

Comparación de las respuestas productivas y fisiológica de vacas lactantes jersey a las condiciones ambientales de un sistema silvopastoril con un sistema de pastoreo rotacional intensivo

**Alex Leonardo Vargas Benavides
Diego José Díaz Guerra**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**
Noviembre, 2016

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Comparación de las respuestas productivas y fisiológica de vacas lactantes jersey a las condiciones ambientales de un sistema silvopastoril con un sistema de pastoreo rotacional intensivo

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingenieros Agrónomos en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Alex Leonardo Vargas Benavides
Diego José Díaz Guerra

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2016

Comparación de las respuestas productivas y fisiológica de vacas lactantes jersey a las condiciones ambientales de un sistema silvopastoril con un sistema de pastoreo rotacional intensivo

**Alex Leonardo Vargas Benavides
Diego José Díaz Guerra**

Resumen: El estrés calórico impacta negativamente la productividad del hato lechero, por lo cual la implementación de sistemas silvopastoriles es una solución para mejorar el entorno productivo de las vacas. El objetivo fue evaluar el efecto del Índice de Temperatura y Humedad Relativa sobre la temperatura rectal, consumo de materia seca, producción de leche y estimación de conversión alimenticia en vacas lactantes jersey (n=20) en un sistema silvopastoril en comparación a un sistema de pastoreo rotacional intensivo. Las vacas pastorearon durante 12 días en un sistema de pastoreo rotacional intensivo con pasto Mulato II y Cayman (*Brachiarias spp.*) y nueve días en un sistema silvopastoril con árboles de Madreado (*Gliricidia sepium*) dispersos en el potrero y pasto Tobiata (*Panicum maximum*) durante tres períodos. Se ofreció una Ración Total Mezclada de concentrado y ensilaje de maíz y sorgo suministrada luego de cada ordeño. Se evaluó el Índice de Temperatura y Humedad Relativa (ITH), temperatura rectal (°C/vaca/día), consumo de materia seca (kgMS/vaca/día), producción de leche (kg/vaca/día) y se estimó la conversión alimenticia (ECA); en un diseño completamente al azar con dos tratamientos, 24 repeticiones y 20 vacas por repetición. Se obtuvo diferencias ($P \leq 0.05$) en el ITH y temperatura rectal entre tratamientos en los tres períodos. Las vacas en el sistema de pastoreo rotacional intensivo presentaron mayor temperatura rectal que las del sistema silvopastoril en los tres períodos del estudio; menor en el sistema silvopastoril.

Palabras clave: Consumo de materia seca, estrés calórico, ITH, temperatura rectal.

Abstract: Heat stress negatively impacts productivity of dairy herd, so the implementation of silvopastoral systems is a solution to improve the production environment of cows. The objective was to evaluate the effect of the Temperature-Humidity Index on rectal temperature, dry matter intake, milk production and feed conversion estimate in lactating jersey cows in a silvopastoral system compared to an intensive rotational grazing system. 20 jersey cows grazed for 12 days in an intensive rotational grazing system based on Mulato II and Cayman (*Brachiaria spp.*) pastures and nine days in a silvopastoral system with trees of Madreado (*Gliricidia sepium*) in the paddock and Tobiata (*Panicum maximum*) for three periods. A total mixed ration of concentrate and silage corn and sorghum supplied after each milking routine was offered. Temperature-Humidity Index, rectal temperature, dry matter intake, milk production and feed conversion estimate were evaluated in a completely randomized design with two treatments, 24 replications and 20 cows per repetition. A difference ($P \leq 0.05$) in the THI and rectal temperature between treatments in the three periods was obtained. Cows in intensive rotational grazing system had higher rectal temperature than the silvopastoral system in the three periods of the study; being rectal temperature from silvopastoral system lower.

Key words: Dry matter intake, heat stress, rectal temperature, THI.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de Firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
4. CONCLUSIONES	13
5. RECOMENDACIONES	14
6. LITERATURA CITADA	15

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Composición del concentrado ofrecido a las vacas jersey del grupo de alta y baja producción en la RTM.....	5
2. Composición del ensilaje de maíz y sorgo ofrecido como base forrajera en la RTM.	5
3. Coeficientes de Correlación Pearson entre variables para ambos sistemas pastoriles.....	7
4. Comparación del Índice de Temperatura y Humedad Relativa (ITH) durante el pastoreo de las vacas en ambos tratamientos	8
5. Comparación de la temperatura rectal (°C/vaca/día) de las vacas en el tratamiento Silvopastoril y el tratamiento Pastoreo Rotacional Intensivo.....	9
6. Comparación del consumo de materia seca (kg/vaca/día) de las vacas en el tratamiento Sistema Silvopastoril y el tratamiento Pastoreo Rotacional Intensivo.	10
7. Comparación de la producción de leche (kg/vaca/día) de las vacas en el tratamiento Sistema Silvopastoril y el tratamiento Pastoreo Rotacional Intensivo..	11
8. Composición bromatológica en base seca del pasto Mulato II y Cayman.	11
9. Comparación de la Estimación de Conversión Alimenticia (ECA) de las vacas en el tratamiento Sistema Silvopastoril y el tratamiento Pastoreo Rotacional Intensivo.	12

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción bovina han sido desarrollados históricamente a partir de conceptos que provienen de la revolución verde, los cuales dan privilegio al monocultivo de gramíneas y eliminan de las áreas de pastoreo el componente arbóreo. Dicho modelo no toma en cuenta las condiciones climáticas de los distintos ecosistemas tropicales donde las variables climatológicas como temperatura, humedad relativa y evaporación tienen alto impacto en la eficiencia productiva y reproductiva de los animales (Navas Panadero 2010).

En lecherías con sistemas de pastoreo extensivo en el trópico, las vacas sufren constantemente de estrés generado por las altas temperaturas y la baja calidad nutricional de las pasturas, aunado al establecimiento en suelos de baja fertilidad y falta de sombras que faciliten la expresión del potencial genético de los animales, se observa constantemente la baja productividad de éstos hatos y un impacto negativo al ambiente (Bacab et al. 2013).

El manejo y utilización errónea de las pasturas repercute directamente en la oferta forrajera, calidad del suelo, biodiversidad, productividad del hato y finalmente en la rentabilidad de la operación ganadera. La utilización óptima de sistemas silvopastoriles ofrece bienes tangibles como la producción de leche y/o carne y de igual forma bienes intangibles como un mejor aprovechamiento del recurso suelo disminuyendo la erosión y aumentando la diversidad biológica (Ávila Foucat y Fernández 2014).

"Un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perennes (árboles o arbustos), e interactúa con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales), todos ellos bajo un sistema de manejo integral" (Pezo y Ibrahim 1999). La utilización de los sistemas silvopastoriles en la ganadería tropical, mediante la inclusión de árboles en las praderas de producción, propone la mitigación de los efectos ambientales negativos, lo cual mejora el bienestar de los animales e incrementa su productividad (Navas Panadero 2010).

Uno de los tipos de sistemas silvopastoriles de mayor utilización en Latinoamérica, es basado en árboles dispersos en potreros (Pezo y Ibrahim 1999), los cuales tienen como objetivo principal, mejorar las condiciones climáticas del agro ecosistema logrando que el micro clima productivo se encuentre en el rango de termoneutralidad de los animales. Entre las especies arbustivas más utilizadas en éstos sistemas se encuentran: madreño (*Gliricidia sepium*), leucaena (*Leucaena leucocephala*), morera (*Morus alba*) y moringa (*Moringa oleifera*). En general, son árboles de tamaño medio, buen desarrollo radicular y foliar, adaptados a diferentes tipos de suelo y con gran capacidad de capturar y fijar carbono de la atmósfera (Russo y Botero 2014).

La leguminosa arbórea *G. sepium*, es referenciada como la segunda de mayor uso para segundo estrato en sistemas silvopastoriles, sólo superada por *Leucaena leucocephala*. *G. sepium* presenta gran producción de follaje haciéndola propicia para reducir la radiación solar que impacta en los animales al momento de pastorear; tolera con facilidad períodos de sequía prolongados y se adapta a suelos con acidez de 5.5 a 7 (Sánchez 2014).

El pasto guinea (*Panicum maximum*) es ampliamente utilizado en la ganadería tropical por su gran cualidad para pastoreo. Se caracteriza por ser una planta perenne que forma macollas de hasta 1 metro de diámetro y 3 metros de altura; requiere de suelos con alta fertilidad y poca competencia con malezas. Por otra parte posee gran digestibilidad, brinda buena palatabilidad lo que aumenta el consumo y tolera mejor la sequía que las *brachiarias* (Peters et al. 2003).

La asociación de gramíneas forrajeras y árboles dispersos en potreros como alternativa para la producción ganadera en la región tropical, supone de una mejora significativa en las condiciones micro climáticas del sistema de producción, ya que es posible reducir la temperatura en 3 °C debido al efecto de la sombra. Al presentarse temperaturas que sobrepasan el límite de la "zona de termoneutralidad", dicha reducción supone de gran importancia para evitar desórdenes fisiológicos en los mecanismos de pérdida o emisión de calor del animal (Pezo y Ibrahim 1999).

El desempeño de las vacas en producción depende fundamentalmente del ambiente en el que se encuentran; la zona de termoneutralidad en la cual pueden expresar su potencial genético está compuesto de un rango de temperaturas donde son capaces de mantener la tasa metabólica y temperatura interna en niveles constantes (Machado Ribeiro y Azevêdo Alves 2009).

Al existir una gran diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura corporal de la vaca, son utilizados los métodos de conducción, convección y radiación para que se libere calor al medio que la rodea (Salgueiro y Almeida 2009). El estrés calórico en las vacas se presenta de múltiples formas según sea el nivel productivo y estado fisiológico de la vaca, a ese nivel la vaca no está en la facultad de disminuir su temperatura corporal, ni de sobreponerse al calor existente. Debido a éste desorden fisiológico se da un crecimiento del ritmo respiratorio y la sudoración, incrementa la necesidad de agua por pérdida de producción de saliva y se limita la capacidad de consumo de materia seca, lo que repercute en la producción del animal negativamente (Mujika Arraiago 2005).

Los bovinos de la especie *Bos taurus*, principalmente la raza Jersey, productores de leche de excelente calidad, son muy utilizados en fincas ganaderas en la región tropical debido a su capacidad de adaptación a las condiciones climáticas que se presentan y por sus características anatómicas. La raza jersey, a pesar de contar con grandes cualidades de adaptación al clima tropical, a diferencia de otras razas *Bos taurus* productoras de leche más susceptibles, muestra indicios de estrés calórico con temperatura ambiente superior a 23 °C y humedad relativa mayor de 80% (WingChing-Jones et al. 2008).

Debido a la alta relación del estrés calórico en las vacas lecheras con valores de temperatura y humedad relativa del ambiente fuera de su rango de termoneutralidad, las cuales reducen significativamente su capacidad de perder calor latente por evaporación; es posible utilizar

el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) como una estimación de parámetros de estrés calórico (Callejo Ramos 2015). De igual forma, la temperatura rectal, en ganado lechero, es utilizada como la referencia en general de la expresión de la temperatura corporal de la vaca, ya que existe una relación directa con el movimiento térmico sanguíneo (Araúz et al. 2010). Otra variable común para conocer la condición térmica de la vaca, hace referencia a la frecuencia respiratoria.

El estudio se realizó con el objetivo de evaluar el efecto del Índice de Temperatura y Humedad Relativa sobre la temperatura rectal, consumo de materia seca, producción de leche y estimación de conversión alimenticia en vacas lactantes jersey en un sistema silvopastoril en comparación a un sistema de pastoreo rotacional intensivo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre febrero y abril de 2016 en la Unidad de Ganado Lechero de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en el Valle del Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán, Honduras. El lugar está a 32 kilómetros al este de Tegucigalpa. Las coordenadas geográficas son: latitud 14°00'12" norte y longitud 80°59'47" oeste, altitud de 800 msnm y temperatura media durante el estudio de 25 °C.

Se utilizaron 20 vacas Jersey de lactancia temprana a tardía con producción promedio de 14.5 ± 1.9 L/día, condición corporal > 3 en la escala de 1 a 5 para ganado lechero, ausencia de historial patológico y problemas reproductivos. Se dividió el lote de vacas en dos grupos de diez vacas cada uno, de acuerdo a la producción diaria, conformando el grupo de alta y baja producción.

Se utilizó un potrero de 12 gavetas para el sistema de pastoreo rotacional intensivo, a base de pasto Mulato II y Cayman (*Brachiaria spp.*); cada gaveta con dimensiones de 53×24 m, cerca eléctrica perimetral y reservorio con agua limpia y fresca *ad libitum*. De igual forma, se utilizó un potrero contiguo donde se encuentra el sistema silvopastoril con árboles de Madreado (*Gliricidia sepium*) dispersos en el potrero y pasto Guinea (*Panicum maximum* c.v. Tobiata); dividido en nueve gavetas, cada una con dimensiones de 74×28 m. Los potreros pertenecen a la unidad de ganado lechero y son utilizados para la investigación.

Las vacas fueron suplementadas estratégicamente con una Ración Total Mezclada (RTM), a base de concentrado (Cuadro 1) y ensilaje de maíz, el cual fue sustituido a partir del período dos por ensilaje de sorgo (Cuadro 2). La RTM fue fraccionada y ofrecida en dos raciones al día, luego de cada rutina de ordeño. Se ofreció diariamente 7.26 kg/MS/vaca y 5.65 kg/MS/vaca de concentrado al grupo de alta y baja producción, respectivamente. El ensilaje ofrecido en la RTM constaba de 5.14 kg/MS/vaca para el grupo de alta producción y 4.65 kg/MS/vaca para el grupo de baja producción.

En el estudio se utilizó dos tratamientos, ambos grupos de vacas en el sistema silvopastoril con *G. sepium* y pasto Tobiata + Ración Total Mezclada y ambos grupos de vacas en el sistema de pastoreo rotacional intensivo con pasto Mulato II y Cayman + Ración Total Mezclada, durante tres períodos. Cada período conforma una rotación de pasturas de 21 días, 12 días en el sistema de pastoreo rotacional intensivo y nueve días en el sistema silvopastoril. Para efecto del análisis estadístico, se utilizó una muestra de ocho días de cada tratamiento por período, obteniendo así 24 repeticiones por tratamiento.

Cuadro 1. Composición del concentrado ofrecido a las vacas jersey del grupo de alta y baja producción en la RTM.

Ingredientes	Cantidad (%)
Maíz molido	65.00
Harina soya	20.00
Melaza	5.30
Grasa de sobrepaso	3.70
Bicarbonato de sodio	2.70
Bicarbonato de calcio	1.00
Nutriplex [®]	1.00
Sal blanca	0.67
Urea	0.33
Óxido de magnesio	0.20
Levadura	0.12
Rumensin [®]	0.02

Cuadro 2. Composición del ensilaje de maíz y sorgo ofrecido como base forrajera en la RTM.

Forraje	Composición en base seca (%)							
	MS	PC	FND	FAD	Cenizas	Grasa	FC	ELN
Ensilaje de Maíz	25.77	8.69	55.17	25.95	3.10	1.30	46.94	39.97
Ensilaje de Sorgo	27.12	7.06	61.09	31.10	1.77	2.3	49.89	38.98

MS: materia seca; **PC:** proteína cruda; **FND:** fibra neutro detergente; **FAD:** fibra ácido detergente; **FC:** fibra cruda; **ELN:** extracto libre de nitrógeno.

Variables medidas

Índice de Temperatura y Humedad (ITH): se calculó en base a los registros de la temperatura y humedad relativa proporcionados cada media hora por la estación meteorológica contigua a la Unidad de Ganado Lechero. Se utilizó un promedio diario de cada variable para calcular el ITH por día, utilizando la fórmula 1 desarrollada por Thom (1959) y adaptada por Hahn et al. (2009).

$$ITH = 0.81 \times \text{Temperatura} (^{\circ}\text{C}) + \left(\frac{\text{Humedad Relativa} (\%)}{100} \right) \times (\text{Temperatura} (^{\circ}\text{C}) - 14.4) + 46.4 \quad [1]$$

Temperatura rectal ($^{\circ}\text{C}/\text{vaca}/\text{día}$): se midió diariamente en ambas rutinas de ordeño utilizando un termómetro rectal clínico y calculando un promedio de ambas mediciones por vaca.

Consumo de materia seca (kg/vaca/día): se estimó en base a la sumatoria del consumo de materia seca del pasto, concentrado y ensilaje (RTM). Se aforó diariamente la gaveta a pastorear para calcular la oferta de pasto, luego se obtuvo el contenido de materia seca mediante el método del microondas y finalmente se aforó la gaveta luego del pastoreo para calcular el rechazo.

Producción de leche (kg/vaca/día): se midió la producción de leche de cada vaca en ambas rutinas de ordeño con el sistema de ordeño mecanizado de la Unidad de Ganado Lechero. Luego, la producción del ordeño de la mañana y de la tarde para obtener la producción total diaria.

Estimación de Conversión Alimenticia (ECA): se calculó mediante la división entre el consumo de materia seca (kg/vaca/día) y la producción de leche (kg/vaca/día).

$$ECA = \frac{\text{Consumo de materia seca (kg)}}{\text{Producción de leche (kg)}}$$

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) y el modelo lineal general (GLM) con medidas repetidas en el tiempo. De igual forma, se analizaron los datos mediante un análisis de varianza (ANDEVA) y se utilizó el Coeficiente de Correlación Pearson en el paquete estadístico “Statistical Analysis System” versión 9.1 (SAS® 2015).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Coefficientes de Correlación Pearson. Se obtuvo correlaciones positivas entre ITH y temperatura rectal ($P \leq 0.0001$) en ambos tratamientos (Cuadro 3). La correlación observada se atribuye a que la temperatura rectal representa la temperatura corporal de la vaca, siendo ésta un indicador fisiológico principal antes estrés calórico, aumentará a medida que aumente la temperatura ambiental y la humedad relativa incapacitando la disipación de calor corporal (Ávila Pires, Maria de Fátima y Torres de Campos 2004) (Tosetto et al. 2014) (Collier et al. 2006) (Ferreira F et al. 2006) (Hahn 1999). Estos resultados muestran similitud a lo encontrado por Azevedo et al. (2005), Corrêa Silva (2015) y Cerqueira et al. (2016) en estudios realizados con vacas lecheras mestizas de distintos grados sanguíneos de *Bos taurus* y *Bos indicus*, las cuales pastoreaban en potreros con sombra natural y sin sombra, donde obtuvieron correlaciones positivas entre el ITH y temperatura rectal. En ambos tratamientos se obtuvo correlaciones negativas ($P \leq 0.0001$) entre el ITH y el consumo de materia fresca y seca (Cuadro 3), dichos resultados son similares a lo encontrado por Bouraoui et al. (2002) en un estudio realizado con vacas Holstein, quienes obtuvieron una correlación negativa entre el ITH y el consumo de alimento. La temperatura rectal mostró correlaciones negativas ($P \leq 0.05$) con el consumo de materia fresca y materia seca (Cuadro 3) en el Sistema Silvopastoril y correlación negativa ($P \leq 0.05$) con eficiencia de pastoreo en el Pastoreo Rotacional Intensivo. De igual forma, se observó una correlación negativa ($P \leq 0.0001$) entre ITH y eficiencia de pastoreo en ambos tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Coeficientes de Correlación Pearson entre variables para ambos sistemas pastoriles.

Tratamiento	Variable	TR	CMF	CMS	EFIP
Sistema Silvopastoril	ITH	0.2186 < 0.0001	-0.5889 < 0.0001	-0.7184 < 0.0001	-0.2599 < 0.0001
	TR		-0.1750 0.0017	-0.1473 0.0083	0.1000 0.07
Pastoreo Rotacional Intensivo	ITH	0.3156 < 0.0001	-0.476 < 0.0001	-0.4286 < 0.0001	-0.7257 < 0.0001
	TR		0.02 0.73	0.02 0.65	-0.1168 0.0166

ITH: Índice de temperatura y humedad relativa; **TR:** Temperatura rectal; **CMF:** Consumo de materia fresca del pasto; **MS:** Contenido de materia seca del pasto; **CMS:** Consumo de materia seca del pasto y ración total mezclada; **EFIP:** Eficiencia de pastoreo.

Índice de Temperatura y Humedad Relativa (ITH). Se encontró diferencias ($P \leq 0.05$) entre tratamientos, en los tres períodos del estudio (Cuadro 4). En el período uno y tres el tratamiento Pastoreo Rotacional Intensivo mostró mayor ITH y en el período dos el mayor ITH se observó en el tratamiento Sistema Silvopastoril (Cuadro 4). Al establecer el rango de ITH de Armstrong (1994), el cual establece que las “vacas lecheras en pastoreo sufren estrés calórico a $ITH \geq 72$ ”, se encontró que a partir del período dos las vacas en ambos tratamientos sufrieron de estrés calórico. Las diferencias en el ITH entre tratamientos durante los tres períodos del estudio (Cuadro 4) se atribuyen a que los tratamientos no fueron aplicados simultáneamente.

"Las necesidades de nutrientes de una vaca son alterados por estrés térmico requiriendo una reformulación de la ración. Los cambios incluyen el incremento de la densidad de nutrientes en la ración debido a la disminución del consumo de materia seca, alteración de los requerimientos de agua y minerales y la alteración de la función del tracto digestivo" (Collier et al. 2006:1245).

Cuadro 4. Comparación del Índice de Temperatura y Humedad Relativa (ITH) durante el pastoreo de las vacas en ambos tratamientos

Tratamiento	Periodo		
	1	2	3
Sistema Silvopastoril	69.98 ^b	73.38 ^a	73.89 ^b
Pastoreo Rotacional Intensivo	71.21 ^a	72.83 ^b	75.06 ^a
Probabilidad	0.0001	0.0004	0.0001
Coefficiente de variación		1.88	

ab = Medias con letras diferentes en la misma columna difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

Temperatura rectal (TR). Se obtuvo diferencias ($P \leq 0.05$) en la temperatura rectal ($^{\circ}\text{C}/\text{vaca}/\text{día}$) de las vacas en ambos tratamientos, durante los tres períodos (Cuadro 5). Las vacas en el tratamiento Pastoreo Rotacional Intensivo presentaron temperatura rectal superior a las del tratamiento Sistema Silvopastoril. Los resultados son similares a los obtenidos por Jahn et al. (2002), Rossarolla (2007), Barragán-Hernández et al. (2015) y Britto Ferreira (2010) en estudios realizados con vacas lecheras pastoreando rotativamente en praderas con y sin sombra, en los que se encontró una reducción en la temperatura rectal de las vacas pastoreando bajo sombra. De igual forma, concuerdan con los resultados obtenidos por Souza (2009), que observó una disminución en la temperatura rectal de vacas lecheras en un sistema silvopastoril con sombra de árboles cocoteros a diferencia de cuando pastoreaban sin sombra; estos resultados son similares a los encontrados por Villanueva et al. (2013) en un estudio realizado en Costa Rica con vacas Jersey pastoreando en potreros con cercas vivas y sin cercas vivas, en el cual la temperatura rectal de las vacas fue menor en las que pastoreaban en potreros con cercas vivas (sombra).

De igual forma al presentar mayor temperatura rectal los animales en el tratamiento Pastoreo Rotacional Intensivo sin sombra, confirman que existe una alta correlación al recibir mayor impacto de las variables climáticas, y se asemeja a lo establecido por Cerqueira et al. (2013) quienes estudiaron el comportamiento fisiológico de vacas de ordeño y relacionaron altamente el aumento de la temperatura rectal con altos valores de ITH. Según estudios realizados en EMBRAPA por Machado Ribeiro y Azevêdo Alves (2009), las implicaciones del estrés calórico de vacas lecheras lactantes siguen el patrón hormonal relacionado con el hipotálamo al reducir su actividad, luego en el aumento del requerimiento de agua que inhibe el apetito, seguido del aumento de la tasa respiratoria que impide la ingesta de alimentos, lo que se traduce en menor consumo de materia seca.

Cuadro 5. Comparación de la temperatura rectal (°C/vaca/día) de las vacas en el tratamiento Silvopastoril y el tratamiento Pastoreo Rotacional Intensivo.

Tratamiento	Periodo		
	1	2	3
Sistema Silvopastoril	38.15 ^a	38.19 ^a	38.23 ^a
Pastoreo Rotacional Intensivo	38.25 ^b	38.24 ^b	38.38 ^b
Probabilidad	0.0001	0.0029	0.0001
Coefficiente de variación		0.357	

ab = Medias con letras diferentes en la misma columna difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

Consumo de materia seca (CMS). Se observó diferencia ($P = 0.0001$) únicamente en el período dos entre tratamientos (Cuadro 6); las vacas en el tratamiento Pastoreo Rotacional Intensivo consumieron menos materia seca que las vacas en el tratamiento Sistema Silvopastoril, sin embargo dicha reducción no se relaciona con las condiciones climáticas del período en el tratamiento. La disminución en el consumo de materia seca del tratamiento Pastoreo Rotacional Intensivo en el período dos se atribuye a un cambio en la composición de la ración total mezclada (RTM), se sustituyó el ensilaje de maíz por ensilaje de sorgo (Cuadro 2). Lo anterior muestra relación a lo publicado por Souza (2013), quien establece que existe una correlación entre el contenido de proteína de la dieta con el consumo de alimento de vacas lecheras lactantes. "La ingesta baja podría indicar que la calidad del forraje en la RTM o el contenido de los sólidos han cambiado y pueden ser un factor limitante en la ingesta" (Lammers et al. 2002).

El resultado muestra similitud con lo reportado por Oba y Allen (1999), en un estudio donde compararon y analizaron diferentes bases forrajeras de raciones para vacas lecheras, en el cual obtuvieron diferencias ($P \leq 0.05$) en el consumo de materia seca, el cual disminuía al suministrar forraje con contenido de FND de baja digestibilidad y alto contenido de fibra neutro detergente en el forraje, como es el caso del ensilaje de sorgo, a diferencia del ensilaje de maíz que posee mejor digestibilidad y menor contenido de fibra neutro detergente. De igual forma, establece que ambas características tienen un impacto directo en el consumo de materia seca debido al efecto de llenado en el rumen.

Sin embargo, los resultados obtenidos difieren de lo encontrado por Peri (2015), quien observó una disminución del consumo de materia seca en vacas Holstein lactantes pastoreando en sistema convencional en comparación al pastoreo en sistemas silvopastoriles.

Cuadro 6. Comparación del consumo de materia seca (kg/vaca/día) de las vacas en el tratamiento Sistema Silvopastoril y el tratamiento Pastoreo Rotacional Intensivo.

Tratamiento	Periodo		
	1	2	3
Sistema Silvopastoril	18.72	17.62 ^a	17.26
Pastoreo Rotacional Intensivo	19.09	15.24 ^b	16.96
Probabilidad	0.0511	0.0001	0.1176
Coefficiente de variación		9.73	

ab = Medias con letras diferentes en la misma columna difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

Producción de leche. No se observó diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$) (Cuadro 7). Dichos resultados se atribuyen a la variabilidad en la calidad nutricional de los pastos en ambos tratamientos. El pasto Mulato II y Cayman del tratamiento Pastoreo Rotacional Intensivo es mayor al del pasto Tobiata del tratamiento Sistema Silvopastoril. Lo anterior hace referencia a lo establecido por Jaramillo Vargas y Rodríguez Poveda (2014) en un estudio realizado con vacas Jersey lactantes bajo sistema de pastoreo rotacional intensivo con pasto Mulato II y Cayman, en el cual determinaron la composición bromatológica de ambos pastos (Cuadro 8). De igual forma contrasta con lo reportado por Lara Revelo (2002), quien establece que el pasto Tobiata con 21 días de edad de corte y sin fertilización, similar a nuestro estudio, posee 10.10% de proteína cruda y 0.99 Mcal/kg de energía neta de lactancia. Los resultados concuerdan con lo obtenido por Barba (2011), Jahn et al. (2002) y Corrêa Silva (2015) quienes no obtuvieron diferencias en producción de leche en estudios con vacas lecheras en pastoreo con y sin sombra. De igual forma, muestra similitud a lo obtenido por Souza de Abreu, María Helena (2002), quien no encontró diferencias en su estudio realizado con vacas Jersey en pastoreo con y sin sombra bajo condiciones climáticas adversas de temperatura y humedad relativa que denotan estrés calórico según la escala de ITH.

Cuadro 7. Comparación de la producción de leche (kg/vaca/día) de las vacas en el tratamiento Sistema Silvopastoril y el tratamiento Pastoreo Rotacional Intensivo.

Tratamiento	Periodo		
	1	2	3
Sistema Silvopastoril	14.54	14.24	14.75
Pastoreo Rotacional Intensivo	14.77	14.13	14.47
Probabilidad	0.3905	0.6676	0.2769
Coefficiente de variación		16.35	

Cuadro 8. Composición bromatológica en base seca del pasto Mulato II y Cayman.

Composición química	Concentración (%)	
	Mulato II	Cayman
Materia seca	24.00	23.00
Proteína cruda	19.97	17.03
Extracto etéreo	3.52	2.68
Fibra neutro detergente (FND)	58.79	57.71
Fibra ácido detergente (FAD)	29.42	31.30

Fuente: Jaramillo Vargas y Rodríguez Poveda (2014), adaptado por los autores.

Estimación de Conversión Alimenticia. Se obtuvo diferencias ($P \leq 0.0001$) entre tratamientos únicamente en el período dos, en el cual las vacas del tratamiento Pastoreo Rotacional Intensivo fueron más eficientes en la conversión de alimento (Cuadro 9) que las vacas del tratamiento Sistema Silvopastoril.

La diferencia entre tratamientos obtenida en el período dos, es atribuida al cambio en la base forrajera de la RTM, debido a que al disminuir el consumo de materia seca, manteniendo la producción, se logra mayor eficiencia en la conversión alimenticia. Por otra parte, el consumo muy limitado de materia seca, proyectado en valores de ECA inferiores a 1, indica la utilización de reservas biológicas en la vaca para mantener una producción estable, lo que provocará una pérdida en la condición corporal de la vaca, resultando en una disminución de la capacidad reproductiva del animal. "Vacas lactantes de baja producción consumiendo 20 kilogramos de materia seca por día y produciendo 15 kilogramos de leche por día poseen una eficiencia alimenticia (ECA) de 1.33" (Woodley 2003).

Cuadro 9. Comparación de la Estimación de Conversión Alimenticia (ECA) de las vacas en el tratamiento Sistema Silvopastoril y el tratamiento Pastoreo Rotacional Intensivo.

Tratamiento	Periodo		
	1	2	3
Sistema Silvopastoril	1.32	1.26	1.25
Pastoreo Rotacional Intensivo	1.33	1.11	1.21
Probabilidad	0.9332	0.0001	0.793
Coefficiente de variación		20.4	

ab = Medias con letras diferentes en la misma columna difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

4. CONCLUSIONES

- La temperatura rectal fue menor en el sistema silvopastoril.
- No se presentaron diferencias en el consumo de materia seca, la producción de leche y la estimación de conversión alimenticia en ambos sistemas de pastoreo.
- Las diferencias en el consumo de materia seca durante el segundo período en favor del sistema silvopastoril son producto del cambio de la fuente de ensilaje y no se relacionan con el efecto de las condiciones climáticas.
- Para ambos tratamientos se observa una correlación directa entre el ITH y la temperatura rectal.

5. RECOMENDACIONES

- Medir tasa de respiración de las vacas al momento de pastoreo en ambos sistemas.
- Medir temperatura y humedad relativa debajo de la sombra de los árboles dispersos en potreros del sistema silvopastoril.
- Medir temperatura corporal de las vacas en el potrero.
- Analizar el comportamiento de las vacas en el potrero, tomando en cuenta el tiempo dedicado a pastoreo, descanso y rumia.

6. LITERATURA CITADA

- Araúz EE, Fuentes A, Mendez N. 2010. Alteración diurna de la carga calórica corporal e interrelación de las temperaturas rectal y láctea en vacas cruzadas (6/8 Bos taurus x 2/8 Bos indicus), Pardo Suizo y Holstein bajo estrés calórico diurno durante la época seca en el clima tropical húmedo. REDVET. 11(11):1–36. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111110.html>.
- Armstrong DV. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. Journal of Dairy Science. (77):2044–2050.
- Ávila Foucat VS, Fernández DRR. 2014. Análisis financiero y percepción de los servicios ambientales de un sistema silvopastoril: un estudio de caso en los Tuxtlas, México. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica (REVIBEC). (22):17–33.
- (Ávila Pires, Maria de Fátima), Torres de Campos A. 2004. Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite. 1st ed. Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico Report No.: 42.
- Azevedo M de, (Ávila Pires, Maria de Fátima), Mattana Saturnino H, Quintão Lana ÂM, Barbosa Machado Sampaio I, Neves Monteiro JB, Morato LE. 2005. Estimativa de Níveis Críticos Superiores do Índice de Temperatura e Umidade para Vacas Leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em Lactação. Revista Brasileira de Zootecnia. 34(6):2000–2008.
- Bacab HM, Madera NB, Solorio FJ, Vera F, Marrufo DF. 2013. Los sistemas silvopastoriles intensivos con Leucaena leucocephala: una opción para la ganadería tropical. Avances en Investigacion Agropecuaria. 17(3):68–81.
- Barba Dd. 2011 Nov. COMPORTAMENTO DE VACAS LEITEIRAS EM SISTEMA SILVIPASTORIL E EM PLENO SOL EM UMA PEQUENA PROPRIEDADE LEITEIRA DO SUDOESTE DO PARANÁ [Tesis]: Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Paraná, Brasil.
- Barragán-Hernández WA, Mahecha-Ledesma L, Cajas-Girón YS. 2015. VARIABLES FISIOLÓGICAS-METABÓLICAS DE ESTRÉS CALÓRICO EN VACAS BAJO SILVOPASTOREO Y PRADERA SIN ÁRBOLES. Agronomía Mesoamericana. 26(2):211–223. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v26i2.19277>.
- Bouraoui R, Lahmar M, Majdoub A, Djemali M, Belyea R. 2002. The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. Animal Research. (51):479–491; [consultado2002 Aug 13].
- Britto Ferreira LC. 2010. RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E COMPORTAMENTAIS DE BOVINOS SUBMETIDOS A DIFERENTES OFERTAS DE SOMBRA [Tesis]: Universidade Federal de Santa Catarina- Florianópolis, Brasil.
- Callejo Ramos A. 2015. El estrés calórico en vacas lecheras. Ganadería. (96):28–31; [consultado27/1/16]. http://oa.upm.es/37755/1/INVE_MEM_2015_201963.pdf.

- Cerqueira J, Araújo J, Blanco-Penedo I, Cantalapiedra J, Silvestre A, Silva S. 2016. Predicción de estrés térmico en vacas lecheras mediante indicadores ambientales y fisiológicos. *Archivos de zootecnia*. 65(251):357–364.
- Cerqueira J, Araújo JP, Blanco-Penedo I, Cantalapiedra J, (Silvestre, M. y Silva, S.R.). 2013. ESTUDIO DE INDICADORES FISIOLÓGICOS COMO PREDICTORES DE ESTRÉS TÉRMICO DE VACAS LECHERAS EN NORTE DE PORTUGAL. *ITEA, información técnica económica agraria: revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA)*. 1:40–42.
- Collier RJ, Dahl GE, VanBaale MJ. 2006. Major Advances Associated with Environmental Effects on Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 89(4):1244–1253.
- Corrêa Silva D. 2015. ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO, VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E DESEMPENHO PRODUTIVO DE VACAS LEITEIRAS EM SALA DE ESPERA CLIMATIZADA [Tesis]: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS, UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS- Anápolis.
- Ferreira F, Pires M, Martinez ML, Coelho SG, Carvalho AU, Ferreira PM, Facury Filho EJ, Campos WE. 2006. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*. 58(5):732–738.
- Hahn GL. 1999. Dynamic Responses of Cattle to Thermal Heat Loads. *Journal of Dairy Science*. 82(2):10–20.
- Hahn GL, Gaughan JB, Mader TL, Eigenberg RA. 2009. Chapter 5: Thermal Indices and Their Applications for Livestock Environments- St. Joseph, MI. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 18 p. (Livestock Energetics and Thermal Environmental Management; vol. 25).
- Jahn E, Arredondo S, Bonilla W, Del Pozo A. 2002. EFECTO DE LA TEMPERATURA Y LA SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS LECHERAS A PASTOREO. *Agricultura técnica*. 62(2):245–254. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072002000200007>.
- Jaramillo Vargas BA, Rodríguez Poveda SE. 2014. Efecto de la estrategia de pastoreo sobre el consumo por vaca, consumo por hectárea, carga animal, desempeño productivo y la respuesta de vacas lactantes Jersey al nivel de suplementación en pasturas tropicales [Tesis]: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano- Tegucigalpa, Honduras.
- Lammers BP, Heinrichs AJ, Ishler VA. 2002. Uso de Ración Total Mezclada (TMR) Para Vacas Lecheras [Publicación]: Universidad Estatal de Pensilvania- Pensilvania, USA.
- Lara Revelo HD. 2002. Efecto de cuatro niveles de nitrógeno, dos de azufre y dos edades de corte en producción de materia seca de Panicum maximum cv Tobiata [Tesis]: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, DCPA- Tegucigalpa, Honduras.
- Machado Ribeiro D, Azevêdo Alves A. 2009. Bioclimatologia Aplicada à Produção de Bovinos Leiteiros nos Trópicos. *EMBRAPA Meio-Norte*. 83 p. www.cpanm.embrapa.
- Mujika Arraigo I. 2005. El estrés calórico: Efecto en las vacas lecheras. *Navarra Agraria*. 36–44.
- Navas Panadero A. 2010. Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. *Revista de Medicina Veterinaria*. (19):113–122.
- Oba M, Allen MS. 1999. Evaluation of the Importance of the Digestibility of Neutral Detergent Fiber from Forage: Effects on Dry Matter Intake and Milk Yield of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 82(3):589–596.

- Peri PL, editor. 2015. Comparación del consumo de forraje y agua y sus correlaciones en un sistema silvopastoril intensivo y uno convencional en tres regiones de Colombia. VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales; 05.2015. 1st ed.- Misiones, Argentina. Santa Cruz. ISBN: 978-987-521-611-2.
- Peters M, Franco LH, Schmidt A, Hincapié B. 2003. Especies forrajeras multipropósito: Opciones para productores de Centroamérica.- Cali, Colombia. Ciat. <https://books.google.hn/books?id=OxcbAyx8UFsC>.
- Pezo D, Ibrahim M. 1999. Sistemas Silvopastoriles. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Colección Módulos de Enseñanza Agroforestal Report No.: 2.
- Rossarolla G. 2007. COMPORTAMENTO DE VACAS LEITEIRAS DA RAÇA HOLANDESA, EM PASTAGEM DE MILHETO COM E SEM SOMBRA [Tesis]: Universidade Federal de Santa Maria- Santa Maria, Brasil. 47 p.
- Russo R, Botero R. 2014. Ganadería entre los árboles para recuperar equilibrios ecológicos. AMBIENTICO. (245).
- Salgueiro MD, Almeida JC. 2009. Stresse pelo calor em vacas leiteiras: 1. Mecanismos Fisiológicos e consequências produtivas. Vaca Leiteira. (129):63–68.
- Sánchez B. 2014. Sistemas Silvopastoriles en Honduras: Una Alternativa para Mejorar la Ganadería. FAO. 1-36. www.cinah.org.
- SAS Institute Inc. 2015. SAS. 9.1. Honduras: SAS Institute Inc Copyright®. Licencia aprobada para Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <http://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/index.html>.
- Souza ES. 2009. CONFORTO TÉRMICO DE VACAS LEITEIRAS EM MONOCULTIVO DE CAPIM MARANDU E EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM COQUEIROS, EM PARNAÍBA, PIAUÍ [Tesis]: Universidade Federal do PiauÍ-Parnaíba, PiauÍ. 37 p.
- Souza MC de. 2013. Meta-análise do consumo de matéria seca de vacas leiteiras em condições tropicais [Tesis]: Universidade Federal de Mato Grosso- Mato Grosso. 67 p.
- (Souza de Abreu, María Helena). 2002. Contribution of trees to the control of heat stress in dairy cows and the financial viability of livestock farms in humid tropics. [Tesis]: Tropical Agricultural Research and Higher Education Center CATIE- Turrialba, Costa Rica. 166 p.
- Thom EC. 1959. The Discomfort Index. *Weatherwise*. 12(2):57–61. doi:10.1080/00431672.1959.9926960. <http://dx.doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>.
- Tosetto MR, (Maia, Ana Paula de Assis), Sarubbi J, Zancanaro BMD, Lima CZd, Sippert MR. 2014. Influência do macroclima e do microclima sobre conforto térmico de vacas leiteiras. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2(1):6–10; [consultado 2014 Jan 27]. <http://dx.doi.org/10.14269/2318-1265.v02n01a02>.
- Villanueva C, Argeñal Vega P, Ibrahim M, Casasola F. 2013. Contribución de las cercas vivas en el control del estrés calórico en sistemas intensivos de producción de leche en trópico de bajura: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE- Turrialba, Costa Rica.
- WingChing-Jones R, Pérez R, Salazar E. 2008. CONDICIONES AMBIENTALES Y PRODUCCIÓN DE LECHE DE UN HATO DE GANADO JERSEY EN EL TRÓPICO HÚMEDO: EL CASO DEL MÓDULO LECHERO-SDA/UCR. *Agronomía Costarricense*. 32(1):87–94.

Woodley B. 2003. Improving Dairy Profitability Through Management & Nutrition.
NUTRIFAX.