



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA DE PECUARIA**

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO**

**MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**INFLUENCIA DE LA ARBORIZACIÓN EN SISTEMAS DE  
PASTOREO RACIONAL FLEXIBLE SOBRE EL ESTRÉS CALÓRICO  
EN VACAS MESTIZAS**

**AUTORES:**

**JOSÉ PATRICIO MUÑOZ GARCÍA  
MARÍA JOSÉ ZAMBRANO VERA**

**TUTOR:**

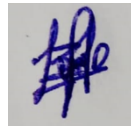
**ING. JHON CARLOS VERA CEDEÑO, Mg.**

**CALCETA, FEBRERO DEL 2023**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

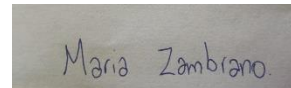
Yo José Patricio Muñoz García, con cédula de ciudadanía 131360005-6 y María José Zambrano Vera, con cédula de ciudadanía 131557527-2 declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: INFLUENCIA DE LA ARBORIZACIÓN EN SISTEMAS DE PASTOREO RACIONAL FLEXIBLE SOBRE EL ESTRÉS CALÓRICO EN VACAS MESTIZAS es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluye en este documento.

A través de la presente declaración, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



---

**JOSÉ PATRICIO MUÑOZ GARCÍA**  
CC: 131360005-6



---

**MARÍA JOSÉ ZAMBRANO VERA**  
CC: 131557527-2

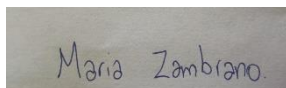
## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo José Patricio Muñoz García, con cédula de ciudadanía 131360005-6, y María José Zambrano Vera, con cédula de ciudadanía 131557527-2, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: INFLUENCIA DE LA ARBORIZACIÓN EN SISTEMAS DE PASTOREO RACIONAL FLEXIBLE SOBRE EL ESTRÉS CALÓRICO EN VACAS MESTIZAS, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.



---

**JOSÉ PATRICIO MUÑOZ GARCÍA**  
CC: 131360005-6



---

**MARÍA JOSÉ ZAMBRANO VERA**  
CC: 131557527-2

## **CERTIFICACIÓN DE TUTOR**

ING. VERA CEDEÑO JHON CARLOS, MG, certifica haber tutelado el Trabajo Integración Curricular titulado: INFLUENCIA DE LA ARBORIZACIÓN EN SISTEMAS DE PASTOREO RACIONAL FLEXIBLE SOBRE EL ESTRÉS CALÓRICO EN VACAS MESTIZAS, que ha sido desarrollado por José Patricio Muñoz García y María José Zambrano Vera, previa la obtención del título de Médico Veterinario, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**ING. JHON CARLOS VERA CEDEÑO, MG**

**CC: 131206156-5**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: INFLUENCIA DE LA ARBORIZACIÓN EN SISTEMAS DE PASTOREO RACIONAL FLEXIBLE SOBRE EL ESTRÉS CALÓRICO EN VACAS LECHERA MESTIZAS, que ha sido desarrollado por José Patricio Muñoz García y María José Zambrano Vera, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE LAS CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**DR.C JOHNNY DANIEL BRAVO LOOR**  
**CC: 1303147340**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

<b>Med.Vet. VICENTE INTRIAGO MUÑOZ, MG.</b>	<b>Med.Vet. LEILA VERA LOOR.MG.</b>
<b>CC: 130980873-9</b>	<b>CC: 131195543-7</b>
<b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	<b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios, quien ha sido la luz de guía durante todo este largo proceso investigativo, además también agradecemos a la Escuela superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, por habernos brindado la oportunidad de estudiar en esta prestigiosa institución, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

El camino hasta ahora no ha sido sencillo, pero gracias a su amor, apoyo, su inmensa bondad, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Le agradecemos a usted nuestro tutor el Ing. John Vera Cedeño, Mg, por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y reconocimiento científico, así como también habernos tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

Y para finalizar el agradecimiento en especial va para nuestras familias, quienes constantemente están empujándose para que esta meta sea cumplida.

**JOSÉ PATRICIO MUÑOZ GARCÍA**  
**MARÍA JOSÉ ZAMBRANO VERA**

## **DEDICATORIA**

Dedico principalmente este logro a Dios por darme el don de la vida, a mis padres por estar conmigo y por brindarme todo el apoyo, también le dedico este triunfo por el cual seguía luchando día tras día a mi hijo que sin duda alguna se convirtió en mi motor de lucha y de superación para poder llegar donde estoy y, por último, pero no menos importante a mis abuelos por cada palabra de aliento.

**MARÍA JOSÉ ZAMBRANO VERA**

## **DEDICATORIA**

Le dedico este logro a Dios como padre creador de todo, porque todo lo que he llegado a ser es gracia a que El me permito llegar hasta este día, a la Virgen María por siempre interceder por nosotros ante Dios, principalmente este momento tan importante en la vida es gracias al pilar en mi vida, mi querida madre, sin la cual no sería ni la mitad del hombre que soy, también a mi padre que nunca me ha dejado solo y por último a mi abuela la cual es la protectora de mi vida con cada una de sus oraciones.

**JOSÉ PATRICIO MUÑOZ GARCÍA**



## CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	15
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2. JUSTIFICACIÓN	16
1.3. OBJETIVOS	17
OBJETIVO GENERAL	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.4. HIPÓTESIS	18
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	19
2.1 SISTEMAS DE PASTOREO VACUNO EN EL TRÓPICO	19
2.1.1 PASTOREO RACIONAL VOISIN (PRV)	19
2.1.2 ARBORIZACIÓN Y SUS EFECTOS EN SUS SISTEMAS AGROPECUARIOS	20
2.2 LOS SISTEMAS AGROFORESTALES	21
2.3 AGROFORESTERÍA	22
2.4 SISTEMA SILVOPASTORIL	22
2.5 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES	23
2.6 ALGARROBO	23
2.7 FACTORES QUE GENERAN ESTRÉS EN EL GANADO	24
2.7.1 ESTRÉS POR MANEJO	24
2.7.2 ESTRÉS CALÓRICO	24
2.8 MARCADORES FISIOLÓGICOS DEL ESTRÉS	26

2.9 EL ESTRÉS OXIDATIVO COMO SITUACIÓN FINAL	27
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	28
3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	28
3.3 VARIABLES EN ESTUDIO	29
3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	29
3.3.2 VARIABLES DEPENDIENTE	29
3.4 TRATAMIENTOS	29
3.5 UNIDADES EXPERIMENTALES	29
3.6 ENFOQUE, MODALIDAD Y TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.7 MÉTODOS	30
3.8 TÉCNICAS	30
3.9 PROCEDIMIENTO	31
3.9.1 ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE BIOMASA EN LAS ÁREAS DE PASTOREO	31
3.9.2 CÁLCULO DEL ÍNDICE TEMPERATURA/HUMEDAD EN RELACIÓN CON LA DENSIDAD ARBÓREA EN LAS ZONAS DE PASTOREO	32
3.9.3 VALORACIÓN DE LA RESPUESTA DE LOS INDICADORES FISIOLÓGICOS AL ESTRÉS CALÓRICO	32
3.10 ANÁLISIS DE DATOS	33
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1 ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE BIOMASA EN LAS ÁREAS DE PASTOREO CON RESPECTO A LA DENSIDAD ARBÓREA	34
4.2 CÁLCULO DEL ÍNDICE TEMPERATURA/HUMEDAD EN RELACIÓN CON LA DENSIDAD ARBÓREA EN LAS ZONAS DE PASTOREO.	35
4.3 VALORACIÓN DE LA RESPUESTA DE LOS INDICADORES FISIOLÓGICOS AL ESTRÉS CALÓRICO, COMO INFLUENCIA DE LA ARBORIZACIÓN EN SISTEMAS DE PASTOREOS RACIONAL FLEXIBLE	36
4.3.1 FRECUENCIA RESPIRATORIA	36
4.3.2 FRECUENCIA CARDIACA	37
4.3.3. TEMPERATURA RECTAL	37
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
CONCLUSIONES	39
RECOMENDACIONES	39

BIBLIOGRAFÍA

40

ANEXOS

45

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Leyes de Voisin.....	20
Tabla 2. Condiciones climáticas calceta .....	27
Tabla 3. Producción de biomasa en potreros con distinta cantidad de arborización .....	33
Tabla 4. Índice temperatura humedad en áreas con y sin acceso a sombra .....	34
Tabla 5. . Frecuencia respiratoria en vacas, por influencia de arborización en sistema de pastoreo racional flexible .....	35
Tabla 6. Frecuencia cardíaca en vacas, por influencia de arborización en sistema de pastoreo racional flexible .....	36
Tabla 7 Temperatura rectal en vacas, por influencia de arborización en sistema de pastoreo racional flexible.....	36

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 2. Escala de ITH.....	25
Figura 3. Niveles de afectación del ITH. ....	25

## CONTENIDO DE FÓRMULAS

Fórmula 1 .....	28
-----------------	----

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de medir la influencia de la arborización en sistemas de pastoreos racional flexible sobre el estrés calórico en vacas lecheras mestizas en dos áreas de pastoreo de la unidad de pasto y forraje de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, se contó con unidades de una densidad de 25 árboles/ha (T1) y otra de 30 árboles/ha (T2) y un área como tratamiento testigo sin arborizar (T0), utilizando cinco repeticiones por los tres tratamientos contando una vaca por repetición, dando como un total de 15 unidades experimentales evaluando como variable de respuesta la: temperatura rectal (TR), frecuencia cardíaca (FC) y frecuencia respiratoria (FR) en el horario del mediodía, momento de máximo estrés de calor en el trópico. Los resultados obtenidos en la medición de la temperatura rectal, frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria de los bovinos reflejó un p-valor de  $<0,001$  lo cual testifica que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por medio de la prueba de Tukey se observó que el (T0) presentó un incremento de los marcadores fisiológicos del estrés, en comparación del (T1) y (T2), con respecto al índice temperatura/humedad (ITM) el área sin acceso a sombra (SOL) mostro una diferencia de 3,84 frente al área con acceso sombra (SOM). Con los datos obtenidos se concluye que la combinación de niveles adecuados de arborización con elementos de pastoreo racional, mejora la respuesta de los marcadores fisiológicos al estrés calórico del ganado mestizo del trópico seco ecuatoriano.

**Palabras clave:** sistema silvopastoril, temperatura rectal, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, estrés térmico

## ABSTRACT

The present work was carried out with the purpose of measuring the influence of arborization in flexible rational grazing systems on heat stress in crossbred dairy cows in two grazing areas of the pasture and forage unit of the Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, there were units with a density of 25 trees/ha (T1) and another of 30 trees/ha (T2) and an area as a control treatment without trees (T0), using five repetitions for the three treatments, counting one cow per repetition. giving a total of 15 experimental units, evaluating as a response variable: rectal temperature (TR), heart rate (HR) and respiratory rate (RR) at noon, the moment of maximum heat stress in the tropics. The results obtained in the measurement of rectal temperature, heart rate and respiratory rate of bovines reflect a p-value of  $<0.001$  which testifies that there is a highly significant difference between the treatments, by means of the Tukey test it was observed that the (T0) presented an increase in physiological stress markers, compared to (T1) and (T2), with respect to the temperature humidity index (ITM), the area without access to shade (SOL) showed a difference of 3.84 compared to to the shaded access area (SOM). With the data obtained, it is concluded that the combination of adequate levels of arborization with elements of rational grazing improves the response of physiological markers to heat stress of crossbred cattle in the Ecuadorian dry tropics.

**Keywords:** silvopastoral system, rectal temperature, heart rate and respiratory rate, heat stress

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Los sistemas de pastoreo vacuno en el trópico, sobre todo en el Ecuador, han pasado de la eficiencia productiva a la baja productividad. En mucho tiene que ver el cambio climático con la reducción de los niveles de respuesta productiva (Álava y Muñoz, 2020).

En lo que respecta al rango térmico de confort, según Iraira y Bravo (2019) “es de 5°C a 25°C para ganado lechero y -5°C a 29°C para ganado carne. Fuera de estos rangos los animales activan mecanismos fisiológicos que permiten la sobrevivencia de estos, pero con un impacto sobre la productividad” (p. 64).

Como lo demostró Mariños (2019), “el estrés calórico es causa de disminución en la producción de leche en vacunos porque en este periodo de tiempo se logró observar que mientras más intensidad de temperatura mayor pérdida” (p.15).

El establecer sistemas que trabajen con el complejo suelo-planta-animal-hombre, y además perdurables en el tiempo, es imperativo para la ciencia en el trópico ecuatoriano. Como los trabajos desarrollados por Roca (2017) en el establecimiento de niveles adecuados de arborización en los sistemas vacunos del sur ecuatoriano, constituyeron un avance importante en el camino hacia la mejora de los niveles productivos de forma sustentable.

En cambio, se piensa que podría fomentar de manera más avanzada y novedosa, si estos sistemas se combinarán con elementos de manejo racional flexible, establecidos para el cuidado de la interacción suelo-planta-animal, como los desarrollados por Ray (2015), en condiciones de pastoreo racional con bajos insumos en Cuba.

Cabe entonces formular la siguiente interrogante: ¿La combinación de niveles adecuados de arborización y elementos de manejo racional flexible del pastoreo,

tendrá influencia sobre los indicadores del estrés CALÓRICO del ganado mestizo del trópico seco ecuatoriano?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

En los sistemas de pasturas tradicionales que existen, los animales son afectados en sus respuestas fisiológicas y productivas y por ende en el plano de la nutrición, relativamente al estar expuestos permanentemente al ambiente, especialmente cuando se trata de variaciones en cantidad y calidad de pasturas y cultivos, siendo estos los principales componentes de la alimentación, más aún en los meses cálidos cuando el ambiente que combina la temperatura debido a la alta radiación solar y la humedad del aire, lo que provoca la reducción de la productividad de los rodeos (Saravia, 2009).

Según García *et al.* (2018), es inminente el incremento de la temperatura rectal y la tasa de respiración, como una forma de responder naturalmente al estrés calórico que se genera en los animales, y como estrategia para eliminar el exceso de calor suelen abandonar el pastoreo y refugiarse bajo las sombras que encuentren y de esta manera mantener el balance térmico.

Los sistemas silvopastoriles implican el uso de árboles en sistemas de pasturas, se establecen con el objetivo beneficios como el mejoramiento de la fertilidad del suelo a través del ciclaje de nutrientes y la fijación de nitrógeno realizada por algunas especies, regulación del balance hídrico al conservar agua y reducir la evaporación, fijación de CO<sub>2</sub> y reducción del estrés calórico de los animales a través del efecto de la sombra al generar microclimas en las áreas de pastoreo, los cuales permiten a los animales mantenerse en ambientes con temperaturas dentro o cerca de zona de termoneutralidad (Alexander, 2010).

En este contexto, “cuando estos sistemas silvopastoriles son bien planeados y conducidos, permiten explotar las sinergias entre los componentes, proporcionando ventajas económicas, para el bienestar animal y la prestación de servicios ambientales” (Kássio *et al.*, 2018, p. 20), de esta manera los árboles en el área de



pastoreo aumentan la humedad, mejorando las condiciones del microclima que permiten el crecimiento de plantas forrajeras y por tanto va a generar menor amplitud de variación térmica en el ambiente.

El trabajo de investigación es de vital importancia para el ámbito productivo, tomando en cuenta que el estrés en el ganado provoca pérdida de la eficiencia en la producción de leche, que añadido a la disminución en el rendimiento de los animales por hectárea que conlleva el pastoreo libre, genera graves crisis en la economía del ganadero, por tanto, productivamente se justifica la investigación en el análisis del pastoreo racional flexible, para revisar los indicadores del estrés calórico en bovinos de leche mestizo en el trópico ecuatoriano. Socialmente incrementa los niveles socioeconómicos con el ahorro de grandes extensiones de terreno que pueden ocuparse para otros menesteres productivos, y que generan de esta manera opciones de manejo ambiental adecuados para el ecosistema del agro local.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la influencia de la arborización en sistemas de pastoreo racional flexible sobre los marcadores fisiológicos del estrés calórico en vacas mestizas en el trópico ecuatoriano.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Estimar la disponibilidad de biomasa en las áreas de pastoreo con respecto a la densidad arbórea.

Calcular el índice temperatura/humedad en relación con la densidad arbórea en las zonas de pastoreo.

Valorar la respuesta de los indicadores fisiológicos al estrés calórico, como influencia de la arborización en sistemas de pastoreo racional flexible.

## **1.4. HIPÓTESIS**

La arborización en las áreas de pastoreo mejora los indicadores fisiológicos como respuesta al estrés calórico en ganado mestizo del trópico seco ecuatoriano.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 SISTEMAS DE PASTOREO VACUNO EN EL TRÓPICO**

En el trópico se han valorado y ejecutado diversos sistemas de pastoreo vacuno, con sus diferentes niveles de intensificación y de éxito, el cual depende siempre del ajuste de las condiciones edafoclimáticas, condicionadas al tipo de animal, así como también a los diferentes tipos o cultivos de pasto y al nivel de insumos que se utilice. Entre las variantes de pastoreo que permiten mayor control del tiempo de pastoreo se encuentran, entre otras, el Pastoreo Racional Voisin, el Pastoreo en Células o de corta duración y el Pastoreo Intensivo Tecnificado (Álava y Muñoz, 2020).

#### **2.1.1 PASTOREO RACIONAL VOISIN (PRV)**

El Pastoreo Racional Voisin (PRV) es una tecnología agroecológica para la producción intensiva de alimentos limpios que tiene como base las leyes universales del pastoreo (Voisin,1994) y el manejo integral agroecológico, sin uso de agrotóxicos, ni de fertilizantes solubles y sin agredir los suelos con pases de arado (Ojeda y Domínguez 2020).

Milera *et at.* (2019) afirman que los estudios del científico francés André Voisin en clima templado y los argumentos tomados de los aportes científicos de años anteriores en Alemania y otros países, le permitieron enunciar los principios fundamentales para el manejo de los pastos, lo cual ha sido el cimiento para la mejora de los sistemas de pastoreo que se implementan en la actualidad en el trópico, y que han mejorado las cuatro leyes formuladas por Voisin, que a continuación se exponen:

Las dos primeras leyes se relacionan con el pasto y las dos restantes con el animal. En las enunciadas para el manejo del pasto el principio más importante es el reposo entre un pastoreo y otro para alcanzar la máxima productividad, y el tiempo de ocupación por los animales de un cuartón (Milera *et at.*, 2019, p. 4).

RELACIONES CON EL PASTO	RELACIONES CON EL ANIMAL
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para que una hierba cortada por el diente del animal pueda dar el máximo de productividad, es necesario que entre dos cortes sucesivos haya pasado el tiempo suficiente, que permita a la hierba almacenar en sus raíces las reservas necesarias para un rebrote vigoroso y realizar la llamada de crecimiento</li> <li>• El tiempo de ocupación de una parcela debe ser lo suficientemente corto para que una hierba cortada el primer día por el diente, no sea cortada de nuevo antes que los animales dejen la parcela.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es necesario ayudar a los animales de exigencias alimenticias más elevadas para que puedan cosechar la mayor cantidad de hierba y que esta sea de la mejor calidad.</li> <li>• Para que una vaca pueda dar rendimientos regulares es preciso que no permanezca más de tres días en una parcela. Los rendimientos serán máximos si las vacas no permanecen más de un día en una parcela.</li> </ul>

Tabla #1. Leyes de Voisin

## 2.1.2 ARBORIZACIÓN Y SUS EFECTOS EN SUS SISTEMAS AGROPECUARIOS

Según la Empresa de Distribución Eléctrica Noreste de Panamá (EDENP) (2017), arborizar significa llenar de árboles un determinado sitio y destaca que “los árboles y arbustos son de gran importancia ya que filtran el aire cálido y lo refrescan al cruzar su copa” p.1, destacando la importancia de los árboles tanto para el campo como para la ciudad, y en esta investigación la importancia de las sombras en el desarrollo sostenible de la agricultura y por ende de la ganadería.

Según la Fundación Gondwana para el desarrollo sostenible (FGDS) (2012) los árboles en la naturaleza forman parte del ecosistema que mayor importancia tiene debido a las innumerables funciones ecológicas que realizan, y que naturalmente aportan a la estabilidad del medio ambiente, sin embargo, y a pesar de todos los beneficios conocidos de la arborización, en las áreas agrícolas se han realizados talas masivas de árboles, con lamentables consecuencias entre ellas el menoscabo de la

productividad y la mecanización de grandes cantidades de tierra, dejando a un lado los beneficios que a la naturaleza dan y por tanto la estabilidad y productividad de los sistemas agrarios.

Además, esta Fundación agrega que una vez deforestadas grandes cantidades de áreas agrícolas, ahora se valoriza el uso de los árboles y arbustos, con los beneficios ecológicos que estos aportan entre los que se señalan la protección y fertilidad del suelo, un clima moderado, microclimas estables, plantas con crecimiento efectivo, ciclo del agua regular, incremento de la humedad, disminución de la evapotranspiración de los sustratos inferiores, y otros que favorecen definitivamente la agricultura y la ganadería.

## **2.2 LOS SISTEMAS AGROFORESTALES**

La definición de sistemas agroforestales a medida que ha evolucionado la naturaleza y el ecosistema, ha ido cambiando en el tiempo, y actualmente incluye aspectos relacionados con la combinación de las especies arbóreas de la familia de las leguminosas, con otras especies tanto animales como vegetales. Esta contextualización proviene de las primeras definiciones, formuladas entre 1977 y 1979, son atribuidas a varios autores, entre los que se encuentran Bane, Bael, Cote, Combe y Budowski (Pérez y Huerta, 2002).

Continuando con lo dicho por los mismos autores. Los sistemas agroforestales pueden ser conceptualizados como una serie de sistemas y tecnologías del uso de la tierra, en las que se combinan árboles con cultivos agrícolas y/o pastos, en función del tiempo y el espacio, para incrementar y optimizar la producción en forma sostenida. Los sistemas agroforestales pueden ser clasificados en grupos, dependiendo de los aspectos estructurales y funcionales: Sistemas agrosilviculturales, sistemas silvopastoriles y sistemas agrosilvopastoriles .

## 2.3 AGROFORESTERÍA

La agroforestería (AF) se puede definir como una estrategia antrópica inducida que convierte a los agroecosistemas en más sustentables. Los SSP forman parte de la agroforestería, y son agroecosistemas en los que se asocia deliberadamente un componente arbóreo con uno herbáceo (pasturas naturales o mejoradas) y otro pecuario (ganado) en un mismo sitio, de manera que existan interacciones biológicas entre ambos con el objetivo de maximizar el uso de la tierra (Russo, 2015).

## 2.4 SISTEMA SILVOPASTORIL

Los sistemas silvopastoriles (SSP) provienen de la mezcla de algunas especies vegetales (gramíneas, leguminosas, leñosas perennes y árboles) con la mezcla de la ganadería, que combinados benefician abundantemente al medio ambiente y a la producción agrícola y ganadera, tales como la reducción de insumos externos y apoya en la fijación del nitrógeno a nivel de suelo, que bien llevados y aplicados generan en el animal comodidad y confort, debido a que reducen el estrés calórico, y que directamente van a generar reducción en los ciclos productivos y mejora la calidad de la dieta de los animales (Sotelo *et al*, 2017).

La implementación de árboles en sistemas de producción tropical actúa de manera positiva cuando se trata de disminuir el estrés calórico, en la que se destaca la formación de microclimas en las áreas de pastoreo, que, sin duda, aportan ambientes adecuados generalmente dentro o cerca de la zona de termoneutralidad, y que ayudan a los animales a sentirse comfortable. Bajo la copa de los árboles se ha encontrado reducciones de temperatura entre 2 a 9° C con relación a la encontrada en áreas abiertas (Alexander, 2010).

Giraldo (1996) citado por Santana y Valencia (1998), describe el silvopastoreo como “un sistema biológico-abiológico en desarrollo dinámico y constante” p 5. Su evolución comprende diferentes etapas, destacándose especialmente por la evaluación de sus componentes, que de manera preponderante están en estructura y composición del suelo, así como también a “animales, árboles, pasto base, flora, fauna aérea y del

suelo, reciclaje de nutrientes, producción animal y sus derivados, factores abióticos, antrópicos, entre otros de carácter socio-económico” (Alonso, 2011.p.108).

## **2.5 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES**

Según el Ministerio de Agricultura de República Dominicana (2016) las estrategias silvopastoriles tienen muchas ventajas. Las ventajas sobrepasan por mucho las desventajas. A continuación, se presentan los beneficios más importantes de estos sistemas.

## **2.6 ALGARROBO**

El algarrobo (*Prosopis juliflora*) es un árbol bastante grande, que generalmente mide entre 5 a 6 metros de alturas, pero que, sin embargo, pueden llegar a medir hasta 10 metros de altura, su característica principal es que de dioico y de follaje perenne, con hojas paripinnadas de entre 10 y cm de largo, con flores pequeñas y sin pétalos, que terminan en un fruto llamado algarroba o garrofa, de sabor dulce y agradable, y cuyas semillas son comestibles y que además sirven como forraje (Vallejo *et at.*, 1994).

El Algarrobo es una especie que puede ser utilizada para mejorar dos aspectos fundamentales del funcionamiento del ecosistema que actúan limitando el crecimiento de las plantas: el ciclo de nutrientes, especialmente el nitrógeno y el ciclo hídrico esto favorece en un mejor rendimiento de biomasa forrajera la cual garantiza en épocas de sequía la disponibilidad de alimento verde y con una buena composición bromatológica (Botero, R; Botero, L. 1996).

Según Bernuy (2003) citado por González *et at.* (2017) afirma que los cultivos de tipo *Prosopis* ayudan al cuidado y reparación de los ecosistemas destruidos ya que estas pueden desarrollarse en zonas como esta y contribuir en la fijación de nitrógeno haciendo que esta sea una especie vital para las poblaciones que desarrollen la agricultura.

## **2.7 FACTORES QUE GENERAN ESTRÉS EN EL GANADO**

De manera natural los animales presentan una actitud de alerta y reaccionan ante cualquier estímulo novedoso que observan o escuchan; es un comportamiento innato que le permite sobrevivir en estado libre, en animales de producción los generadores de estrés pueden ser divididos en factores físicos, sociales y las prácticas relacionadas con el manejo (Odeón y Romera, 2017).

El estrés fruto de un mal manejo, puede ocasionar una disminución en el funcionamiento del sistema inmunológico de los animales de granja. Esto se debe a que el estrés inhabilita la actividad del sistema inmunitario por medio de la supresión activa de los glucocorticoides (cortisol). La eficiencia de la respuesta de los anticuerpos y de la inmunidad celular se puede afectar cuando se someten los animales a condiciones difíciles o estados de disconfort (Buestán, 2011).

### **2.7.1 ESTRÉS POR MANEJO**

Entre los factores más frecuentes tenemos, entrenamiento del personal, esquila, destete, transporte, cambios de potrero, arreos largos y apresurados, ordeño, vacunación (Odeón y Romera, 2017).

### **2.7.2 ESTRÉS CALÓRICO**

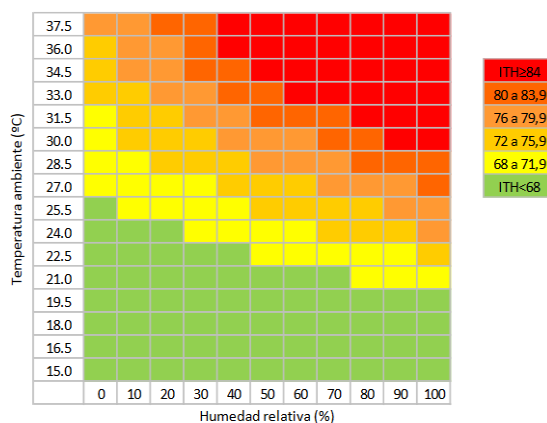
Factores ambientales tales como una mayor radiación solar, una temperatura por encima de la zona de confort térmico para el ganado, combinados con alta humedad relativa, generan un incremento de la carga calórica animal, que resulta en lo que conocemos como estrés calórico. La preocupación por este tema va en aumento, no solo por los productores debido a la disminución en la producción, sino también por los consumidores debido a las condiciones en que se maneja el ganado, con consecuencias como la rentabilidad de la actividad ganadera, principalmente porque afecta la ganancia de peso y los niveles de producción en el animal (Odeón y Romero, 2017).



Los bovinos son homeotermos es decir que posee la capacidad de mantener constante la temperatura corporal arbitrariamente de cuál sea la temperatura ambiental. Para ello cuenta con mecanismos fisiológicos que principalmente son el sistema cardíaco y respiratorio. Así, vemos que en días calurosos logra adaptarse si dispone de sombra y agua fresca; sin embargo, cuando ocurren olas de calor combinación de altas temperaturas y elevada humedad relativa la de regulación de temperatura afecta negativamente el desempeño productivo de las vacas en ordeño, ya sea disminuyendo la cantidad y/o la calidad de la leche (Muñoz *et al*, 2013).

El estrés calórico ha sido estudiado por muchos años, pero el parámetro más comúnmente usado es el Índice Temperatura/Humedad (ITH), que proviene de las mediciones meteorológicas y no de los cambios que ocurren en el organismo de la vaca (López *et al*, 2021). En los resultados del mismo autor, “demuestra que el THI es un parámetro confiable, si no para calcular el estrés fisiológico, sí para saber indirectamente el estrés que puede provocar el clima y tomar decisiones en las explotaciones de ganado lechero” (p.2).

De la misma manera, se reflejó en el estudio de Da Costa *et al*. (2015), en cuanto a la clasificación (ITH), donde valores iguales o inferiores a 70 se consideran normales y el animal se encuentra en confort térmico, entre 70 y 72 se considera en alerta, por encima de 72 a 78 está alerta y crítico para la producción de leche, por encima de 78 a 82 es el estado de peligro, y por encima de 82 el estado de emergencia.



**Figura 2.** Escala de ITH  
Fuente. Armstrong, DV. 1994



Figura 3. Niveles de afectación del ITH

## 2.8 MARCADORES FISIOLÓGICOS DEL ESTRÉS

El estrés es un indicador de la pérdida de bienestar animal y es definido como la acción de estímulos nerviosos y emocionales provocados por el ambiente sobre los sistemas nervioso, endocrino, circulatorio y digestivo de un animal, produciendo cambios medibles en los niveles funcionales de estos sistemas (Romero *et al*, 2011).

Ante el estrés los bovinos como en la mayoría de los mamíferos exhiben la respuesta del sistema simpático-adreno-medular (SAM), una vía de liberación de catecolaminas como adrenalina, noradrenalina y dopamina en menor medida, esta influencia recíproca interviene en “una amplia variedad de sistemas corporales, aumentando la actividad cardíaca, la presión arterial y la frecuencia respiratoria, así como disminuyendo la motilidad del tracto gastrointestinal” (Sierra, 2019, p. 102). Siendo estos cambios fisiológicos determinantes en la respuesta emergente de salida del animal a los factores estresantes a los que se encuentran inmerso.

En los resultados que reflejó el estudio de Da Costa *et at.* (2015) dice que, para estimar el estrés térmico, se utiliza la temperatura rectal y frecuencia respiratoria, que son los parámetros más adoptados para medir el confort y la adaptabilidad. En este contexto, la frecuencia cardíaca (FC) es un parámetro que puede ser influenciado por otros estresores además del estrés térmico, por ejemplo, el temperamento, que en el caso de las razas *Bos indicus* que son bastante nerviosa, interfiriendo directamente con FC aumentada en el momento de la aproximación para la medición.

Los cambios metabólicos y fisiológicos ante estados de estrés calórico están constituidos por acrecentamiento de la temperatura corporal, frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca, también se presenta sudoración, vasodilatación y alteración en el estatus ácido-básico en el animal. Estos cambios caracterizan la respuesta ante situaciones de estrés, Bajo la pérdida de eficiencia para perder calor, se activan mecanismos de respuesta. Se ha demostrado que el aumento de la frecuencia respiratoria es un mecanismo eficiente para perder calor en situaciones de estrés calórico (Barragán *et al*, 2015).

## **2.9 EL ESTRÉS OXIDATIVO COMO SITUACIÓN FINAL**

Todos los factores tomados en cuenta anteriormente desempeñan un papel en la liberación de radicales libres y provocan la generación de un estado de estrés oxidativo. Como lo afirma Salguero (2009), la producción de radicales libres causados de la alteración de las membranas celulares, es una secuela del aumento del consumo de oxígeno que induce estrés oxidativo, las células producen continuamente los radicales libres y la especie reactiva del oxígeno (ROS) como parte de procesos metabólicos. El aumento de ritmo físico puede producir un desequilibrio entre el ROS y los antioxidantes, que se refiere como tensión oxidativa

## CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

### 3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo de investigación se desarrolló en dos áreas de pastoreo de Unidad de Docencia, Investigación y Vinculación (UDIV) Pastos Forrajes de la ESPAM-MFL, en la ciudad de Calceta, cantón Bolívar provincia de Manabí ubicada en el kilómetro 2.5; sitio el Limón- Campus Politécnico.

**Tabla 2.** Condiciones climáticas Calceta.

PARÁMETRO	VALOR
Precipitación media anual (mm)	996
Temperatura media anual (°C)	26
Humedad relativa anual (%)	81,54
Heliofanía anual (horas/sol)	1024.6
Evaporación media anual (mm)	1323,7

*Fuente.* Estación Meteorológica de la ESPAM MFL (2022)

### 3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El estudio se realizó mediante diseño completamente al azar (DCA), con modelo lineal aditivo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_j$$

$Y_{ij}$  es la observación de la  $j$ -ésima u.e. del  $i$ -ésimo tratamiento,

$\mu$  es la media del  $i$ -ésimo tratamiento,

$T_j$  estimado del tratamiento

$e_{ij}$  es el error experimental de la unidad  $ij$

### **3.3 VARIABLES EN ESTUDIO**

#### **3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Densidad arbórea

#### **3.3.2 VARIABLES DEPENDIENTE**

Producción de biomasa

Índice temperatura-humedad

Temperatura rectal

Frecuencia cardíaca

Frecuencia respiratoria

### **3.4 TRATAMIENTOS**

La investigación se realizó con dos niveles distintos de arborización aplicadas a un sistema de pastoreo racional de los cuales una unidad contó en sus áreas de pastizales con una densidad de 25 árboles/ha (T1), otra con 30 árboles/ha (T2) y un área como tratamiento testigo sin arborizar (T0).

### **3.5 UNIDADES EXPERIMENTALES**

Se realizaron cinco repeticiones por los tres tratamientos contando una vaca como repetición, dando como total 15 unidades experimentales

### **3.6 ENFOQUE, MODALIDAD Y TIPO DE LA INVESTIGACIÓN**

**Enfoque:** Cuantitativa

**Modalidad:** Investigación formativa

**Tipo de investigación:** Para la presente investigación se utilizó la investigación descriptiva, bibliográfica y de campo que a continuación, se detallan:

**Investigación descriptiva:** La investigación se estableció en la información de modelar las áreas de pastoreo tomando en cuenta la densidad arbórea y los lineamientos del sistema de pastoreos racional flexible en las unidades de bovinos productores de leche, del grupo de Unidades de Docencia, Investigación y Vinculación “Pastos Forrajes” de la ESPAM-MFL.

**Investigación bibliográfica:** A partir de varios autores de libros, revistas y artículos científicos que reporten información pertinente al trabajo en desarrollo, también se solicitó apoyo técnico de los facilitadores e investigadores de la ESPAM MFL.

**Investigación de campo:** se desarrolló en la carrera de Medicina Veterinaria de la “ESPAM” MFL, unidades de bovinos productores de leche, del grupo de Unidades de Docencia, Investigación y Vinculación “Pastos Forrajes” de la ESPAM-MFL.

### 3.7 MÉTODOS

**Método Analítico:** A través de este método se realizó el análisis bibliográfico de las variables descomponiendo las dimensiones en elementos básicos referentes a los sistemas de pastoreo y la implementación de sistemas arbóreos en el trópico seco ecuatoriano.

**Métodos cuantitativos:** Con la data recolectada en el trabajo de campo se cuantificaron los marcadores fisiológicos del estrés calórico de las vacas y se procedió a calcular el índice temperatura/humedad en las áreas de pastoreo.

### 3.8 TÉCNICAS

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron las técnicas necesarias para la recopilación y análisis de datos a través de la observación y fichas de campo con la toma de ritmo cardiaco, frecuencia respiratoria y temperatura rectal en los animales objetos de estudio.

### **3.9 PROCEDIMIENTO**

La investigación se desarrolló en dos áreas de pastoreo de las unidades de bovinos productores de leche, del grupo de Unidad de Docencia, Investigación y Vinculación “Pastos Forrajes” de la ESPAM-MFL, aprovechando el nivel de arborización ya presentes en ellas y el predominio del pasto *Megathyrsus maximus* (Saboya).

Una unidad contó en sus áreas de pastizales con una densidad de 25 árboles/ha (T1), otra con 30 árboles/ha (T2) y un área como tratamiento testigo sin arborizar (T0), las que constituyeron los tratamientos experimentales. El pastoreo arborizado en ambas unidades se condujo aplicando los principios de manejo del pastoreo racional descrito por Ray (2015). Las densidades de árboles a evaluar se alcanzaron a partir de áreas ya establecidas fundamentalmente. Los principios de manejo del pastoreo racional a aplicar fueron los siguientes:

El pastoreo racional consistió en asignarle al rebaño una porción diaria de la franja de pasto, de tamaño variable según la disponibilidad del mismo, con lo que se rompe con el esquema de contar con cuarterones de tamaño fijo, que conlleva a mayores gastos de cercado y mantenimiento, además del aspecto de forzado en el consumo de la oferta de su interior. El diseño final del pastoreo para esta investigación se determinó en franjas, con mangas o pasillos interiores.

#### **3.9.1 ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE BIOMASA EN LAS ÁREAS DE PASTOREO**

El tamaño de la porción se fijó de acuerdo con la disponibilidad de pasto por medio de aforo de potrero, para que la oferta de biomasa permita al rebaño un consumo estimado de MS de 3% del peso vivo promedio, con un 80% de aprovechamiento estimado del pastizal, en la práctica se estimó una sola porción para el total del rebaño, la cual pudo ser corregida durante el día para favorecer la calidad del estrato de pasto consumo y cumplir con el principio de manejo flexible (cuidar al pasto y al animal).

Se usó cercado eléctrico combinada, con un solo hilo, el cual fue fijo para la definición de las franjas, y móvil para su interior, siendo este último colocado y mantenido únicamente en el momento de delimitar la porción a usar, además, se realizó un aforo de potrero por el método de doble muestreo por rango visual en base a las diferentes alturas de crecimiento del pasto (alto, medio y bajo) con 5 submuestras por cada nivel de crecimiento, se pesó cada submuestra que representa a cada nivel de altura con una balanza, se realizó un promedio aritmético en Kg/m<sup>2</sup> y se lo multiplicó por las hectáreas en Kg/Ha.

El método estadístico usado para determinar resultados de los tratamientos fueron medidas de tendencia central.

### **3.9.2 CÁLCULO DEL ÍNDICE TEMPERATURA/HUMEDAD EN RELACIÓN CON LA DENSIDAD ARBÓREA EN LAS ZONAS DE PASTOREO**

Para la medición se utilizaron dos Termohigrómetro, las medidas de temperatura ambiental (TA) en grados centígrados (°C) y humedad relativa (HR) en valor porcentual (%), las tomas de muestra se realizaron a las 12:00 pm hora de mayor radiación solar durante los 40 días de la investigación. Para comparar las áreas de pastoreo (SOL) sin acceso a sombra y (SOM) con acceso sombra. Para determinar el índice de temperatura y humedad relativa del ambiente (ITH) se utilizó la fórmula propuesta por García *et al.* (2007)

$$ITH=0,81*TA + (TA -14,4)* HR/100 + 46,4$$

El análisis estadístico usado para esta muestra es el t-student al ser un tratamiento de dos variables

### **3.9.3 VALORACIÓN DE LA RESPUESTA DE LOS INDICADORES FISIOLÓGICOS AL ESTRÉS CALÓRICO**

Se realizó el control de la triada fisiológica de manera diaria a las 12:00 del día, los 40



días de la investigación, con la toma de temperatura rectal (TR) en grados centígrados (°C) mediante termómetro rectal, la frecuencia cardíaca (FC) en latidos por minuto y frecuencia respiratoria (FR) en respiraciones por minuto, mediante toma directa usando fonendoscopio y cronómetro, las tomas de muestras se realizaron en campo con sujeción física, en forma de lazo

### **3.10 ANÁLISIS DE DATOS**

Se empleó la herramienta estadística infostat en su versión 2020

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE BIOMASA EN LAS ÁREAS DE PASTOREO CON RESPECTO A LA DENSIDAD ARBÓREA

Las estimaciones del promedio aritmético podemos ver que el tratamiento 2 posee una mayor disponibilidad de biomasa. el aumento de la disponibilidad se puede atribuir a las bondades que brindan los árboles de algarrobo como la fijación de nitrógeno y la captación de agua del subsuelo

**Tabla 3.** Producción de biomasa en potreros con distinta cantidad de arborización

	Kg/M2	T/Ha	Mediana	Moda
T0	0,30 kg/m2	3,00 t/ha	0,30 kg/m2	0,29 Kg/m2
T1	0,374 kg/m2	3,78 t/ha	0,38 Kg/m2	0,38 Kg/m2
T2	0,382 kg/m2	3,83 t/ha	0,38 Kg/m2	0,39 Kg/m2

Según Cedeño *et al* en el 2014, los cambios en la composición botánica del pastizal por efectos del grado de arborización, registró un predominio significativo ( $P < 0,05$ ) del tratamiento con mayor grado de árboles/ha y aumento del pasto saboya (*Megathyrsus maximum*), que se informa como una especie adaptada a situaciones de sombreado intermedio natural como las que aporta el *P. juliflora*. Lo cual concuerda con los datos obtenidos la investigación

Así mismo Gálvez *et al*, en el 2019 concluye que el contenido de materia orgánica fue mayor en el sistema silvopastoril que en el sistema de ganadería convencional. Concordando con lo visto en la investigación.

## 4.2 CALCULO EL ÍNDICE TEMPERATURA/HUMEDAD EN RELACIÓN CON LA DENSIDAD ARBÓREA EN LAS ZONAS DE PASTOREO.

En el ITH se demuestra una disminución altamente significativa en comparación de las áreas de pastoreo (SOL) sin acceso a sombra y (SOM) con acceso sombra.

**Tabla 4.** Índice temperatura humedad en áreas con y sin acceso a sombra

GRUPOS	ITH
Pastoreo sin acceso a sombras (SOL)	79.68
Pastoreo con acceso a sombras (SOM)	75.84
P-valor	<0,0001

Teniendo concordancia con los resultado expuestos por Vargas et al en el 2016 que las diferencias son ( $P \leq 0.05$ ) entre el tratamiento de sistema de Pastoreo Rotacional Intensivo mostró mayor ITH, que el tratamiento Sistema Silvopastoril

En la diferencia del ITH se puede notar que las áreas que no poseen sombra, existe un notable peligro de daño severo por estrés calórico, mientras las áreas con presencia de sombra se acercan más a un área de confort.

Como los datos obtenidos por Hernández et al en el 2019, en su trabajo se obtuvo una reducción de ITH de 2,1 puntos al comparar a las 13:00 h el sistema silvopastoril con la pradera sin árboles.

### 4.3 VALORACIÓN DE LA RESPUESTA DE LOS INDICADORES FISIOLÓGICOS AL ESTRÉS CALÓRICO, COMO INFLUENCIA DE LA ARBORIZACIÓN EN SISTEMAS DE PASTOREOS RACIONAL FLEXIBLE

#### 4.3.1 FRECUENCIA RESPIRATORIA

Los resultados del anova de la frecuencia respiratoria de los bovinos reflejo un p-valor de  $<0,0001$  lo que expresa que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos

**Tabla 5.** Frecuencia respiratoria en vacas, por influencia de arborización en sistema de pastoreo racional flexible

<i>Tratamiento</i>	Respiración por minuto
T0	25,03 B
T1	14,80 A
T2	15,00 A
P-VALOR	$<0,0001$

Los datos que se obtuvo en la investigación están en concordancia con el trabajo realizado por Barragán, *et al* en 2015 en el cual de midió los cambios fisiológicos del Estrés Calórico en Vacas Bajo Silvopastoreo y Pradera sin Árboles, la variable FRM registraron efecto ( $p<0.05$ ) del tratamiento, se mostró un efecto positivo del sombrío proveniente de árboles en el sistema sobre las variables fisiológicas.

De la misma forma en el trabajo realizado por Ghiano *et al.* (2016) demuestra que la frecuencia respiratoria se encontraron diferencias significativas. Una interacción entre tratamiento y fecha se detectó en frecuencia respiratoria ( $p<0,05$ ).

Así mismo con lo presentado por Peña *et al.* (2021), refleja que existe un aumento de la frecuencia respiratoria en las vacas que, no poseen acceso a sombra en áreas de

pastoreo, respecto las que, sí poseen acceso a sombra, esto debido la diferencia del índice temperatura humedad (ITH) de ambas áreas de pastoreo.

### 4.3.2 FRECUENCIA CARDIACA

Los resultados del anova en la frecuencia cardiaca reflejó un valor de ( $p < 0,0001$ ) lo que indica la existencia de una diferencia altamente significativa en los tratamientos.

**Tabla 6.** Frecuencia cardiaca en vacas, por influencia de arborización en sistema de pastoreo racional flexible

Tratamiento	Latidos por minuto
T0	60,93 B
T1	43,50 A
T2	44,38 A
P-VALOR	<0,0001

Estos resultados indican que, la manipulación física en las tomas de muestra no fue un factor de estrés con lo dicho por Da Costa *et al* (2015) quienes explican que la frecuencia cardíaca (FC) es un parámetro que puede ser influenciado por otros estresores además del estrés térmico, por ejemplo, el temperamento, que en el caso de las razas Bos Indicus que son bastante nerviosa, interfiriendo directamente con FC aumentada en el momento de la aproximación para la medición.

### 4.3.3. TEMPERATURA RECTAL

Los resultados del anova en la temperatura rectal expresada en grados centígrados reflejo un valor de ( $p < 0,0001$ ) lo cual indica que existe diferencia altamente significativa en los tratamientos

**Tabla 7.** Temperatura rectal en vacas, por influencia de arborización en sistema de pastoreo racional flexible

Tratamiento	Grados centígrados
T0	38,70 B
T1	37,99 A
T2	38,01 A
P-VALOR	<0,0001

El resultado concuerda con la investigación realizada por Gihano *et al* (2016) en la cual se compararon dos grupos de vacas, uno si refrescado de la zona de estabuladoy otras que recibieron refrescado (sistema de ventilación y mojado), obteniendo como resultado que las vacas refrescadas tuvieron un incremento 39.2% entre las medias de temperatura rectal ambos tratamientos, Esto demuestra que mejora su confort impactando positivamente en su bienestar.

Igualmente, con lo presentado por Betancourt *et al* en 2003 que evaluó el efecto de la sombra sobre el comportamiento animal, demostrando que la temperatura rectal de las vacas fue afectada significativamente ( $P < 0,05$ ) por el nivel de cobertura arbórea.

Con los datos obtenidos se puede afirmar que la combinación de niveles adecuados de arborización con elementos pastoreo racional, mejora la respuesta de los marcadores fisiológicos del estrés calórico del ganado mestizo del trópico seco ecuatoriano, mejorando el bienestar y confort de los animales.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

La densidad arbórea en las áreas de pastoreo, incremento disponibilidad de biomasa en los tratamientos con arborización, el mejor resultado de la biomasa fue el (T2) con 30 árboles/Ha logró 0,382 kg/m<sup>2</sup>, lo cual demuestra la fundamental ayuda de los árboles en la ganadería

En las áreas con presencia arbórea se presentan una mejora en el ITH, que permite un mejor ambiente para los animales

La reducción del ITH en las áreas de pastoreo con arborización, mejora los marcadores fisiológicos del estrés calórico, siendo una mejora en el comportamiento de la fisiología del animal lo que mejora el bienestar animal

### **RECOMENDACIONES**

En base a los resultados se sugiere implementar sistemas silvopastoril con densidades arbóreas altas para la mejora de la producción de biomasa en los pastizales

Se propone igualmente el uso de árboles en las áreas de pastoreo para la disminución del ITH, lo cual mejora el confort del animal al momento del pastoreo

Se sugiere analizar los beneficios que aportarían otros árboles a un sistema híbrido silvopastoril-racional o cambiar las densidades arbóreas para ver sus efectos

## BIBLIOGRAFÍA

- Álava, M., y Muñoz, J. (2020). Perfeccionamiento de sistemas de pastoreo vacuno en el trópico seco ecuatoriano. Programa semillero de investigadores ESPAM MFL.
- Alexander, N. (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. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-93542010000100010&lng=en&lng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-93542010000100010&lng=en&lng=es).
- Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2), 107-115. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193022245001.pdf>
- Armstrong, D. (1994). Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of dairy science*, 77(7), 2044-2050.
- Barragán, W, Mahecha, L. y Cajas, Y. (2015). Variables Fisiológicas-Metabólicas de Estrés Calórico en Vacas Bajo Silvopastoreo y Pradera sin Árboles. *Agronomía Mesoamericana*, 26(2), 211-223. <https://dx.doi.org/10.15517/am.v26i2.19277>
- Barragán, Wilson, Mahecha, Liliana y Cajas Yasmin. (2015). Variables Fisiológicas-Metabólicas de Estrés Calórico en Vacas Bajo Silvopastoreo y Pradera sin Árboles. *Agronomía Mesoamericana*, 26(2), 211-223. <https://dx.doi.org/10.15517/am.v26i2.19277>
- Betancourt, K., Ibrahim, M., Harvey, C. A., y Vargas, B. (2003). Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Revista Agroforestería en las Américas*, 10(39-40) 47-50. (PDF) Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua (researchgate.net)
- Botero, R; Botero, L. (1996). Manejo de praderas y cobertura arbóreas con ganado de doble propósito. ed 2. Panamericana. Medellín, COL.
- Buestán. Pedro (2011) fisiología del estrés y sus efectos sobre la reproducción de la hembra bovina, monografía de grado previa a la obtención del título de médico veterinario zootecnista, universidad de Cuenca, recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/3044/1/mv182.pdf>
- Cedeño, A, Cedeño, J, del Toro Ramírez, A., Quinteros, F., Rodríguez, L., & Senra, S. (2014). Influencia de *Prosopis juliflora*: en composición botánica del pastizal, producción de leche y conducta de vacas mestizas en pastoreo. *Revista de Producción Animal*, 26(1).



- Da Costa, A. N. L., Feitosa, J. V., Montezuma, P. A., de Souza, P. T., y de Araújo, A. A. (2015). Rectal temperatures, respiratory rates, production, and reproduction performances of crossbred Girolando cows under heat stress in northeastern Brazil. *International Journal of Biometeorology*, 59(11), 1647–1653. doi:10.1007/s00484-015-0971-4
- Empresa de Distribución Eléctrica Noreste de Panamá. 2017. Guía de arborización en áreas cercanas a líneas eléctricas. Formato PDF. [https://www.ensa.com.pa/sites/default/files/guia\\_de\\_arborizacion\\_final\\_pdf\\_0.pdf](https://www.ensa.com.pa/sites/default/files/guia_de_arborizacion_final_pdf_0.pdf)
- Fundación Gondwana para el desarrollo sostenible. 2012. Principales especies y características para la arborización de las zonas agrarias. Formato PDF. <https://miradaverde.files.wordpress.com/2012/10/funcion-de-arboles-bosques.pdf>
- Gálvez Cerón, A.,L., & Apráez Guerrero, J.,E., & Apráez Muñoz, J.,J., & Ruales España, F. R. (2019). IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL EN EL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO COLOMBIANO. *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 11(2), 129-142.. ISSN: 1692-9454. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/513/5132514008/>
- García, F., Pezo, D., y Ibrahim, M. (14 de 9 de 2018). El uso de la sombra de árboles para atenuar el efecto del estrés calórico en el ganado. *Engormix*: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/uso-sombra-arboles-%20%20%20%20atenuar-t42646.htm>
- Ghiano, J. E. J., Leva, P. E., Walter, E. G., Taverna, M. A., Toffoli, G. D., y García, M. S. (2016). Mitigación del estrés calórico en vacas lecheras en un clima subhúmedo. *Revista FAVE*. 15(1), 1.10. <https://doi.org/10.14409/fa.v15i1.5872>
- Gonzales, M. Hormazbal, M. Salina, A. (2017). Efectos de técnicas de establecimiento sobre el desarrollo inicial de plantaciones de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz) en la zona central de Chile. *Ciencias e investigación forestal*. 23(3), 43-56. <https://revista.infor.cl/index.php/infor/article/view/485/492>
- Hernández, W. A. B., Cruz, J. B., López, A. Z., Espitia, P. A., & Cardozo, J. (2019). Estrés calórico y conteo de dípteros hematófagos en sistemas silvopastoriles de estratos múltiples. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 751-765.
- Iraira, S., y Bravo, R. (2019). Determinación de estrés calórico en el sector lechero. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. 415, 63 -70. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6836/NR41962.pdf?sequence=12&isAllowed=y>

- Kássio, J., Benítez, V., Santa Cruz, R., Posse, J., Santiago, R. Hernández J. Mantero, C. Morales, V. David, E. Viñoles, C (2018). Oportunidades y desafíos para los sistemas silvopastoriles en Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)*. 54 (209) 26-41 <http://dx.doi.org/10.29155/vet.54.209.4>
- López, E. Albarrán, F. Ramírez, J. Bañuelos, B. y Cruz, A. (2021). Índice de Temperatura y Humedad (THI) respaldado por el cortisol capilar en ganado lechero para la medición de estrés calórico crónico. *Nova scientia*, 13(27), 1-15. <https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.2811>
- Mariños, Luciana. (2019). Efecto del estrés calórico en la producción de vacunos de leche, raza Holstein en el establo "Santa Cecilia" Huanchaco, [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo] Repositorio <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13463/Mari%C3%B1os%20Cusquisiban,%20Luciana.pdf>
- Milera, M. Machado, R. Alonso, O. Hernández, M. y Sánchez, S. (2019). Pastoreo racional intensivo como alternativa para una ganadería baja en emisiones. *Pastos y Forrajes*, 42(1), 3-12. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S0864-03942019000100003yIng=esytlng=p](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttextpid=S0864-03942019000100003yIng=esytlng=p).
- Ministerio de Agricultura de República Dominicana. (2016). Establecimiento y uso de en República Dominicana Sistemas Silvopastoriles. Santo Domingo, República Dominicana. <http://repositorio.iica.int/handle/11324/3018>
- Muñoz, G., Rondelli, F., Maiztegui, L., Gherardi, S., Tolini, F., Fernández, G.,.....y Celoria, F. (2013). Efectos de la ola de calor sobre la vaca Holando Argentino en el Módulo Tambo de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNR. *Agromensajes*, 36, 8-12. Recurado de [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_leche/produccion\\_bovina\\_leche/221-efecto\\_calor.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/221-efecto_calor.pdf)
- Odeón, M. Romero. A (2017). Estrés en ganado: causas y consecuencias. *Revista Veterinaria*. 28 (1), 69-77. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/view/1556/1327>
- Odeón, M.M., y Romera, S.A.. (2017). Estrés en ganado: causas y consecuencias. *Revista veterinaria*, 28(1), 69-77. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S1669-68402017000100014yIng=esytlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttextpid=S1669-68402017000100014yIng=esytlng=es).
- Ojeda, A. y Domínguez, O. (2020). Pastoreo Racional Voisin, ruta agroecológica sustentable en suelos ácidos-arenosos de baja fertilidad natural. *Centro Agrícola*, 47(2), 41-53.

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S0253-57852020000200041yIng=esytlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttextpid=S0253-57852020000200041yIng=esytlng=pt).

- Peña, R., Fariña, S., Pla, M., y La Manna, A. (2021). Efecto del estrés calórico en Vacas Holstein bajo un sistema de ordeño pastoril voluntario (Robot): 2 Comportamiento Animal. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal (ISSN-L 1022-1301), 29(Supl 1), 67-68 <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/16202/1/2950-Article-Text-10068-5-10-20211213-09.pdf>
- Pérez, J., y Huerta, I. (2002). Agroforestería y ética ambiental en la gerencia de sistemas de producción. Revista Venezolana de Gerencia, 64-74. <https://www.redalyc.org/pdf/290/29071705.pdf>
- Ray, J. V. (2015). Sistema de pastoreo racional para la producción de leche con bajos insumos en suelo Vertisol I. Ph.D. Editorial Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov. La Habana, Cuba. ISBN: 978-959-7189-25
- Roca, J. A. (2021). Prosopis juliflora (Sw.) DC.: efecto en indicadores del pastizal y el comportamiento de vacas lecheras en pastoreo en Carrizal-Chone, Ecuador. Editorial Académica Española. ISBN-10: 6203872377
- Romero Peñuela, Marlyn Hellen, Uribe-Velásquez, Luis Fernando, y Sánchez Valencia, Jorge Alberto. (2011). biomarcadores de estrés como indicadores de bienestar animal en ganado de carne: 10(1), 71-87. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S1657-95502011000100007yIng=enytlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttextpid=S1657-95502011000100007yIng=enytlng=es).
- Russo, R. O. (2015). Reflexiones sobre los sistemas silvopastoriles. Pastos y Forrajes, 38(2), 131-168., [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S0864-03942015000200001yIng=esytlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttextpid=S0864-03942015000200001yIng=esytlng=es).
- Salguero, (2009) Los radicales libres en la actividad física y en el deporte, Revista Digital el deporte N° 139 <https://www.efdeportes.com/efd139/los-radicales-libres-en-la-actividad-fisica.htm>
- Saravia, C. (2009). Efecto del estrés calórico sobre las respuestas fisiológicas y productivas de vacas holando y jersey. [Tesis de Magister de la Universidad de la República de Uruguay]. Facultad de agronomía de Uruguay. Obtenido de <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1791/1/0026sar.pdf>
- Sierra, C.A.. (2019). Indicadores de bienestar en bovinos del trópico: una visión desde el estrés y el eje hipotalámico-pituitario-adrenal. Revista veterinaria, 30(2), 101-114. <https://dx.doi.org/10.30972/vet.3024143>

- Sotelo, M., Suarez, J., Alvarez, F., Castro, A., Calderon, V., y Jacobo, A. (2017). Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazónico. Editorial CIAT. ISBN: 978-958-694-171-6. <https://ccafs.cgiar.org/es/resources/publications/sistemas-sostenibles-de-produccion-ganadera-en-el-contexto-amazonico>
- Vallejo, M; Oveido, F. (1994). Características botánicas, usos y distribución de los principales árboles y arbustos con potencial forrajero de América Central. Centro tropical. Costa Rica. Compilación de Benavidez, Editorial CATIE. ISBN 1 9977-57-182 Vol 2. p 23-34. <https://smallruminants.ces.ncsu.edu/wp-content/uploads/2017/07/Arboles-y-Arbustos-Forrajeros-en-America-Central.pdf?pwd=no>
- Voisin A. 1994. Productividad de la hierba. Hemisferio Sur, Buenos Aires. XXXIII. 515p.

## ANEXOS



**ANEXO 1 ÁREA DE PASTOREO 1 (T1)**



**ANEXO 2 ÁREA DE PASTOREO 1 (T2)**





**ANEXO 3 ÁREA DE PASTOREO 1 (T0)**



**ANEXO 4 MAYOR TEMPERATURA REGISTRADA**



**ANEXO 5 TOMA DE FRECUENCIA RESPIRATORIA**



**ANEXO 6 TOMA DE TEMPERATURA RECTAL**