina 2008).

Entre las ventajas más comunes que presentan las cercas vivas se encuentra que 1) son fuente de alimento y sombra para el ganado, 2) proveen madera y leña para su uso como combustible y en la construcción de los hogares rurales, 3) constituyen una fuente de resinas, gomas y extractos medicinales, 4) establece límites de propiedad en

fincas y caminos, 5) sirven como fertilizante natural al descomponerse las hojas, aportando macro y micro nutrientes al suelo, 6) constituyen refugio de fauna 7) tiene vida útil larga y 8) protegen a los cultivos y animales de la acción del viento (Budowski 1993, Escalante 1998).

1.3.3 Composición, riqueza, diversidad y estructura de las cercas vivas

La composición y estructura de las cercas vivas varían de un sitio a otro y entre tipos de cercas vivas, la mayoría de las cercas vivas consisten de una o dos especies perennes leñosas aunque en algunas ocasiones se incluyen especies herbáceas que se plantan a intervalos regulares, en línea recta, adyacentes a los potreros de cultivos o lo largo de los límites de la finca (Sauer 1979). Sin embargo, algunas cercas vivas su composición, riqueza o estructura utiliza numerosas especies, de acuerdo con las condiciones climáticas y las características culturales de la región (Montagnini 1992).

Por lo tanto, es posible encontrar cercas vivas en muchos lugares del mundo, pero su apariencia, estructura y composición varía según la región y dinámica dentro del paisaje influenciando por las actividades humanas (Burel 1996).

En cuanto a la composición, estudio realizado en cuatro sitios de Agropaisajes en Centro América, dos en Costa Rica (Cañas y Río Frío), y dos en Nicaragua (Rivas y Matiguás), la región de Río Frío las cercas vivas estuvieron dominadas por la especie *Erythrina costaricensis* y *G. sepium*. En la Región de Caña las cercas vivas fueron más ricas en especies, con un promedio aproximado de cuatro especies, dentro de las cuáles dominaron *Bursera simaruba* y *Pachira quinata* (Cuadro 1). En la región de Matiguás, Nicaragua, las cercas vivas estuvieron dominadas por *Bursera simaruba*, representado poco más de la mitad de los árboles y en menor medida por *G. ulmifolia*, *Pachira quinata* y *G. sepium*. En contraste en la región de Rivas, Nicaragua las cercas vivas estuvieron compuestas por una mezcla de diferentes especies la mayoría originadas a partir de regeneración natural (Harvey *et al.* 2003).

Cuadro 1. Composición de especies de cercas vivas de Río Frío, Cañas, Rivas y Matiguás.

Cañas (n= 20974) árboles en 385 cercas vivas		Río Frío (n=3812) árboles en 409 cercas vivas		Rivas (n=1858) árboles en 71 cercas vivas		Matiguás (n= 3464) árboles en 330 cercas vivas	
Especie	% de árboles	Especie	% de árboles	Especie	% de árboles	Especie	% de árboles
<i>Bursera Simaruba</i>	54.2	<i>Erythrina costaricensis</i>	75.6	<i>Guazuma ulmifolia</i>	9.06	<i>Bursera simaruba</i>	50.1
<i>Pachira quinata</i>	27.6	<i>Gliricidia sepium</i>	11.1	<i>Cordia dentata</i>	8.44	<i>Guazuma ulmifolia</i>	8.7
<i>Ficus sp.</i>	3.8	<i>Cordia alliodora</i>	2.8	<i>Acacia collonsii</i>	7.01	<i>Pachira quinata</i>	7.1
<i>Gliricidia sepium</i>	1.9	<i>Bursera simaruba</i>	2.6	<i>Myrospermum frutescens</i>	6.67	<i>Gliricidia sepium</i>	5.5
<i>Tabebuia rosea</i>	1.9	<i>Dracaena fragrans</i>	1.8	<i>Simaruba glauca</i>	6.3	<i>Erythrina berteriana</i>	4.4

Fuente: Harvey *et al.* 2003.

Las cercas vivas según su estructura pueden ser simples y multiestratos: las primeras dominadas por una o dos especies y manejadas con podas frecuentes (al menos una vez por año) y las segundas compuestas por varias especies, con diferente estructura, usos y generalmente no son podadas (Murgueitio *et al.* 2003, Villanueva *et al.* 2008). Estudio realizado por Lang *et al.* (2007) en la zona Atlántica de Costa Rica encontró diferencias fuertes en la estructura de las cercas vivas simples y multiestratos a nivel del dap, altura total y extensión de copa (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición de especies de cercas vivas de Río Frío, Cañas, Rivas y Matiguás.

Variable	Tipo de cerca viva	
	Compleja (n=6)	Simple (n=6)
DAP promedio (cm)	16.8 ±1.2a	6.9 ±0.4 b
Altura promedio (m)	9.7 ±1.6a	4.1 ±0.4b
Extensión de la copa Promedio (m)	6.4 ±0.8a	2.1 ±0.2b
Densidad de árboles Vivos (individuos km)	504.2 ±29.5a	530.1 ±67.4 ^a

Los valores en paréntesis corresponden al error estándar. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (p<0.01).

Fuente: Lang *et al.* 2003

Las cercas vivas simples (monoespecificas) y multiestratos (diversas) tienen cierta variación en su estructura según su conexión a bosques. Ramírez (2007) en un estudio en Matiguás, Nicaragua, con zona de vida bosque sub húmedo tropical encontró que las cercas vivas multiestratos con conexión a bosque, tuvieron un diámetro a la altura del pecho mayor que las cercas multiestratos sin conexión a bosque y las versiones de cercas vivas simples (Cuadro 3).

Cuadro 3. Medias ($\pm EE$) de las variables estructurales para la combinación los factores diversidad arbórea y conexión al bosque de las cercas vivas de Matiguás, Nicaragua.

Variable	Tipo de cerca viva			
	CVD – CB (n=7)	CVD - NB (n= 5)	CVM – CB (n = 4)	CVM - NB (n = 8)
Altura total (m)	11.62 \pm 0.49	11.64 \pm 0.89	9.10 \pm 1.01	9.82 \pm 0.63
Altura del fuste (m)	3.16 \pm 0.29	3.14 \pm 0.29	2.36 \pm 0.12	3.22 \pm 0.57
Cobertura (m ²)	104.61 \pm 10.99	99.81 \pm 9.90	63.31 \pm 7.03	99.59 \pm 12.89
DAP (cm)	42.7 \pm 6.50	36.05 \pm 5.19	30.80 \pm 8.25	24.13 \pm 3.67

CVD-CB= cercas vivas diversas conectadas al bosque, CVD-NB= cercas vivas diversas no conectadas al bosque, CVM-CB= cercas vivas monoespecificas conectada al bosques, CVM-NB= cecas vivas monoespecificas no conectada al bosques.

Fuentes Ramírez 2007

La estructura de las cercas vivas puede tener influencia del sistema de producción; en este sentido, Abreu *et al.* (2002) en un estudio en la zona Atlántica de Costa Rica encontraron que las fincas de doble propósito tienen mayor cantidad de cercas vivas que los otros sistemas como doble propósito, lechería especializada y mixto (ganadería y agricultura) con 51.8, 8.6 y 5.6 km finca⁻¹ respectivamente. Esto se debe a que el sistema de producción de leche utiliza más cercas eléctricas para la división de potreros.

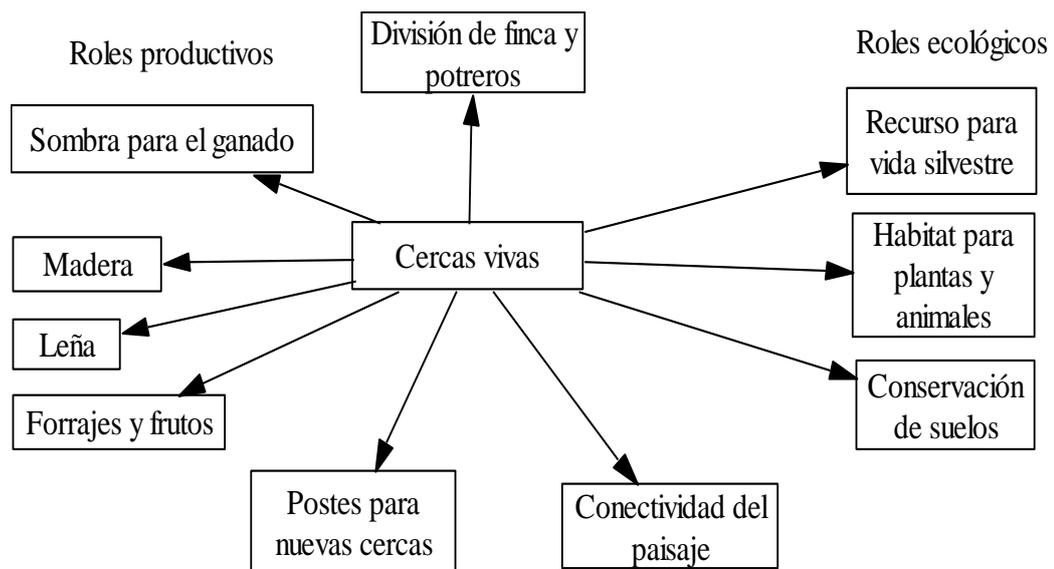
Otros estudios han tipificado las especies de leñosas en cercas vivas según su uso forrajero, para frutos, ornamentales, maderables, medicinal, etc. Por ejemplo en Costa Rica se han encontrados forrajeras como; *G. sepium*, *E. berteriana*, *E. fusca* y *E. costarricensis*, *Leucaena leucocephala* y *Brosimum alicastrum*, así como frutales, como el Jocote (*Spondias purpurea*) y el Marañón (*Anacardium occidentale*); ornamentales

como el Itabo (*Yucca elephantipes*); y maderables como el Jiñocuabo (*Bursera simaruba*), Pochote (*Pachira quinatum*), Ciprés (*Cupressus lusitanica*), Cedro (*Cedrela odorata*), Teca (*Tectona grandis*), Caoba (*Swietenia macrophylla*), Guachipilín (*Diphysa robinoides*), Eucalipto (*Eucaliptus sp.*) y Tempate (*Jatropha curcas*) (Pezo y Ibrahim 1999).

1.3.4 Beneficios ecológicos y económicos

Las cercas vivas cumplen una serie de funciones tanto ecológicas y económicas (productivos), claves para el desarrollo de modelos de producción con enfoque de producción y conservación (Figura 1). Desde el punto de vista ecológicos las cercas vivas pueden ayudar a mantener la conectividad física entre los paisajes y los fragmentos de bosques densos intervenidos así como los bosques riparios, al aumentar el número de conexiones directas entre cercas vivas y estos dos hábitats boscosos y lograr disminuir las distancias entre las copas de los árboles de estos hábitat (Bierregaard *et al.* 1992, Murcia 1995, Debinsky y Holt 2000, Laurence 2002).

Las cercas vivas contribuyen a la conectividad estructural del paisaje, y pueden funcionar como zonas de refugio, nichos ecológicos y/o sitios de paso para que ciertos organismos (Johnson y Beck 1988, Bennett 1990, Guevara *et al.* 1994, 1998, Harvey, C. 2000; Millán de la Peña *et al.* 2003). Además, las cercas vivas pueden funcionar como roles ecológico, para las plantas, insectos, aves y mamíferos pequeños (Burel 1992 y 1996).



Fuente (Harvey *et al.* 2003)

Figura 1. Roles productivo y ecológico de las cercas vivas en los paisajes.

Las cercas vivas funcionan como corredores de vegetación que interconectan relictos de bosque con los agroecosistemas permitiendo la reducción del efecto de la fragmentación en la capacidad de dispersión de ciertas especies al ofrecer estas cercas espacios para percha, alimentación, refugio y anidación. Las cercas vivas al presentar diferentes estadios sucesionales proveen una oferta alimenticia diferencial, en aquellas con estadios incipientes de crecimiento están dominadas por enredaderas y otras especies con frutos abundantes, carnosos y vistosos (Molano *et al.* 2003).

Los árboles en las cercas vivas, en linderos, u otras plantaciones forestales en línea a lo largo de las orillas de las pasturas, son sistemas diseñados por el hombre y muchas veces modificados con el tiempo por la naturaleza. La composición de las especies depende de las condiciones ecológicas, las preferencias de los productores y no por ende de la disponibilidad de las semillas forestales (Burel 1996).

En cuanto a la conservación de los suelos se han realizando estudio sobre el ciclaje de nutrientes, la fijación de nitrógeno atmosférico y el recambio radicular (después de podas o ramoneo), por las especies leñosas, además de la protección de la erosión hídrica y eólica, mejoran la calidad física y química del suelo, lo que permite una recuperación de las áreas de pasturas degradadas. Por ejemplo, se han realizado

trabajos con *Psidium guajava* en arreglos de cercas vivas en suelos de pasturas degradadas, los cuales presentaban baja fertilidad. Esta especie rústica, poco exigente e invasiva, se ha establecido y contribuido a la recuperación de la pastura, además de aportar altas cantidades de fruta para la alimentación del ganado y la producción de leña (Somarriba 1998).

El ciclaje de nutrientes se incrementa al retornar al suelo las hojas, frutos y ramas especialmente cuando se podan los árboles, además de las heces y la orina producida por los animales, debido a la mayor superficie explorada por las raíces de los árboles, las cuales captan nutrientes que normalmente salen del ámbito radicular de las gramíneas. En el caso particular de los árboles y arbustos leguminosos habrá una contribución al nitrógeno del suelo, tanto como nitrógeno reciclado provenientes de la poda de los árboles (Daccarett y Blyndestein 1968; Russo 1983). Aunque, este efecto es muy localizado según el ancho de copa y densidad de árboles en la cerca viva. Otra función potencial podría ser como barrera corta fuegos en zonas secas, esta función se mejora porque en las cercas vivas se limpian dos o tres metros de ancho a la cerca (ronda) y también el ganado contribuye con su constante paso y/o descanso en dichas áreas.

En la parte económica, las cercas vivas tienen potencial para la producción de forraje para mejorar la oferta de alimento de alta calidad, producción de madera e indirectamente la sombra reduce el estrés calórico para aumentar la producción animal (leche y/o carne), especialmente en ecosistemas secos con altas temperaturas ambientales. Holman *et al.* (1992) en un estudio en la zona Atlántica de Costa Rica encontraron que cercas vivas enriquecidas con especies maderables pueden generar un aumento del 15 por ciento en el ingreso de las fincas lecheras. Igualmente Chagoya (2005) en un estudio en el Pacífico Central de Costa Rica, encontró que las cercas vivas de una hectárea de pasturas enriquecidas con especies maderables de alto valor comercial como el cedro (*Cedrela odorata*), generan una tasa interna de retorno que varía de 10.6 a 15.8 % y es mayor conforme aumenta la calidad del sitio.

1.3.5 Manejo y beneficios productivos de las cercas vivas

Las actividades más importantes en el manejo de las cercas vivas son la poda y el reemplazo de los postes para mantener la solidez de las cercas. Las cercas vivas son generalmente podadas una vez al año y con más frecuencia durante la estación seca. La poda una vez al año tiende a producir más ramas leñosas que biomasa foliar y éstas puede ser cortadas y usadas como postes nuevos. Dos podas al año son recomendadas para producir tallos tiernos y hojas para forraje animal. Las podas con más frecuencias resultan poca producción de biomasa y rápida mortalidad (Powell y Westley 1995).

Existen un amplio grupo de plantas que son utilizadas como cercas vivas. Sin embargo, las especies como *G. sepium*, *Erythrina poeppigiana*, *E. fusca*, *E. costaricensis*, y *Bursera simaruba* ha sido uno de los más difundidos debido a las múltiples opciones que ofrece su cultivo. Esta especie produce biomasa comestible de alta calidad para los animales, madera muy resistente y leña de elevado poder calórico. Además contribuye a mejorar la fertilidad del suelo mediante el reciclaje de cantidades importantes de nitrógeno y otros nutrimentos (Pedraza 1996).

En términos de producción de forraje, las cercas vivas tienen potencial y en muchas zonas es la única fuente disponible en la época seca. Romero *et al.* (1993) quienes en un estudio en la zona Atlántica de Costa Rica con especies *E. poeppigiana* y *G. sepium* encontraron rendimiento de 3500 a 6000 kg de MS km⁻¹ con frecuencias de corte de cuatro meses. Este forraje tuvo una digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) de 56 a 65% y PC de 20 a 26%.

Las cercas vivas brindan otros servicios dentro de la finca, como la provisión de sombra y la protección contra el viento. La sombra provista por las cercas vivas es importante para el ganado, reduciendo el estrés por calor, particularmente durante la estación seca, y provee un ambiente más confortable, resultando un aumento de peso, aumento de producción de leche y las tasas reproductivas más altas.

La creación de un microclima bajo el dosel de los árboles tiene efectos positivos en los sistemas ganaderos en la producción animal explicados por cambios en el comportamiento y productividad de los animales en pastoreo (Blackshaw y Blackshaw 1994). Entre los cambios del comportamiento se encuentran en el incremento del tiempo dedicado a pastorear y rumiar, la disminución en los requerimientos de agua, la mayor termorregulación, el incremento de consumo voluntario, la disminución de la mortalidad de animales jóvenes (mejor condición corporal y producción de leche de las madres y mejor respuesta inmunológicas a enfermedades), así como mejoras en el comportamiento reproductivos del hato (pubertad más temprana, mayor regularidad en los ciclos estruales, mejora en libido, mayor calidad de semen, tasa de concepción más alta y menos pérdidas embrionarias) y por consiguientes, cambios en la producción bovina tanto en crecimiento como en producción de leche (Johnson *et al.* 1962, Djimde *et al.* 1989, Bird *et al.* 1993, Pezo e Ibrahim 1999).

La influencia de los árboles sobre la producción de las pasturas, considerado solamente la intersección de la radiación solar, se espera que resulte una reducción de la misma, en comparación con potreros abiertos. Sin embargo, los árboles pueden ejercer otros efectos positivos, encontrándose resultados muy variables dependiendo de las especies de pastos y árboles que son utilizados.

Algunos actores reportan aumentos en la producción del pasto cuando estos son asociados con leguminosas (Bustamante 1991, Libreros 1993), mientras que otros no encontraron diferencias o la producción de biomasa disminuyó con la sombra (Mesquita *et al.* 1994 y Somarriba 1988).

1.3.6 Estrés térmico en clima cálido

El estrés térmico del medio ambiente sobre los animales es la consecuencia de la combinación e interacción colectivas del animal con las variables climáticas y ambientales; temperatura del aire, humedad del aire, agua de lluvia, nieve, lodo, velocidad y dirección del viento, temperatura de la superficie de contacto, conductividad térmica de la superficie y radiación solar. Variables del animal como

conductividad térmica de pelo, temperatura corporal, postura y movimientos corporales, etc. (Church 1993).

Existe un creciente interés por encontrar alternativas de manejo que mejoren el bienestar del animal. Hay una relación significativa entre el temperamento y la productividad del bovino. Drugociu *et al.* (1977) informaron que las vacas lecheras de temperamento más tranquilo tenían producciones más altas de leche.

Diversos autores señalan que el estrés calórico al que están expuestos los animales durante los meses de verano, produce una disminución en la parte productiva y reproductiva (Fuquay 1981, Wilson *et al.* 1998, Bernabucci *et al.* 1999; Hahn 1999), lo que se traduce en pérdidas económicas significativas (Wilson *et al.* 1998), en vacas lecheras, el estrés calórico se suma, además, a la elevada temperatura interna asociada con la lactación. Sin embargo, los animales responden de distinta forma frente al estrés térmico, a manera de mantener la temperatura del cuerpo. Las pérdidas de calor se producen principalmente por la eliminación de producto del metabolismo en fecal, orina y leche (Fuquay 1981).

Existen varios factores de estrés ambiental en los climas calurosos que causan tensión fisiológica en los animales, incluidas las temperaturas del aire, la radiación solar y la humedad (Hafez 1973 y Payne 1992). La zona de termoneutral para un óptimo rendimiento animal y la salud se define como la gama de temperatura ambiente más que la producción de calor metabólico que sigue siendo constante.

Sin embargo, cuando la temperatura excede, a la temperatura crítica superior, el animal debe emplear mecanismos fisiológicos de disipación de calor, tales como sudoración y separación (la pérdida de calor por evaporación), la parte superior de la temperatura ambiente crítica para la vaca en estado de lactancia cae entre 24 al 27 °C (Fuquay 1981).

La Humedad Relativa (HR), es considerada un factor de potencial estrés en el ganado, ya que acentúa las condiciones adversas de las altas temperaturas (Da Silva

2006). Los principales efectos de la HR están asociados con una reducción de la efectividad en la disipación de calor por sudoración y respiración (Blackshaw y Blackshaw 1994) y están negativamente asociados al consumo diario de agua (Meyer y Col 2004). Por lo tanto, temperaturas superiores a los 30 °C, la HR comienza a asumir un importante rol en los procesos evaporación (Richard 1973). Así entonces, altas HR reducen el potencial de disipación de calor por vías evaporativas es crucial para mantener la condición homeotermia (NRC 1981).

El estrés térmico afecta tanto a la lactancia y el desempeño reproductivo en el ganado lechero (Ingraham *et al.* 1974, Hansen y Aréchiga 1999), pero existen evidencia que sugiere que hay diferencia entre razas bovinas en su grado de tolerancia al calor (Collier *et al.* 1981), en general raza de zona templada como lecheras Holstein, pardo suizo y jersey, muestran un mayor porcentaje de reducción en la producción de leche, en comparación con raza Brahmán cuando son manejado en condiciones ambientales donde las temperaturas ambiente son mayores a 27 °C (Ragsdale *et al.* 1950).

El termino estrés es comúnmente utilizando para indicar una condición medioambientales que es adversa al bienestar animal. Sin embargo, la magnitud del estrés y su impacto asociado en la producción animal son difíciles de definir. La única forma de medir la magnitud del estrés es a través de la respuesta animal, muchos intentos han sido realizando para lograr obtener un índice de fácil cálculo y aplicación (Stott 1981).

1.3.7 Temperatura corporal

Brody 1956, define la zona de confort del ganado como la escala de temperatura en la que no se exige ningún esfuerzo al mecanismo de regulación térmica la que varía desde 10° a 27°C, para el ganado de clima tropical. Sin embargo, por encima de los 27°C, se pone en actividad los mecanismos termorreguladores, aumentado la frecuencia respiratoria y la evaporación. Si la temperatura ambiente supera los 35°C estos dispositivos comienzan a fallar, lo que origina una brusca elevación de la temperatura rectal (Stanley 1972).

Se considera como temperatura en los bovinos, generalmente, en el interior del cuerpo, que se mide con los termómetros corrientes de máxima, colocados en el recto, durante el periodo de tiempo prescrito para ellos, tras lubricación de la cubeta de mercurio con agua, jabón o mucilago, se introduce el termómetro casi totalmente en el ano, siendo preferiblemente sujetarlo a la raíz de la cola del paciente con una pinza que se ata a su extremo libre. La temperatura vaginal es casi siempre algo más baja que la rectal. La temperatura normal del cuerpo de los animales adultos es de 38° a 39°C. Ocasionalmente pueden encontrarse también valores inferiores o superiores a los dichos en animales completamente sanos (Rosenberger 1966).

En circunstancia ambientales, cuanto más intenso sea el grado de humedad del aire, tanto más vigorosamente influirán sobre la temperatura corporal las variaciones calóricas extremas ambientales. Así, en los días calurosos de verano, en establos con muchas evaporación, o en las praderas sin sombra, los animales sanos pueden dar valores termométricos febriles, mientras que en invierno tales valores alcanzan los límites inferiores (Rosenberger 1966).

1.3.8 Tasa respiratoria

La tasa de respiración es uno de los mecanismos más importante a considerar al momento de evaluar el nivel de estrés por calor del ganado, ya que es una de las principales respuestas observables en el animal cuando está expuesto a temperatura por sobre umbral de confort (Gaughan 1999). Entre las principales respuestas fisiológicas observables el aumento en la tasa de respiración, pulso, sudoración y vasodilatación.

El aumento en la tasa de respiración tiene por objeto aumentar la pérdida de calor por las vías respiratorias y es una de las vías más importante para mantener el balance térmico durante el verano. Silanikove (2000), planteó que la medición de la tasa de respiración de los animales y la determinación de si éste se encuentra en proceso de jadeo. Se estima que a partir de 25 °C comienza a registrarse un incremento en la tasa de respiración. Sin embargo ésta es una respuesta individual, la que varía según la raza y estado fisiológico de cada animal (Gaughan 1999).

La frecuencia normal de las respiraciones varía entre las reses adultas entre 15 y 35 por minuto; en el verano o en los establos enrarecido, así como en los animales jóvenes o en las hembra en avanzado estado de gestación, el numero de respiraciones es mayor que en el invierno, en ambiente fresco, lo mismo que en las hembras vacías (Rosenberger 1966).

1.3.9 Métodos para determinar disponibilidad de pasto

Los métodos de muestreos que han sido estudiados con el objetivo de determinar disponibilidad de pasto en una determinada áreas son numerosos y variados, sin embargo, a la fecha muchos de ellos se han visto limitados en sus posibilidades de aplicación debido a su propia complejidad, especialmente cuando se les trata de implementar a nivel de campo, o por la capacitación del recursos humano y/o equipos que demanda (Gutiérrez 1996).

La disponibilidad de forraje puede ser medida en biomasa ofrecida antes del pastoreo y biomasa residual después del pastoreo (Ibrahim 1994). Los métodos de muestreo para estimar la cantidad de biomasa presente en un potrero, sea antes o después del periodo de pastoreo se puede clasificar de la siguiente manera; métodos destructivos estos requieren del corte y pesaje de las muestras seleccionadas y las no destructivas o de carácter subjetivos en que la disponibilidad se realiza a través de estimaciones visuales del material presente en la pradera y el método de doble muestreo (combinación de método objetivo y subjetivo) que permite estimar el rendimiento sobre la base de un marco de referencia, que se obtiene de una estratificación previamente definida según los diferentes niveles de disponibilidad (Gutiérrez 1996, Ibrahim 2006).

1.4 BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, M. H. S de. 2002. Contribution of trees to the control of heat stress in dairy cows and the financial viability of livestock farms in humid tropics. Ph.D. Thesis. Turrialba. CR. CATIE. 166 p.
- Abreu, M. H. S. de; Ibrahim, M. Harvey, C; Jiménez, F. 2000. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de la fortuna de San Carlos, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 7 (26): 53 – 56.
- Beer, J. 1987. Experiences with fence line fodder trees in Costa Rica and Nicaragua. In Beer J; Fassbender HW; Hueveldop, J. eds. *Advances in agroforestry research*. Turrialba, CR, CATIE. p. 215–222. (Serie Técnica N° 147).
- Bennett, A. F. 1990. Habitats corridors and the conservation of small mammals in fragmented forest. *Landscape Ecology*. N° 4: p 109 – 122.
- Bernabucci, U; Bani, P; Ronchi, B; Lacetera, N; Nardone, A. 1999. Influence of short and long term exposure to a hot environment on rumen passage rate and diet digestibility by Friesian heifers. *J. Dairy Sci.* 82:967-973.
- Bierregaard, B. Jr; Lovejoy, T. E; Kapos, V; Santos, A; Hutchings, W. 1992. The Biological Dynamics of Tropical Rainforest Fragment: a prospective comparison of Fragment and continuous forest. *Bioscience*. 42: 859 – 866.
- Bird, P. R; Bicknell, D; Bulman, P. A; Burke, S. J. A; Leys, J. F.; Parker, J. N; Sommen, F. J; Van den; Voller, P. 1993. The role of shelter in Australia for protecting soils, plants and livestock. *Forestry Science* 43:59 - 86.
- Blackshaw, J. K; Blackshaw, A. W. 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviors: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 34 (2): 285-295.
- Bolívar, D. M. 1998. Contribución de *Acacia mangium* al mejoramiento de la calidad forrajeras de *Brachiaria humidicola* y la fertilidad de un suelo ácido del trópico húmedo. Tesis, Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 85 p.
- Botero, J; Ibrahim, M; Bouman, B; Andrade, H; Camargo, J. C. 1999. Modelaje de opciones silvopastoriles para el sistema ganadero de doble propósito en el trópico húmedo. *Agroforestería en las Américas* 6 (23): 60-62.
- Brody, B. 1956. Efecto del ambiente constante sobre la tolerancia del ganado a altas temperatura. *Journal of animal science*. 34 (1). 59-76p.

- Bronstein, G. E. 1984. Producción comparada de una pastura de *Cynodon plectostachyus* asociada con árboles de *Cordia alliodora*, asociada con árboles de *Erythrina poeppigiana* y sin árboles. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. UCR - CATIE. 110p.
- Budowski, K. 1987. Living fences: a widespread agroforestry practice in Centro America. In: Gholz, H.L. (ed). Agroforestry; realities possibilities and potentials. Dorddrechy, N. Mautinus Mijhoff. The Netherlands. P 169 – 178.
- Budowski, K; Russo, R. 1993. Live fence posts in Costa Rica: compilation of the farmer is beliefs and technologies. Journal of sustainable Agriculture 3(2): 65–87.
- Burel, F. 1992. Effect of structure and dynamics on especies diversity in hedgerow networks. Landscape Ecology 6 (3): 161 – 174.
- Burel, F. 1996. Hedgerows and their role in agricultural landscapes. Critical Reviews in Plant Sciences, 15(2), 169-190.
- Bustamante, J. 1991. Evaluación de comportamiento de ocho gramíneas forrajeras asociadas con Poró (*Erythrina poeppigiana*) y solas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE, 131 p.
- Camero, A; Ibrahim, M; Kass. M. 2001. Improving rumen fermentation and milk production with legume-tree fodder in the Tropics. Agroforestry Systems 51:157-166.
- Church, C. 1993. El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición. Trad. Ducar. P. Ed. ACRIBIA, S.A. 2ed. Zaragoza. ACRIBIA, S.A. 641 p.
- Clavero, T. 1996. Las leguminosa forrajeras arbóreas: sus perspectivas para el trópico americano. En: leguminosa forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. (Ed. T. Clavero). Centro de transferencia de Tecnología en pastos y forrajes. Universidad del Zulia, Venezuela. 78 p.
- Da Silva R. G. 2006. Weather and climate and animal production. In: Update of the guide to agricultural meteorological practices. WMO –N° 134. Published 1982.
- Daccarett, M; Blyndestein, J. 1968. La influencia de los árboles leguminosos y no leguminosos sobre el forraje que crece bajo ellos. Turrialba, Costa Rica. 18: 405 – 408.
- Debinsky, D. M; Holt, R. D. 2000. A survey of habitat fragmentation experiments. Conservation Biology 14: 342 – 355.
- Djimde, M; Torres, F; Migongo-Bake, W. 1989. Climate, animal and Agroforestry. In: Reifsnnyder WS;
- Dronan, S. 1988. Layout and design criteria for livestock windbreaks. Agriculture, Ecosystems and Enviroment 22/23: 231 – 240.

- 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 (Abstr.).
- Durr, P. A; Rangel, J. 2002. Enhanced forage production under *Samanea saman* in a subhumid tropical grassland. Agroforestry Systems. Nº 54: 99–102.
- Escalante, E. 1998. El rol de las leñosas perennes en los Sistemas Silvopastoriles Venezolanos. En IV seminario sobre manejo y utilización de pastos y forrajes. UNELLEZ. Barrinas. Venezuela. P. 31- 39.
- Forman, R; Baudry, J. 1984. Hedgerows and hedgerow networks in landscape ecology. Environmental management. Nº 8: 495 – 510.
- Fuquay, J. 1981. Heat stress as it affects animal production. J. Anim. Sci. 52: 164 – 174.
- Gaughan, J. B. 1999. Heat tolerance of Boran and Tuli crossbred steers. J Anim Sci 77, 2398-2405.
- Gómez, I. 1998. Establecimiento de leguminosas arbustivas en multiasociación con otras especies de pastos en suelos vertisoles. Memorias. III Taller internacional Silvopastoril “los arboles y arbustos en la ganaderías”. Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. p 208.
- Guevara, S; Laborde, J; Sánchez G. 1998. Are isolated trees in pastures a fragmented canopy? Sylvania. Nº 19: 34 - 43.
- Guevara, S; Meave, J; Moreno, P; Laborde, J; Castillo J. 1994. Vegetación y flora de potreros en la sierra de los Tuxtlas, México. Acta Botánica Mexicana. Nº 28: 1 – 27.
- Gutiérrez, M. A. 1996. Pastos y forrajes en Guatemala, su manejo y utilización base de la producción animal. Editorial E y G. 318p.
- Hahn, G. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. J. Dairy Sci. 82: 10 – 20.
- Hahn, G. L. 1995a. Environmental management for improved livestock performance, health and well-being. Jpn. J. Livest. Manage. 30:113–127.
- Hahn, G.L. 1995b. Global warming and potential impacts on cattle and swine in tropical and temperate areas. In: Proc. 1st Brazilian
- Harvey, C. 2000. Windbreaks enhance seed dispersal into agricultural landscape in Monteverde, Costa Rica. Ecological Applications. Nº 10: 155- 173.
- Harvey, C. A; Haber, W. A. 1999. Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. Agroforestry Systems 44(1): 37-68.
- Harvey, C; Alpízar, F; Chacón, M; Madrigal, R. (a) 2005. Assessing linkages between Agriculture and Biodiversity in Central America: Historical overview and future

- perspectives. Mesoamerican y Caribbean region, Conservation Science Program. The Nature Conservancy (TNC), San José. Costa Rica.
- Harvey, C; Arcos, I; Jimenez, F; Campos, J. J; Casanoves, F; León, J. A. 2006. Efecto del ancho del bosque ribereño en la calidad del agua en la micro cuenca del río sesesmiles, Copán, Honduras. Uso de comunidades de macro invertebrados bentónicos como organismo indicadores. Recursos Naturales y Ambiente (CATIE). (Ago 2006). N° 48 p. 29-34.
- Harvey, C; Villanueva, C; Villacís, J; Chacón, M; Muñoz, D; López, M; Ibrahim, M; Taylor, R; Martínez L; Navas, A; Sáenz. J; Sánchez, D; Medina, S; Vílchez S; Hernandez, B. (b) 2005. Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscape in Central America. Agriculture Ecosystems and Environment. N° 111. 220- 230.
- Haydock, K. P; Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 15, 663 – 667.
- Hernández, I; Pérez, E; Sánchez, T. 2001. Las cercas vivas y los postes vivos como una alternativas agroforestal en los sistemas ganaderos. Pasto y forrajes 24 (2): 93 – 103.
- Hernandez, I; Simón, L. 1993. Los Sistemas Silvopastoriles: empleo de la Agroforesteria en las explotaciones ganaderas. *In*. Pastos forrajes. 16:99.
- Hernández, I; Simón, L; Benavides, E. 2000. Utilización de *Leucaena Leucocephala*, *A. lebeck* y *B. purpurea* en sistemas silvopastoriles. Memorias. IV Taller internacional Silvopastoriles. “los arboles y arbustos en la ganaderías”. Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. p 284.
- Holman, F; Romero, F; Montenegro, J; Chana, C; Oviedo, E. Baños, A. 1992. Rentabilidad de los sistemas silvopastoriles con pequeños productores de leche en Costa Rica: Primera aproximación. Turrialba 42 (1) 79-89.
- Ibrahim, M. 2000. Compatibility, persistent and productivity of grass legume mixtures for sustainable animal production in the Atlantic zone of Costa Rica. Tesis PhD. Wageningen Agricultural University, Wageningen (Países bajos) 129p.
- Ibrahim, M. 2006. Medición de composición botánica de pastos en sistemas silvopastoril. CATIE.
- Ibrahim, M; Camargo, J. 2001. ¿Cómo aumentar la regeneración de árboles maderables en potreros? Agroforestería de las Américas 8 (32): 35 – 41.

- InfoStat (2008). *InfoStat, versión 2008. Manual del Usuario*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. 1ª Ed. Editorial Brujas Argentina. 334p.
- Ivory, D. A. 1990. Major characteristics, agronomic features and nutritional value of shrubs and tree fodders. *In: C. Devendra (ed.). Shrubs and Tree Fodders for Farm Animals, Proceedings of a Workshop held in Denpasar, Indonesia, July 24-29, 1989*. IDRC, Ottawa, Canada. p 22-38.
- Johnson, H. D; Ragsdale, A.C; Shanklin, M.D. 1962. Effect of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle. *Mo. Agricultural Experimental Sta Research Bull.* 791 p.
- Johnson, R. J; Beck, M. M. 1988. Influences of shelterbelts on wildlife management and biology. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 22-23: 301-335.
- Joyce, K. A; Holland, J. M; Doncaster, C. P. 1999. Influences of hedgerow intersection and gaps on the movement of carabid beetles *bulletin of Entomological Research* 89: 523 – 531.
- Kaimowitz, D. 2001. Will livestock intensification help save Latin America's Tropical Forest? *In Angelsen, C; Kaimowitz, D. eds. Agricultural Technologies and Tropical Deforestation*. Wallingford, UK, CABI. p 1-20.
- Kanninen, M. 2003. Sistemas silvopastoriles y almacenamiento de carbono: potencial para América Latina. *In Ibrahim, M; Mora, J; Rosales, M. e ds. Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales*. Roma, IT, FAO. 196p. *En prensa*.
- Kleinn, C. 2000. On large area inventory and assessment of trees outside forests. *Unasylva*. N° 51. 3 – 10 p.
- Laurence, W. F; Lovejoy, T. E; Vasconcelos, H. L; Bruna, E. M; Didham, R. K; Stouffer, P. C; Gascon, C; Bierregaard, R. O; Laurance, S. G; Sampaio, E. 2002. Ecosystem decay of Amazonian Forest fragments: a 22 year investigations. *Conservation Biology.* 16: 605 – 608.
- Libreros, H. F. 1993. Efecto de depositar en el suelo material de poda de Poró (*Erythrina poeppigiana*) sobre la producción y calidad de la biomasa de King grass (*Pennisetum purpureum*) establecido en asocio. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 116 p.
- Mazzarino, M. J; Oliva, L; Núñez, G; Buffa, E; 1991. Nitrogen mineralization and soil fertility in the Dry Chaco Ecosystem (Argentina). *Soil Sci.Soc.Am.J (E.EU.U)* 55; 515 – 522.

- McDaniels, P. 2001. Características de los suelos del ensayo de sistemas con café. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2 p.
- Méndez, E; Beer, J; Faustino, J; Otárola, A. 2000. Plantaciones de árboles en línea. Colección de módulos de enseñanza agroforestal. Módulos 1. CATIE/GTZ, Turrialba, Costa Rica. 134p.
- Mesquita, M; De Paula, V; Sette, D. E. y De Assis. H. 1994. Efeito de árvores isoladas sobre a disponibilidade e composicao mineral de forragem em pastagens de Braquiaria Rev. Da Soc. Brasileira de Zootecnia 23 (5): 709 – 718.
- Meyer, U; Everinghoff, D. Gädeken, G, Flachowsky. 2004. Investigations on the water intake of lactating cows. Livest Prod Sci 90, 117-121.
- Millar de la peña, N; Buffet, A; Delettre, T; Morant, P; y Burel, F. 2003. Landscape context and carabid (Coleóptera: carabidae) communities of hedgerows in western France. Agriculture, Ecosystems and Enviroment. (94) 59 – 72.
- Molano, J. G; Quiceno, M. P; Roa, C. 2003. El papel de las cercas vivas en un sistema agropecuario en el Pidemonte Llanero. *In*. Agroforesteria para la producción animal en América Latina V 2. Roma, FAO. p 45 – 63. (Estudio FAO producción y sanidad animal N° 155.
- Montagnini, F. 1992. Sistemas agroforestales, principios y aplicaciones en los trópicos. Organización de Estudios Tropicales, Costa Rica, 622 p.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragments: implications for conservation. Tree 10: 58 – 62.
- Murgueitio, E; Ibrahim, M; Ramírez, E; Zapata, A; Mejía, C; Casasola, F. 2003. Usos de la tierra en fincas ganaderas. Ed1. Cali, COL. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. 97 p.
- Naranjo, L. 2006. Sistemas agroforestales para la producción pecuaria y la conservación de la Biodiversidad. American Bird Conservancy. (en línea), consultado 10 de Noviembre de 2008. Turrialba, Costa Rica. www.producción-animal.com.ar.
- Navas, A. 2003. Influencia de la cobertura arbórea sistemas silvopastoriles en la distribución de garrapatas en fincas ganaderas en el bosque seco tropical. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 77 p.
- Navas, A; Restrepo, C; Jiménez, G. 2001. Ruminant function in sheep supplemented with Pithecellobium saman pods. In Ibrahim, M. ed. Silvopastoral Systems for Restoration of Degraded Tropical Pasture Ecosystems. International Symposium on Silvopastoral System. San José, Costa Rica. p 285-289.

- NRC, National Research Council. 1981. *Effect of environment on nutrient requirement of domestic animals*. National Academy Press. Washington DC, USA.
- Ospina, A. 2003. Agroforestería: aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal. Cali, Colombia. ACASOC, 2003. 209p.
- Ospina, A. 2008. Aproximación al estudio y manejo de la cerca viva ecológica. (en línea). 1 de Agosto de 2008. Cali, Colombia. www.agroforesteriaecologica.com
- Otorola, A. 2000. Cercas vivas. En: Méndez, V.E; Beer, J; Faustino, J; Otorola, A. Plantación de árboles en línea. Módulo de enseñanza agroforestal N° 1, 2 ed. Turrialba, Costa Rica. CATIE. pp. 101 – 134.
- Pedraza, R. M. 1996. Los postes vivos de Madero negro (*Gliricidia sepium*) y la nutrición de rumiante. ACPA. Año 15. N° 2. p 16.
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1999. Sistemas silvopastoriles. Turrialba, CR. CATIE. p 258. (Módulo de Enseñanza Agroforestal N°. 2).
- Powell, M; Westley, S. 1995. Producción y uso de *Erythrina* Manual de campo. Asociación de árboles fijadores de Nitrógeno (NFTA). Departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA/FS/FSP). Morrilton. USA. 62 p.
- Richards, S. A. 1973. Temperature regulation. Wykeham Publications, London, Great Britain, p212.
- Romero, F; Abarca, S; Orado, L; Tobon, J; Kass, M; Pezo, D. 1993. Producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con Poró (*Erythrina poeppigiana*) en el trópico húmedo de Costa Rica. In Westley, S; Powell, M. ed. *Erythrina* in the new and old Worlds. Paia, Hawaii, US, NFTA. p 223 – 239.
- Russo, R. 1990. Evaluating *Alnus acuminata* as a component in Agroforestry Systems 10. p 241 – 252.
- Russo, R. O. 1983. Efecto de la poda de *Erythrina poeppigiana* (walpers) O.F. Cook (Poró), sobre la nodulación, la producción de biomasa y contenido de nitrógeno en el suelo en un sistema agroforestal "café – Poró". Tesis Mag. Sc. Turrialba. CR. CATIE. 108 p.
- Sánchez, M; Harvey, C; Medina, S; Vílchez, S y Hernández, V. 2005. La diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisajes ganadero en Matiguás. Nicaragua. Revista Biológica Tropical. N° 53. 387 – 414.
- Sauer, J. D. 1979. Living fences in Costa Rica Agriculture. Turrialba (IICA) 29(4): 225–261. Secretaria de Agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación

- (SAGARPA 2004). Sistemas silvopastoriles. Subsecretaria de desarrollo rural dirección general de apoyos para el desarrollo rural. Texcoco. México. 5p.
- Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest Prod Sci* 67, 1-18.
- Simón, L. 1996. Utilización de árboles leguminosos en cercas vivas y en pastoreo. En: *Sistemas Silvopastoriles: alternativa para una ganadería moderna y competitiva. Memorias II Seminario Internacional. Ministerio de Agricultura - CONIF. Santafé de Bogotá, Colombia.* p 31-42.
- Somarriba, E. 1988. Pasture growth and floristic composition under the shade of guajava (*Psidium guajava*) trees in Costa Rica. *Agroforestry Systems (Netherlands)* 6: 153-162.
- Stewart, J. J. 1972. Cría del ternero. *Boletín de reseñas. Serie Ganadería* 1 (4) 1.
- Szott, L; Ibrahim, M; Beer, J. 2000. The hamburger connection hangover: cattle pasture land degradation and alternative land use in Central America. Turrialba, CR, CATIE. 71p. (Serie Técnica N° 313).
- Toral, O; Hernández, J. 1996. Resultados preliminares de la evaluación inicial de especies arbóreas con potencial agrosilvopastoril. *Pastos y forrajes. Revistas de la estación experimental de pastos y forrajes. Indio Hatuey, Cuba* 33 – 38.
- Urgirles, J. F. 1996. Descripción cuantitativa y optimización de sistema de producción de leche especializada en Río Frio, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba. CR. CATIE. 129p.
- Velasco, J. A. 1998. Productividad forrajera, aporte de fósforo foliar y dinámica de los hongos endomicorrizicos y lombrices, en una praderas de *Brachiaria Humidicola* sola y en asocio con *Acacia mangium*. Tesis Mag. Sc. Turrialba. CR. CATIE. 85p.
- Villacís, J. C. 2003. Relaciones entre la cobertura arborea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frio, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba. CR. CATIE. 129p.
- Villafuerte, L. E. 1998. Sistemas de expertos como herramientas para toma de decisiones de manejo en sistemas silvopastoriles del trópico húmedo bajo de Costa Rica. Tesis Mag. Ms. Turrialba. Costa Rica. 98p.
- Villanueva, C; Ibrahim, M; Casasola, F. 2008. Valor económico y ecológico de las cercas vivas en fincas y paisajes ganaderos. Turrialba. C.R. CATIE. 36p. (Serie Técnica. Informe técnico. N° 372).
- Wilson, S; Marion, R; Spain, J; Spiers, D; Keisler, D; Lucy, M. 1998. Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. 1. Lactating cows. *J. Dairy Sci.* 81:2124-2131.

2 ARTICULO 1. CARACTERIZACIÓN DE LAS CERCAS VIVAS EN LA FINCA AGROPECUARIA DEL CATIE

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue conocer la composición, riqueza y estructura de las cercas vivas de la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Se realizó un inventario forestal de las cercas vivas internas y externas en la finca Agropecuaria, en cada una se tomaron los puntos extremos con el uso del GPS para su Georeferenciación dentro de la finca y determinar la longitud. Luego fueron seleccionadas 29 cercas vivas internas y 26 cercas vivas externas, en ellas se recolectó la siguiente información: conteo e identificación de cada especie, diámetro a la altura pecho, altura del fuste, altura total y diámetro de copa. A partir del inventario se identificaron 138 cercas vivas (25.3 km) y 41 cercas muertas (6.0 km); las cuales el 58.6 % corresponde a las cercas vivas internas, 18.4 % las cercas vivas externas y 22.9 % cercas muertas. El promedio de longitud fue de 166.6 m, 301.7 m y 146.5 m para las cercas vivas internas, externas y muertas respectivamente. Se lograron inventariar un total de 4256 individuos pertenecientes a 28 especies arbóreas que se distribuyen en 15 familias arbóreas. Las mayorías de los individuos presentes en las cercas vivas pertenecen a cuatro especies que representa el 90.1% del total de individuos inventariados. Las especies dominantes fueron *Erythrina fusca* Lour con 45.8 %, *Gliricidia sepium* 16.8 %, *Erythrina costaricensis* 17.5 % y *Trichanthera gigantea* 9.9 %. Las variables estructurales como diámetro a la altura del pecho, altura total y diámetro de copa fueron mayores en las cercas vivas internas en comparación a las cercas externas (16.56 vs 12.56 cm; 5.37 vs 3.56 m; y 2.77 vs 1.83 respectivamente). Por la estructura las cercas vivas en su mayoría son jóvenes y/o manejadas con podas frecuentes y pertenecen a las clases de dap de 2-10 cm y 10-20 cm. Esto se debe a que en los últimos dos años se están estableciendo cercas vivas nuevas con especies de rápido crecimiento en lugar de postes muertos y como fuente de sombra para el ganado. En las fincas existen cercas muertas que vale la pena convertirlas a vivas para potenciar su valor económico y ecológico. Además, las cercas vivas tienen pobre desarrollo estructural y son dominadas por cuatro especies, lo cual significa que se deben de implementar acciones para aumentar la complejidad en diversidad y estructura para cumplir de mejor manera las funciones productivas y ecológicas.

2.1 INTRODUCCIÓN

En Centro América una gran parte de la vegetación ha sufrido extensa alteraciones antrópicas. Las muestras de daños son como las huellas de deforestación, las quemadas de monte, el sobrepastoreo y sus consecuencias por el mal uso de los recursos naturales, la existencia de grandes extensiones de tierras deforestadas y abandonadas o sujeta a un nivel de explotación ínfimo, los cuales han perdido la mayor parte del suelo fértil y dejado de cumplir su función como reguladora del régimen hídrico (Vázquez-Yanes y Batís, 1996).

En Costa Rica, existen una superficie de 1,65 millones de ha destinadas a la actividad ganadera (CORFOGA 2000). Desde los años cincuenta se observa una marcada disminución de la cobertura forestal. Muchas áreas boscosas o destinadas a la agricultura han sido transformadas en pastizales debido a la expansión de la ganadería. Esta expansión se asocia con la pérdida y fragmentación de bosques y la creación de paisajes que son mosaicos de potreros, bosques y cultivos (Howard-Borjas 1995). Entre la década de los setenta y hacia finales de los ochenta la deforestación aceleró, llegándose a estimar tasas anuales de superiores a las 50,000 ha, debido al aumento de la frontera agrícola, políticas gubernamentales de titulación de tierra, incendios forestales, actividad ganadera extensiva, políticas crediticias y desarrollo urbanístico (González *et al* 2001).

Una estrategia que podría ayudar a mantener o mejorar los paisajes para tratar de revertir parte de estos desajustes ecológicos es el establecer cobertura arborea en las fincas, ya sea como árboles dispersos o como cercas vivas. En las tierras bajas del Neotrópico, por ejemplo, es común encontrar fragmentos de bosques inmersos en una matriz dominada por sistemas silvopastoriles y agrícolas en donde las cercas vivas son un componente común en la dinámica productiva (Urgirles 1996, Villafuerte 1998, Villacís 2003, Harvey *et al.* 2005).

La presencia de las cercas vivas no solo se dan en áreas biofísicamente diversas, con diferentes elevaciones, zonas ecológicas y tipos de suelo, sino también en aquellas con distintas culturas, historias de uso del suelo y producción agrícola principalmente en pasturas (Sauer 1979, Budowski 1987). Debido a que constituye una fuente adicional de forraje y brindan confort a los animales (Simón 1996).

Las cercas vivas son un tipo de sistema silvopastoril con potencial para conservar la biodiversidad. Estos elementos presentan una estructura vertical compleja de la vegetación que permite ofrecer nichos de hábitat y recursos (Harvey *et al.* 2005). Se supone que las cercas vivas con mayor composición y mayor complejidad estructural de la vegetación, presenta mayor diversidad que las cercas vivas de menor complejidad (Harvey 2000).

El presente estudio caracterizó la composición y diversidad de las especies arbóreas presentes en las cercas vivas en la finca agropecuaria del CATIE, esta información servirá como base para demostrar la importancia de las cercas vivas en sistemas ganaderos de acuerdo a su composición y estructura y su contribución en el paisaje de la finca agropecuaria del CATIE.

2.2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.2.1 Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la finca Agropecuaria del CATIE la cual tiene una extensión de 1008.60 ha y está ubicada en la provincia de Cartago, Cantón de Turrialba, Costa Rica (Figura 2), perteneciente a la vertiente Atlántica. Se encuentra localizada a 9° 53' N, 82° 38' O, la zona de Turrialba se caracteriza por la presencia de HR alta (88%), precipitación media de 2700 mm año⁻¹, temperatura media de 21.8 °C y una evapotranspiración potencial total anual de 1143.5 mm (CATIE 2006). De acuerdo a la clasificación de Holdridge pertenece a la zona de vida Bosques Muy Húmedo Premontano (Holdridge 1978). Los suelos se caracterizan como aluviales mixtos, Ultisol e Inceptisol con textura entre franco y franco arcilloso primeros horizontes (McDaniels 2001). El área productiva está dedicada a la producción ganadera enfocada en dos

sistemas de producción (leche y carne). La finca Agropecuaria cuenta con un área total 164.92 ha. Están compuestas por los siguientes pastos Retana (*Ischaemun ciliare*), Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y Tanner (*Brachiaria radicans*), éstos últimos pastos predomina en el área de producción de leche, Las cercas vivas cumplen funciones importantes dentro de la finca, delimitación de apartos o potreros, sombra y fuente de forraje para el ganado.

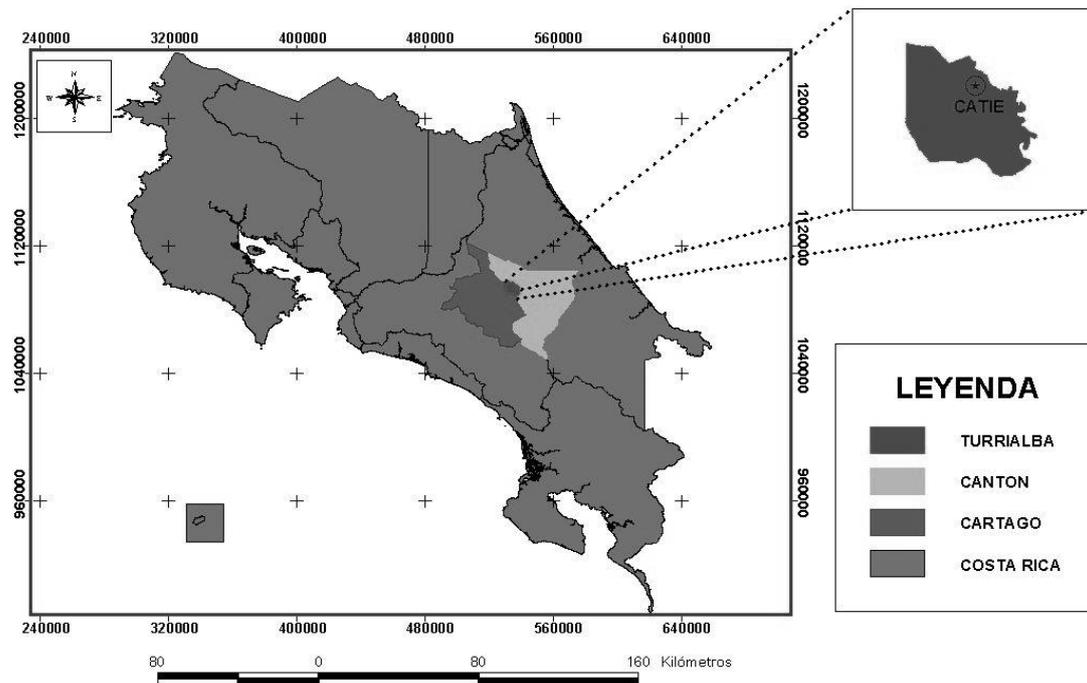


Figura 2. Localización del área de la finca agropecuaria, CATIE, Turrialba, Costa Rica

2.2.2 Caracterización de las cercas vivas

Con el objeto de ubicar y determinar la longitud de las cercas vivas y muertas se hizo una Georeferenciación y digitalización por medio del programa Arcview versión 3.2 utilizando una imagen de satélite con resolución de 1.5 m (DFID 2003). Para ser considerada como cerca viva se tomó la definición de Harvey *et al.* (2006) quienes designan aquella que tiene al menos 200 individuos km^{-1} .

Del inventario realizado se identificó un total de 138 cercas vivas y se clasificaron de acuerdo a su función como externas o linderos e internas. Las cercas vivas externas son aquellas que se localizaron alrededor de la finca y las internas que separan cada uno de los apartos o usos de la tierra. Todas las cercas vivas identificadas se seleccionaron una muestra por medio de un muestreo aleatorio estratificado que correspondió a 29 cercas vivas internas y 26 cercas vivas externas. Las cercas vivas seleccionadas fueron caracterizados los individuos con un dap > a 5 cm y se registraron las siguientes variables: nombre común, nombre científico, dap, altura de poda o fuste según el caso, altura total, radio de copa y forma del fuste comercial (Anexo 1).

2.2.3 Análisis de la información

La abundancia, riqueza y diversidad de los árboles presentes en las cercas vivas, se analizó a través de estadísticas descriptiva (media, error estándar y rangos) y se determinó el Índice de Shannon. También se llevó a cabo una análisis de varianza y prueba de comparación de medias mediante la prueba de LSD de Fisher ($\alpha=0.05$) para comparar las diferentes variables dasométricas y número de individuos vivos entre las cercas vivas internas é externos utilizando el programa InfoStat (versión 2008).

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Composición, riqueza, abundancia y diversidad

En la finca Agropecuaria se registró un total de 179 cercas, de las cuales 58.6% corresponde a las cercas vivas internas, seguido de 22.9 % para las cercas muertas eléctricas o púa y las cercas vivas externas o linderos 18.4% (Cuadro 4).

Cuadro 4. Distribución porcentual total de las cercas vivas en la finca Agropecuaria del CATIE, Costa Rica.

Tipos	Total	Porcentaje (%)
Cercas vivas internas	105	58.6
Cercas vivas externas o linderos	33	18.4
Cercas muertas	41	22.9
Total	179	100

Se encontró un total de 4256 individuos de 28 especies, las cuales pertenecen a 15 familias (Anexos 2), siendo cuatros especies las más frecuentes como Poro (*Erythrina Fusca lour*, *E. costaricensis*), Madero negro (*G. sepium*) y Nacedero (*Trichantera gigantea*) que representaron 90.1% del total de la muestra. Al comparar estas mismas especies por ubicación se encontró que el porcentaje fue mayor en las cercas vivas externas con respecto a las internas (Cuadro 5).

Cabe notar que las especies más abundantes en las cercas vivas internas y externas fueron: Poró (*E. fusca*, *E. costaricensis*), Madero negro (*G. sepium*) y Nacedero (*T. gigantea*). Esta cuarta especie arbórea en los últimos años se ha venido utilizando como poste vivo en las cercas vivas tanto internas como externas. Ellos comentan ventajas como desarrollo lento lo que permite ampliar las frecuencias de podas y adaptación a tierras muy húmedas podas. Aunque, se ha notado como desventaja que presenta un bajo porcentaje de prendimiento.

Se encontró un total 12 especies arbóreas comunes en ambos tipos de cercas vivas, siendo las especies *E. fusca lour*, *E. costaricensis*, *E. poeppigiana*, *G. sepium*, *Ficus prinoides*, *Ficus sp*, *M. argentea*, *P. guajava*, *T. gigantea*, *T. havanensis* y *Z. longifoli* (Anexos 2).

Cuadro 5. Especies comunes en las cercas vivas internas y externas en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

N°	Nombre científico	Cercas vivas externas		Cercas vivas internas		Total	% Total
		F	%	F	%		
1	<i>Erythrina fusca lour</i>	1279	46.9	673	44	1952	45.9
2	<i>Gliricidia sepium</i>	518	19	197	15.1	715	16.8
3	<i>Erythrina costaricensis</i>	513	18.8	232	12.8	745	17.5
4	<i>Trichantera gigantea</i>	317	11.6	106	6.9	423	9.9
5	<i>Khaya sp</i>	0	0	193	12.6	193	4.5
6	<i>Miconia argéntea</i>	30	1.1	55	3.6	85	2
7	<i>Erythrina poeppigiana</i>	4	0.2	25	1.6	29	0.7
8	<i>Zygia longifoli</i>	12	0.4	12	0.8	24	0.6
9	<i>Ficus sp</i>	7	0.3	10	0.7	17	0.4
10	<i>Trichilia havanensis</i>	12	0.4	3	0.2	15	0.4

En cuanto a la riqueza de las especies arbórea, se encontró un total de 22 especies arbóreas en las cercas vivas externas y 18 especies en las cercas vivas internas. La *E. fusca lour* es la especie más abundante (46.9 %) en las cercas vivas externas o linderos, le siguen *G. sepium* (19.0 %) y *E. costaricensis* (18.8%). En las cercas vivas internas la más abundantes fue *E. fusca lour* con 44.0 %, *G. sepium* de segunda en las cercas vivas internas con 15.1 % y *E. costaricensis* fue la tercera con 12.8 % en las cercas vivas internas (Figura 3).

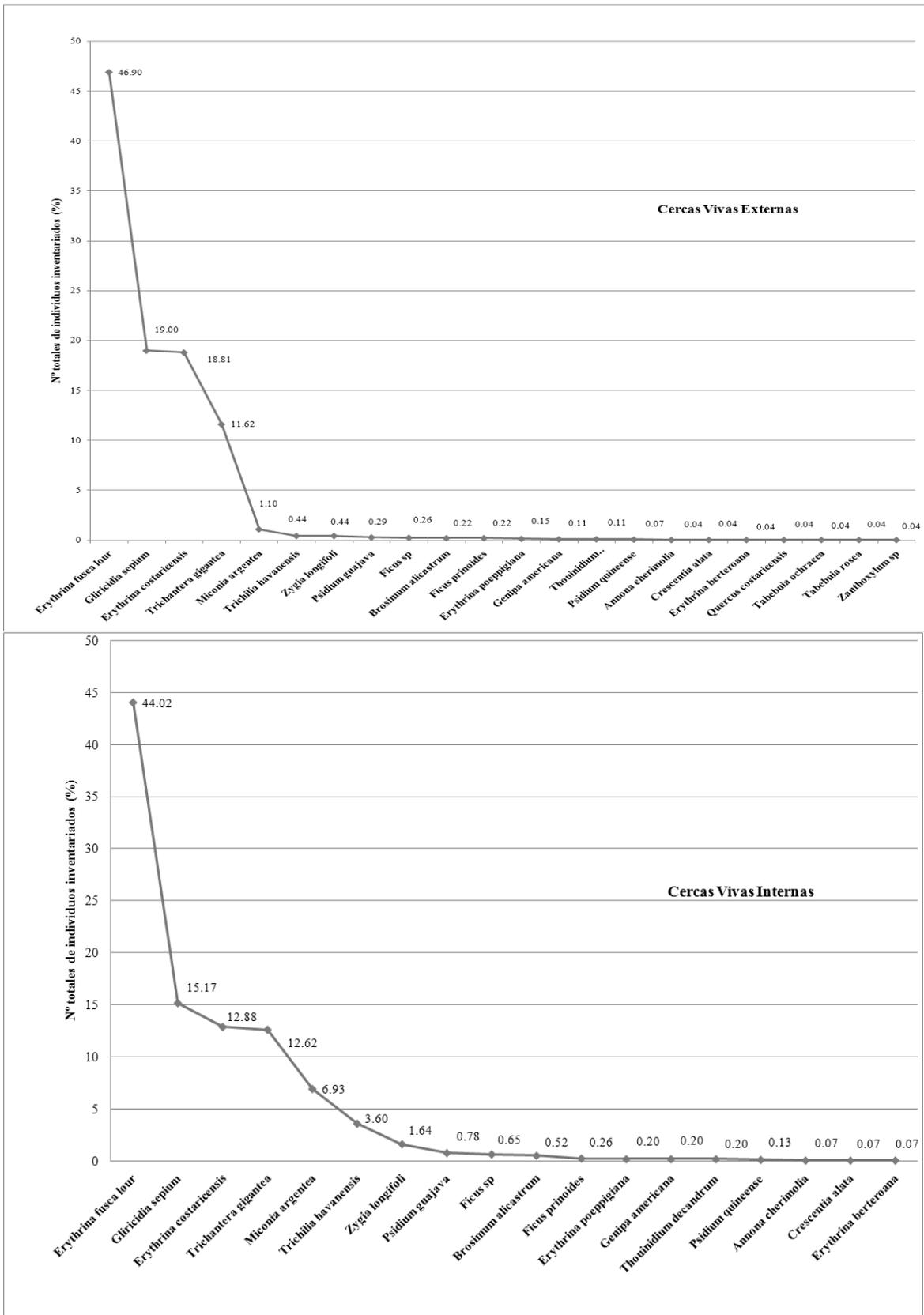
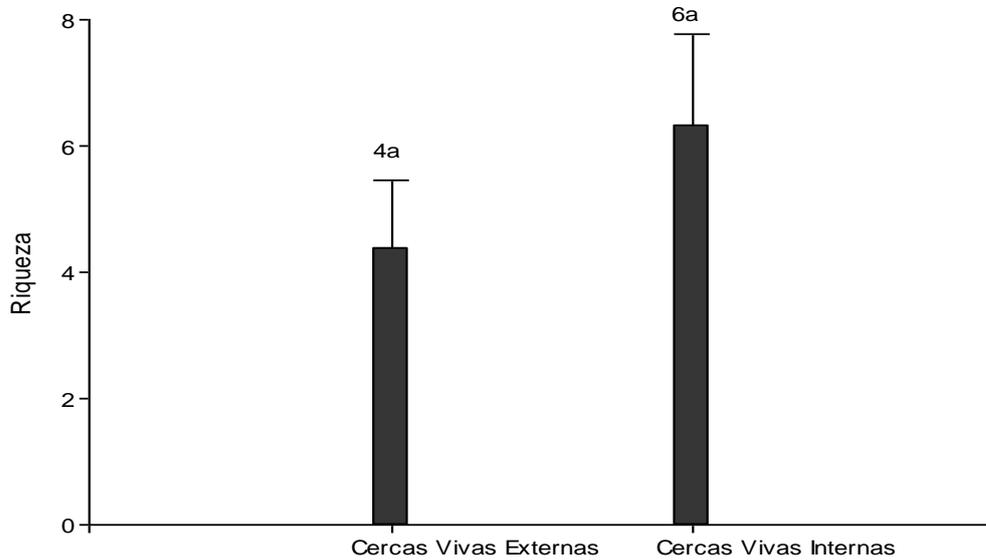


Figura 3. Número total de individuos inventariados en las cercas vivas internas e externas, en la finca Agropecuaria, CATIE. Costa Rica

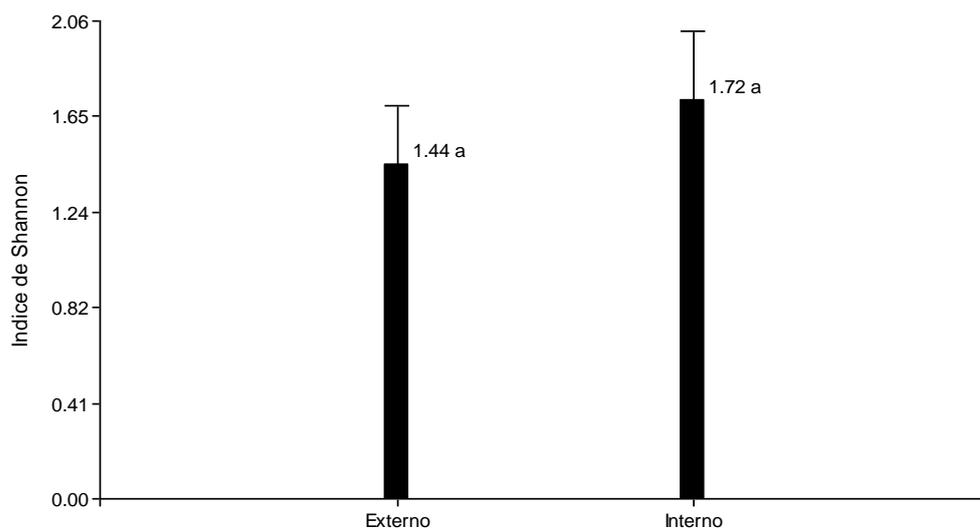
No se encontró diferencias entre la riqueza entre las cercas vivas internas y externas, pero las cercas vivas internas presentaron un ligero valor de riqueza entre las cercas vivas externas (Figura 4).



Letras distintas indican diferencia significativas ($\alpha=5\%$)

Figura 4. Riqueza de las especies arbóreas en las cercas vivas de la finca Agropecuaria, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Cercas vivas internas ($n=29$), cercas vivas externas ($n=26$).

En el caso del Índice de diversidad de Shannon tampoco presentó diferencias estadísticas los tipos de cercas vivas, pero igual las cercas vivas internas tuvieron un valor mayor (Figura 5). Por lo tanto, se determinó que las cercas vivas internas y cercas vivas externas tienen una diversidad similar en la finca Agropecuaria del CATIE.



Letras distintas indican diferencia significativas ($\alpha=5\%$)

Figura 5. Índice de Shannon de las especies arbóreas en las cercas vivas en base al número total de árboles inventariados en la finca Agropecuaria, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Cercas vivas internas (n=29), cercas vivas externas (n=26).

2.3.2 Estructura de las cercas vivas

En las 164.92 ha muestreadas en la finca Agropecuaria se encontró un total de 25.35 km de cerca vivas equivalentes a 138 cercas vivas, las cuales corresponde a las cercas vivas internas y externas el resto de las cercas corresponde a las cercas muertas (Figura 6).

Las cercas que presentaron mayor longitud fueron las cercas vivas internas 17.49 km, las cercas vivas externas 7.84 km y las cercas muertas 6.00 km. Sin embargo, las cercas vivas externas presentaron la mayor longitud promedio 0.24 m respectivamente. La densidad lineal total de las cercas vivas fue de 0.15 km/ha; en cambio el número de árboles/km fue mayor en las cercas vivas externas que en las cercas vivas internas 346 vs 88 respectivamente (Cuadro 6).

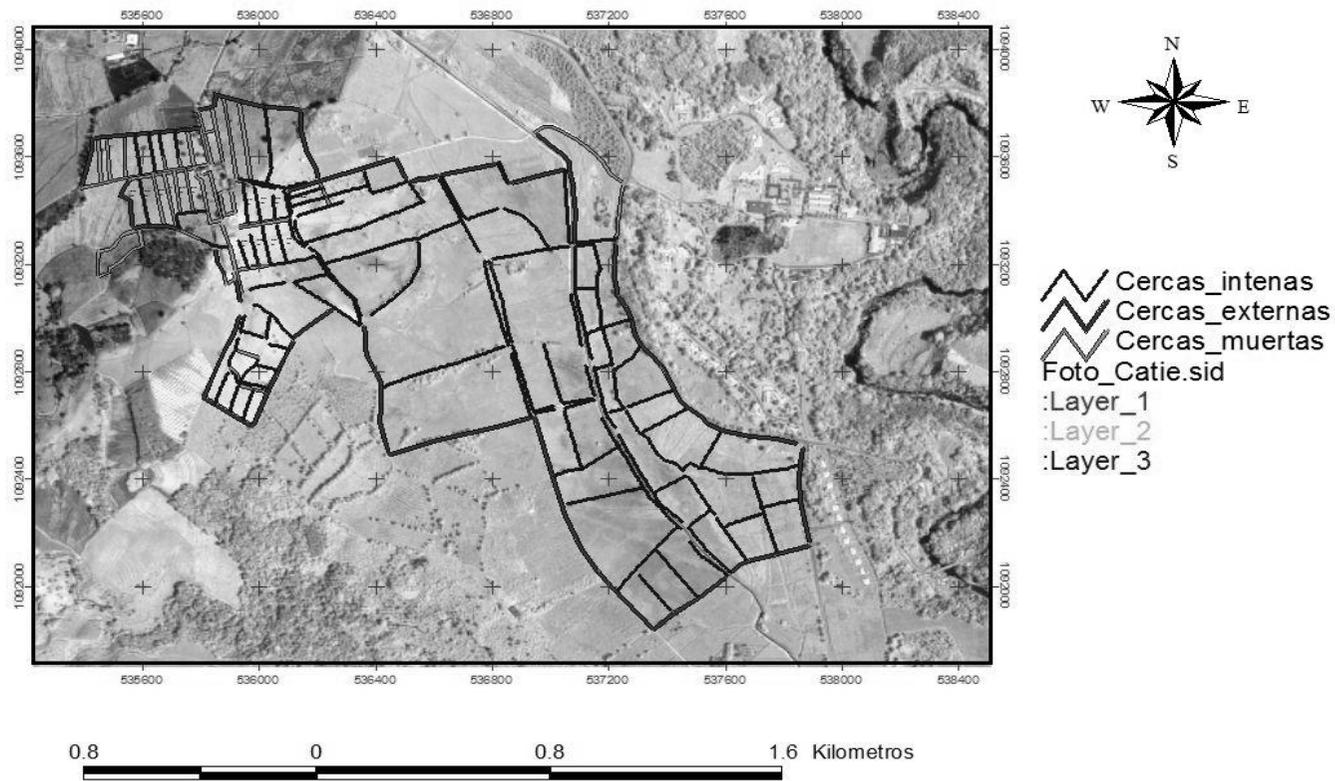


Figura 6. Ubicación de las cercas vivas (internas, externas y muertas), en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Cercas vivas internas (n=29), cercas vivas externas (n=26).

Cuadro 6. Características de las cercas vivas y cercas muertas según las variables evaluadas en la finca Agropecuaria del CATIE.

Tipo de cerca	VARIABLES	Valores
Cerca Vivas Internas	Nº de cercas	105
	Longitud total en (km)	17.49
	Promedio de longitud (km)	0.17
	Nº de árboles / km	88
Cercas Vivas Externas	Nº de cercas	33
	Longitud total en (km)	7.84
	Promedio de longitud (km)	0.24
	Nº de árboles / km	346
Cercas Muertas	Nº de cercas	41
	Longitud total en (km)	6
	Promedio de longitud (km)	0.15

En cuanto a las variables dasométricas se encontró diferencias significativas en dap, altura total y diámetro de copa. Esto se podría atribuir a que en general las cercas vivas internas son de mayor edad que las externas; en cambio las cercas vivas externas son cercas nuevas que se están estableciendo en la finca Agropecuaria. (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparaciones de media con LSD de Fisher para las variables DAP, altura total y diámetro de copa para la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

VARIABLES	CV internas (n=1530)	CV externas (n=2726)	P
DAP (cm)	16.56 ± 0.32 b	12.56 ± 0.19 a	0.0001
Altura total (m)	5.37 ± 0.12 b	3.56 ± 0.07 a	0.0001
Diámetro de copa	2.77 ± 0.05 b	1.83 ± 0.04 a	0.0001

CV: cercas vivas. Letras distintas indican diferencia significativa LSD de Fisher ($\alpha=5\%$)

La distribución porcentual de la clases diamétricas presente en las cercas vivas fueron diferentes, la mayoría se encontró entre los rangos 2-20 cm, (85.55 % cercas vivas externas y 71.59 % cercas vivas internas). Lo anterior se debe al manejo dado en la implementación de nuevas cercas vivas donde se siembran estacas de especies como Poro (*E. costaricensis*) y Nacedero (*T. gigantea*) En las clases diamétricas mayores al dap >20 cm fueron superiores las cercas vivas internas comparado con las externas debido a que tienen una mayor edad de establecimiento en la finca (Figura 7).

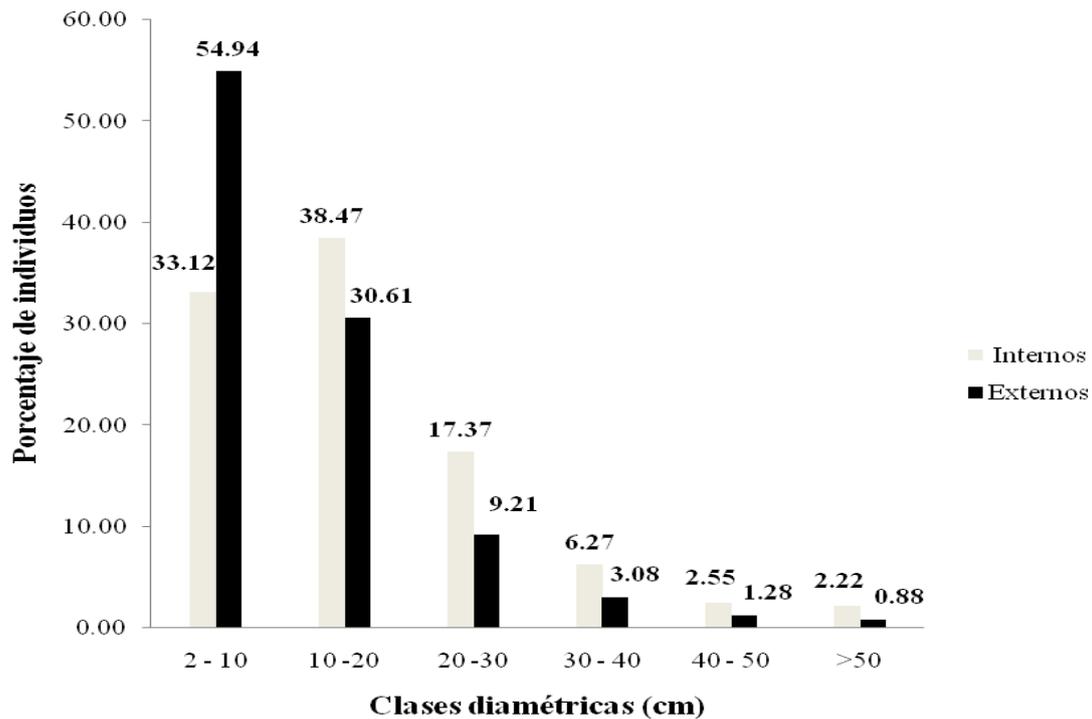


Figura 7. Distribución porcentual de las clases diamétricas de los árboles en las cercas vivas de la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

2.4 DISCUSIÓN

2.4.1 Características de las cercas vivas

Las cercas vivas internas y externas estuvieron formadas por un total de 28 especies, 16 familias arbóreas, las mayorías de los árboles estuvieron representados por 4 especies, Madero Negro (*G. sepium*), Nacedero (*T. gigantea*) y Poro (*E. costaricensis*, *E. fusca*, *E. poeppigiana*). Las ultimas especies predominan en los sistemas productivos de la zona Atlántica de Costa Rica (Abreu *et al.* 2000, Villacís 2003, Chacón 2003). En cambio con la introducción en los dos últimos años del Nacedero (*T. gigantea*), como una especie más promisoría para fuente de forraje para el ganado bovino ya que se establece por medio de estacas, crecimiento rápido, la cual puede ser útil para cercas vivas y protección de fuentes de agua, y adicionalmente no se necesita de ningún tratamiento pregerminativo (Gómez *et al.* 1995). Esta especie mostró adaptación a la zona ya que de acuerdo a Ríos (1993), se encuentra en zona desde el nivel de mar hasta 2159 msnm.

Las cercas vivas internas y externas presentes en la finca Agropecuaria del CATIE, se encontraron diferencias entre las cercas vivas internas y externas en cuanto a las variables de longitud total, promedio de longitud, así como también la densidad de las cercas vivas (km/ha) y n° de árboles/km. Estas características estructurales de las cercas vivas pueden estar determinadas por la actividad productiva y quizás la más importante, la decisión que toma la administración de la finca Agropecuaria en cuanto que especies arbóreas se van a establecer y el manejo. Estos aspectos pueden tener implicaciones en la estructura y conectividad del paisaje y en la dinámica de especies que interrelacionan con las cercas vivas (Burel 1992).

Se pueden observar según estos datos, las cercas vivas tienden ser de longitudes pequeñas, y compuestas por pocas especies por lo tanto, la riqueza e índice de diversidad de Shannon fueron similares en ambos tipos de cercas vivas esto denota que se están estableciendo las mismas especies en la finca Agropecuaria, que predomina en los sistemas productivos de la zona a igual a otros estudio de la zona del país norte de Costa Rica (Abreu *et al.* 2000).

Las clases diamétricas sobresalientes en los dos tipos de cercas vivas fueron las de 2-10 cm y 10-20 cm. Esto indica que las cercas están conformadas mayormente por individuos jóvenes establecidos recientemente y/o que son manejados bajo podas frecuentes lo que influye para no desarrollen los diámetros. La distribución de clases diamétricas encontrados en este estudio es similar a la reportada por Villacís (2003) en la zona Atlántica de Costa Rica. En fincas ganaderas es evidente que en los últimos años han decidido incrementar las cercas vivas y la densidad de individuos ya que eso les permite un ahorro de dinero que seguir utilizando postes muertos. McGarigal y Marks (1995) explican que desde un enfoque de conservación, esto puede traer repercusiones positivas para los movimientos de animales silvestres (especialmente aves), puestos que transforman un paisaje con una matriz simple a otro con una más compleja o heterogénea. La dominancia de las *E. costaricensis*, *E. fusca*, *E. poeppigiana* se debe a que son especies de rápido crecimiento, resistente al volcamiento y fáciles de propagar por medio de estacas (Muñoz 2003).

Investigaciones realizadas en la finca de CATIE por DeClerck y Martínez (2009) demuestran que las cercas vivas complejas presentan una alta riqueza y abundancia de aves en comparación con otros usos de suelos. Por lo tanto, se deben desarrollar estrategias o diseños para el establecimiento de las cercas vivas con el objetivo de incrementar la conectividad del paisaje y favorecer la conservación de la biodiversidad en la zona. En el caso de la finca Agropecuaria del CATIE implementar cercas vivas ha permitido reducir los paisajes altamente fragmentado y ha contribuido a la conectividad de entre usos de la tierra arbolados como bosques, sistemas agroforestales de cacao, sistemas agroforestales de café y otros dentro de la matriz del paisaje.

2.5 CONCLUSIONES

El paisaje de la finca Agropecuaria presento un área dominada por pasturas, donde las cercas vivas fueron elementos muy comunes con el (77%) en comparación a las cercas muertas (23). Además, existe una mayor presencia de cercas vivas internas (59%) que las cercas vivas externas (23%). Esto indica que la finca está utilizando en menor grado postes muertos, que en general están siendo escasos y de alto costo para las fincas ganaderas. De alguna manera el menor costo de establecimiento y los beneficios de sombra para el ganado motivarán al incremento de las cercas vivas en los sistemas ganaderos.

En la finca Agropecuaria del CATIE se encontró 25.33 km de cercas vivas (internas y externas) compuestas por 28 especies pertenecientes a 16 familias. Las cercas vivas mostraron una diversidad (Índice de Shannon) menor a 2, lo cual refleja que existen un potencial para incrementar con nuevas especies que podrían mejorar la productividad de la finca y la generación de servicios ambientales.

Las cercas vivas presentes en la finca Agropecuaria mostraron una densidad lineal de 0.15 km/ha, una densidad total de 88 árboles/km para las cercas vivas internas y de 346 árboles/km para las cercas vivas externas. De igual modo, las cercas vivas internas mostraron una mayor estructura (dap, altura total y tamaño de copa) que las externas atribuido a que las primeras son de mayor edad. Sin embargo, cabe mencionar

la importancia de mejorar la estructura de las cercas vivas en general para mejorar la generación de servicios ambientales como biodiversidad y secuestro de carbono.

Las especies más representativas en las cercas vivas fueron Poro (*E. fusca* Lour., *E. costaricensis*), Madero Negro (*G. sepium*) y Nacedero (*T. gigantea*) que representaron el 90% del total de individuos inventariados.

Las cercas vivas internas presentaron mayor valores en cuanto a las variables evaluadas como es: el diámetro de copa, dap, y altura total con respecto a las cercas vivas externas, estos se debe que las cercas vivas inventariadas en los linderos de la finca Agropecuaria en su mayoría son cercas vivas nuevas.

Las cercas vivas ayuda a favorecer la conectividad física del paisaje debido a que conecta directamente los fragmentos de bosques intervenidos, plantaciones forestales y bosques riparios. Lo cual juega un rol importante en paisajes fragmentados.

2.6 RECOMENDACIONES

Se debe reconocer que las cercas vivas pueden brindar aportes importantes para la producción animal (por ejemplo sombra para el ganado y reducir el estrés calórico que se traduce en mayor producción de leche) y la generación de servicios ambientales (por ejemplo la conservación de la biodiversidad, donde se tienen múltiples estudios que lo evidencian, incluso en la finca de CATIE). En este sentido, es importante promover el incremento de las cercas vivas y manejo para volverlas más complejas (en cuanto a riqueza de especies, estructura como mayor densidad, alturas y tamaño de copas). Estos cambios permitirán cumplir mejor las funciones productivas y de conservación. Paralelamente, en estos nuevos diseños de cercas vivas productivas y de conservación se deben incluir especies maderables para aprovechar el potencial de la zona y de la finca para la producción de madera. Este enfoque sería importante para que la finca del CATIE juegue un rol para la capacitación de productores de la zona de Turrialba y de otras con condiciones similares; además, es una forma de practicar (dar ejemplo) lo que tanto se predica sobre producción sostenible.

En el contexto de la finca vale la pena retomar el tema de evaluar el impacto de otros sistemas Silvopastoriles como bancos forrajeros de leñosas como estrategias de alimentación para reducir uso de concentrados y mejorar la salud de las pasturas, especialmente en períodos de climas extremos de lluvias.

Es importante promover una mayor integración y participación de los estudiantes de posgrado en la finca de CATIE en la parte de educación, capacitación e investigación para mejorar los productos de ambos sectores.

2.7 IMPLICACIONES DEL ESTUDIO

El presente estudio constituye una fuente de información sobre la estructura y composición del componente arbóreo de las cercas vivas existente en la finca Agropecuaria y pueden ser una justificación para intensificar la productividad ganadera bajo un modelo de producción – conservación, aumentando la cantidad de cercas vivas en las divisiones de los apartos y linderos de la finca para compensar la baja presencia de árboles dispersos en potreros. El valor de las cercas vivas para la conservación de la biodiversidad dependerá de su composición florística, diversidad estructural y de su ubicación en el paisaje. Este servicio de conectividad dentro del paisaje se podría aumentar regulando las actividades de manejo por ejemplo la poda e incrementado la riqueza de especies multifuncionales.

También, los valores de la estructura de la cerca vivas serán insumos útiles para diseñar cercas vivas que puedan cumplir con la demanda de área de sombra del hato de la finca. La provisión de sombra del ganado es de vital importancia para reducir el estrés calórico y con ello mejorar la respuesta en producción y reproducción; el segundo artículo de esta tesis expone con mayor detalle los beneficios de la sombra de las cercas vivas en la producción de leche.

2.8 BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, M. H. S. de; Ibrahim, M. Harvey, C; Jiménez, F. 2000. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de la fortuna de San Carlos, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 7 (26): 53 – 56.
- Budowski, K.1987. Living fences: a widespread agroforestry practice in Centro America. *In*. Gholz. HL (ed). *Agroforestry; realities possibilities and potentials*. Dorddrechy, N. Mautinus Mijhoff. The Netherlands. P 169 – 178.
- CATIE. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), 2006. Datos meteorológicos (en línea). Consultado 7 marzo 2006. Disponible en <http://www.catie.ac.cr>.
- Chacón, M. 2003. Cobertura arbórea y cercas vivas en un paisaje fragmentado, Río Frío, Costa Rica. Tesis. Mag. Sc. Turrialba. CR. CATIE. 111p.
- CORFOGA (Corporación Ganadera de Costa Rica). 2000. Análisis de censo ganadero 2000. San José, CR. 13 p.
- DeClerck. F; Martínez. A. 2009. Bird dynamics and use of coffee and cacao agroforests, silvopastoral systems, sugar cane and forest landuses in the Central Volcanic Talamanca Biological Corridor, Costa Rica. (Afiches). Disponibles en <http://web.catie.ac.cr/pma>.
- DFID (Department For International Development) Proyecto CARTA 2003. Imagen Satelital Finca CATIE. United Kingdom. Escala 1:137,567
- Gómez. M; Ríos, C. I; Murgueitio, E. 1995. Arboles y arbustos forrajeros utilizando en la alimentación animal como fuente proteica: Matar ratón (*Gliricidia sepium*) nacedero (*Trichantera gigantea*), poro (*Erythrina fusca*), y botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria (CIPAV), Cali, Colombia. 129p.
- González, J; Lobo Di Palma, M. V; Vidal – Acuña, R; Argel, P. J; Hidalgo, A.C; Romero-Royo, F; 2001. Utilisation of the shrub *Cratylia argentea* CV. Veraniega as protein supplement for milking cows during the dry season in Costa Rica. p. 403-407. Año 2001. Editorial Turrialba, CATIE / GTZ / DANIDA / IUFRO / FAO, CR.
- Harvey, C. A. 2000. Colonization of agricultural windbreaks by forest trees: effects of connectivity and remnant trees. *Ecological Applications* 10(6): 1762-1773.
- Harvey. C. A; Villanueva, C; Villacís, J; Chacón. M; Muñoz, D; López, M; Ibrahim, M; Gómez, R; Taylor, R; Martinez, J; Navas, A; Saenz, J; Sánchez, D; Medina, A; Vílchez,

- S; Hernandez, B; Perez, A; Ruiz, F; López, F; Lang, I; Sinclair, FL. 2005. Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 111:200-230.
- Holdridge, LR. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. Trad. H Jiménez Saa. Editorial IICA. San José, CR. 216 p.
- Howard-Borjas, P, 1995. Cattle and crisis: The genesis of unsustainable development in Central America. *Land reform; Land settlement and cooperatives*. 89 - 116p.
- InfoStat (2008). *InfoStat, version 2008. Manual del Usuario*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. 1ª Ed. Editorial Brujas Argentina. 334p.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Vendra ed. Barcelona, SP. 200p.
- McDaniels, P. 2001. Características de los suelos del ensayo de sistemas con café. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2 p.
- McGarigal. K; Marks. J. 1995. FRAGSTATS. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure PNW-GTR 351, United Department of Agriculture, Pacific Northwest Research Station, Oregon, USA. Department of Natural Resources Conservation University of Massachusetts. Disponibles en <http://umas/landeco/pubs/pubs.htm#fragstats>. Consultado en Octubre 2009.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y tesis SEA, vol 1. Zaragoza. 84p.
- Muñoz, D. 2003. Conocimiento local sobre cobertura arbórea en sistemas de producción ganadera en dos localidades de Costa Rica. Tesis. Mag. Ms. Turrialba. Costa Rica. 194p.
- Pla, L; Matteuci, S. D. 2001. Intervalo de confianza bootstrap del índice de biodiversidad de Shannon. *Revista de la Facultad de Agronomía* 18: 222-234.
- Ramírez, L. 2007. Contribución ecológica y cultura de los sistemas silvopastoriles para la conservación de la Biodiversidad en Matiguás, Nicaragua. Tesis. Mag. Ms. Turrialba. Costa Rica. 195p.
- Ríos, C. I. 1994. Apuntes etnobotánicas y aportes al conocimientos del nacederos *Trichantera gigantea* (Humb. And Bonnpl). Nees. Tesis Mag. Sc. Universidad Javeriana- IMCA-CIPAC, Cali, Colombia. 71p.
- Sauer, J. D. 1979. Living fences in Costa Rica *Agriculture*. Turrialba (IICA) 29(4): 225–261. Secretaria de Agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación

- (SAGARPA 2004). Sistemas silvopastoriles. Subsecretaria de desarrollo rural dirección general de apoyos para el desarrollo rural. Texcoco. México. 5 p.
- Simón, L. 1996. Utilización de árboles leguminosos en cercas vivas y pastoreo. En: A. Uribe (ed). Silvopastoreo: Alternativa para mejorar la sostenibilidad y competitividad de la ganadería colombiana. Compilación de las memorias de los dos seminarios internacional sobre sistemas Silvopastoriles 1995-1996. p109-124.
- Urgirles, J. F. 1996. Descripción cuantitativa y optimización de sistema de producción de leche especializada en Río Frio, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba. CR. CATIE. 129p.
- Vázquez-Yanes, C. y Batís, A. I. 1996. La restauración de la vegetación, árboles exóticos contra árboles nativos. Ciencias. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 43:16-23. Disponible en <http://www.ejournal.unam.mx/cns/no43/CNS04303.pdf>
- Villacís, J. C. 2003. Relaciones entre la cobertura arborea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frio, Costa Rica. Tesis. Mag. Sc. Turrialba. CR. CATIE. 129p.
- Villafuerte, L. E. 1998. Sistemas de expertos como herramientas para toma de decisiones de manejo en sistemas silvopastoriles del trópico húmedo bajo de Costa Rica. Tesis. Mag. Ms. Turrialba. Costa Rica. 98p.

3 ARTICULO 2. EFECTO DE LA SOMBRA DE CERCAS VIVAS EN EL COMPORTAMIENTO ANIMAL, LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y LA DISPONIBILIDAD DE PASTO EN SISTEMAS GANADEROS

RESUMEN

En este artículo el objetivo fue evaluar el efecto de la sombra de las cercas vivas sobre la disponibilidad de pastos, las variables fisiológicas (temperatura rectal y tasa respiratoria), comportamiento animal (pastoreo, descanso y rumia), y producción de leche de vacas lecheras. En cuanto a la disponibilidad de pastos, en ambas épocas (invierno y verano) los potreros sin cercas vivas tuvieron la mayor disponibilidad en comparación a los potreros con cercas vivas (1275.74 vs 1095.93 kg MS/ha/ciclo en invierno; 1356.75 vs 1254.70 kg MS/ha/ciclo en verano). La carga animal en la época de verano es más baja respecto a la época de invierno, debido a que a partir de esta fecha comienza a parir mayor cantidad de vacas en la finca pasando la carga animal de 3.8 UA/ha en la época de verano a 4.2 UA/ha en la época de invierno. El cual es el rango de carga animal que maneja la finca a lo largo del año. El ITH se obtuvo de los valores de la temperatura ambiental y humedad relativa, el cual indica cuando se produce estrés calórico en función de las variables ambientales mencionadas. Los resultados reflejan que hubo leve estrés calórico (ITH 74-79) a partir de las 11:00 am en la época de verano y a partir de las 9:00 am en el invierno donde la humedad relativa alta tiene una influencia importante. Eso significa que bajo estas condiciones es necesaria la sombra (especialmente de árboles) para el ganado para mitigar dicho estrés; también, se puede estabular el ganado a partir de las 11:00 am que es lo que implementa la finca con el fin de evitar alcanzar niveles medios (ITH 80-83) o severos (ITH > 84) de estrés en los animales. Tanto en la época de verano e invierno en los potreros con cercas vivas las vacas presentaron una temperatura rectal menor ($p=0.0001$) en comparación a lo que sucedió en potreros sin cercas vivas (38.87 ± 0.03 vs 39.00 ± 0.04 °C en verano; 38.9 ± 0.03 vs 39.24 ± 0.03 °C en invierno). La tasa respiratoria a las 11:00 am presentó diferencia significativa ($p=0.0001$) entre potreros con y sin cercas vivas para la época de verano e invierno, donde la vacas en potreros con cercas

vivas tuvieron una menor tasa respiratoria (71.04 ± 0.81 vs 74.35 ± 1.14 respiraciones/min en verano; 76.28 ± 0.68 vs 80.94 ± 0.62 respiraciones/min en invierno). La producción de leche promedio (kg/vaca/día) durante los seis meses del estudio, fue mayor en los potreros con cercas vivas (varió de 15.02 a 18.11) en comparación a los potreros sin cercas vivas (varió de 14.77 a 17.9 kg/vaca/día). Por lo tanto, los resultados muestran que las vacas que pastorean en los apartos con cercas vivas presentan una mayor producción de leche y mayor confort para reducir el estrés calórico. Esto implica el potencial que tienen las cercas vivas en fincas ganaderas para reducir los efectos del estrés calórico para mantener e incrementar la producción de leche. Además, de los beneficios en la parte reproductiva que reporta la literatura. Sin olvidar los beneficios ecológicos como secuestro de carbono y la conservación de la biodiversidad.

3.1 INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 40 años el área en pasturas en Centroamérica ha aumentado de 3.5 a 9.5 millones de hectáreas y el inventario bovino ha pasado de 4.2 a 9.6 millones de cabezas (Kaimowitz, 2001). En América Central la ganadería ocupa aproximadamente 93 millones de ha para uso de pasturas y praderas permanentes, lo cual representa el 38.7 % de la superficie terrestre total de América central y el 72.8% de la superficie destinada para la agricultura (FAOSTAT 2005). La ganadería predominante se basa en sistemas de producción tradicionales los cuales presenta baja productividad, rentabilidad y una alta degradación de los recursos naturales. Sin embargo, la inclusión de árboles y arbustos significa un reto para la ganadería tropical, ya que se pretende incrementar la producción de leche y carne en forma acelerada, constante y sostenible para suplir la demanda de estos productos por parte de la población, garantizando la conservación de los recursos naturales y el ambiente (Torales y Hernández 1996).

En Costa Rica la actividad ganadera ocupa el 46.4% del territorio (Moya 2002), lo cual la constituye en la actividad que abarca la mayor cantidad de área respecto a otras actividades Agropecuaria. Al igual que en la mayoría de los países tropicales, está basada en el pastoreo como principal recurso alimentario, lo que ocasiona deficiencia nutricional y problema sanitarios (Orozco 1998, Lobo y Acuña 1999, Lobo 2004).

Por lo tanto, el bienestar animal también se ha convertido en el objeto prioritario de un campo de investigación científica incipiente. No obstante, los métodos de la ciencia sobre el bienestar animal se pueden aplicar en líneas generales a una amplia gama de problemas relativos a esta esfera dentro del conjunto de métodos de producción (Fraser *et al* 2009).

Sin embargo, todas las investigaciones sobre el bienestar animal se han relacionado con el estrés calórico al que están expuestos los animales durante los meses de verano que provoca una disminución en la actividad productiva y reproductiva (Fuquay 1981, Wilson *et al.* 1988, Bernabucci *et al.* 1999, Hahn 1999). El estrés

calórico se suma, además con la alta temperatura interna con la lactancia en las vacas lecheras.

El presente estudio de investigación consintió en evaluar la contribución de la sombra de las cercas vivas en la producción de leche como efecto de la reducción del estrés calórico en vacas lecheras y la disponibilidad de pastos en el módulo lechero de la finca Agropecuaria del CATIE.

Para tal efecto se trabajó con informaciones fisiológicas de los animales, y el desempeño productivo así como también el efecto de las variables ambientales en el comportamiento del ganado y la disponibilidad de los pastos (*Cynodon nlemfuensis* y *Brachiaria radicans*). Dicha investigación demostró la importancia de la sombra de las cercas vivas en los sistemas ganaderos para mejorar el confort del ganado y con ello incrementar la producción de leche.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1 Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica (Figura 8). Esta región pertenece al valle central y se localiza 9° 53' N, 82° 38' O, con elevación aproximada de 600 msnm, una precipitación de media anual de 2479 mm, temperatura promedio de 21.7° C y humedad relativa de 87 % (CATIE 2000). En la Figura 9 se presenta la distribución de lluvias del año 2009 cuando se llevó a cabo el presente estudio, según la estación meteorológica del CATIE. De acuerdo a la clasificación de Holdridge pertenece a la zona de vida Bosques Muy Húmedo Premontano. Los suelos son aluviales mixtos, Ultisol e Inceptisol con textura entre franco y franco arcillosas en los primeros horizontes (McDaniels 2001). El estudio tuvo una duración de 6 meses (marzo - agosto), los cuáles incluyeron dos épocas: la de verano o de menor precipitación pluvial (marzo y abril) y la lluviosa (mayo, junio, julio y agosto).

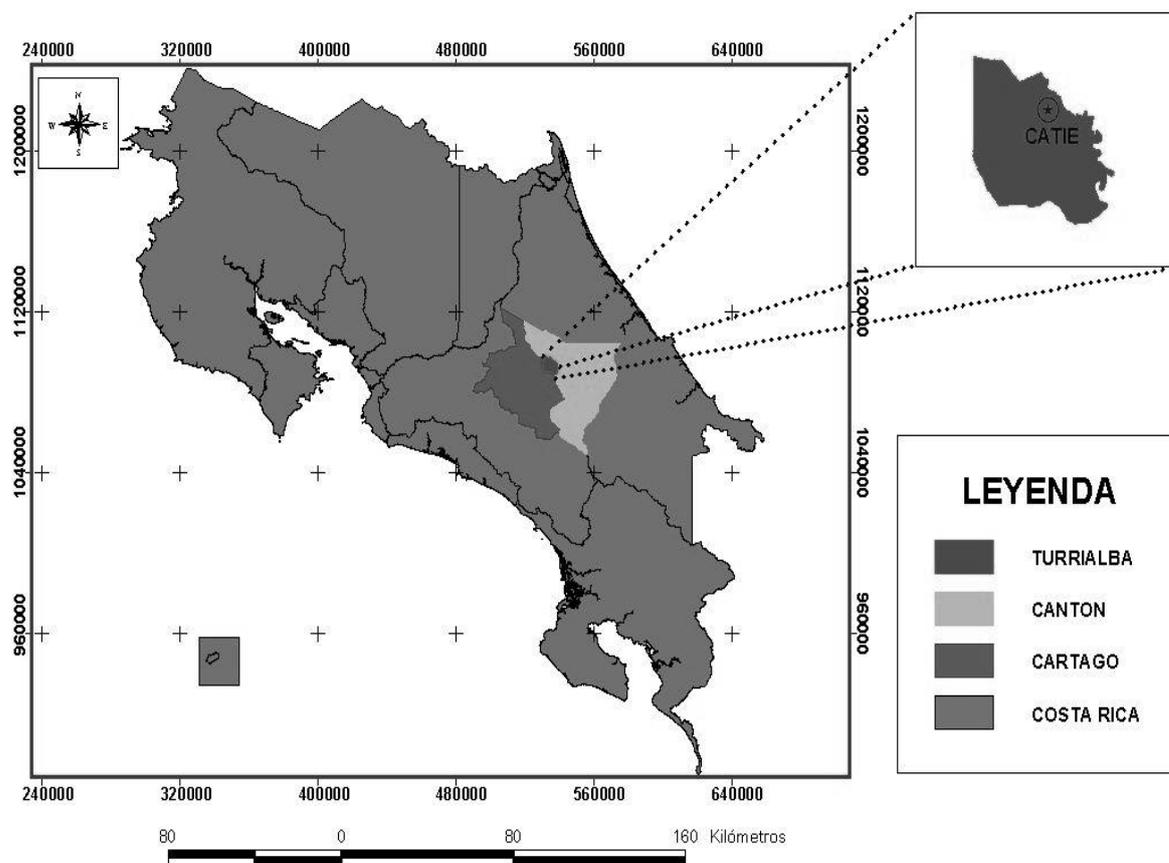


Figura 8. Localización de la finca agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

El área total de la finca Agropecuaria del CATIE es de 1008.604 ha, pero el módulo lechero presenta un área de 164.92 ha. Los pastos que predomina son retana (*Ischaemum ciliare*), estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y tanner (*Brachiaria radicans*). Los potreros tiene un tamaño promedio de 0.64 ha y se manejan bajo un sistema de pastoreo rotacional, con período de ocupación de un día y de descanso varió entre 28 y 30 días. El pasto es fertilizado con una dosis por hectárea de 228.2 kg de N, 76.2 de P, 22.8 de K, 16.3 de Mg, 19.9 de Ca y 31.8 de S, la cual se distribuye en varias aplicaciones durante el año.

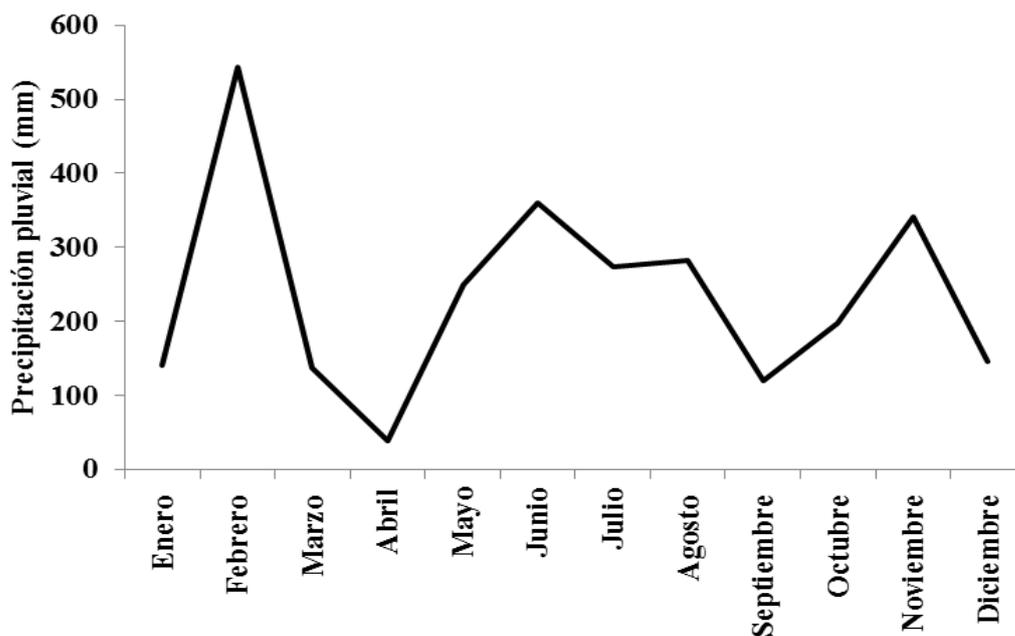


Figura 9. Distribución de la precipitación pluvial en la finca agropecuaria del CATIE para el año 2009. Turrialba, Costa Rica. Fuente: Estación metereológica del CATIE.

3.2.2 Selección de los tratamientos y las áreas experimentales

Los tratamientos consistieron en potreros o apartos sin sombra (también llamados sin cercas vivas; SCV) y potreros con sombra o con cercas vivas (CCV). Para cada tratamiento fueron seleccionados seis y siete potreros respectivamente, el área de los potreros varió de 5350 a 9160 m² para aquellos del tratamiento sin sombra y de 5720 a 10850 m² para los del tratamiento con sombra. La cobertura arbórea en los potreros con sombra osciló entre 3.3 y 23.5% (Cuadro 8).

Cuadro 8. Lista de potreros seleccionados, su tamaño y cobertura arbórea. Finca agropecuaria del CATIE.

Nº	Potreros Nº	Porcentaje de cobertura (%)	Área (m ²)
Potreros sin sombra			
1	10	7.4	8290
2	11	5.1	9160
3	12	0	6560
4	13	0	5350
5	14	0	5930
6	15	8.5	6420
Potreros con sombra			
1	16	7.4	5720
2	17	9.7	6410
3	19	23.5	10850
4	22	5.9	9080
5	23	4.4	8070
6	24	4.3	6270
7	25	3.3	6040

Es importante mencionar que para el tratamiento sin sombra, en algunos potreros se tuvo que podar las cercas vivas y en otros casos se utilizó la mitad del potrero que no tienen árboles durante el período de observación de las vacas (6-11 am. En la finca el período de ocupación de los potreros fue de un día y el de descanso varió entre 28 y 30 días, pero como parte del manejo normal el potrero se divide en dos secciones similares (usando la cinta eléctrica) para ocuparse medio día cada una. Los 13 potreros experimentales tuvieron una composición y condición de la pastura similar; además, fueron manejados bajo un sistema de pastoreo rotacional tal como el resto de potreros de la finca (Figura 10).

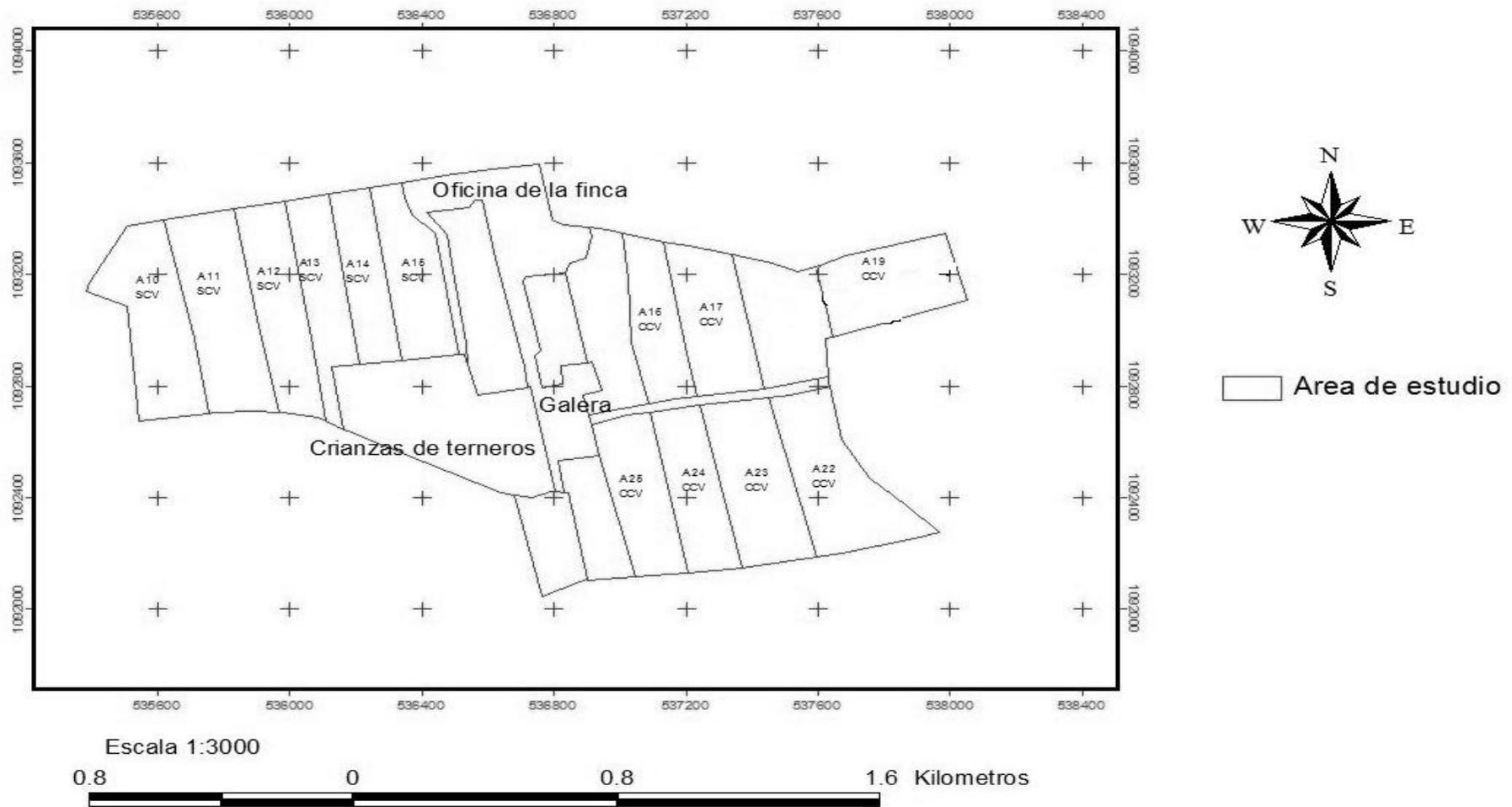


Figura 10. Ubicación y distribución de los tratamientos evaluados en los apartos en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2009.

3.2.3 Selección y manejo de los animales

Se seleccionaron 20 vacas Jersey, de un grupo de 92 vacas paridas que conforma el lote de ordeño de la finca Agropecuaria. Para la selección fueron considerados los criterios siguientes: la edad entre 3–5 años, entre la segunda y tercera lactancia y 70 a 120 días de lactancia. Todo el ganado recibió el mismo manejo sanitario y control de parásitos internos o externos. Las vacas seleccionadas para el estudio se manejaron junto con el lote total de ordeño de las vacas existentes en la finca Agropecuaria, para no trastornar la rutina diaria del manejo de la finca Agropecuaria.

El modelo matemático que describe el experimento fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + \varepsilon_{k(i)} + E_j + SE_{ij} + \varepsilon_{k(ij)}$$

Donde:

μ = media general

S_i = efecto de la i-ésima sombra

$\varepsilon_{k(i)}$ = error debido a sombra

E_j = efecto de la j-ésima época

SE_{ij} = interacción sombra x época

$\varepsilon_{k(ij)}$ = error debido a época

Se implementó un Diseño Completamente al Azar (DCA), en un arreglo de parcelas divididas en el tiempo: donde la sombra (presencia o ausencia) fue la parcela principal y el efecto de la estación la sub parcela. El ciclo de pastoreo se ajustó al sistema de pastoreo rotacional que utiliza la finca Agropecuaria en ambas épocas. Las vacas pastorearon en todos los apartos del módulo lechero de la finca; sin embargo, la disponibilidad de pastos, las variables fisiológicas y la producción de leche de las vacas seleccionadas se midieron mientras el ganado estuvo en los apartos seleccionados. La variable de producción de leche fue medida en las instalaciones de lechería diariamente durante los dos ordeños, excepto cuando las vacas no utilizaban los apartos o potreros experimentales que fueron 13.

3.2.4 Disponibilidad de pastos

El objetivo fue monitorear la disponibilidad de pasto en cada ciclo de pastoreo (28-30 días) en los 13 potreros experimentales (6 sin sombra y 7 con sombra). La disponibilidad se determinó con el uso de marcos metálicos de 0.5 x 0.5 (0.25 m²), lanzando de manera sistemática 20 marcos por potrero sin cercas vivas antes de la entrada del ganado. En los potreros con cercas vivas, 10 marcos fueron lanzados a pleno sol y 10 bajo las copas de los árboles de las cercas (en la parte media del radio de la copa). Para determinar la disponibilidad de pasto en los potreros con cercas vivas se consideró el ajuste del pasto en el área a pleno sol y el pasto en el área afectada por la copa de los árboles de las cercas vivas.

En cada marco el pasto fue cortado a una altura de 10 cm altura del suelo y pesado con una balanza digital en el mismo sitio y se tomó una muestra compuesta de 250 g para llevar al laboratorio y determinar la materia seca a 60°C/48 horas. Luego con el valor de materia seca se ajustaron los pesos frescos de los marcos, se obtuvo un promedio y se extrapolaron para una hectárea en kg MS/ha/ciclo.

3.2.5 Carga animal del área usada por el lote de vacas en producción

La Carga animal fue calculada en base a la información del inventario mensual de vacas en producción que maneja la finca y el área total de los potreros del módulo lechero.

3.2.6 Variables ambientales

La información meteorológica fue registradas utilizando una estación meteorológica de marca DAVIS®, que se instaló en la finca Agropecuaria, los registros ambientales fueron tomados diariamente, las variables ambientales fueron: temperatura ambiental (°C), humedad relativa (%).

El Índice de Temperatura y Humedad (ITH), indica cuándo se produce estrés calórico en función de los parámetros mencionado en un ambiente en particular. Este parámetro brinda las señales para tomar las medidas de mitigación para controlar o reducir el impacto del estrés calórico con las prácticas con mayor costo beneficio para la finca. El ITH se calculó con la ecuación de Hahn (1999) de la manera siguiente:

$$\text{ITH} = 0.81 * \text{TA} + \text{HR} (\text{TA} - 14.4) + 46.4$$

Dónde:

ITH: Índice de Temperatura y Humedad

TA: Temperatura ambiental en grados (°C)

HR: Humedad relativa en proporción

El ITH, nos indica los siguientes valores que sirven como base para el índice de seguridad del ganado (Normal ≤ 74 ; Alerta 75–78; Peligro 79–83; Emergencia ≥ 84 ; Hahn 1995b).

3.2.7 Variables fisiológicas de los animales

En cuanto a las variables fisiológicas se evaluaron los parámetros temperatura rectal y tasa respiratoria. La temperatura rectal se midió diariamente a las 11:00 am, cuando el ganado se encontraba en el establo, estos se efectuó introduciendo en el recto de cada animal un termómetro clínico digital de 5 cm de longitud.

La tasa respiratoria, se registró a la 8:00, 9:00 y 11:00 am, en cada uno de los apartos seleccionados (con y sin cercas vivas) donde se encontraba el lote de las vacas en producción. La tasa respiratoria se midió en cada una de las vacas experimentales mediante conteo en el flanco derecho de la vaca durante el periodo de un minuto, a distancia aproximada entre 1 a 2 metros y el observador se colocado en la parte trasera de cada uno de los animales con un ángulo de 45° (Anexo 4).

3.2.8 Comportamiento animal

Se evaluó el comportamiento de los animales en los apartos seleccionados, al momento de realizar las observaciones de la tasa respiratoria. El monitoreo del comportamiento implicó el registro del número de vacas en pastoreo, rumia, y descanso, (Anexo 4).

3.2.9 Producción de leche

Durante el periodo experimental se registró diariamente la producción de leche de cada ordeño en cada una de las vacas seleccionadas. Los ordeños se realizaron a las (2:00 am) y a (3:00 pm), esta actividad se llevó a cabo solamente a las 20 vacas Jersey seleccionadas con los criterios mencionados anteriormente. La medición se efectuó por medio de los equipos de ordeño de leche, con capacidad de 31 kg, cuya marca es Waikato® (MKV-Milkmeter 32108) ubicado en el sala de ordeño de la finca Agropecuaria del CATIE.

3.2.10 Análisis estadísticos

El análisis estadístico consistió en la aplicación de tres técnicas de estadística multivariado exploratoria: se empleó esta metodología por ser capaz de trabajar con datos cualitativos y cuantitativos, debido a que una gran proporción de los datos recogidos tenían carácter cuantitativo tales como; temperatura y pesaje de la leche. El ANDEVA se realizó para conocer el efecto de los tratamientos (con y sin cercas), sobre las variables fisiológicas de los animales (temperatura rectal, tasas respiratorias), comportamientos de los animales, y producción de leche, así como para evaluar la composición, calidad y disponibilidad de los pastos. Se realizó prueba de LSD Fisher para la separación de medias de los tratamientos y épocas.

El ACP, es una técnica generalmente utilizada para reducir dimensionalidad, lo cual permite examinar todos los datos en un espacio de menor dimensión que el espacio original de las variables.

Con el ACP se construyen ejes artificiales (componentes principales) que permiten obtener gráficos de dispersión de observaciones y/o variables con propiedades óptimas para la interpretación de la variabilidad y covariabilidad subyacentes (InfoStat 2008). La interpretación tradicional de este análisis es un gráfico bidimensional (llamado primer plano factorial) de los dos componentes principales que capturan la mayor proporción de la variabilidad presente en la muestra.

Las variables originales aparecen aquí como vectores cuya proyección sobre cada eje ortogonal representa la influencia de las variables respectiva sobre el correspondiente componente principal. El coseno del ángulo entre dos de las variables originales (en realidad entre los vectores que las representan) medido en el nuevo espacio coordinado, es una medida directa de la correlación entre dichas variables. Así, si el ángulo es próximo a cero, la correlación es estrecha y positiva; si el ángulo es próximo a 180° grado, la correlación es estrecha pero negativa; finalmente, si el ángulo es cercano a 90° grado, las variables están escasamente relacionadas. Adicionalmente para las variables ambientales y el comportamiento de los animales representa como un punto en el espacio coordinado (Smith 1999).

El modelo lineal mixto permite modelar conjunto de datos en donde las observaciones no son independientes. El modelo lineal mixto aleatorio es el más simple, donde se asume que existe una distribución asociada que da origen a una fuente de variación distinta a la variación residual.

Tales efectos se denominan efectos aleatorios. Son usados también estos modelos lineales mixtos para ensayos comparativos de rendimientos para estimar componentes de varianzas asociadas a la comparación de efectos de tratamiento que son conducidos a través de sitios y periodos de años, asumiendo que la interacción tratamiento por ambiente es aleatoria y que los efectos de tratamiento están contenidos dentro de la interacción aleatoria.

El modelo lineal mixto permite eliminar el problema de autocorrelación, estos con el objetivo de poder modelar los problemas de varianza, para tal efecto se realizó comparaciones de media con la utilización de corrección Bonferroni. Los análisis de datos se realizaron utilizando el programa InfoStat (Versión 2008).

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Disponibilidad de Pastos

En general la disponibilidad de pasto fue levemente mayor en los potreros sin cercas vivas en comparación a los potreros con cercas vivas, el pasto dominante en los potreros fue *Brachiaria radicans* (Figura 11). Las diferencias en la disponibilidad de materia seca se atribuye al efecto directo de la sombra de los árboles de las cercas vivas o indirecto porque son áreas que sacrifican las vacas cuando se benefician de la sombra.

En los meses de abril y mayo se presentó una reducción en la disponibilidad de pastos, esto se asocia a que en estos meses se presentó una baja precipitación pluvial (Figura 11) provocando un resecamiento de los suelos. Velasquez (2005) señala que esta condición de estrés hidrico promueve la floración y producción de semilla afectando la disponibilidad de biomasa.

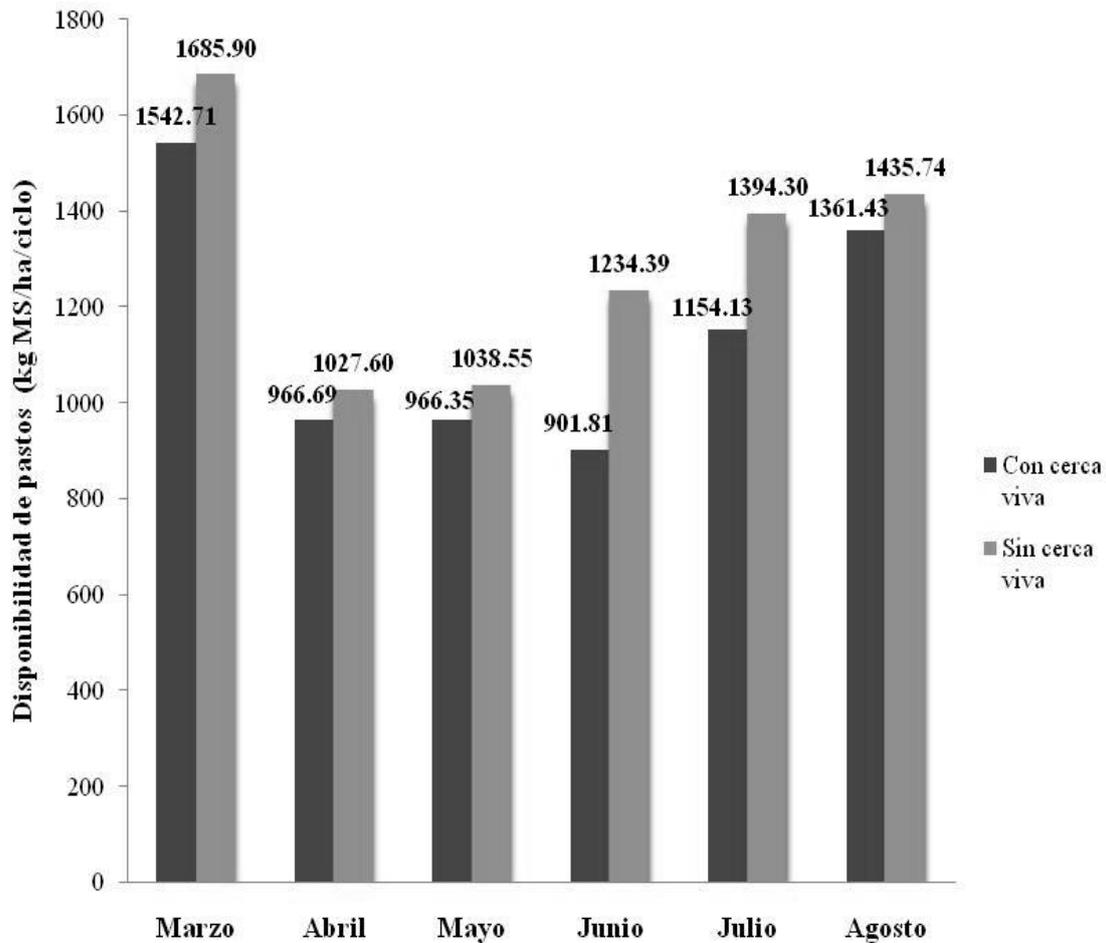


Figura 11. Disponibilidad de pasto en los potreros con y sin cercas vivas durante los meses estudiados en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2009.

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos sin y con sombra de cercas vivas ni diferencias entre los periodos de invierno y verano, se pudo notar que la disponibilidad de pastos en el tratamiento sin sombra de las cercas vivas fue mayor en ambas épocas evaluadas (Figura 12). En la época de baja precipitación o verano en potreros sin cercas vivas se obtuvo el mayor promedio de disponibilidad de pastos en comparación a la época de invierno o de alta precipitación (1356.75 vs 1254.70 kg MS/ha/ciclo). Dicho patron se podría deber al efecto del exceso de agua en la época de alta precipitación, esto de alguna manera esta asociado los problemas de drenaje de algunos potreros.

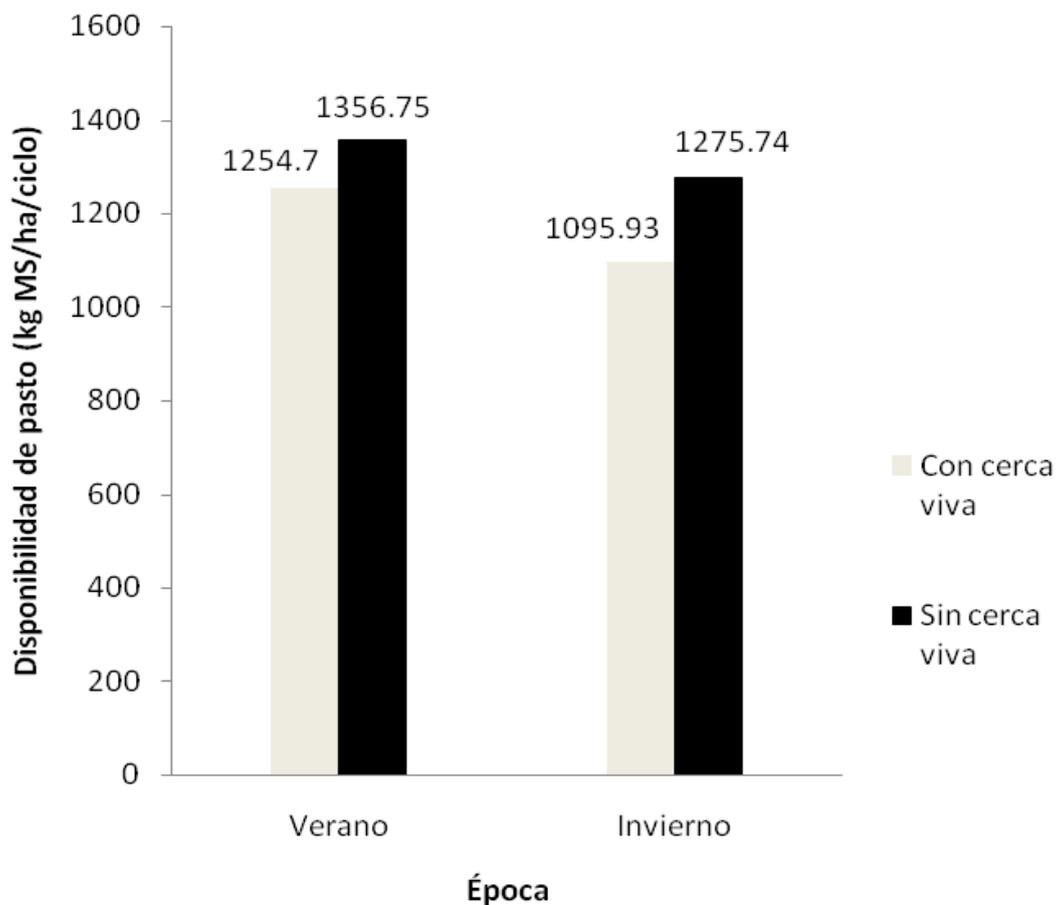


Figura 12. Disponibilidad de pasto en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2009.

3.3.2 Carga animal y manejo de los apartos

El sistema de manejo de pastoreo que se utiliza en la finca es de un día de ocupación y 28 días de descanso para los tratamientos implementados. La cantidad de animales varió a través de los meses de estudio, aunque en los meses de verano se presentaron las menores cargas animales. Se encontró diferencias significativas obteniendo durante la época de verano la carga animal más baja con respecto a la época de invierno (Cuadro 9), siendo los últimos tres meses donde se obtuvieron los mayores registros de la carga animal, esto debido que a partir de la época de invierno comienza a parir mayor cantidad de vacas en la finca Agropecuaria.

Estos se debe a que la carga animal en la época de verano es más baja respecto a la época de invierno, debido a que a partir de esta fecha comienza a parir mayor cantidad de vacas en la finca pasando la carga animal de 3.8 UA/ha en la época de verano a 4.2 UA/ha en la época de invierno. El cual es el rango de carga animal que maneja la finca a lo largo del año.

Cuadro 9. Carga animal promedio en los diferentes meses de estudio en la finca Agropecuaria, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Meses	Carga Animal (UA/ha)	E.E.
Marzo	3.8 a	0.26
Abril	3.8 a	0.23
Mayo	4.2 ab	0.25
Junio	4.5 b	0.26
Julio	4.9 b	0.29
Agosto	4.8 b	0.27

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

3.3.3 Índice de Temperatura Ambiental (ITH)

El ITH fue aumentando conforme se incrementaron las horas del día de 8 a 11 am; los mayores valores de ITH se alcanzaron a las 11 am en la época de verano e invierno con 75.15 y 77.4 respectivamente (Cuadro 10). Estos valores según Hahn (1999) significan un leve efecto del estrés calórico o son señales de alerta. De hecho posterior al medio día dichos valores de ITH pueden alcanzar valores superiores a 84, lo cual significa un estado de estrés calórico grave. En este caso no se pudo apreciar porque la finca a partir de las 11 am estabula el ganado para reducir los efectos del estrés calórico.

Cuadro 10. Valores promedio para Índice de Temperatura y Humedad (ITH) en la finca del CATIE.

Horario	ITH Verano	ITH invierno
08:00 am	70.4	73.1
09:00 am	72.7	75.35
11:00 am	75.15	77.4

3.3.4 Temperatura Rectal y tasa respiratoria

Tanto en la época de verano e invierno en los potreros con cercas vivas las vacas presentaron una temperatura rectal menor ($p < 0.01$) en comparación a lo que sucedió en potreros sin cercas vivas (38.87 ± 0.03 vs 39.00 ± 0.04 °C en verano; 38.9 ± 0.03 vs 39.24 ± 0.03 °C en invierno). La tasa respiratoria a las 11:00 am presentó diferencia significativa ($p < 0.01$) entre potreros con y sin cercas vivas para la época de verano e invierno, donde la vacas en potreros con cercas vivas tuvieron una menor tasa respiratoria (71.04 ± 0.81 vs 74.35 ± 1.14 respiraciones/min en verano; 76.28 ± 0.68 vs 80.94 ± 0.62 respiraciones/min en invierno; (Cuadro 11).

La tasa respiratoria tendió a incrementar conforme aumentaron las horas del día de 8:00 am a 11:00 am, lo cual está asociado con el incremento del ITH como se presenta en el Cuadro 11. También, cabe mencionar que los mayores valores se alcanzaron en el invierno influidos por un mayor efecto de las variables ambientales de temperatura y humedad relativa. En ambas épocas los valores a partir de las 9:00 am estuvieron entre 60 – 90 respiraciones/minuto, lo cual significa una respiración ligeramente elevada. Mader *et al.* (2006), explica que cuando estas respiraciones superan un valor de 90 se podrían presentar síntomas moderados de jadeo y babas o pequeñas cantidad de saliva en la boca, lo cual refleja presencia de problemas de estrés calórico y ameritan atención para la refrigeración del ganado. Asimismo, otros autores señalan diferentes valores críticos. Por ejemplo Hahn (1999) señala que una tasas respiratorias a partir de 80 significan problemas de estrés calórico para el ganado.

En un análisis general se encontró una relación media positiva entre el ITH y la tasa respiratoria, en donde el modelo de regresión lineal explica un 57% de la variabilidad de la tasa respiratoria encontrada en el estudio ($y = -169.56 + 3.21x$; $R^2 = 0.57$; Figura 13). Queda reflejado que al aumentar el ITH se incrementa la tasa respiratoria de las vacas lecheras del presente estudio, y la importancia del ITH como indicador del grado de estrés calórico a que pueda estar expuesto el ganado.

Los datos registrados de las tasas respiratorias se obtuvieron valores mayores a los 60 exhalaciones por minutos, según Davis (2001) los valores entre 20 a 60 exhalaciones por minutos son considerados normales, pero cuando la temperatura ambiental aumenta por sobre los 25° C aumenta también la tasa de respiración pudiendo llegar a valores por sobre los 200 exhalaciones por minutos. Sin embargo, ésta es una respuesta individual, la que varía según la raza y el estado fisiológico de cada animal (Gaughan 1999).

Cuadro 11. Promedio y error estándar (EE) de las variables fisiológicas (temperatura rectal y tasa respiratoria) en vacas lecheras en potreros con y sin cercas vivas durante el verano e invierno en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba. Costa Rica.

Época	Variables	Hora	Tratamiento (CCV)	Tratamiento (SCV)	P
			Media ±EE	Media ±EE	
Verano	Temperatura rectal (°C)	11:00 am	38.87±0.03 _a	39.00±0.04 _b	0.014
	Tasa respiratoria (no./min)	08:00 am	51.58±0.52 _a	54.44±0.68 _b	0.0008
	Tasa respiratoria (no./min)	09:00 am	59.91±0.73 _a	65.64±1.00 _b	0.0001
	Tasa respiratoria (no./min)	11:00 am	71.04±0.81 _a	74.35±1.14 _b	0.0155
Invierno	Temperatura rectal (°C)	11:00 am	38.9±0.03 _a	39.24±0.03 _b	0.0001
	Tasa respiratoria (no./min)	08:00 am	59.01±0.5 _a	63.62±0.68 _b	0.0001
	Tasa respiratoria (no./min)	09:00 am	66.96±0.60 _a	72.68±0.64 _b	0.0001
	Tasa respiratoria (no./min)	11:00 am	76.28±0.68 _a	80.94±0.62 _b	0.0001

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). CCV: con cerca viva; SCV: sin cerca viva.

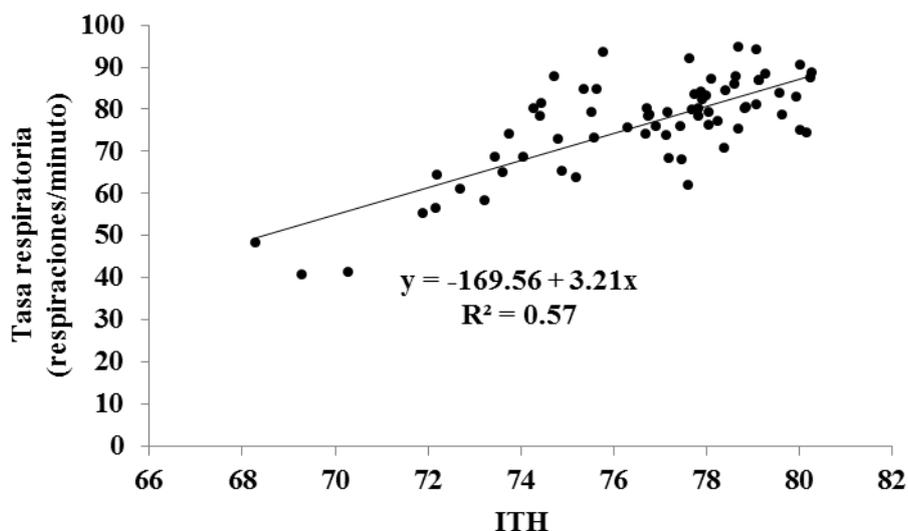


Figura 13. Relación del Índice de Temperatura y Humedad (ITH) y la tasa respiratoria en vacas lecheras de la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba. Costa Rica.

3.3.5 Comportamiento animal

Se encontró con la ayuda de la matriz de correlaciones que las variables van a estar siendo explicada en el primer componente. El análisis estadístico de los componentes principales (ACP), el comportamiento de los animales como descanso y rumia tuvieron asociaciones positiva con la temperatura ambiental en potreros con y sin cercas vivas en la época de invierno y verano a las 11:00 am (Figura 14).

Debido a que los árboles proporciona creación de un microclima favorable bajo el dosel de los árboles (Blackshaw y Blackshaw 1994), por lo tanto tiene un efectos positivos en la producción animal, explicados por cambios en el comportamiento y productividad de los animales, entre estos cambios se encuentran un incremento del tiempo a dedicar al pastorear y rumiar cuando se presentan bajas temperaturas (Johnson *et al* 1962. Djimde *et al* 1989. Pezo e Ibrahim 1998).

Es importante señalar la estrecha relación negativa que hubo entre la temperatura ambiental y el pastoreo durante las primeras horas del día en los tratamientos sin y con cercas vivas (Cuadrante I y II), lo cual nos indica que en ese momentos del día no hubo

ninguna incidencia de alta temperatura; reflejando que el ganado tienen a consumir pasto en las horas más frescas del día (Hall 2000).

No se encontró correlación entre las variables ambientales de la radiación ultravioleta con el comportamientos de los animales como descanso y rumia (Cuadrante I y IV); Salvador (2007) señala que ese patrón se podría deber a ciertos mecanismos del ganado como la superficie de los animales por la postura adoptada que puede favorecer la disipación térmica aumentando el número de respiración, la trasudación térmica de la humedad a través de la piel y la reducción de la producción térmica mediante la anorexia voluntaria. Otros mecanismos se producen por la eliminación de productos del metabolismo en heces, orina y leche (Fuquay 1981). Sin embargo, la cantidad de radiación ultravioleta depende no sólo de la temperatura del animal, sino también de su color y textura, superficies oscuras irradian y absorben más calor que superficies claras a una misma condición ambiental (Kadzere *et al* 2002).

Sin embargo, la temperatura ambiental ha sido reconocida como uno de los factores más importantes en la productividad del ganado; también, se ha reconocido que ésta es alterada por la acción del viento, humedad, precipitación y radiación entre otros factores (NRC 1981). Por lo tanto, en esta investigación solo se tomaron en cuenta la temperatura ambiental que conforme se incrementa, el ganado cambia su comportamiento hacia un mayor tiempo para descansar y rumiar.

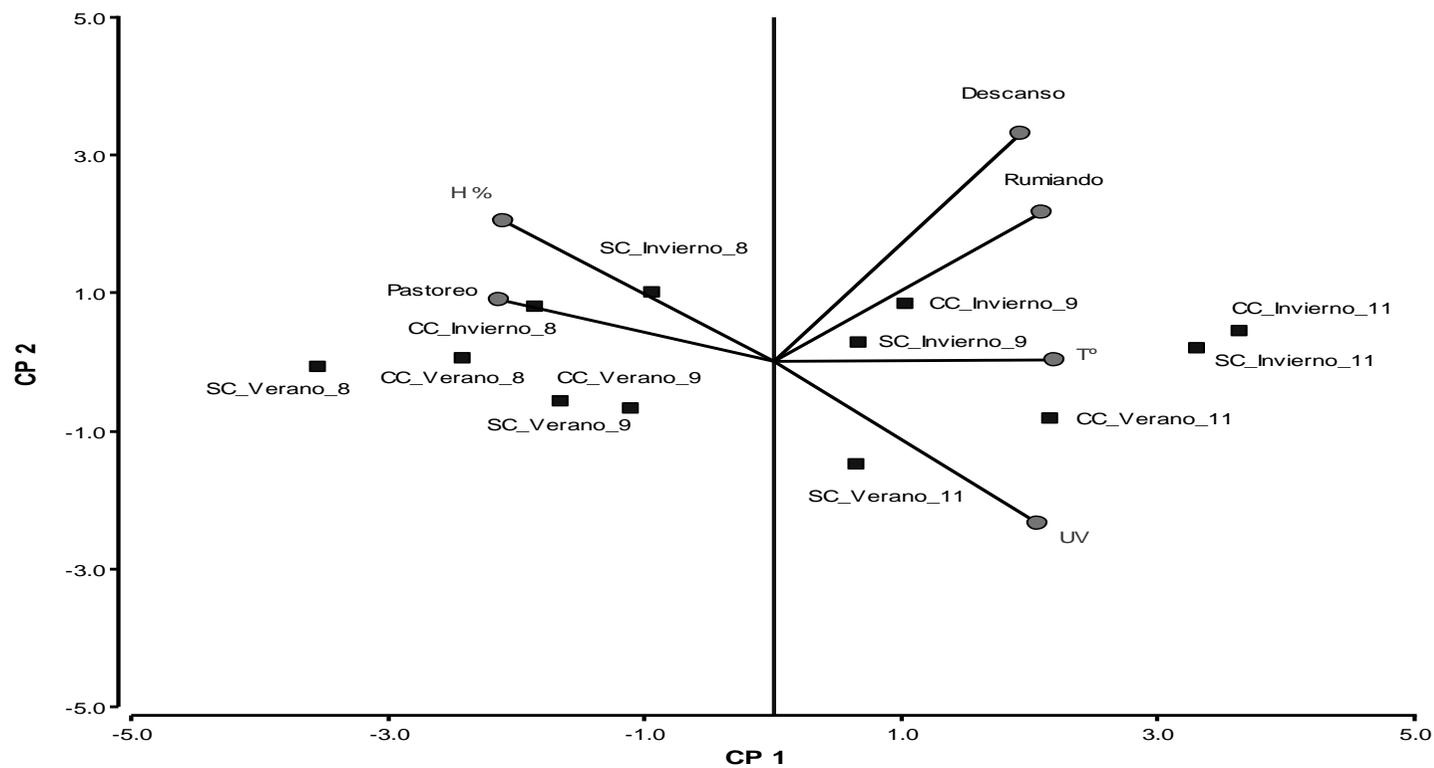


Figura 14. Localización en el espacio bidimensional de las variables ambientales temperatura ambiental, humedad relativa, rayo ultravioleta y el comportamientos de los animales mediante el análisis de componentes principales: primer plano factorial representa un 87.1% de la varianza en la finca Agropecuaria, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

3.3.6 Producción de leche

La producción de leche promedio (kg/vaca/día) durante los seis meses del estudio, fue mayor en los potreros con cercas vivas (varió de 15.02 a 18.11) en comparación a los potreros sin cercas vivas (varió de 14.77 a 17.9 kg/vaca/día; Figura 15). Por lo tanto, los resultados muestran que las vacas que pastorean en los apartos (potreros) con cercas vivas presentan una mayor producción de leche y se podría asociar al confort térmico que brinda la sombra para mitigar el efecto del estrés calórico. En los primeros meses, independientemente del tratamiento, las vacas aumentaron la producción de leche hasta alcanzar un pico en el mes de abril, luego tendieron a disminuir la producción; dicho patrón estuvo relacionado con el incremento de la edad de lactancia ya que las vacas iniciaron en el estudio con una edad que varió entre 70-120 días.

Se encontró diferencias significativas en todos los meses ($p=0.0001$), pero la mayor producción diaria de leche por vaca fue en los meses de Abril y Mayo en los dos tratamientos. Estos resultados estuvieron similares con el estudio de Abreu (2000), con el mismo tratamiento con árboles y época.

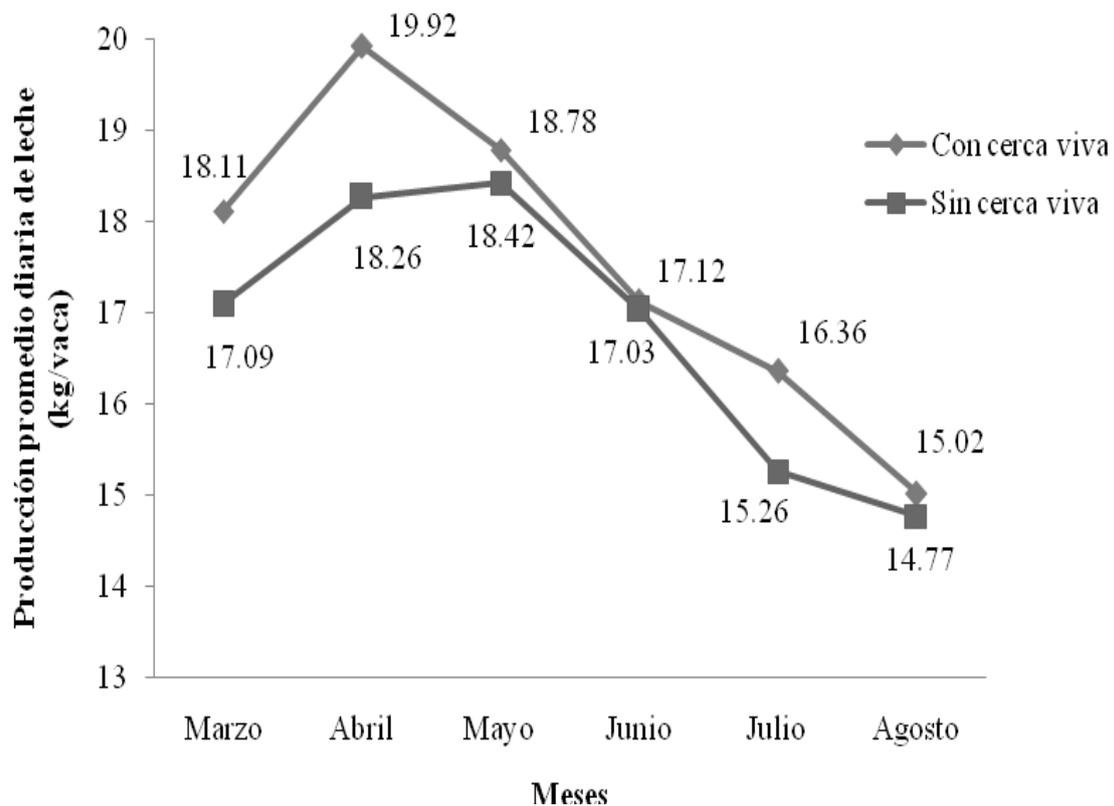
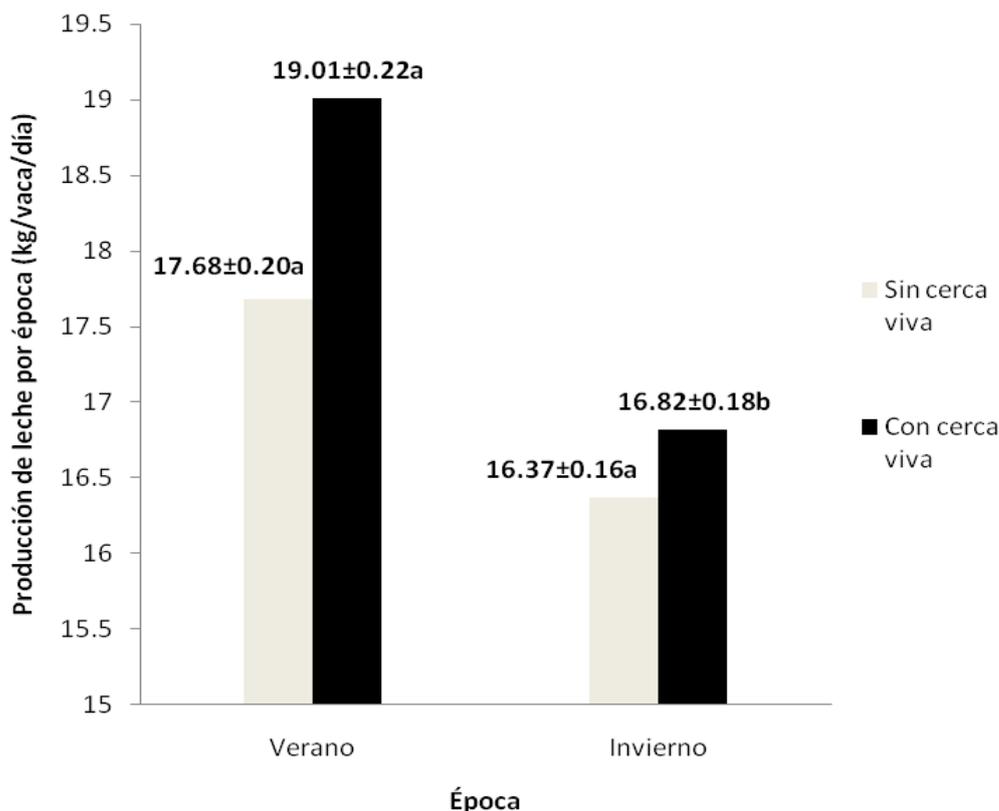


Figura 15. Producción de leche promedio por vaca en los diferentes meses del estudio en los potreros con y sin cerca viva en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

En la época de verano e invierno la producción promedio diaria de leche (kg/vaca) fue significativamente mayor en los potreros con cercas vivas en comparación a los potreros sin cercas vivas (19.01 ± 0.22 vs 17.68 ± 0.20 en verano y 16.82 ± 0.18 vs 16.37 ± 0.16 en invierno; $p=0.0001$; Figura 16).



Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Figura 16. Producción promedio de leche por vaca en los potreros con y sin cercas vivas en el verano e invierno en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

3.4 DISCUSIÓN

3.4.1 Efecto de la sombra de las cercas vivas sobre la disponibilidad de pasto

A través de análisis de varianza realizado, se comparó el efecto de la sombra de las cercas vivas en la disponibilidad de pasto en los tratamientos sin cercas vivas se obtuvieron los mayores rendimientos, estas diferencias en disponibilidad de biomasa forrajera kg MS/ha/ciclo permitió percibir diferencias significativas entre los dos escenarios (SCV y CCV), de igual manera datos equivalentes son reportados por Bustamante (1991) y Belsky (1993). Otros estudios no demuestran que bajo las sombra

de las cercas vivas, el efectos de la disponibilidad de pasto es menor, es decir es menor el rendimiento de producción de disponibilidad de pastos bajo la sombra de las cercas vivas (Lemus 2008). Por lo tanto la mayor disponibilidad de pastos se obtuvo en los tratamientos sin sombra de las cercas vivas en cambio la calidad de los pastos estos fueron algo similar por lo que no hubo efectos en cuanto a la época y el efectos de las sombra de las cercas vivas vs sin cercas vivas.

3.4.2 Factores ambientales y su relación con el estrés calórico

La temperatura del ambiente crítica superior para la vaca en estado de lactancia se encuentra entre 24 a 27°C (Fuquay 1981). La primera respuesta que se produce en el bovino expuesto a altas temperaturas es un aumento del ritmo respiratorio, seguido de aumento de la temperatura corporal. Al aumentar la frecuencia respiratoria aumenta la ventilación de las vías por las que pasa el aire, y por tanto, favorece la evaporación de esas superficies húmedas entre las que figuran, lengua, boca y vías nasales (Salvador 2007).

Durante el mes de Junio fue el mes que mostraron simultáneamente las mayores diferencias entre los tratamientos ambientales, Temperatura, Humedad relativa y radiación solar, por lo tanto hubo diferencia entre época, siendo la época de invierno donde se presentaron los mayores valores de temperaturas, e incidencia en la temperatura ambiental siendo menores los valores y alto incidencia de los rayos ultravioleta, por lo tanto los animales con el tratamientos con las sombras de las cercas vivas sufrió menor incidencia del comportamiento de los animales, en cambio con el tratamientos sin sombra de las cercas vivas existen mayor malestar en el estrés de los animales en el comportamiento de los animales (tiempo para pastoreo). El ganado utiliza dos terceras partes de las horas frescas del día para el consumo total de pasto (Hall 2000).

En el presente estudio las vacas durante las épocas de baja o alta precipitación durante las primeras horas de las mañana (08:00 am), se encontraba en la descripción no estrés calórico con valores menores a (ITH valores ≤ 74 ; Hahn 1999). El análisis de valores de ITH en la época de alta precipitación en ambos tratamientos se encontró en la

descripción leve estrés calórico a partir de la 09:00 am (ITH Valores 75-79). En cambio en la época de baja precipitación los valores de ITH fueron menores ($ITH \leq 74$), que no representan una amenaza en términos de estrés calórico.

En este experimento de estudio los sistemas silvopastoriles evaluados con y sin cercas vivas se caracterizó con especies de árboles como caoba africana, nacedero que tienen un dosel abierto en cambio otras cercas vivas presentaron especies arbórea como el *Ficus sp* que tienen un dosel cerrado. Los animales prefirieron concentrarse bajo estos doseles más cerrados, presumiblemente debido a que el ambiente es más cómodo y presenta un micro climas más favorables bajo el dosel de estas especies en periodos de alta temperaturas. Abreu (1999) y estudios de conocimiento local como Muñoz *et al.* (2003) señalan que árboles de sombra con copa densa proporcionan un mayor confort a las razas lecheras exóticas y una mayor producción de leche por lo que debe ser evaluado como otros beneficios.

El valor del ITH presentó mayores valores en la época de alta precipitación en comparación con la época de baja precipitación en los tratamientos evaluados, probablemente debido al efecto combinado de alta temperatura y a la alta humedad durante esa época que afecta los mecanismos de refrigeración por evaporación de las vacas, la respiración y la sudoración (McLean 1963). Por lo tanto, eso se expresa que la respuesta de la producción de la leche estuvo más relacionada con el confort de la sombra de las cercas vivas.

3.4.3 Beneficio de la sombra de cercas vivas para controlar el estrés calórico

Entre los principales cambios fisiológicos observados es posibles mencionar el aumento en la tasa de respiración. La tasa de respiración es uno de los mecanismos más importantes a considerar al momento de evaluar el nivel de estrés por calor del ganado, ya que es una de las principales respuestas observables en el animal cuando está expuesto a temperaturas por sobre su umbral de confort (Gaughan *et al.* 2000). De acuerdo a (Mader *et al.* 2002), la capacidad de sudoración del ganado eleva la tasa de respiración, lo cual es un indicativo de la frecuencia de la respiración normal (no

presencia de estrés térmico) entre 30 y 60 respiraciones por minutos, más allá de las tasas de 60 respiraciones por minutos indican que está empezando a sentir calor.

En general la tasa respiratoria fue mayor en potreros sin cercas vivas en ambas épocas con una fuerte relación con el ITH o la temperatura rectal del ganado. De hecho, la mayor tasa de respiración alcanzada fue en los apartos sin cercas vivas en la época de invierno, que tuvo un valor máximo de 122 respiraciones/minutos. Similares resultados fueron reportados por Abreu (2000) en la zona atlántica de Costa Rica en vacas lecheras raza jersey. Thompson (1985), señala que la tasa respiratoria aumenta muchos más en la época de invierno, debido a la menor evaporación y la potencia del aire húmedo.

La tasa respiratoria como la temperatura corporal son las principales variables afectadas en relación con los procesos termo regulatorios; además, la temperatura ambiental y el ITH tienen un marcado efecto sobre la temperatura rectal, tasa de respiración y el pulso del animal (Nienaber *et al.* 2003).

El presente trabajo de estudio la temperatura rectal media en los dos tratamientos evaluados con cercas vivas y sin cercas vivas permanecieron dentro los rangos (38.8 a 39.2°C) respectivamente, lo cual se considera dentro de los rangos normales según Hafez (1973). Se debe tomar en cuenta que entre tratamientos no se encontró una diferencia superior de 1°C, aunque se detectó diferencia significativa en la época de alta precipitación entre potreros con o sin cercas vivas. Según Brown – Brandl *et al.* (2005), encontraron que la tasa de respiración y la temperatura rectal fueron afectadas por la temperatura del ambiente y que los animales pueden sufrir dicho efecto por falta de un período de aclimatación a las condiciones de calor. Estudio realizado por Hahn *et al.* (1997), reportaron un incremento en la tasa de respiración del ganado de 4 emanaciones por minutos por cada grado de incremento sobre 21 °C, con una línea de base de 60 emanaciones por minutos en condiciones de termo neutralidad.

En cuanto al valor de la sombra de las especies arbórea es importante para proveer dicho servicio en los potreros o apartos sin árboles, con orientación de este a oeste para reducir efecto de sombra sobre el pasto, usar especies con copas livianas o moderadas que permitan la transmisión de luz (para reducir efecto en el crecimiento del

pasto) y especies multifuncionales para diversificar los bienes y servicios para la finca. En el diseño de los potreros se debe de considerar la provisión de sombra para el ganado para mitigar los efectos del estrés calórico. Esto aunado al hecho de que en el trópico los límites máximos de temperatura se han incrementado como efecto de la variabilidad climática, que originan valores de ITH superiores a 80 que significan que el ganado se exponga a condiciones graves de estrés calórico.

En este sentido, Mujica (2005) recomienda considerar 4.5 m² de área de sombra para cada animal, este puede variar según el tamaño del animal. Para el caso de la finca en estudio que tuvo en promedio un lote de 92 vacas, la demanda de sombra sería de al menos 414 m² para cada potrero o apartado. Revisando los datos del Cuadro 8, existen tres potreros que no estarían cumpliendo con la demanda mínima (potreros 5, 6 y 7). Esto podría provocar que un porcentaje de las vacas, aun en potreros con cercas vivas, presenten indicadores relacionados con estrés calórico y en consecuencia la producción de leche se vea afectada y no se tenga una diferencia importante entre potreros con y sin cercas vivas. También, en el presente estudio, otro factor que influyó en reducir el impacto del estrés calórico (y por ende entre tratamientos) fue la medida adoptada por la finca de estabular el ganado entre 11-12 am, momento crítico donde se incrementa el ITH y que posiblemente alcance umbrales de estrés calórico grave (ITH ≥ 84), lo cual se constituyó en una limitante del presente estudio. Sin embargo, es notable que si manejamos buena sombra en los potreros que aseguren confort térmico del ganado, el sistema ganadero podría continuar cumpliendo con sus actividades productivas, reproductivas y económicas de manera eficiente. Aparte de los otros beneficios ecológicos de los árboles de sombra.

3.4.4 Cambios de comportamiento

Para evitar o reducir los efectos del exceso de calor los animales también modifican su comportamiento habitual. Brown - Brandl *et al.* (2006), reportaron que bajo condiciones de estrés por calor los animales disminuyeron el tiempo dedicado a consumir alimento y prefieren permanecer descansando y rumiando en estado echado o de pie cerca de bebederos o sombra de los árboles, permaneciendo más tiempo en aquellos lugares con mejor ventilación. Durante en la época de alta precipitación se

observó una mayor agrupación de los animales (apiñados), así como también cambios posturas para tratar de reducir la exposición de la superficie corporal y con ello la pérdida de calor tal como lo explica Young (1985).

Durante las 24 hrs el animal distribuye el tiempo en las siguientes actividades: pastoreo, rumiando, periodos de descanso (bajo sombra o sin sombra). La mayor actividad del pastoreo comienza cerca del amanecer, es decir las primeras horas del día, luego conforme pasan las horas y aumenta la temperatura el ganado cambia de conducta para evitar los problemas del estrés calórico, buscando la sombra de las cercas vivas que presentaron esta condición.

3.4.5 Producción de leche en respuesta a las condiciones climáticas

Según Hafez (1973), para las vacas de raza Jersey, la reducción de la producción de leche tiene una relación con la temperatura mayor de 24°C. Durante las dos épocas de evaluaciones y los dos tratamientos evaluados se encontró diferencias significativas ($p=0.0001$), las vacas en los apartos con cercas vivas tuvieron mayor producción de leche que cuando estuvieron en aquellos sin cercas vivas.

En el presente estudio, en verano la producción promedio de leche por vaca fue de 8% mayor en potreros con cercas vivas que aquellos sin cercas vivas; mientras, en el invierno la diferencia entre dichos tratamientos fue de 13%. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Abreu (2002) en la zona atlántica de Costa Rica en sistema de producción de leche con vacas jersey, donde las vacas con acceso a sombra tuvieron un incremento de 13% en la producción de leche.

3.5 CONCLUSIONES

La disponibilidad de pasto kg MS/ha/ciclo estuvieron influenciados por la época y por la disponibilidad de sombra en los potreros. Una posible explicación es por factores climáticos, carga animal y la sombra de las cercas vivas (directa e indirectamente).

Conforme aumenta las horas del día el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) tiene a incrementarse y puede alcanzar umbrales de estrés calórico liviano y medio. Después de medio día este se convierte en severo ($ITH \geq 84$).

En los tratamientos con sombra de las cercas vivas las vacas lecheras presentaron menores registros de temperatura rectal y tasa respiratoria, que confirma el beneficio de la sombra en los apartos evaluados, estos no dan de entender que las sombras de las cercas vivas desempeña un papel importante para reducir el impacto del estrés calórico.

Existe un mejor desempeño productivo del ganado bovino de leche que son directamente afectado por los factores climáticos de su entorno, particularmente la temperatura ambiental, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad de viento, los que en conjunto afectan su balance térmico (Arias 2008). Por lo tanto, el presente estudio mostró que las vacas presentaron un aumento significativo en la producción de leche en potreros con sombra de las cercas vivas.

Durante las primeras horas del día el ganado gasta la mayor parte del tiempo en pastoreo, posteriormente con el efecto del aumento de la temperatura (después de las 9 am) el comportamiento cambió a descanso y rumia a pleno o sombra cuando esta existió en el potrero, siendo los períodos más críticos después de las 11 am donde casi no es posible observar vacas en pastoreo.

3.6 RECOMENDACIONES

Los apartos con cercas vivas brindan aportes importantes para reducir el estrés calórico y mayor producción de leche donde se tienen múltiples estudios que lo evidencian, incluso en la finca de CATIE). En este sentido, es importante promover el incremento de las cercas vivas y manejo para volverlas más complejas (en cuanto a riqueza de especies, estructura como mayor densidad, alturas y tamaño de copas). Estos cambios permitirán cumplir mejor las funciones productivas y un mejor ambiente para el ganado bovino existente en la finca Agropecuaria, por ende se debe trabajar en nuevos diseños de cercas vivas con el objetivos de mejorar la productividad y contribuir a la conservación, se deben incluir especies maderables. Un aspecto importante que debe tomar en cuenta la finca del CATIE es el rol en la capacitación de productores de la zona de Turrialba y de otras zonas con condiciones similares; además, es una forma de practicar (dar ejemplo) lo que tanto se predica sobre producción de ganadería sostenible.

En el contexto de la finca vale la pena retomar el tema de evaluar el impacto de otros sistemas silvopastoriles como bancos forrajeros de leñosas como estrategias de alimentación para reducir uso de concentrados y mejorar la salud de las pasturas, especialmente en períodos de climas extremos de lluvias. Además, es parte (complemento) de otra estrategia como la estabulación, para evitar el impacto del estrés calórico después de las 11 am hasta la hora del segundo ordeño.

Es importante promover una mayor integración y participación de los estudiantes de posgrado en la finca Agropecuaria del CATIE en la parte de educación, capacitación e investigación para mejorar los productos de ambos sectores, verlo como una situación de ganar - ganar.

3.7 IMPLICACIONES DEL ESTUDIO

La importancia del estudio del efecto de las sombra del componente arbóreo de las cercas vivas en la finca Agropecuaria se basa, principalmente, en su utilización como herramienta auxiliar en la solución de problemas que afectan a los animales (estrés calórico) para intensificar la productividad ganadera bajo un modelo de

producción lechero. Por tal razón es esencial la incorporación de los árboles en las cercas vivas para diversificar y mejorar las funciones tanto económicas como ecológicas, y de bienestar animal. De esta forma, el conocimiento de las actividades diarias de los animales puede ser muy útil, dado que estas actividades nos pueden indicar algún problema de manejo o de salud que los animales podrían estar padeciendo y en base a ello, definir algunas actividades que conlleven a la solución del o los problemas encontrados a fin de encontrar un balance o nivel de sostenibilidad. Por lo tanto, la provisión de las sombra de las especies arbóreas para el ganado es de vital importancia para reducir el estrés calórico y con ello mejorar la respuesta en producción y reproducción; por lo que este artículo expone con mayor detalle sobre los beneficios de la sombra de las cercas vivas en la producción de leche.

3.8 BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, M. H. S de. 2002. Contribution of trees to trees to the control of heat stress in dairy cows and the financial viability of livestock farms in humid tropics. Ph.D. Thesis. Turrialba. CR. CATIE. 166 p.
- Abreu, M. H. S.de; Ibrahim, M; Silva. I.C. 1999. Árboles en pastizales y su influencia en la producción de pasto y leche In: Congreso Latinoamericano sobre Agroforestería para la Producción Animal Sostenible Memorias. CIPAC, Cali, Colombia (CD memorias).
- Agüero, V. J. 2000. Análisis de vulnerabilidad a la contaminación de una sección de los acuíferos del Valle Central de Costa Rica. Tesis Lic. Ing. Civil. San José, CR, Universidad de Costa Rica. 195 p.
- Arias, RA; Mader, TL; Escobar, PC. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Arch. Med. Vet. 40: 7-22.
- Belsky, A; Mwonga, S; Amundson, R; Duxbury, J; y Ali, A. 1993. Comparative effects of isolated trees on their under canopy environments in high- and low-rainfall savannas. Journal of Applied Ecology 30:143-155.
- Blackshaw, J; Blackshaw, A. 1994. Heart stress in cattle and effect of shade on production and behavior: a review. Australian Journal of Experimental Agriculture. 34 (2): 285-295.
- Brown-Brandl T. M, R. A; Eigenberg, G. L; Hahn, J. A; Nienaber, T. L; Mader, A. M; Parkhurst. 2005b. Analyses of thermoregulatory responses of feeder cattle exposed to simulated heat waves. *Int J Biometeorol* 49, 285-296.

- Bustamante, J. 1991. Evaluación del comportamiento de ocho gramíneas forrajeras asociadas con poró (*Erythrina poeppigiana*) y solas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 131 p.
- CORFOGA (Corporación de Fomento Ganadero, CR). 2000. Análisis de censo ganadero. San José, Costa Rica. 13p.
- Djimde, M; Torres, F; Migongo-Bake, W. 1989. Climate, animal and agroforestry. En: WS Reifsnnyder, TO Darnhofer (eds). Meteorology and agroforestry. Proceedings of an international workshop on the application of meteorology to agroforestry systems planning and management, Nairobi 9-13 February 1987. International Council for Research in Agroforestry (ICRAF) Nairobi, Kenya. P.463-470.
- Hafez. E.S.E. 1973. Adaptación de los animales domésticos. Editorial Labor. Barcelona. España.
- FAO (Organización de las naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación).Costa Rica en la cumbre mundial de la alimentación. Noviembre de 1996. Roma.
- FAOSTAT. 2005. Antecedentes y nuevos retos de la comisión de desarrollo ganadero para América Latina y el Caribe – CODEGALAC. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/comisiones/codegalac/pdf/retos.pdf>. Consultado en Julio del 2010.
- Fox. D. G. Tylutki. T. P. 1998. Accounting for the effects of environment on the nutrient requirements of dairy cattle. J dairy Sci 81. 3085 - 3095 p.
- Fraser, D. Kharb, R. McCrindle, C. Mench, J. Paranhos da Costa M. Promchan, K. Sundrum, A. Thornnber, P. 2009. Creación de capacidad para la implementación de buenas prácticas de bienestar animal. Informe de la reunión de expertos de la FAO. Sede de la FAO (Roma). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma. División de comunicación de la FAO. 62 p
- Fuquay. J. 1981. Heat stress as it affects animal production. J. Anim Sci 52: 164-174.
- Gutierrez, M. A. 1996. Pastos y forrajes en Guatemala, su manejo y utilización base de la producción animal. Editorial E y G. 318p.
- Hafez, E, S, E. 1973. Adaptación de los animales domésticos. Editorial Labor, Calabria, Spain, 563p.
- Hahn, G. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. J. Dairy Sci. 82: 10 – 20.

- Hahn, G. L. 1995b. Global warming and potential impacts on cattle and swine in tropical and temperate areas. In: Proc. 1st Brazilian.
- Hahn, G. L; Pankhurst, A,M; Gaughan, J. 1997. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. *ASAE Paper N° MC97-121*, St. Joseph, Michigan, USA.
- Hall. M. 2000. Meet the challenger of heat stress feeding. *Howard's Dairyman*. May. 2000. 344p.
- Humphreys, L. S. 1991. Deficiencies of adaptation of pasture legumes. *Tropical Grasslands (A.C.T)* 14 (3) p 153-158.
- Ibrahim, M. 2006. Medición de composición botánica de pastos en sistemas silvopastoril.
- InfoStat 2008. *InfoStat Versión 2008. Manual del Usuario*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Johnson, H; Ragsdale, A; Shanklin, M. 1962. Effect of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle. *Mo. Agricultural Experimental Sta Research Bull*. 791p.
- Kadzere. C. T. Murphy. M. R. Silanikove. N. Maltz. E. 2002. Heat stress in lactating cows: a Review. *Livest prod Sci* 77; 59-91p.
- Kaimowitz, D. 2001. Will livestock intensification help save Latin America's Tropical Forest? In Angelsen, C; Kaimowitz, D. eds. *Agricultural Technologies and Tropical Deforestation*. Wallingford, UK, CABI. p 1-20.
- Keren E. N; B. E Olson. 2006. Thermal balance of cattle grazing winter range: Model application. *J Anim Sci* 84, 1238-1247.
- Lemus de Jesús. G. 2008. Análisis de productividad de pasturas en sistemas silvopastoriles en fincas de doble propósito en esparza, Costa Rica. Tesis. Mag. Sc. Turrialba. CR. CATIE. 126 p.
- Lobo, M; Acuña, V. 1999. Producción de leche con vaca de doble propósito pastoreando una pasturas *Brachiaria brizantha cv*. La libertad sola y asociada con *Arachis pintoii cv*. Porvenir en el trópico subhúmedo. In XI Congreso nacional Agronomico 1999. Dirección de Investigación Agropecuaria. MAG.
- Lobo, MV. 2004. Alternativas Forrajeras para el trópico sub-húmedo de Costa Rica. In. Memoria de Seminario de Ganadería bovina: Carne-Leche. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria-Costa Rica (INTA).
- Mader, TL, Holst, SM; Hahn, GL; Davis, MS; Spiers, DE. 2002. Feeding strategies for managing heat load in feedlot cattle. *J Anim Sci* 80, 2373-2382.

- Mader, TL; Davis, MS; Brown-Brandl, TM. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J Anim Sci* 84, 712-719.
- Minson, 1990. Forage in ruminant nutrition. A series of monographs and treatises. San Diego California. EEUU. Academic press 483p.
- Morales, J; Romero, F. 1993. Evaluación de pasturas en fincas en Río Frio y Guácimo, Costa Rica: un estudio de caso. In planeación y conducción de ensayos de evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en fincas (1993, col). Memorias. Ed. Por P. J. Argel. C. V. Durán. L. H. Franco. Bogotá. Col. CIAT. P 95- 106.
- Moya, J. C. 2002. Estudio de caso; Prácticas Silvopastoril finca José Antonio López Garita. I Congreso Nacional de Agricultura Conservacionista. San José 28 – 29 Noviembre, 2002. Disponible en; www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f08-8080_053.pdf. Consultado en Octubre 2009.
- Mujika, A. I. 2005. El estrés calórico efecto en la vacas lecheras. Area de asistencia técnica en vacuno de leche. Disponibles en; <http://www.navarraagraria.com/n150/arestres.pdf>. Consultado en Octubre 2009
- Muñoz, D; Harvey, C; Fergus L. S; Mora, J; Ibrahim, M. 2003. Conocimiento local de la cobertura arbórea en sistemas de producción ganadera en dos localidades de Costa Rica. *Revista Agroforestería en las Américas* 10 (39) 61 –68 p.
- Nienaber, J,A; Hahn, G,L; Brown-Brandl, T,M; Eigenberg, R, A. 2003. Heat stress climatic conditions and the physiological responses of cattle. *5th International Dairy Housing Proceedings of the 29-31 January Conference*, Fort Worth Texas, USA. ASAE publication N° 701P0203, Pp 255-262.
- NRC. National Research Council. 1981. Effect of Enviroment on nutrient requirement of domestic animals. National Academy Press. Washington. D.C. USA.
- Orozco, E. 1998. Estudio para la caracterización de sistemas de producción ganadera de la región pacifico central. *In. Bovino para Doble Propósito*.
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1998. Sistemas silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal N°2. Materiales de Enseñanza N° 40. CATIE, Turrialba, Costa Rica 258p.
- Salvador, A. 2007 Efectos del estrés calórico en vacas lecheras. I jornada nacionales de actualización en producción de leche Disponible en; <http://www.dpa.com.ve/documentos/CD1/page12.html>. Consultado en Octubre 2009.

- Smith, R. 1999. Caracterización de los sistemas productivos lecheros de Chile. P. 274- 302. Cap. V En: Competitividad de la producción lechera nacional. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile.
- Toral, O; Hernández, J. 1996. Resultados preliminares de la evaluación inicial de especies arbóreas con potencial agrosilvopastoril. Pastos y forrajes. Revistas de la estación experimental de pastos y forrajes. Indio Hatuey, Cuba 33 – 38.
- Urgiles, J. 1996. Descripción cuantitativa y optimización de sistemas de producción de leche especializada, en río frío, Costa Rica. Tesis. Mag. Sc. Turrialba. CR. CATIE. 150 p.
- Velásquez, R. A. 2005. Selectividad animal de forrajes herbáceos y leñosos en pasturas naturalizadas en función de épocas, manejo y condición de paisaje en Muy Muy, Nicaragua. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- Zanetta, C. 2001. The evolution of the World Bank's urban lending in Latin America: from sites and services to municipal reform and beyond. *Hábitat International* 25:513-533.

4 ANEXOS

Anexo 1. Formato de levantamiento de datos para las cercas vivas.

Responsable:			Longitud (m):			
Nº	Nombre Común	Nombre Científico	DAP (Cm)	HF (m)	HT (m)	Radio (m)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						

Anexo 2. Total de las especies arbóreas inventariadas en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Externo	Interno	Total	%Total	Externo	Interno	Conjunta
1	Anonillo	<i>Annona cherimolia</i>	Annonaceae	1	0	1	0.02	0.04	0.00	0
2	Ojoche	<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae	6	0	6	0.14	0.22	0.00	0
3	Guarumo	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Moraceae	0	1	1	0.02	0.00	0.07	0
4	Naranja	<i>Citrus sp</i>	Rutaceae	0	1	1	0.02	0.00	0.07	0
5	Jicaro	<i>Crescentia alata</i>	Bignoniaceae	1	0	1	0.02	0.04	0.00	0
6	Poró	<i>Erythrina berteriana</i>	Papilionoideae	1	3	4	0.09	0.04	0.20	1
7	Poró	<i>Erythrina costaricensis</i>	Papilionoideae	513	232	745	17.50	18.81	15.17	2
8	Poró	<i>Erythrina fusca</i> lour	Papilionoideae	1279	673	1952	45.86	46.90	44.02	3
9	Poró	<i>Erythrina poeppigiana</i>	Papilionoideae	4	25	29	0.68	0.15	1.64	4
10	Higuito	<i>Ficus prinooides</i>	Moraceae	6	2	8	0.19	0.22	0.13	5
11	Hiqueron	<i>Ficus sp</i>	Moraceae	7	10	17	0.40	0.26	0.65	6
12	Jagua	<i>Genipa americana</i>	Rubiaceae	3	0	3	0.07	0.11	0.00	0
13	Madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>	Papilionoideae	518	197	715	16.80	19.00	12.88	7
14	Majagua	<i>Hibiscus pernambcensis</i>	Malvaceae	0	3	3	0.07	0.00	0.20	0
15	Pilón	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	Hyeronima alchorneoides	0	8	8	0.19	0.00	0.52	0
16	Caoba	<i>Khaya spp</i>	Meliaceae	0	193	193	4.53	0.00	12.62	0
17	Lengua de vaca	<i>Miconia argentea</i>	Melastomataceae	30	55	85	2.00	1.10	3.60	8
18	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	8	4	12	0.28	0.29	0.26	9
19	Guisaro	<i>Psidium quineense</i>	Myrtaceae	2	0	2	0.05	0.07	0.00	0
20	Roble sabana	<i>Quercus costaricensis</i>	Fagaceae	1	0	1	0.02	0.04	0.00	0
21	Llama de bosque	<i>Spathodea campanulata</i>	Bignoniaceae	0	1	1	0.02	0.00	0.07	0
22	Cortez	<i>Tabebuia ochracea</i>	Bignoniaceae	1	0	1	0.02	0.04	0.00	0
23	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae	1	0	1	0.02	0.04	0.00	0
24	Canilla de mula	<i>Thouinidium decandrum</i>	Sapindaceae	3	0	3	0.07	0.11	0.00	0
25	Nacedero	<i>Trichantera gigantea</i>	Acantaceidae	317	106	423	9.94	11.62	6.93	10
26	Uruca	<i>Trichilia havanensis</i>	Meliaceae	12	3	15	0.35	0.44	0.20	11
27	Lagartillo	<i>Zanthoxylum sp</i>	Rutaceae	1	0	1	0.02	0.04	0.00	0
28	Sota caballo	<i>Zygia longifoli</i>	Mimosidea	12	12	24	0.56	0.44	0.78	12
				2727	1529	4256	100.00	100.00	100.00	12

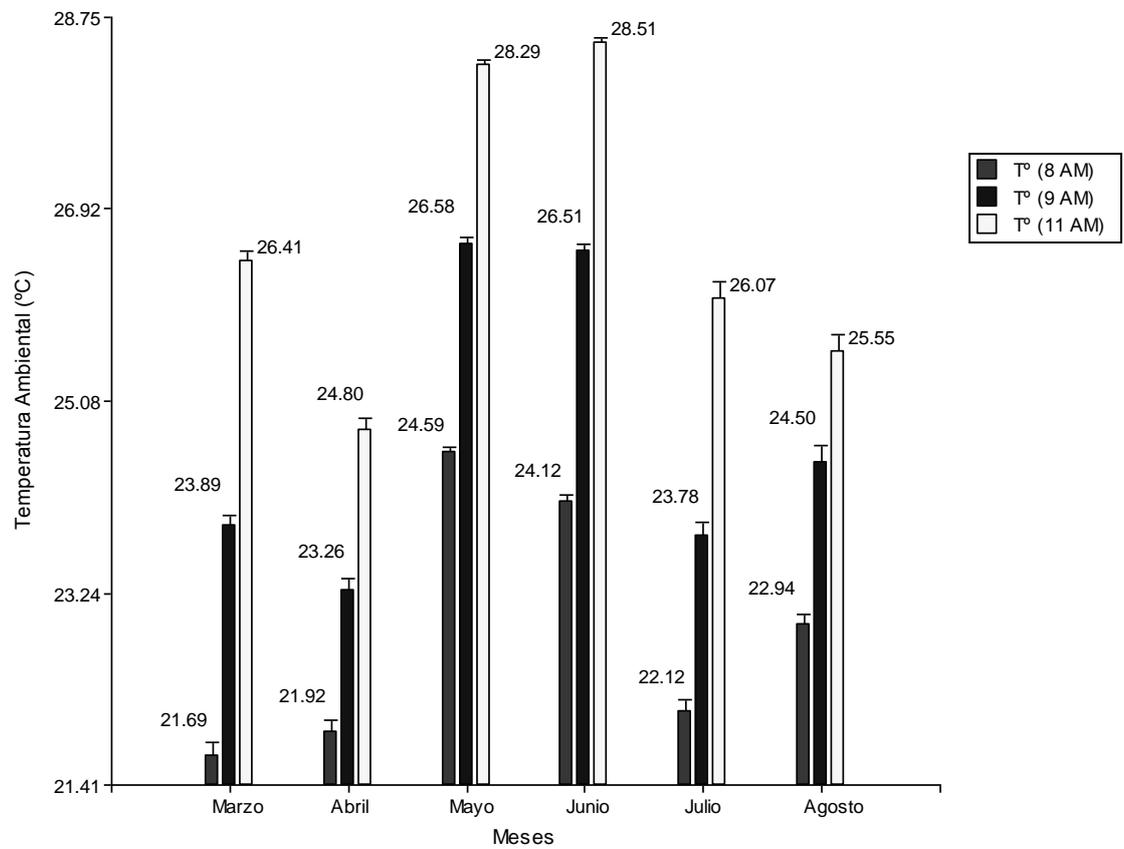
Anexo 3. Formato de levantamiento de datos de disponibilidad y cobertura de pasto en la finca Agropecuaria del CATIE.

Número de potrero:				Tipo de pastura:												
Fecha:				Tratamiento:												
Identificación del potrero:																
Nº muestra	Sitio	Escala visual	Gramíneas consumo %			Gramínea no consumible %			Otras coberturas %			Altura (cm)	Peso verde (Gr)	Total	Peso seco (Gr)	Materia seca
			Estrella	Tanner	Otros	1 (Drymaria)	2 (Fagacea)	Otros, Hojas	Suelo desnudo	Piedras	Estiercol					
1	1 Metro															
2	1 Metro															
3	1 Metro															
4	1 Metro															
5	1 Metro															
6	1 Metro															
7	1 Metro															
8	1 Metro															
9	1 Metro															
10	1 Metro															
11	Medio															
12	Medio															
13	Medio															
14	Medio															
15	Medio															
16	Medio															
17	Medio															
18	Medio															
19	Medio															
20	Medio															
21	Borde															
22	Borde															
23	Borde															
24	Borde															
25	Borde															
26	Borde															
27	Borde															
28	Borde															
29	Borde															
30	Borde															

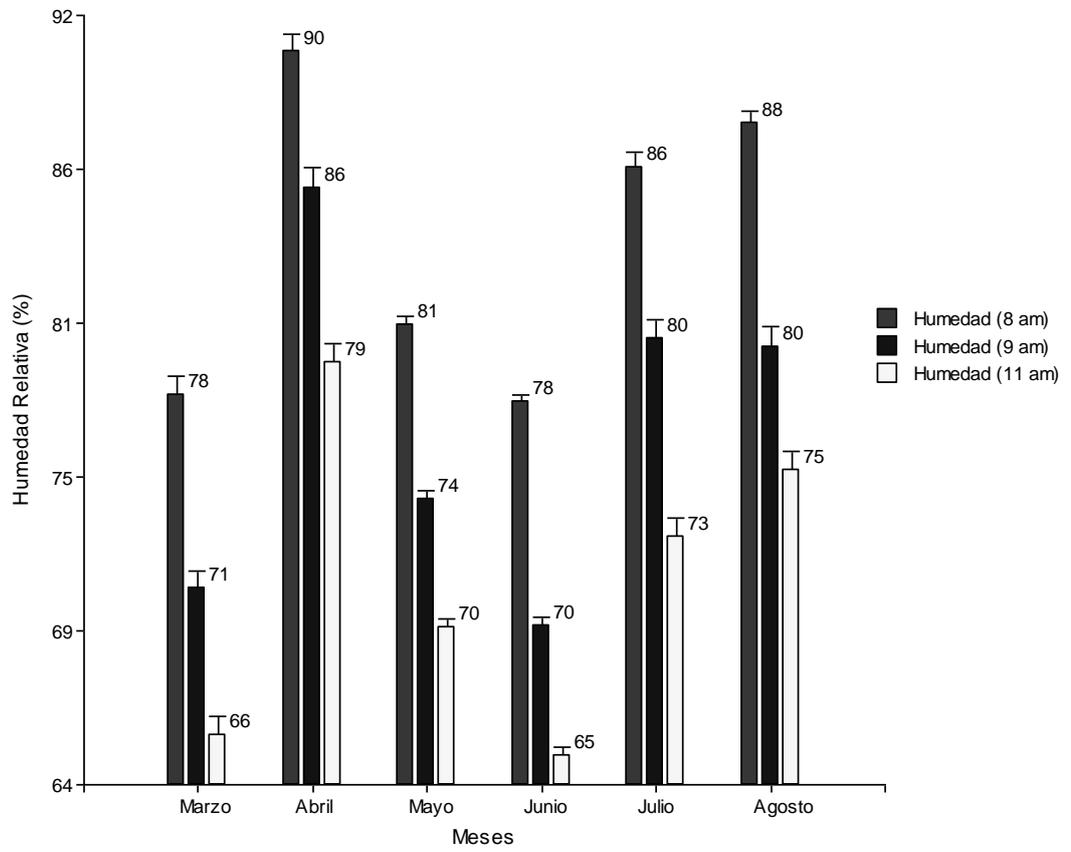
Anexo 4. Formato de levantamiento de datos de temperatura rectal, tasa respiratoria y producción de leche del ganado evaluado en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Fecha:			Tratamiento:										
			Potrero:										
Total de animales:		Tarde	Mañana		Total de animales:			8 - 9 am		9 - 10 am		11 - 12 am	
Codigo o Nombre	Temperatura rectal (°C)	Cantidad de litro (KI)	Cantidad de litro (KL)	Codigo	TR8-9 am	T R9-10 am	TR10- 11am	Pastoreo	sombra	Pastoreo	sombra	Pastoreo	sombra
V04				V04									
V15				V15									
V22				V22									
V23				V23									
V29				V29									
V32				V32									
V35				V35									
V42				V42									
U31				U31									
U39				U39									
X18				X18									
X22				X22									
X24				X24									
X25				X25									
X34				X34									
X36				X36									
Y01				Y01									
Y03				Y03									
Y05				Y05									
Y09				Y09									
					Estación								
					UV:	UV:	UV:						
					Tº:	Tº:	Tº:						
					H:	H:	H:						

Anexo 5. Registro promedio de la temperatura ambiental en tres horarios durante los meses del estudio en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica.



Anexo 5. Registro promedio de la humedad relativa en tres horarios durante los meses del estudio en la finca Agropecuaria del CATIE, Turrialba, Costa Rica.



Anexo 6. Tabla de descripción de la escala de jadeo según tasa respiratoria (Mader *et al.* 2002; Mader *et al.* 2006).

Puntaje	Descripción
0	Respiración normal 60 0 menos exhalaciones por minutos (epm)
1	Respiración ligeramente elevada 60-90 epm.
2	Respiración moderada y/o presencia de babas o pequeña cantidad de saliva 90-120 epm.
3	Respiración grave con la boca abierta, saliva usualmente presente, 120-150 epm.
4	Respiración severa con la boca abierta acompañado por proyección de la lengua y excesiva salivación, usualmente la cabeza y el cuello se encuentra extendidos.