

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 1 de 77</b>

Código de la dependencia.

**FECHA** | jueves, 28 de febrero de 2019

Señores

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**

BIBLIOTECA

Ciudad

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Sede Fusagasugá
------------------------	-----------------

<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Trabajo De Grado
--------------------------	------------------

<b>FACULTAD</b>	Ciencias Agropecuarias
-----------------	------------------------

<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
---	----------

<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Zootecnia
---------------------------	-----------

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Rodriguez Silva	Julieth Katherine	1012414706 Bogotá
Regino Arroyo	Luis Fernando	1038480709 Nechí

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 2 de 77</b>

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Abril Herrera	Diego Andres

<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>
INDICADORES FISIOLÓGICOS Y MEDIOAMBIENTALES COMO PREDICTORES DEL ESTRÉS TÉRMICO EN EL GANADO BALNCO OREJINEGRO (BON) DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA.

<b>SUBTÍTULO</b> (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

<b>TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:</b> Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Zootecnista

<b>AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO</b>	<b>NÚMERO DE PÁGINAS</b>
25/02/2019	67

<b>DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS</b> (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
<b>ESPAÑOL</b>	<b>INGLÉS</b>
1. Bienestar Animal	Animal welfare
2. ITH	ITH
3. Clima	Weather
4. Frecuencias	frequency
5. Estrés térmico	Thermal stress
6. BON	BON

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 3 de 77</b>

## RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

### RESUMEN

Una de las razas criollas colombianas más importante es el Blanco Orejinegro (BON), considerados como animales de doble utilidad y con fenotipo *sui generis*. En condiciones de pastoreo convencional, los bovinos, en general, deben soportar ciertas ocasiones en las que pueden experimentar estrés térmico por cambios en la temperatura ambiente, que incluso puede traer consigo modificaciones fisiológicas. La siguiente investigación presenta los resultados obtenidos para evaluar la respuesta al estrés térmico en el hato blanco Orejinegro (BON) del Centro de Estudios Agroambientales “La Esperanza” de la Universidad de Cundinamarca, ubicada en la vereda Guavio bajo del Municipio de Fusagasugá - Colombia. Se analizó, además, el comportamiento de indicadores del clima; temperatura ambiente (TA, °C) y humedad relativa (HR, %) en la región de estudio, durante 11 semanas. Se consideraron como respuestas fisiológicas al estrés la temperatura rectal (TR, °C) y la frecuencia respiratoria (FR) (rpm). El clima de la región mostró una gran estabilidad en el tiempo de estudio, con un índice de temperatura y humedad (ITH) adecuado para la población <75 entre las lecturas matutina y vespertina. Los cambios entre las variables de respuesta al estrés por calor de la FR de las vacas permitieron, por medio del análisis tipo ACP, establecer un único grupo de respuesta al estrés por calor; 100% sin estrés, (FR <36 rpm). Por otro lado, se midió temperatura corporal (TC, °C) para comparar si es la misma TR°C, por medio de Student's t-Test existen diferencias significativas ( $P < 2.2 \times 10^{-16}$ ), donde la TR promedio es mayor que la TC por 4.68°C.

### SUMMARY

One of the most important Colombian creole breeds is the Blanco Orejinegro (BON), it is a double-use animal and it is the most *sui generis* phenotype creole. Bovine animals must sometimes withstand thermal stress, due to oscillations in temperatures, where animals in these unfavorable periods generate physiological change. The following research presents the results obtained to evaluate the response to thermal stress in the Blanco Orejinegro (BON) of La Esperanza farm of the University of Cundinamarca, located in the village of Guavio Bajo. The behavior of climate indicators was also analyzed; ambient temperature (TA, °C) and relative humidity (RH,%) in the study region, during 11 weeks. They were considered as physiological responses to stress, rectal temperature (TR, °C) and respiratory rate (FR) (rpm). The climate of the region showed great stability in the study time, with an index of temperature and humidity (ITH) suitable for the population <75 between the morning and evening readings. The changes between the heat stress response variables of the FR of the cows allowed, through the ACP type analysis, to establish a single heat stress response group; 100% without stress, (FR <36 rpm). On the other hand, body temperature was measured (TC, °C) to compare if it is the same TR °C, through Student's t-Test there are significant differences ( $P < 2.2 \times 10^{-16}$ ), where the average TR is greater than the TC by 4.68 °C.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 4 de 77</b>

### AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:  
Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 5 de 77</b>

consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

**SI \_\_ NO \_X\_.**

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 6 de 77</b>

### LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 7 de 77</b>

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).



Nombre completo del Archivo incluida su Extensión (Ej. Perez.Juan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. INFORMACIÓN PARA EL LECTOR TÉRMINO BON	TEXTO
2	
3	
4	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
Régino Arroyo Luis Fernando	Luis Régino
Rodríguez Silva Julieth Katherine	Julieth Rodríguez

Código Serie Documental (Ver Tabla de Retención Documental).

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 9 de 77</b>



**INDICADORES FISIOLÓGICOS Y MEDIOAMBIENTALES COMO PREDICTORES DEL ESTRÉS TÉRMICO EN EL GANADO BLANCO OREJINEGRO (BON) DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA.**

**LUIS FERNANDO REGINO ARROYO.**

**Cód. 150214155**

**JULIETH KATHERINE RODRIGUEZ SILVA.**

**Cód. 150214166**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA ZOOTECNIA  
FUSAGASUGA, CUNDINAMARCA**

**2019**

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 10 de 77</b>



**INDICADORES FISIOLÓGICOS Y MEDIOAMBIENTALES COMO  
PREDICTORES DEL ESTRÉS TÉRMICO EN EL GANADO BLANCO  
OREJINEGRO (BON) DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA.**

Proyecto de grado opción  
investigación, como requisito para  
optar el título de zootecnista.

**LUIS FERNANDO REGINO ARROYO.**

**Cód. 150214155**

**JULIETH KATHERINE RODRÍGUEZ SILVA.**

**Cód. 150214166**

**Director**

**Diego Andrés Abril Herrera**

**Zootecnista, Esp., M.Sc (e)**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ZOOTECNIA  
FUSAGASUGA, CUNDINAMARCA**

**2019**

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 11 de 77</b>

## AGRADECIMIENTOS

En nuestra experiencia universitaria y en el desarrollo de nuestro trabajo de grado ha habido personas que merecen las gracias, porque sin su aporte y colaboración, este proyecto de investigación no hubiese podido llevarse a feliz término, por ello es para nosotros un verdadero placer utilizar este espacio para ser consecuentes con ellos, expresándoles todo nuestro agradecimiento.

Nuestra gratitud de todo corazón a nuestro director de trabajo de grado Diego Andrés Abril por aceptarnos su participación de llevar a cabo dicha investigación, con entrega y dedicación absoluta. No cabe la menor duda que su participación a enriquecido el trabajo realizado y que sin él no hubiese sido igual.

Debemos agradecer de manera especial al zootecnista Jhoan Mauricio Escobar Díaz, la ingeniera Claudia Patricia Galeano Parra y a todos los operarios de la granja La Esperanza de la Universidad de Cundinamarca por su disponibilidad y paciencia, el cual, hicieron posible la ejecución de la parte metodológica de la investigación e hicieron amena nuestra estadía.

En general queremos agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido con nosotros la realización de este trabajo de grado, que han estado siempre a nuestro lado impulsándonos y dándonos ánimos. A Gabriel Rico (Gaby), Sebastián Palacio (mostro), Harold Torres (Pupilo Haritol), Javier Rodríguez (repetido), Diego Zasa, Jhojan Hoyos (gordo lay), Daniel Baquero y a demás amigos que no cabe la menor duda que su participación a enriquecido el trabajo realizado y que sin ellos no hubiese sido igual.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 12 de 77

## DEDICATORIA

*Rodríguez Julieth Katherine*

*A Dios*

*Gracias por llenarme de sabiduría y paciencia para culminar de la mejor manera las metas que he logrado y por sobre todo gracias por darme la fortuna de vivir la pasión que siento por mi carrera.*

*A mis padres*

*Victor Rodríguez y Marlene Silva, por darme la vida y ser los mejores padres y ejemplo a seguir. Soy muy afortunada de ser parte de este hogar tan bonito que ustedes han formado, un hogar compacto, unido, envidiable. A ustedes les dedico cada meta lograda en mi vida, porque sin ustedes no habría podido, gracias por ese apoyo y confianza que me brindan en mi diario vivir.*

*A mi hermana*

*Le dedico este gran paso y quiero que sea un pequeño ejemplo a seguir, sé que ella tiene la capacidad y con mi ayuda a dar grandes pasos en su vida.*

*A mi familia*

*Silva Bonilla y Rodríguez Linares por confiar y creer en mis capacidades, por su aliento y apoyo incondicional.*

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 13 de 77</b>

*Regino Luis Fernando*

*A Dios.*

*Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.*

*A mi padre Julio Regino*

*Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante, por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida.*

*A mi madre Eliana Arroyo*

*Por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaste*

*A mis hermanos Liseth y Julio David*

*Por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.*

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 14 de 77</b>

## RESUMEN

Los bovinos Criollos en América Latina y el Caribe se encuentran distribuidos en diferentes regiones y países, sosteniendo sistemas de producción tanto para leche como para carne. Una de las razas criollas colombianas más importante es el Blanco Orejinegro (BON), considerados como animales de doble utilidad y con fenotipo *sui generis*. En condiciones de pastoreo convencional, los bovinos, en general, deben soportar ciertas ocasiones en las que pueden experimentar estrés térmico por cambios en la temperatura ambiente, que incluso puede traer consigo modificaciones fisiológicas. Los factores físico-ambientales que afectan al ganado fueron definidos por Hahn y col (2003) y corresponden a una compleja interacción de la temperatura del aire, humedad relativa, radiación, velocidad del viento, precipitación, presión atmosférica, luz ultravioleta y polvo (Arias, *et al.* 2008). La siguiente investigación presenta los resultados obtenidos para evaluar la respuesta al estrés térmico en el hatillo blanco Orejinegro (BON) del Centro de Estudios Agroambientales “La Esperanza” de la Universidad de Cundinamarca, ubicada en la vereda Guavio bajo del Municipio de Fusagasugá - Colombia. Se analizó, además, el comportamiento de indicadores del clima; temperatura ambiente (TA, °C) y humedad relativa (HR, %) en la región de estudio, durante 11 semanas. Se consideraron como respuestas fisiológicas al estrés la temperatura rectal (TR, °C) y la frecuencia respiratoria (FR) (rpm). El clima de la región mostró una gran estabilidad en el tiempo de estudio, con un índice de temperatura y humedad (ITH) adecuado para la población <75 entre las lecturas matutina y vespertina. Los cambios entre las variables de respuesta al estrés por calor de la FR de las vacas permitieron, por medio del análisis tipo ACP, establecer un único grupo de respuesta al estrés por calor; 100% sin estrés, (FR <36 rpm). Por otro lado, se midió temperatura corporal (TC, °C) para comparar si es la misma TR°C, por medio de Student’s t-Test existen diferencias significativas ( $P < 2.2 \times 10^{-16}$ ), donde la TR promedio es mayor que la TC por 4.68°C. Estos datos demuestran que las vacas criollas BON de la granja son un grupo homogéneo ante el estrés por calor, y permiten establecer criterios para futuros programas de selección de esta raza.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 15 de 77</b>

## SUMMARY

Creole bovines in Latin America and the Caribbean are distributed in different regions and countries, supporting production systems for both milk and meat. One of the most important Colombian creole breeds is the Blanco Orejinegro (BON), it is a double-use animal and it is the most sui generis phenotype creole. Bovine animals must sometimes withstand thermal stress, due to oscillations in temperatures, where animals in these unfavorable periods generate physiological changes. The physical-environmental factors affecting livestock were defined by Hahn and Col (2003) and correspond to a complex interaction of air temperature, relative humidity, radiation, wind speed, precipitation, atmospheric pressure, ultraviolet light and dust (Arias , et al., 2008). The following research presents the results obtained to evaluate the response to thermal stress in the Blanco Orejinegro (BON) of La Esperanza farm of the University of Cundinamarca, located in the village of Guavio Bajo. The behavior of climate indicators was also analyzed; ambient temperature (TA, °C) and relative humidity (RH,%) in the study region, during 11 weeks. They were considered as physiological responses to stress, rectal temperature (TR, °C) and respiratory rate (FR) (rpm). The climate of the region showed great stability in the study time, with an index of temperature and humidity (ITH) suitable for the population <75 between the morning and evening readings. The changes between the heat stress response variables of the FR of the cows allowed, through the ACP type analysis, to establish a single heat stress response group; 100% without stress, (FR <36 rpm). On the other hand, body temperature was measured (TC, ° C) to compare if it is the same TR ° C, through Student's t-Test there are significant differences (P <2.2 e-16), where the average TR is greater than the TC by 4.68 ° C. These data show that the BON Creole cows of the farm are a homogenous group in the face of heat stress, and allow to establish criteria for future selection programs of this breed.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 16 de 77</b>

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	14
<b>SUMMARY</b> .....	15
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	21
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	23
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	24
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	25
<b>4.1 Objetivo General</b> .....	25
<b>4.2 Objetivos Específicos</b> .....	25
<b>5. MARCO TEÓRICO</b> .....	26
<b>5.1 Bienestar animal</b> .....	26
<b>5.2 Razas criollas</b> .....	28
<b>5.3 Ganado Blanco Orejinegro (BON)</b> .....	30
<b>5.3.1 Origen</b> .....	31
<b>5.3.2 Hábitat</b> .....	32
<b>5.3.3 Población</b> .....	33
<b>5.3.4 Características</b> .....	33
<b>5.4 Estrés</b> .....	35
<b>5.6 Estrés térmico</b> .....	36
<b>5.7 Mecanismos fisiológicos de la termorregulación del bovino.</b> .....	38
<b>5.7.1 Radiación</b> .....	38
<b>5.7.2 Convección</b> .....	38
<b>5.7.3 Conducción</b> .....	39
<b>5.7.4 Vaporación</b> .....	39
<b>5.8 Factores físico-ambientales que causan estrés calórico</b> .....	40
<b>5.9 Efectos fisiológicos y productivos del estrés térmico en ganado bovino.</b> .....	41
<b>5.9.1 En la nutrición</b> .....	42
<b>5.9.2 En la fisiología.</b> .....	42

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 17 de 77</b>

5.9.3	<b>En la Reproducción.</b>	43
5.9.4	<b>En la Producción.</b>	44
5.9.5	<b>En el Comportamiento</b>	44
5.10	<b>Bio-meteorología animal</b>	44
5.11	<b>Variables Fisiológicas del ganado a medir para evaluar el estrés térmico.</b>	45
5.11.1	<b>Frecuencia Respiratoria</b>	45
5.11.2	<b>Temperatura Rectal y Temperatura Corporal.</b>	45
5.12	<b>Variables Climatológicas a medir para evaluar estrés térmico.</b>	47
5.12.1	<b>Temperatura Ambiente (TA°)</b>	47
5.12.2	<b>Humedad Relativa (HR%)</b>	47
5.13	<b>Climatología en Colombia.</b>	48
5.13.1	<b>Temperatura Ambiental de Colombia.....;Error! Marcador no definido.</b>	
5.13.2	<b>Humedad relativa de Colombia</b>	48
5.13.3	<b>Vientos en Colombia.</b>	49
5.14	<b>Indicadores de estrés para evaluar bienestar animal.</b>	49
5.15	<b>Índice de temperatura y humedad relativa (ITH)</b>	50
5.16	<b>Medidas de mitigación</b>	53
6.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	54
6.1	<b>Materiales.</b>	54
6.1.1	<b>Ubicación geográfica.</b>	54
6.1.2	<b>Población.</b>	55
6.1.3	<b>Muestra.</b>	55
6.1.4	<b>Toma de datos.</b>	55
6.1.5	<b>Técnicas o instrumentos para la recolección de datos.</b>	59
6.1.6	<b>Infraestructura y Equipos.</b>	60
6.2	<b>Método.</b>	60
7.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	60
8.	<b>CONCLUSIONES</b>	71
9.	<b>RECOMENDACIONES</b>	72
10.	<b>REFERENCIAS</b>	73

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 18 de 77</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Clasificación Taxonómica del ganado Blanco Orejinegro.....	31
<b>Tabla 2:</b> Frecuencias fisiológicas de los bovinos. ....	46
<b>Tabla 3:</b> Valores de temperatura ambiental durante la fase experimental en el Centro de Estudios Agroambientales "La Esperanza".....	62
<b>Tabla 4:</b> Valores de humedad relativa durante la fase experimental en el Centro de Estudios Agroambientales "La Esperanza".....	63
<b>Tabla 5:</b> Tipo de estrés térmico matutino y vespertino de vacas BON en Guavio Bajo. ....	65
<b>Tabla 6:</b> Asociación de la respuesta a variables fisiológicas de vacas BON durante la época de temperaturas en el Centro de Estudios Agroambientales "La Esperanza".....	66
<b>Tabla 7:</b> ITH en el Centro de Estudios Agroambientales "La Esperanza" en el tiempo estudio.....	67

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 19 de 77</b>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1:</b> Razas criollas colombianas.....	30
<b>Ilustración 2:</b> Razas originarias del ganado Blanco Orejinegro (BON). .....	32
<b>Ilustración 3:</b> Ganado BON – Centro de Estudios Agroambientales “La Esperanza” .....	35
<b>Ilustración 4:</b> Intercambio de calor entre el animal y el entorno en un ambiente caluroso.	39
<b>Ilustración 5:</b> ITH. índice de seguridad de clima para el ganado. ....	51
<b>Ilustración 6:</b> Niveles del ITH para ganado bovino de doble utilidad y de carne.....	52
<b>Ilustración 7:</b> Toma de dato de la investigación. ....	57
<b>Ilustración 8:</b> Técnicas o instrumentos para la recolección de datos. ....	59
<b>Ilustración 9:</b> Comportamiento de las variables climatológicas por semana. ....	61
<b>Ilustración 10:</b> Comportamiento de las variables fisiológicas de los individuos.....	64
<b>Ilustración 11:</b> Comparación ITH matutino y vespertino de Guavio, bajo.....	69
<b>Ilustración 12:</b> Comparación de Temperatura Corporal y Temperatura Rectal.....	71

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 20 de 77</b>

## ABREVIATURAS

TR	Temperatura Rectal
TC	Temperatura Corporal
FR	Frecuencia Respiratoria
TA	Temperatura Ambiental
HR	Humedad Relativa
ITH	Índice de temperatura y humedad relativa
ACP	Análisis de componentes principales
BA	Bienestar animal
BON	Blanco Orejinegro
CMS	Consumo diario de materia seca
CDA	Consumo diario de agua
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 21 de 77</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la preocupación por el bienestar animal es creciente, sobre todo a partir de las exigencias de determinados segmentos de consumidores, que demandan que los productos de origen animal que consumen hayan sido obtenidos respetando determinadas normas que minimicen el sufrimiento de los animales durante el proceso de producción, transporte y sacrificio (Alende., 2011). Existen muchos parámetros fisiológicos y de comportamiento que evidencian la ausencia o presencia de bienestar animal (BA).

Los rumiantes son animales endotermos (antes homeotermos), es decir, tienen la habilidad de controlar su temperatura corporal dentro de un ajustado margen a través de diferentes procesos fisiológicos (Arias *et al.*, 2008), donde la temperatura normal del ganado bovino adulto sano fluctúa entre 37,8 y 40,0°C de acuerdo a varios autores.

El estrés es una respuesta fisiológica cuya finalidad es lograr la adaptación y, en última instancia, la supervivencia del animal y es comúnmente utilizado para indicar una condición medioambiental que es adversa al BA (Alende., 2011).

(Stott, 1981) citado por (Arias *et al.*, 2008)., señaló que la única forma de medir la magnitud del estrés es a través de la respuesta animal, puesto que el animal expresará por medio de signos y síntomas su estado de bienestar. Diversos modelos pronostican cambios en el clima del mundo, con un aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico, incrementos de temperaturas y cambios en la distribución de las precipitaciones, esto tendría profundos efectos en la producción agropecuaria y de alimentos tanto para los animales como para el ser humano.

En ese sentido las altas temperaturas y las variaciones en la humedad relativa del ambiente rebasan la capacidad de los mecanismos normales de los animales para la disipación del calor que genera, provocando condiciones de estrés que afectan su fisiología y homeostasis

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 22 de 77</b>

(Hernández *et al.*, 2007), es decir, la fisiología, el comportamiento y la salud del ganado son marcadamente influenciados por el medioambiente en donde el ganado vive, el cual puede afectar significativamente el desempeño económico y productivo.

Por tal motivo, en ganadería se ha empleado un indicador de BA: el índice de temperatura y humedad (ITH), el cual resulta de una ecuación que incluye los valores climáticos temperatura ambiental (TA) y la humedad relativa (HR), además que considera valores mayores a 75 como estresantes, en tanto que la respuesta fisiológica de las vacas al estrés por calor se evalúa utilizando, principalmente, la frecuencia respiratoria (FR) y la temperatura rectal (TR) como indicadores (Hernández *et al.*, 2007).

En el área de la producción animal los estudios ambientales se han centrado particularmente en la contaminación que éstos generan al medioambiente. Sin embargo, ésta es tan sólo una de las líneas de la compleja interacción animal-medioambiente. Comparativamente, se ha brindado una menor atención al estudio de los efectos del clima y del medioambiente sobre la salud y desempeño productivo de los animales (Arias *et al.*, 2008).

El presente trabajo buscó determinar si los animales analizados de la raza Blanco Orejinegro (BON) y, pertenecientes al Centro de Estudios Agroambientales de la Universidad de Cundinamarca, de acuerdo con sus características, son termotolerables de manera homogénea o si por el contrario existen respuestas individuales, que permitan establecer programas de selección genética de acuerdo con su grado o nivel de rusticidad y/o adaptabilidad a zonas cálidas del país.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 23 de 77</b>

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cuando la combinación de los factores ambientales (temperatura y humedad) y de manejo persisten por períodos prolongados, se genera un estado de respuestas fisiológicas y de comportamiento conocidas como estrés. Se define el estrés como “todos aquellos factores ambientales que afectan el estado normal de bienestar del animal” (González, 2008).

En Colombia, por cultura, las razas criollas son catalogadas a manera general como resistentes y adaptables a diferentes ambientes. Esta consideración excluye las posibilidades de que estos pueden presentar respuestas individuales, lo que puede hacerlos más o menos vulnerables ante diferentes variables climáticas; por tanto, individuos que pertenecen a una raza criolla pueden no tener la misma capacidad de termorregularse, evento asociado a la presencia de estrés y por ende a una disminución en la expresión genética y productiva.

Existe numerosa evidencia científica de que el estrés térmico incrementa la morbilidad y mortalidad del ganado, esto es, cuando las temperaturas superan los umbrales que los animales son capaces de soportar. De igual manera, afecta indirectamente al ganado reduciendo la cantidad y calidad de los diferentes productos y subproductos que nos ofrecen.

Los bovinos presentan frecuencia respiratoria aumentada que puede convertirse en jadeo y en algunos casos, salivación. El consumo diario de materia seca (CMS) y el consumo diario de agua (CDA) son directamente afectados, ya que ambos se relacionan con el balance térmico del ganado e impactan la regulación de la temperatura corporal, donde afecta la tasa de engorde. En la mayoría de los casos esta respuesta se manifiesta en cambios en los requerimientos de nutrientes, siendo el agua y la energía los más afectados cuando el ganado se encuentra fuera de la denominada zona termo-neutral. Existen además algunas evidencias de que los factores medioambientales podrían afectar la infiltración de grasa y perfil de ácidos grasos en el ganado (Arias *et al.*, 2008).

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 24 de 77</b>

### 3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad y desde el punto de vista eco-fisiológico es posible evaluar en forma conjunta el efecto de diversos factores tales como: radiación solar, humedad relativa, temperatura ambiental, velocidad del viento y precipitaciones. En conjunto, estas variables tienen un efecto directo sobre el BA, así como también en los índices productivos, tales como ganancia de peso diaria, producción diaria de leche, conversión de alimento, tasas de preñez, entre otros.

El conocimiento de dichas variables asociadas a la aplicación de modelos como el ITH y variables fisiológicas como temperatura corporal y frecuencia respiratoria podrían permitir identificar el grado de adaptabilidad de individuos bovinos sometidos a estrés térmico, aportando a la hipótesis de que todos los individuos responden de manera diversa ante las variaciones climáticas.

Adicional, el presente trabajo pretende aportar información específica para la raza BON, contribuyendo al conocimiento y a su vez buscando ser la base para el desarrollo de futuras investigaciones asociadas a la ecofisiología de las razas criollas bovinas. A su vez, y de acuerdo con los resultados, busca esclarecer la viabilidad de programas de selección y mejora genética de la raza, asociados a los factores agro-climatológicos en los que se desenvuelven los animales.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 25 de 77</b>

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

Evaluar indicadores fisiológicos y medioambientales como predictores del estrés térmico en el ganado criollo Blanco Orejinegro (BON) del Centro de Estudios Agroambientales “La Esperanza” de la Universidad de Cundinamarca.

### **4.2 Objetivos Específicos**

1. Consolidar una base de datos de registros climatológicos, temperatura ambiental y humedad relativa en el tiempo estudio por época del año (seco y lluvioso).
2. Evaluar valores de temperatura rectal, temperatura corporal y tasa de frecuencia respiratoria en los animales expuestos a las radiaciones solares más intensas de la zona de estudio.
3. Determinar el valor del Índice de Temperatura y Humedad relativa (ITH) para establecer el nivel de estrés térmico que pueden llegar a experimentar los animales objeto de estudio.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 26 de 77</b>

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1 Bienestar animal

El concepto Bienestar Animal es complejo y variado:

- (Thorpe,1965) miembro del gobierno británico “Comité Brambell” citado en (Broom., 2011), fue quién enfatizó que, en la ruta de mejorar el bienestar animal, es importante comprender la biología de los animales y que estos tienen necesidades y, entre estas, la de expresar algunos comportamientos particulares.
- (Broom, 1986) citado por (Broom, 2011), describe el BA como, el estado en el cual se encuentra un animal que trata de adaptarse a su medio ambiente, es decir el bienestar de un individuo es su estado respecto a sus intentos de enfrentar el ambiente en que se encuentra
- (Blood; Studdert,1988) citado en (De la Sota, 2004), define el BA como, el mantenimiento de normas apropiadas de alojamiento, alimentación y cuidado general, más la prevención y el tratamiento de enfermedades.
- (Fraser, 1989) citado en (Cross *et al.*, 1998), nota que el BA comprende la salud física y psicológica, donde el bienestar físico se manifiesta por un buen estado de salud y el bienestar psicológico se refleja, por su parte, en el bienestar del comportamiento (presencia de comportamiento normal y ausencia de comportamiento anormal).
- (Duncan, 1996) citado en (Bottaro, 2009), se refiere al BA como la ausencia de sensaciones negativas, es decir, ausencia de sufrimiento y presencia de sensaciones positivas denominadas placer.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 27 de 77</b>

- (Whay *et al.*, 2003) citado en (Tadich, 2006), se refiere al BA como cualquier punto de la calidad de vida que pueda tener influencia en el estado físico o mental de un animal.
- La American Veterinary Medical Association (AVMA) está basado en que todos los aspectos de BA, incluyendo el alojamiento apropiado, el manejo, la alimentación, el tratamiento y prevención de enfermedades, el cuidado responsable, la manipulación humanitaria y cuando sea necesaria la eutanasia humanitaria (De la Sota, 2004).

Es así, donde se puede decir que el BA es multidimensional, ya que integra el cumplimiento de varios estados o dimensiones del animal como lo es: el estado fisiológico clínico y productivo (físico y mental) y trato humanitario brindado a los animales, definiéndolo así, como el conjunto de medidas para disminuir el estrés, sufrimiento, dolor, malestar entre otras durante la vida útil y productiva del animal, es decir, el satisfacer las necesidades de los animales y brindar una calidad de vida, ya que mientras más de ellas se cubran mayor será el estatus de bienestar. Sin embargo, es importante aclarar que los animales pueden tener una variedad de necesidades, algunas de mayor urgencia y cada una es consecuencia de la biología del animal (fisiológicas y comportamentales) (Tadich, 2006).

Según (Mellor; Bryvel, 2004) citado en (Tadich, 2006) señalan que en los últimos 20-25 años el foco ha cambiado desde una ciencia animal basada en el incremento de la productividad a un foco en una productividad basada en el respeto al bienestar animal. Es así que a la hora de evaluar el BA debemos considerar tres factores importantes: el funcionamiento biológico (salud), la naturalidad de su vida y su estado afectivo (estado mental) teniendo como finalidad proveer al consumidor productos de calidad que garanticen el cumplimiento de estándares de BA en toda la cadena. Un animal que no se encuentre en un estado óptimo de bienestar no va a desarrollar todo su potencial productivo. Según (Grandin, 2000) citado en (Arraño. *et al*, 2007), los ganaderos pierden dinero cotidianamente por el maltrato que se tolera en el campo simplemente porque no lo perciben como un problema y, por ende, no le buscan solución

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 28 de 77</b>

Es importante tener en cuenta el BA ya que, actualmente, la preocupación por este tema es creciente, sobre todo a partir de las exigencias de segmentos de consumidores que demandan productos de origen animal obtenidos respetando determinadas normas que minimicen el sufrimiento de los animales durante el proceso de producción, transporte y sacrificio. Existen muchos parámetros fisiológicos y de comportamiento que evidencian la ausencia o presencia de bienestar, como lo son presencia de heridas o lesiones, enfermedades, comportamientos estereotipados, entre otras.

## **5.2 Razas criollas**

La distribución y las características del ganado criollo en América son en parte consecuencias de su historia. Es relativamente poco lo que se conoce con certeza acerca de los ancestros de los bovinos criollos. El bovino criollo americano desciende directamente de los animales que llegaron en el segundo viaje de Cristóbal colon en 1493 (Primo, 1992).

Según (Tewolde, 1993) citado en (Tewolde, 2007), los criollos bovinos en América Latina y el Caribe se encuentran distribuidos en diferentes regiones y países, sosteniendo sistemas de producción tanto para leche como para carne. Desde zonas muy bajas como es el trópico húmedo hasta los ecosistemas Andinos, indicando evoluciones diferentes en cada caso. Cada uno de ellos tiene cierto grado de adaptación al medio ambiente, donde han evolucionado, indicando que pueden poseer un conjunto de genes único para el ambiente específico.

Entre los Criollos que se pueden mencionar están los Romosinuanos, Blanco Orejinegro, Romana Rojo, Sanmartinero, Mocho Nacional, Caracú, Yacumeno y el Criollo Argentino, así como el Criollo Mexicano (estos últimos también utilizados como animales de rodeos), todos estos para carne, mientras que aquellos para leche especializado o en sistemas de doble propósito incluyen el Criollo Centroamericano o Ganado Reyna, Limonero, Carora, Costeño con Cuernos entre otros (Tewolde, 2007).

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 29 de 77</b>

El ganado criollo colombiano comprende un grupo de razas que se han adaptado por más de 400 años a las condiciones eco climáticas del país, razón por la cual poseen características adaptativas de suma importancia que podrían ser utilizadas de una manera racional en programas de conservación y mejoramiento animal (Bedoya *et al.*, 2001). A las razas criollas se les han atribuido características de alta longevidad, resistencia a algunas enfermedades, baja mortalidad y alta eficiencia productiva, asimismo, las razas criollas colombianas tienen una gran ventaja competitiva para conquistar el mercado de la Unión Europea, gracias a la calidad de su carne, que está a la altura de las mejores del mundo (Cañas *et al.*, 2008).

Actualmente, Colombia cuenta con siete razas bovinas criollas (*Ilustración 1*) (Bedoya *et al.*, 2001; López *et al.*, 2001; Piedrahíta *et al.*, 2007), las cuales están distribuidas por todo el país, de tal manera que al menos una raza está adaptada para cada una de las principales regiones ecológicas. Así, en la costa Atlántica se encuentran el Costeño con Cuernos y el Romosinuano, en la región Andina el Blanco Orejinegro y el Chino Santandereano, en los valles interandinos (Valle del Cauca) el Hartón del Valle y en los Llanos Orientales y la Amazonía el San Martinero y el Casanareño. Cabe resaltar que a partir de nuevos cruzamientos se establecieron tres nuevas razas criollas, que son el Caqueteño, Velásquez y Lucerna.

Alrededor del 22 % de las razas de ganado del mundo está en peligro de extinción, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), que urgió a los países a que tomen medidas para preservar la diversidad ganadera de cada región en el año 2012. Las razas criollas colombianas en estado vulnerable son el Caqueteño, Chino Santandereano, Casanareño y Costeño con Cuernos. En estado vulnerable medio están la S San Martinero, Hartón del Valle y Blanco Orejinegro, y la que no está en riesgo es el Romosinuano, la cual se halla en Costa Rica, México, Venezuela y Brasil.

De todas las investigaciones sobre el ganado criollo, se resaltan características que les confiere ventajas comparativas respecto de otros genotipos. Estas características incluyen: la

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 30 de 77</b>

fertilidad, aparente resistencia a parásitos y al estrés ambiental, facilidad de manejo y características de canal bajo las condiciones tropicales (Tewolde, 2007).

*Ilustración 1: Razas criollas colombianas.*



Fuente: (Angel, 2016).

### 5.3 Ganado Blanco Orejinegro (BON)

Antes de que llegaran las razas bovinas foráneas a nuestro país, como las razas europeas, entre ellas la raza Holstein (*Bos Taurus*) y las razas asiáticas como el Cebú (*Bon Indicus*), la totalidad de la ganadería colombiana estaba constituida por animales criollos, entre estos el BON (López *et al.*, 2001). Es del orden ungulado, de la familia bóvidos (Tabla 1) (Escobar, 2014).

El origen del BON colombiano se remonta al siglo XVI. Su población inicial predominó en el clima cálido y medio de la Región Andina (Primo, 1992). Es una de las siete razas de ganado criollo colombiano que se encontró en peligro de extinción, después de sobrevivir durante 500 años en las variadas condiciones del trópico colombiano en los años 90 (Rodas.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 31 de 77</b>

*et al*, 1996). De acuerdo con los parámetros de clasificación de especies en vía de extinción de la FAO, esta raza se encuentra en un estado vulnerable en el año 2001 (entre 1000 y 5000 hembras y relación hembras: macho de 50:1) (López *et al.*, 2001), estando actualmente en un estado vulnerable medio.

**Tabla 1:** Clasificación Taxonómica del ganado Blanco Orejinegro.

Reino	Animal
Subreino	Vertebrados
Clase	Mamíferos
Orden	Ungulados
Rama	Rumiante
Familia	Bóvidos
Genero	Bos
Especie	Taurus

Fuente: (Escobar, 2014)

### 5.3.1 Origen

Debido a las marcadas diferencias externas del BON con las otras razas criollas colombianas, existen varias hipótesis para explicar un origen diferente de éste. Las razas White Park y Wild White de Gran Bretaña, los ganados blancos de Italia, la raza Swedish Mountain y la Berrenda de España, así como cruces entre los distintos tipos de ganado español de la época, son frecuentemente mencionados como ancestros del BON (Ilustración 2). Considerando que, en los primeros años de la conquista, las únicas importaciones de ganado fueron hechas de España, la hipótesis más probable de su origen es la raza Berrenda, la que posee las mismas características externas del BON (Correal, 2011).

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 32 de 77</b>

Cualquiera que sea el origen del BON, lo importante es el proceso de adaptación que ha experimentado al amplio rango de ambientes y diferentes niveles de manejo a que ha sido sometido en la zona cafetera de clima medio del país.

*Ilustración 2: Razas originarias del ganado Blanco Orejinegro (BON).*



Fuente: (Lopéz. *et al*, 2001)

### 5.3.2 Hábitat

Su hábitat natural está en las regiones de topografía quebrada de clima medio de la zona central de Colombia, donde ha prosperado el BON (Correal, 2011) en alturas entre los 800 y 1.800 msnm; con temperaturas que oscilan entre 18 y 24° C y precipitaciones anuales superiores a los 1.800 mm. Esta región se refiere a la zona media o cafetera del país, el cual comprende unos 122.000 km<sup>2</sup> del territorio colombiano, localizada principalmente en los departamentos del Cauca, Valle del Cauca, Huila, Tolima, Cundinamarca, Antioquia, Risaralda, Caldas y Quindío.

Ecológicamente la zona es transicional entre bosque húmedo y bosque muy húmedo tropical con topografía bastante abrupta, irregular y erosionable y suelos caracterizados por baja

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 33 de 77</b>

fertilidad debido a su acidez, deficiencia de calcio y fosfato y alto contenido de hierro y magnesio (López *et al.*, 2001).

### 5.3.3 Población

Actualmente los pocos núcleos de este ganado con una población efectiva de 2.866 animales puros, representando el 12.21% del ganado criollo del país, están distribuidos en 42 fincas, donde de la población total el 77% se encuentra principalmente en los departamentos de Risaralda, Antioquia, Cundinamarca y Caldas (Henao *et al.*, 2004).

De acuerdo a los parámetros de clasificación de especies en vía de extinción de la FAO, esta raza se encuentra en un estado vulnerable (entre 1000 y 5000 hembras y relación hembras: macho de 50:1) (López *et al.*, 2001).

### 5.3.4 Características

La mayoría de los criollos han sido estudiados para determinar sus méritos genéticos para producción, crecimiento, reproducción, resistencia a enfermedades causados por parásitos externos e internos, su capacidad de resistir el estrés ambiental, así como sus características de canal, como genotipos puros y en cruces (Tewolde, 2007). La conformación del BON es la de un bovino eumétrico, constitución atlética, cabeza con cuernos medianos, aunque resultan algunos topes, anca caída y estrecha, dorso recto o ensillado, inserción alta de la cola, excelentes aplomos y cañas de hueso delgado pero fuertes (Primo, 1992) (Ilustración 3).

Debido al proceso de selección natural que ha operado en dicha raza, por espacio cercano a los 500 años, posee características de máxima importancia económica como habilidad para reproducirse y sobrevivir, rusticidad, expresada especialmente en su resistencia al “nuche”

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 34 de 77</b>

(*Dermatobia hominis*) y en su capacidad de pastorear y aprovechar forrajes toscos, fibrosos y de escaso valor nutritivo y en la destreza para transitar por terrenos escarpados (Correal, 2011).

El BON es un animal de doble utilidad y es el criollo de fenotipo más *sui generis*, caracterizado por un pelaje blanco, con las orejas negras, la piel y mucosas bien pigmentadas, que le confiere tolerancia a la radiación solar y ectoparásitos. También se presentan variantes en el color del pelo como el Blanco Orejimon, Dos pelos y Azul pintado (Primo, 1992).

Las hembras BON obtienen un mayor porcentaje de natalidad, una menor edad al primer servicio y parto y, un mayor número de días en lactancia, de igual manera la fertilidad de las vacas BON es alta en comparación con otras razas lecheras (López *et al.*, 2001).

Las vacas poseen una gran habilidad materna, ya que, durante el ordeño en la ausencia del ternero, la hembra retiene hasta el 65% de su leche residual. Los machos BON son más precoces que las hembras, encontrándose una edad de inicio de la pubertad entre los 14 y los 16 meses, con pesos entre 206 a 234 Kg. En la raza hay ejemplares que tienden a producir más carne que leche y viceversa, aunque sus parámetros productivos, son menores que los alcanzados por las razas foráneas especializadas. Las ganancias en la tasa de crecimiento al destete del ganado BON son particularmente sorprendentes y el relativo incremento en peso es más significativo en hembras que en machos, adicionalmente. (Martínez, 1989) citado en (López *et al.*, 2001), muestra que la producción de carne del ganado BON, puede ser significativamente aumentada mediante el uso de planes sistemáticos de cruzamientos con las razas Cebú y Santa Gertrudis.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 35 de 77</b>

*Ilustración 3: Ganado BON – Centro de Estudios Agroambientales “La Esperanza”.*



Fuente: Propia

#### **5.4 Estrés**

La presencia o ausencia de estrés son indicadores potenciales de BA. A lo largo de la evolución las especies han desarrollado mecanismos fisiológicos y comportamentales para enfrentarse con el estrés, por lo cual únicamente se amenaza la comodidad y vitalidad del ganado cuando se produce un cambio biológico significativo que pone en riesgo el confort y la salud (Odeón; Romera, 2017).

El estrés es una expresión que deriva del latín, la cual fue utilizada con mucha insistencia, durante el siglo XVII para representar “adversidad” o “aflicción”. El estrés implica cualquier factor que actúe interna o externamente al cual se hace difícil adaptar y que induce un aumento en el esfuerzo por parte del animal, para mantener un estado de equilibrio dentro de él mismo y con su ambiente externo (Roca, 2011).

El término “estrés” fue acuñado por Hans Selye, quien descubrió los estímulos que podían provocar esta condición. Este autor definió el estrés como “la acción de estímulos nerviosos

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 36 de 77</b>

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” (Vélez; Uribe, 2010).

Según (Galán, 2009) citado en (Odeón; Romera, 2017), el estrés se puede definir como “el efecto medioambiental sobre un individuo que sobrepasa sus sistemas de control y puede reducir su capacidad de transmitir genes a otras generaciones”, tal esfuerzo se desarrolla en tres etapas consecutivas denominadas: fase de alarma simpática (breve, fugaz), fase de resistencia (duradera, estrés) y fase de agotamiento (pérdida de la adaptación y ruptura del estado de salud; distrés).

## 5.6 Estrés térmico

El efecto del estrés calórico en el bienestar de los sistemas de manejo de ganado está siendo fuertemente considerado (Bartaburu, 2001.). Algunos autores definen el estrés térmico o calórico como:

- La situación que les ocurre a los animales cuando el calor generado por su organismo, sumado al calor absorbido del ambiente, es mayor que su capacidad para disiparlo (Lima *et al.*, 2014).
- La fuerza ejercida por los componentes del ambiente térmico sobre el organismo, causando en él una reacción fisiológica proporcional a la intensidad de la fuerza aplicada y a la capacidad del organismo en compensar las desviaciones causadas por esta fuerza (Castaño *et al.*, 2014).

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 37 de 77</b>

- Cualquier combinación de condiciones ambientales, que puedan causar que la temperatura de la zona termoneutral de los animales sea superior, y estas condiciones existen casi todo el año en las zonas tropicales (Gonzalez, 2017).

Las repercusiones del estrés calórico están influenciadas por una serie de mecanismos de adaptación del propio organismo del animal. Pero el hecho es que afecta definitivamente, la productividad del animal, la aptitud reproductiva y la salud de las vacas. A medida que el calor ambiental se aproxima a la temperatura corporal (37,5-39,5°C) los mecanismos de disipación de calor no evaporativos (radiación, conducción y convección) pierden efectividad y se reduce a la evaporación como única y principal forma de disipar el calor generado por la vaca (Gonzalez, 2017).

No obstante estar adaptados a las condiciones medioambientales en las que viven, hay ciertas ocasiones en las que los animales sufren estrés debido a las oscilaciones en las temperaturas o bien por una combinación de factores negativos a los que se someten durante un corto periodo de tiempo (Arias *et al.*, 2008).

La severidad del estrés por calor depende de la magnitud que alcancen las temperaturas a lo largo del día y de la cantidad de horas que se encuentren por encima de la temperatura crítica máxima, pero si durante la noche la temperatura desciende por debajo de los 21° C durante unas seis u ocho horas, el animal tiene la oportunidad de perder el calor almacenado durante el día y recuperar la normotermia, considerando el impacto negativo que esta situación ambiental de estrés por calor tendría sobre los índices productivos y reproductivos, es necesario que los sistemas de producción implementen medidas para mitigar su efecto (Saravia, 2009).

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 38 de 77</b>

## **5.7 Mecanismos fisiológicos de la termorregulación del bovino.**

Los animales disipan el calor corporal mediante mecanismos como conducción, convección, radiación y evaporación, si estos mecanismos no son suficientes se inician cambios fisiológicos como la reducción del consumo voluntario de alimento y cambios metabólicos (secreción hormonal). Si los mecanismos no son suficientes para controlar la termorregulación el animal puede morir (Johnson, 1987; Fraser *et al.*, 1990) citado por (Navas, 2010).

Según (Ramos, 2013), la eliminación de calor corporal por parte de las vacas puede realizarse por lo siguiente procesos (Ilustración 4):

### **5.7.1 Radiación**

La radiación a través del aire, es donde la transmisión de calor entre dos cuerpos se produce por medio de ondas, del más caliente al más frío. Es proporcional a la diferencia de temperaturas y se produce a través de la piel. La radiación puede ser directa o indirecta, es decir, radiación reflejada por otro cuerpo sólido y recibida por el animal (Ramos, 2013).

### **5.7.2 Convección**

La transmisión de calor se produce por calentamiento del aire que rodea al animal. Al calentarse, se eleva y permite que aire más frío ocupe su lugar y se repita el proceso. Las pérdidas por esta vía son proporcionales a la velocidad del aire alrededor del animal. Esta convección puede ser forzada cuando se usa energía para mover el aire e incrementar la transmisión de calor. En ambientes calurosos no supone un porcentaje muy importante del intercambio térmico (Ramos, 2013).



	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 40 de 77</b>

## 5.8 Factores físico-ambientales que causan estrés calórico

Los sistemas de producción bovina en el país tienen gran importancia económica, esta actividad se realiza en una amplia área del territorio nacional y en diferentes agroecosistemas. Las variables climáticas particulares de cada zona agroecológica como temperatura, precipitación, humedad relativa y vientos pueden afectar negativamente el desempeño de animales que no están adaptados a estas condiciones (Navas, 2010).

Entre las variables climáticas que más influyen sobre el confort de los animales, se encuentran la temperatura (T, °C), radiación solar (RS, W/m<sup>2</sup>), velocidad del viento (Vv, m.s-1), humedad relativa (HR, %) y precipitación (mm). La combinación de estos factores, pueden conllevar a situaciones desfavorables para los animales, como por ejemplo de estrés calórico, en donde se generan impactos negativos sobre el animal (ingestión, digestión, respiración, circulación de la sangre, entre otros), los cuales a su vez tienen impacto sobre la productividad de los mismos (producción y composición de la leche, ganancia de peso diario) y su reproducción (Molina *et al.*, 2015). Dichos factores físico-ambientales que afectan al ganado fueron definidos por (Hahn *et al.*, 2003) y corresponden a una compleja interacción de dichas variables climáticas.

La temperatura es el principal factor en el estrés calórico, está asociada con la humedad relativa y radiación solar que afectan la disipación de calor del animal al ambiente (Navas, 2010). De igual manera es la variable climática más influyente sobre los índices biometeorológicos. La humedad relativa y la velocidad del viento, juegan un rol preponderante para mitigar o intensificar el efecto de la temperatura sobre el ganado bovino en condiciones del Valle del Cauca, Colombia (Molina *et al.*, 2015). Así mismo el forraje de baja calidad, la disponibilidad limitada de agua, las altas temperaturas ambientales y del aire, los altos niveles de radiación solar directa e indirecta, son los factores que más influyen la productividad de los rumiantes en el desierto y las zonas tropicales (Bañuelos *et al.*, 2005).

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 41 de 77</b>

En la actualidad es posible evaluar en forma conjunta el efecto de diversos factores tales como: radiación solar, humedad relativa, temperatura ambiental, velocidad del viento, precipitaciones, tipo de dieta, nivel energético de la dieta, genotipo, etc. En conjunto, estas variables tienen un efecto directo sobre el BA, así como también en los índices productivos, tales como ganancia de peso diaria, producción diaria de leche, conversión de alimento, tasa de preñez, etc (Arias *et al.*, 2008).

Los elementos meteorológicos (temperatura y humedad del aire, viento, precipitación y radiación solar) tienen permanente acción sobre el animal y actúan de dos modos: por la interacción directa con la piel y la cobertura (pelo o lana) y afectando los receptores nerviosos que se encuentran en la piel o en la retina del ojo (Saravia, 2009).

El rango de temperatura ambiente en que la temperatura del cuerpo se mantiene constante con un esfuerzo mínimo de los mecanismos termorreguladores se denomina *zona de confort térmico*, en ella no existe sensación de frío o calor. Cuando la temperatura del aire toma valores superiores o inferiores al rango térmico delimitado en la zona de confort, el animal activa sus mecanismos de defensa: la sudoración, la vasodilatación periférica y el incremento de la frecuencia respiratoria para mantener la temperatura interna en el rango considerada normal o característico para la especie (normotermia) (Bianca, 1972).

La producción es el reflejo de la eficiencia en todos los procesos que se dan en el sistema. Ésta debe ser medida a través de indicadores productivos, reproductivos, económicos y ambientales. Las condiciones climáticas presentes en la finca deben ser consideradas para la toma de decisiones como la genética de los animales, los planes sanitarios, la alimentación y manejo en general; estas condiciones pueden limitar el aprovechamiento de algunos de los recursos utilizados (Navas, 2010).

### **5.9 Efectos fisiológicos y productivos del estrés térmico en ganado bovino.**

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 42 de 77</b>

En ambientes donde las variaciones de temperatura pueden ser amplias, animales como los bovinos (homeotermos), los cuales tienen la capacidad de controlar dentro de un margen reducido su temperatura corporal, podrían enfrentarse a escenarios climáticos adversos (Molina *et al.*, 2015). En los sistemas de producción pastoriles existentes en nuestro país, los animales domésticos están expuestos permanentemente al ambiente, que afecta *directamente* las respuestas fisiológicas y productivas e *indirectamente* el plano de nutrición por variaciones en la cantidad y calidad de pasturas y cultivos que son los principales componentes de la alimentación (Saravia, 2009).

### **5.9.1 En la nutrición**

El estrés calórico sobre el animal trastorna las necesidades nutritivas afligiendo el sistema gastrointestinal y metabólico (Roca, 2011), donde en la mayoría de los casos los bovinos manifiestan ante el estrés térmico, cambios en los requerimientos de nutrientes, siendo el agua y la energía los más afectados cuando los bovinos se encuentran fuera de la denominada zona de confort (Herrera, 2011).

Los animales más engrasados sufren más el calor. El consumo diario de materia seca (CMS) y el consumo diario de agua (CDA) son directamente afectados, ya que ambos se relacionan con el balance térmico del ganado e impactan la regulación de la temperatura corporal, donde el estrés calórico disminuye el CMS y afecta la tasa de engorde (Alende, 2011).

### **5.9.2 En la fisiología.**

El incremento de la actividad respiratoria suele ser el primer síntoma de la respuesta al estrés por calor ya que los bovinos incrementan la frecuencia y disminuyen la profundidad respiratoria (polipnea térmica) para aumentar las pérdidas de calor por las vías altas del tracto respiratorio. Si el mecanismo no es suficiente se producirá un incremento de la temperatura rectal (Lizarzaburu, 2018).

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 43 de 77</b>

Ante un marcado estrés térmico (cuando la temperatura corporal de bovinos alcanza los 40°C aproximadamente) cambia el tipo de respiración, la respiración rápida y superficial cede paso a una respiración más lenta y profunda, lo que aumenta la ventilación. Este aumento de ventilación provoca efectos secundarios desfavorables, pues la eliminación de grandes cantidades de CO<sub>2</sub> de los pulmones lleva a la pérdida de equilibrio ácido base en la sangre, incremento del pH sanguíneo (por encima de 7.5), alcalosis respiratoria, aceleración de la frecuencia cardíaca y generación de más calor, lo que disminuye la eficacia de la pérdida de calor por la evaporación respiratoria y pone en peligro la vida del animal (Saravia, 2009).

Bajo condiciones de extremo estrés calórico, los animales humedecen la superficie de su cuerpo con su saliva o con las secreciones de su nariz. Este comportamiento afecta el intercambio de calor entre el animal y el ambiente por reducción del calor, ganado por la radiación incidente y el incremento de la pérdida de calor, vía convección y conducción del calor (Roca, 2011).

### **5.9.3 En la Reproducción.**

Los parámetros reproductivos se deterioran pasando de tasas de concepción del 40% a menos del 10%. Se incrementa el intervalo entre partos y los descartes por esterilidad. Si a este monto se le adicionan las consecuencias reproductivas, sanitarias, muertes y la caída en la concentración de proteína y grasa de la leche, el impacto económico se duplicaría (Ghiano; Taverna, 2014).

De igual manera en diferentes estudios reportaron que el estrés por calor causa una variedad de cambios neuroendocrinos, los cuales tienen un efecto directo sobre la duración del período de gestación. Así mismo, el estrés térmico tiene efectos adversos en la ovulación, espermatozoides y podría alterar el balance hormonal (Vélez; Uribe, 2010).

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 44 de 77</b>

El efecto negativo sobre la reproducción causado por el estrés calórico empieza a partir de los 29°C, altas temperaturas están asociadas con cese de la ovulación, menor desarrollo embrionario, interferencia con la espermatogénesis y la disminución de la calidad del semen (Navas, 2010).

#### **5.9.4 En la Producción.**

La producción puede caer entre un 10 y 20%. Además, se producen caídas del 9 y 4 % en grasa y proteína, respectivamente (Ghiano; Taverna, 2014). Por consiguiente, la calidad del producto se ve afectada.

De igual manera, existe numerosa evidencia científica de que el estrés térmico incrementa la morbilidad y mortalidad del ganado, esto es, cuando las temperaturas superan los umbrales que los animales no son capaces de soportar (Arias *et al.*, 2008).

#### **5.9.5 En el Comportamiento**

Cuando la temperatura supera los 27°C el porcentaje de vacas tumbadas en el suelo disminuye, aumentando el número de vacas de pie principalmente en el corredor de alimentación en una postura que les facilita la disipación de calor (Overtón *et al.*, 2002) citado en (Cerqueira. *et al.*, 2016). Estos resultados fueron corroborados por (Zahner *et al.*, 2004) citado en (Cerqueira *et al.*, 2016), al observar que la duración del comportamiento de vacas acostadas disminuía durante el día, en sentido inverso al aumento de ITH, aunque el comportamiento de descanso de los animales durante la noche no se veía afectado.

#### **5.10 Bio-meteorología animal**

Reconocida la influencia de los elementos del clima en la productividad de los animales, es importante la cuantificación de las condiciones ambientales y medirlas a través de la

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 45 de 77</b>

evolución de índices bio-meteorológicos. La disciplina que se ocupa de estudiar estas relaciones es la Bio-meteorología, definida en el Primer Simposio Bio-meteorológico de la Sociedad Internacional de Bio-meteorología en París en 1956 como “El estudio de las interrelaciones directas e indirectas entre el ambiente geofísico y geoquímico de la atmósfera y los organismos vivos ya sean plantas, animales o el Hombre”. Una rama de esta disciplina es la Bio-meteorología Animal que estudia la influencia de los elementos meteorológicos sobre los animales y su desempeño productivo (Saravia, 2009).

## **5.11 Variables Fisiológicas del ganado a medir para evaluar el estrés térmico.**

### **5.11.1 Frecuencia Respiratoria**

La tasa de respiración es uno de los mecanismos más importantes a considerar al momento de evaluar el nivel de estrés por calor del ganado, ya que es una de las principales respuestas observables en el animal cuando está expuesto a temperaturas por sobre su umbral de confort. El aumento tiene por objeto aumentar la pérdida de calor por las vías respiratorias y es una de las vías más importantes para mantener el balance térmico durante el verano (Gaughan *et al.*, 2000) citado por (Gonzalez *et al.*, 2016).

La frecuencia respiratoria basal para bovinos es de 20 a 40 respiraciones por minutos (r.p.m.), según, (Seath; Miller, 1946; Thomas; Pearson, 1986). Otros autores encontraron para bovinos en engorde que frecuencias de 20 a 60 r.p.m. indica termo-neutralidad, de 80 a 120 r.p.m. indica moderado estrés calórico y, mayores a 120 r.p.m., indican excesiva carga calórica (Gonzalez *et al.*, 2016).

### **5.11.2 Temperatura Rectal y Temperatura Corporal.**

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 46 de 77</b>

La temperatura rectal promedio para el ganado lechero adulto es 38.3 °C (Andersson, 1984) con un rango normotérmico entre 38.0 y 39.3 °C; la cual es una forma de medir la carga calórica momentum en el animal. No obstante, la temperatura rectal normal de  $38.6 \pm 0.5$  °C del ganado lechero es utilizada como la referencia térmica. El incremento de la temperatura corporal aumenta la temperatura rectal; producto de una mayor vehiculización térmica sanguínea (Araúz *et al.*, 2010).

El aumento de la temperatura corporal se considera un criterio cuantitativo útil para valorar el grado de estrés agudo pese a que la temperatura corporal está producida por las contracciones musculares, la asimilación de los alimentos y los procesos metabólicos (Herrera, 2011).

Existen diversos factores que afectan la temperatura corporal incrementándola (edad, actividad física, alimentación, el celo y la última etapa de la gestación) o disminuyéndola (desnutrición, esquilado, e ingestión de grandes cantidades de agua).

**Tabla 2:** Frecuencias fisiológicas de los bovinos.

Constantes Fisiológicas	Vacas	
	Mañana	Tarde
Temperatura	38.0 +- 0.6	38.5 +- 0.6
Frecuencia cardiaca	50.4 +- 7.6	54.6 +- 9.8
Frecuencia Respiratoria	25.2 +- 3.3	25.7 +- 5.5
Pulso	48.1 +- 8.4	51.0 +- 10.3
Movimientos Ruminales	2.2 +- 0.4	2.3 +- 0.5

Fuente: (Barrera, 2011).

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 47 de 77</b>

## **5.12 Variables Climatológicas a medir para evaluar estrés térmico.**

### **5.12.1 Temperatura Ambiente (TA °)**

Es probablemente la variable más investigada y al mismo tiempo la más utilizada como indicador de estrés. Por esta razón el promedio de la temperatura ambiente es generalmente considerado como la principal medida térmica utilizada para estimar confort animal (Arias *et al.*, 2008).

Cada especie animal posee una temperatura ambiental óptima. Esta temperatura es la que exige el mínimo gasto energético para mantener la temperatura del organismo dentro de los límites normales (Ramos, 2013).

Según otros autores, los rangos de temperatura ambiental reportados como de confort para animales de tipo *Bos Taurus* van de 0 a 20°C y para *Bos Indicus* de 10 a 27°C, con 70% de humedad ambiental en ambos casos, aunque se reportan diferencias entre razas, edad, estado fisiológico, sexo y variaciones individuales de los animales (Vélez; Uribe, 2010).

### **5.12.2 Humedad Relativa (HR%)**

Es considerada un factor de potencial estrés en el ganado, ya que acentúa las condiciones adversas de las altas temperaturas. Los principales efectos de la HR están asociados con una reducción de la efectividad en la disipación de calor por sudoración y respiración (Arias *et al.*, 2008).

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 48 de 77</b>

### **5.13 Climatología en Colombia.**

El clima en Colombia es considerado tropical, pero por sus sistemas montañosos posee un clima de pisos térmicos. Esto establece que, a mayor altura, menor temperatura. El clima varía de frío extremo en los nevados, hasta los más cálidos a nivel del mar. El país tiene dos estaciones secas y dos de precipitaciones por tener influencia de los vientos alisios y la zona de convergencia intertropical, que son influenciados a su vez por los efectos de El Niño y La Niña. Durante el mes de abril se producen efectos de viento y humedad produciendo dos periodos de lluvias intensas (llamado invierno) y otros dos de sequía o lluvias esporádicas (llamado verano). Este fenómeno no se presenta en el centro del país donde solo se da un periodo de verano (Iriarte, 2010).

#### **5.13.1 Temperatura Ambiental de Colombia**

Es en términos generales, bastante pareja a través del año, en un mismo lugar, como consecuencia de la ubicación tropical del territorio y de la radiación solar que es uniforme. Los grados del calor atmosférico varían, sin embargo, sustancialmente, de un punto a otro, de acuerdo con la mayor o menor altitud sobre el nivel del mar, oscilando entre 0°C y 35°C respectivamente en los casos extremos (Romero *et al.*, 2015).

#### **5.13.1 Humedad relativa de Colombia**

En Colombia es bastante diversa y obedece este fenómeno a las características tan especiales que presentan cada una de sus regiones y localidades afectadas por factores tales como la altura, la temperatura, la vegetación, las masas de agua próximas o la ausencia de ellas, los vientos planetarios y los locales y las lluvias. Las regiones de Colombia donde se registra la mayor pluviosidad, coincidiendo con un altísimo grado de humedad atmosférica, son las

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 49 de 77</b>

costas selváticas del Chocó, donde el promedio de lluvias es de 12.000 mm por lo cual figuran entre las más elevadas del mundo; la Amazonía y la Orinoquía, le siguen en su orden. La circunstancia opuesta en lo que a precipitaciones acuosas se refiere, se encuentra en Uribía (Guajira), donde el pluviómetro señala escasos 333 mm al año. En épocas de sequía, la humedad registrada en algunos lugares del valle del Cauca, la sabana de Bogotá y Girardot es aún inferior (Romero *et al.*, 2015).

### **5.13.2 Vientos en Colombia.**

Los vientos se producen principalmente debido a las diferencias de presión y de temperatura. De los distintos tipos de viento, los más importantes para Colombia son los alisios. La zona por donde pasa la línea del ecuador es la más cálida de la Tierra y, por consiguiente, un área de bajas presiones. Los vientos alisios son los que soplan desde las regiones de altas presiones hacia la zona ecuatorial. Los vientos alisios del noreste llevan humedad hacia la región colombiana situada al sur del ecuador (Ordoñez, 2016).

Colombia es un país tropical en el cual se encuentra múltiples agro ecosistemas que difieren entre sí en características como suelos, topografía, vegetación, condiciones ambientales (precipitación, temperatura, humedad relativa, evapotranspiración, etc.) (Navas, 2010).

### **5.14 Indicadores de estrés para evaluar bienestar animal.**

Muchos intentos han sido realizados para lograr obtener un índice de fácil cálculo y aplicación. Entre los índices desarrollados es posible mencionar:

- Índice de temperatura y humedad relativa (ITH), desarrollado por (Thom, 1959)

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 50 de 77</b>

- ITH ajustado por velocidad del viento y radiación desarrollado por (Mader. *et al*, 2005).
- Índice de humedad de globo negro, desarrollado por (Buffington, 1981).
- Índice de carga de calor, desarrollado por (Gaughan; Goopy, 2002 ;Gaughan *et al.*, 2007)
- Tasa de respiración, desarrollado por (Hahn *et al.*, 1997).
- Escala de jadeo: El único índice basado fundamentalmente en el comportamiento de los animales fue desarrollado por investigadores de la Universidad de Nebraska (Mader *et al.*, 2005), quienes lo proponen como una herramienta de manejo práctica.
- Medidas endocrinas, como, incremento del cortisol, oxitocina, catecolaminas (epinefrina y norepinefrina), entre otras.

### **5.15 Índice de temperatura y humedad relativa (ITH)**

Un indicador ampliamente utilizado en áreas cálidas alrededor del mundo es el Índice de Temperatura y Humedad Relativa (ITH), el cual determina el impacto del estrés calórico sobre el ganado bovino (Antillón *et al.*, 2012).

Como se mencionó anteriormente, el (ITH) fue desarrollado por (Thom,1959) y ha llegado a ser el estándar para la clasificación térmica del medioambiente en muchos estudios de producción y manejo animal para todas las estaciones excluyendo el invierno. Ha sido además utilizado como la base para el índice de seguridad de clima para el ganado (Ilustración 5) (Arias *et al.*, 2008).

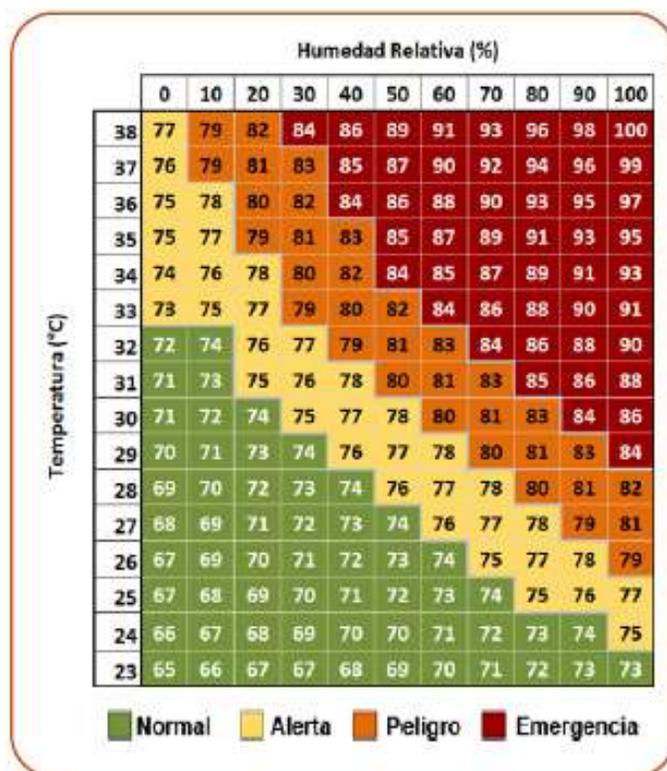
El ITH se ha usado para evaluar el impacto ambiental del ganado porque puede describir más exactamente los efectos del medio ambiente sobre la capacidad de los animales para disipar el calor (Cerqueira *et al.*, 2016).

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 51 de 77</b>

**Niveles:** ITH<75: No hay estrés calórico, 75-79: estrés calórico leve, 80-83: estrés calórico medio, >84: estrés calórico grave (Ilustración 6).

Durante las olas de calor el ganado vacuno se encuentra en condición de estrés calórico; esta condición varía según el rango de ITH, por ejemplo, valores entre 72 y 78 determinan estrés moderado, y valores entre 78 y 88 se asocian a estrés grave, dependiendo de la respuesta individual del animal y el manejo.

*Ilustración 5: ITH. índice de seguridad de clima para el ganado.*



Fuente: (Armendano, 2016).

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 52 de 77</b>

**Ilustración 6:** Niveles del ITH para ganado bovino de doble utilidad y de carne.

ITH	Referencia
<75	Normal
75 – 78	Alarma
79 – 83	Peligro
>83	Emergencia

Fuente: (Oyhanart. *et al*, 2017)

- Según (Kibler,1964), el ITH se calcula con la ecuación:

$$\text{ITH} = 1,8 \times \text{TA} - (1 - \text{HR}) (\text{TA} - 14,3) + 32$$

Donde TA es la temperatura media (°C) y HR es la humedad relativa.

- Según (Hahn, 1999), el ITH se calcula con la ecuación de:

$$\text{ITH} = 0,81 \times \text{TA} + \text{HR} \times (\text{TA} - 14,4) + 46,4$$

- Según (Valtorta; Gallardo, 1996), el ITH se calcula con la ecuación de:

$$\text{ITH} = (1,8 \times \text{TA} + 32) - [(0,55 - 0,55 \times \text{HR}/100) \times (1,8 \times \text{TA} - 26)].$$

- Según (Thom, 1956), el ITH se calcula con la fórmula de:

$$\text{ITH} = 0,8 \times \text{TA} + ((\text{humedad relativa del aire}/100) \times (\text{TA} - 14,3)) + 46,4$$

Las vacas expuestas a condiciones de ITH elevado no pueden equilibrar su temperatura corporal y mantenerla por debajo de los 39°C (Ghiano; Taverna, 2014).

Relacionando las mediciones fisiológicas con el ITH, se observó que la Temperatura rectal solo se incrementaba cuando el ITH era mayor a 80 y que la frecuencia respiratoria se incrementaba a partir de ITH 73 hasta valores mayores a 80 (Lemerle; Goddard,1986), citados por (Saravia, 2009). Esto sugiere que los Mecanismos homeostáticos (incluido el

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 53 de 77</b>

aumento de la frecuencia respiratoria) previenen el aumento de la temperatura rectal hasta que el ITH alcance valores de 80 (Saravia, 2009).

Según (Johnson, 1985; DuPreez *et al.*, 1990), la producción de leche no se ve afectada por el estrés térmico cuando los valores de ITH están entre 35 y 72. Sin embargo la producción de leche y el consumo de alimentos concentrados empiezan a disminuir cuando el ITH alcanza el valor de 72 (Armstrong, 1994; Silva *et al.*, 2002) y esos dos parámetros disminuyen drásticamente cuando la ITH alcanza valores a partir de 76 (Cerqueira *et al.*, 2016).

### **5.16 Medidas de mitigación**

Existe un conjunto de prácticas de manejo e instalaciones tendientes a limitar el impacto del estrés térmico como son:

1. Adaptar los horarios de ordeño. Especialmente si las instalaciones son deficientes y los tiempos de ordeño prolongados.
2. Evitar caminatas largas durante los momentos del día con mayor ITH (mayor estrés).
3. Manejar el pastoreo en los momentos con menor ITH diario, tardecita/noche.
4. Proporcionar agua de calidad en cantidades suficientes y en lugares estratégicos, que permitan un fácil, rápido y cómodo acceso a los animales (Taverna; Ghiano, 2012).
5. Sombra natural y/o artificial en corral de espera, potreros y lugares de encierro de animales. La finalidad de las mismas es disminuir la incidencia de la radiación solar directa sobre el ganado, para generarle un ambiente más confortable al animal. Estas estructuras, cuando están bien diseñadas, reducen entre un 40 y un

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 54 de 77</b>

50% la incidencia de calor radiante sobre los animales. Existen diferentes alternativas, desde móviles a fijas y de diferentes materiales. En ensayos desarrollados en INTA Rafaela permitieron un incremento de la producción de leche del 9% en comparación con vacas que no disponían de sombra durante las olas de calor (Taverna; Ghiano, 2012).

6. Implementar sistemas de ventilación y aspersión conjuntamente con sombra, cual permite disminuir la temperatura del establo entre 8 a 12°C (Cerqueira *et al.*, 2016).
7. Los sistemas agrosilvopastoriles cumplen una función importante ya que la sombra de árboles en pasturas está asociada a incrementos en la producción de leche y ganancia de peso entre el 13 y 28% (Murgueitio *et al.*, 2016).

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1 Materiales.**

#### **6.1.1 Ubicación geográfica.**

La presente investigación se realizó en el Centro de Estudios Agroambientales “La Esperanza” de la Universidad de Cundinamarca, ubicada en la vereda Guavio Bajo del municipio de Fusagasugá – Colombia, a su vez, ubicado en la región sur-oriental de la Provincia de Sumapaz. Limita de la siguiente forma: Al norte con la vereda Bóchica, al oriente con la vereda Batán, al sur con la vereda Santa Lucía y al occidente con el municipio de Arbeláez. El clima predominante es templado, oscila entre los 17 y 20 °C y se encuentra a una altura de 1550 msnm.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 55 de 77</b>

### **6.1.2 Población.**

El Centro de Estudios Agroambientales “La Esperanza” cuenta con 54 animales de diferente edad y estado fisiológico, en ellos novillos, terneros, productoras y un torete, predominando la raza BON, seguido de cruces Gyr x BON y un cruce Blonde aquitaine x BON.

### **6.1.3 Muestra.**

Se utilizaron 17 hembras adultas bovinas únicas puras de la raza Blanco Orejinegro (BON) con 533kg de peso aproximado y 60 meses de edad promedio, bajo condiciones normales de producción y alimentadas a base de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) bajo un modelo de pastoreo rotacional y, suplementadas, con alimento concentrado comercial y/o ensilaje dependiendo de la época del año.

### **6.1.4 Toma de datos.**

Como primera medida, se identificaron las 17 vacas a trabajar, con un lazo rojo en el cuello. Los animales fueron expuestos a las condiciones ambientales de la zona, sin sombra artificial o natural, con libre acceso al forraje y, para este experimento, no se les ofertó ningún suplemento. Contaron con agua a voluntad. Las vacas fueron llevadas al corral a las 7:30 am para dar inicio a la toma de datos ambientales matutinos. Posteriormente, sobre las 2:30 pm, ingresaban de nuevo a las instalaciones para la toma de datos vespertinos siendo éstos temperatura ambiental (TA°) y humedad relativa (HR%) con un termohigrometro digital; de igual manera, se procedió a la toma de variables fisiológicas de los animales, como frecuencia respiratoria (FR-rpm) por observación, temperatura corporal (TC-°C) con un termómetro infrarrojo digital y temperatura rectal (TR°C) con un termómetro convencional para ganadería. Los datos medioambientales se registraban matutinos a las 8:00, 9:00 y 10:00 am

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 56 de 77</b>

y vespertinos a las 15:00, 16:00 y 17:00 pm y los datos fisiológicos, se registraban matutinos a las 9:00am y vespertino a las 16:00pm. El proceso se realizó por 11 semanas dos veces a la semana (martes y jueves) (Ilustración 7)

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 57 de 77</b>

*Ilustración 7: Toma de dato de la investigación.*



Identificación de los animales estudio

Condiciones de potreros donde habitaban los animales expuestos



Llegada de los animales al corral (7:30 y 14:30), previo descanso del recorrido de potreros a corral para que los valores fisiológicos no fueran alterados.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 58 de 77</b>



Toma de TR°C, TC°C y FR rpm (8:00 y 15:00)



Traslado de los animales a los potreros sin sombra artificial o natural



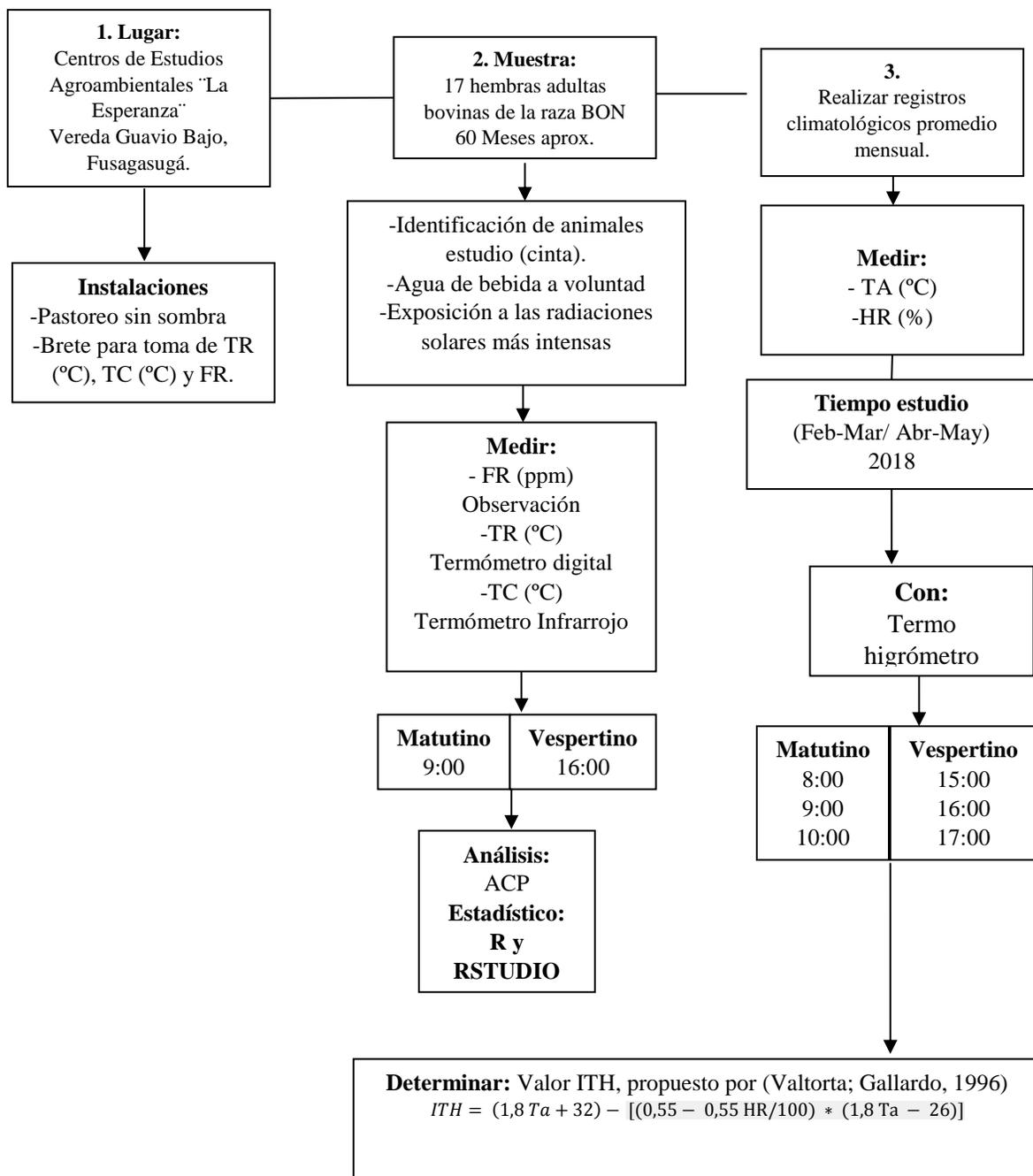
Toma de TA°C y HR%, matutinos (8:00, 9:00 y 10:00) y vespertinos (15:00, 16:00 y 17:00)



Registro de toma de datos fisiológicos y medioambientales

### 6.1.5 Técnicas o instrumentos para la recolección de datos.

*Ilustración 8: Técnicas o instrumentos para la recolección de datos.*



### **6.1.6 Infraestructura y Equipos.**

Para el registro de datos se utilizó el programa Office Excel® 2016. Adicional, para la toma de temperatura ambiental y humedad relativa se utilizó un termohigrómetro digital calibrado y certificado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC). Para la toma de temperatura rectal de los animales objeto de estudio se utilizó un termómetro convencional para ganadería y, para la toma de temperatura corporal, se utilizó un termómetro infrarrojo digital, marca B-Side® modelo GM300 con rango de temperatura de -50°C a 330°C y precisión de  $\pm 1,5^\circ\text{C}$ . La frecuencia respiratoria fue estimada por observación. La granja cuenta con corrales que disponen de 3 bretes en buen estado, lotes para pastoreo, con cercado eléctrico y cuenta con una extensión de 25.6 hectáreas (250.600m<sup>2</sup>) (Ilustración 8).

### **6.2 Método.**

Para determinar semejanzas entre la población se realizó, un análisis tipo ACP (Análisis de componentes principales), empleando el software estadístico R y RSTUDIO, con la función `prcomp` sobre la matriz de correlación. Las salidas graficas de los ACP se realizaron con la librería `factoextra`. Por otro lado, se realizó ANOVA de una vía, para cada variable fisiológica (Temperatura Rectal, Frecuencia Respiratoria y Temperatura Corporal), para evaluar si existen diferencias significativas entre los individuos y para las climáticas se realizó ANOVA de una vía usando como factor las semanas de estudio. Para los ANOVA se realizó pruebas de normalidad (Shapiro Wilk), independencia y varianza, donde se cumplieron los supuestos en todos los casos. Se realizó Student's t-Test para comparar si los valores de TC y TR eran diferentes y otro para comparar si los valores del ITH eran mayores a 75.

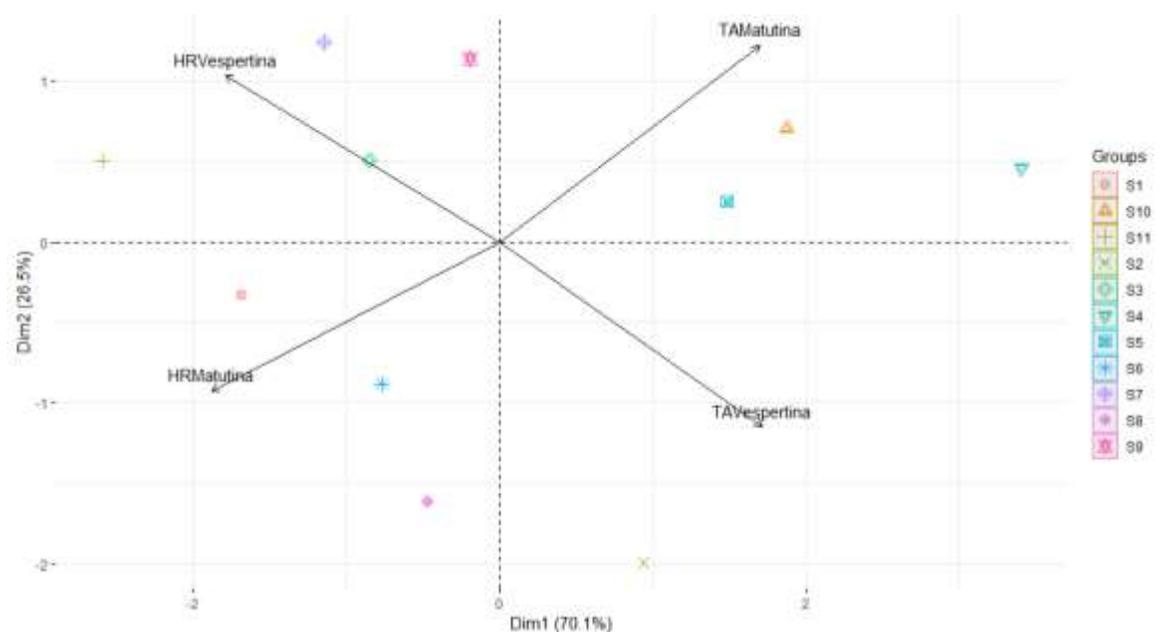
## **7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Autores como (Hernández. *et al*, 2007) (Leva. *et al*, 2008) (Saravia. *et al*, 2011) (Espinoza. *et al*, 2010) entre otros, utilizan variables climatológicas como temperatura ambiental (TA) y humedad relativa (HR) para hallar el índice de temperatura y humedad relativa (ITH), ya

que es el indicador más utilizado para monitorear si las condiciones ambientales resultan estresantes para los bovinos.

Las variables climáticas (TA Y HR) en las semanas de estudio se comportaron diferente ( $P < 2.2 \times 10^{-16}$ ), donde la semana 4 (13 y 15 de marzo) tuvo el mayor valor de TA y el menor valor de HR. Por el contrario, la semana 11 (8 y 10 de mayo) tuvo mayor humedad relativa (Ilustración 9).

**Ilustración 9:** Comportamiento de las variables climatológicas por semana.



El ecosistema donde se ubican los animales objeto de estudio se caracterizó por un periodo “lluvioso”, donde la TA promedio fue de 23°C, con una HR de 81%, comprendida entre los meses de abril a mayo y, un periodo “seco”, con una TA promedio de 23.4°C y una HR de 76%, comprendida entre los meses de febrero a marzo, evidenciando mínimas variaciones entre las variables (Tabla 3 y 4). De acuerdo a lo anterior, resulta de interés observar la estabilidad que presentaron las variables climáticas durante la fase experimental.

**Tabla 3:** Valores de temperatura ambiental durante la fase experimental en el Centro de Estudios Agroambientales "La Esperanza".

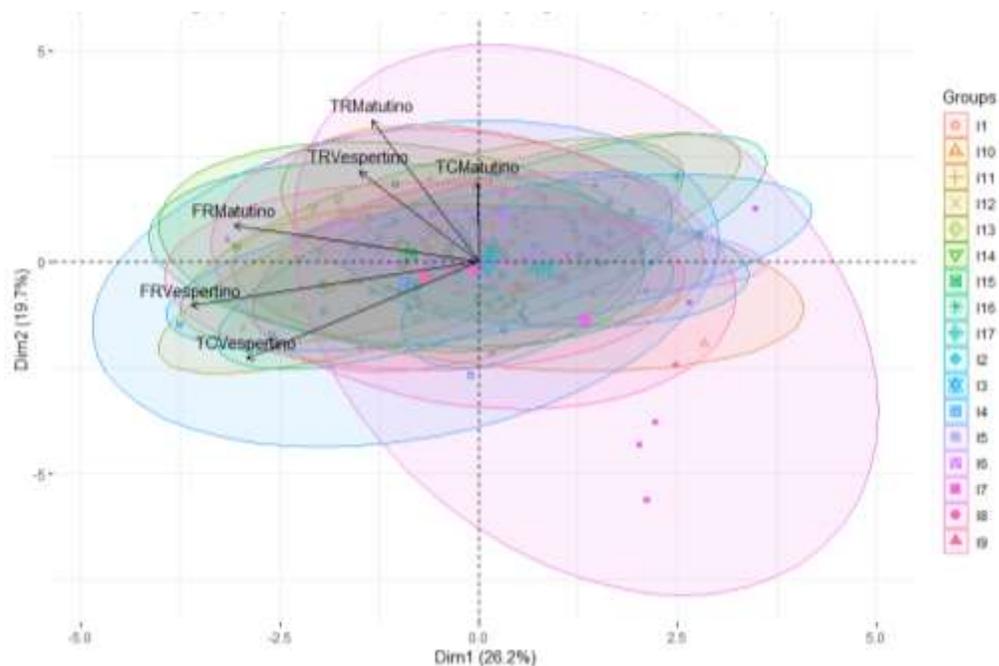
Mes	Días muestreados	Jornada						Promedios matutino	Promedios vespertino	Promedio matutino y vespertino	Promedio x mes
		Matutino (hora)			Vespertino (hora)						
		8:00	9:00	10:00	15:00	16:00	17:00				
<b>Febrero</b>	1	26,4	24,5	19,9	25,2	25,1	24,1	23,6	24,8	24,2	22,6
	2	17,9	16,9	16,9	22,1	22,7	20	17,2	21,6	19,4	
	3	22,3	21,7	22,2	27,8	25,6	25,8	22,1	26,4	24,2	
<b>Marzo</b>	1	21,1	19,5	19,5	21,1	19,5	19,5	20,0	26,1	23,1	24,2
	2	24,4	20,5	23,0	24,4	20,5	23,0	22,6	21,2	21,9	
	3	22,7	22,2	23,6	22,7	22,2	23,6	22,8	24,4	23,6	
	4	25,6	32,9	35,4	25,6	32,9	35,4	31,3	27,6	29,5	
	5	24,6	26,4	22,0	24,6	26,4	22,0	24,3	23,4	23,9	
	6	23,5	23,6	24,4	23,5	23,6	24,4	23,8	25,3	24,6	
	7	25,2	24,5	24,9	25,2	24,5	24,9	24,9	25,1	25,0	
	8	22,8	21,5	20,4	22,8	21,5	20,4	21,6	29,1	25,4	
	9	22,2	21,2	20,3	22,2	21,2	20,3	21,2	20,5	20,9	
<b>Abril</b>	1	21,5	19,3	21,9	25,1	25,0	26,4	20,9	25,5	23,2	23,2
	2	26,4	27,0	26,5	19,8	19,1	20,2	26,6	19,7	23,2	
	3	19,8	19,0	22,2	24,8	24,5	24,2	20,3	24,5	22,4	
	4	24,2	24,4	28,1	26,1	24,2	23,8	25,6	24,7	25,1	
	5	21,7	21,7	24,7	21,4	20,4	22,4	22,7	21,4	22,1	
<b>Mayo</b>	1	28,7	28,5	22,0	25,6	25,4	25,2	26,4	25,4	25,9	22,8
	2	23,0	19,7	20,8	20,5	20,5	19,0	21,2	20,0	20,6	
	3	19,4	18,7	19,3	24,1	24,5	24,6	19,1	24,4	21,8	

**Tabla 4:** Valores de humedad relativa durante la fase experimental en el Centro de Estudios Agroambientales "La Esperanza"

		Jornada									
		Matutino (hora)			Vespertino (hora)						
Mes	Días muestreados	8:00	9:00	10:00	15:00	16:00	17:00	Promedios matutino	Promedios vespertino	Promedio diario	Promedio x mes
<b>Febrero</b>	1	73%	69%	93%	66%	69%	75%	78%	70%	74%	79%
	2	99%	99%	99%	99%	90%	99%	99%	96%	98%	
	3	67%	71%	73%	54%	54%	69%	70%	59%	65%	
<b>Marzo</b>	1	83%	99%	99%	71%	63%	74%	94%	69%	82%	72%
	2	89%	87%	84%	85%	86%	88%	87%	86%	87%	
	3	82%	74%	66%	66%	63%	73%	74%	67%	71%	
	4	49%	30%	25%	44%	46%	50%	35%	47%	41%	
	5	53%	50%	75%	84%	84%	75%	59%	81%	70%	
	6	67%	74%	69%	72%	72%	70%	70%	71%	71%	
	7	60%	58%	58%	66%	63%	66%	59%	65%	62%	
	8	80%	93%	99%	61%	59%	57%	91%	59%	75%	
	9	89%	95%	99%	96%	94%	95%	94%	95%	95%	
<b>Abril</b>	1	86%	99%	84%	64%	76%	79%	90%	73%	81%	80%
	2	56%	50%	75%	99%	99%	99%	60%	99%	80%	
	3	94%	99%	81%	73%	72%	70%	91%	72%	82%	
	4	66%	65%	64%	61%	69%	72%	65%	67%	66%	
	5	81%	87%	79%	94%	99%	97%	82%	97%	90%	
<b>Mayo</b>	1	56%	50%	82%	65%	70%	75%	63%	70%	66%	81%
	2	75%	98%	98%	95%	95%	90%	90%	93%	92%	
	3	99%	99%	84%	80%	76%	76%	94%	77%	86%	

Para las variables fisiológicas, en las semanas de estudio, no hubo grupos entre los individuos (Ilustración 10). Como se observa en la ilustración, existen diferencias entre los individuos (TR matutina P:  $5,19e^{-09}$ , TR vespertina P: 0,0012, FRm P:  $2,75 e^{-09}$ , FRv P:  $1,20e^{-10}$ ), a pesar de esto, ningún individuo presenta estrés, ya que las variables fisiológicas se encuentran en el rango normal. El individuo 7 (BON 048), se comportó diferente a los demás, mostrando valores menores a los rangos en FR y TR ( $37.2^{\circ}\text{C}$ ), a pesar de que la TR está por debajo del rango normal, no existe un estrés por frío (hipotermia), ya que, la hipotermia accidental ocurre cuando la temperatura corporal central desciende de manera no intencionada, por debajo de  $35^{\circ}\text{C}$ , temperatura a la cual comienzan a ser ineficaces muchos de los mecanismos fisiológicos compensadores cuya función consiste en conservar el calor (Rodríguez Sánchez, 2010). En cambio, el individuo 4 (BON 171) mostro mayores valores para FR (32,9). Sin embargo, todos los individuos presentan valores que corresponden a los rangos normales de TR y FR en bovinos.

**Ilustración 10:** Comportamiento de las variables fisiológicas de los individuos.



Para el tipo de estrés que se presentó en la investigación, es importante esclarecer la manera en la que el ambiente influyó durante las once semanas de estudio sobre la TR y FR en las vacas BON. Asumiendo la validez de utilizar la FR para conocer el grado de estrés que sufre la población estudiada (Tabla 5).

**Tabla 5:** Tipo de estrés térmico matutino y vespertino de vacas BON en Guavio Bajo.

Tipo de estrés	Frecuencia presentación (%)	FR matutino (rpm)	FR vespertino (rpm)
Sin estrés <36rpm	100%	24 – 29	24 – 34
Estrés suave y moderado 36 – 60 rpm	0%	-	-
Estrés alto 61 – 90 rpm	0%	-	-

La asociación de las variables de respuesta a factores estresantes, permitió definir que el comportamiento de los animales es uniforme, al diferenciar un único grupo (Tabla 6)

**Tabla 6:** Asociación de la respuesta a variables fisiológicas de vacas BON durante la época de temperaturas en el Centro de Estudios Agroambientales "La Esperanza".

X +- D.S							
Grupos	% de la población estudiada	TR (°C)		FR (rpm)		TC (°C)	
		Matutino 8:00 – 10:00am	Vespertino 15:00 – 17:00pm	Matutino 8:00 – 10:00am	Vespertino 15:00 – 17:00pm	Matutino 8:00 – 10:00am	Vespertino 15:00 – 17:00pm
Sin estrés	100%	38.3 ± 0.9	38.7 ± 1.0	33.6 ± 3.4	34.0 ± 3.6	27.1 ± 7.2	29.4 ± 6.8

Una investigación similar, desarrollada en el trópico de México por (Hernández. *et al*, 2007), en donde trabajaron un rebaño de 100 vacas Criollo Lechero Tropical (CLT), obtuvo tres tipos distintos de respuesta al estrés por calor; 36 bovinos sin estrés con FR <36 rpm, 29 bovinos con estrés suave y moderado con FR 46 -60 rpm y 35 bovinos con estrés alto con FR 61 – 90 rpm. Estos datos demostraron que, bajo condiciones climáticas mexicanas, las vacas de la raza CLT no son un grupo homogéneo ante el estrés por calor.

En Uruguay (Saravia C, 2009) encontró que las respuestas fisiológicas (FR, TR) de las vacas de su investigación variaron en función de las condicionantes meteorológicas. En olas de calor severa la FR15:00 presentó valores promedio (70.2 r.p.m.) que indicaron que las vacas se encontraron en situación de estrés calórico medio. Esto provocó que la TR15:00 también alcanzara valores mayores en olas de calor severa (39.8° C), indicando las dificultades para mantener la temperatura corporal en condicionantes más extremas. Sin embargo, es de destacar que en todas las condicionantes meteorológicas, tanto la FR15:00 como la TR15:00 se encontraron por encima del límite de normotermia.

Para determinar el valor de ITH por semana y momento del día, se utilizó la fórmula de acuerdo a lo propuesto por Valtorta y Gallardo (1996).

$$ITH = (1,8 Ta + 32) - [(0,55 - 0,55 HR/100) * (1,8 Ta - 26)]$$

El valor de ITH obtenido en la fórmula se considera como la intensidad de las condiciones de estrés por calor a la que se encuentra expuesta la población, el ITH calculado para la zona estudio (Tabla 7), es el adecuado para la población. Ya que se obtuvieron valores < 75, lo que indica que no hay presencia de estrés térmico.

**Tabla 7:** ITH en el Centro de Estudios Agroambientales "La Esperanza" en el tiempo estudio.

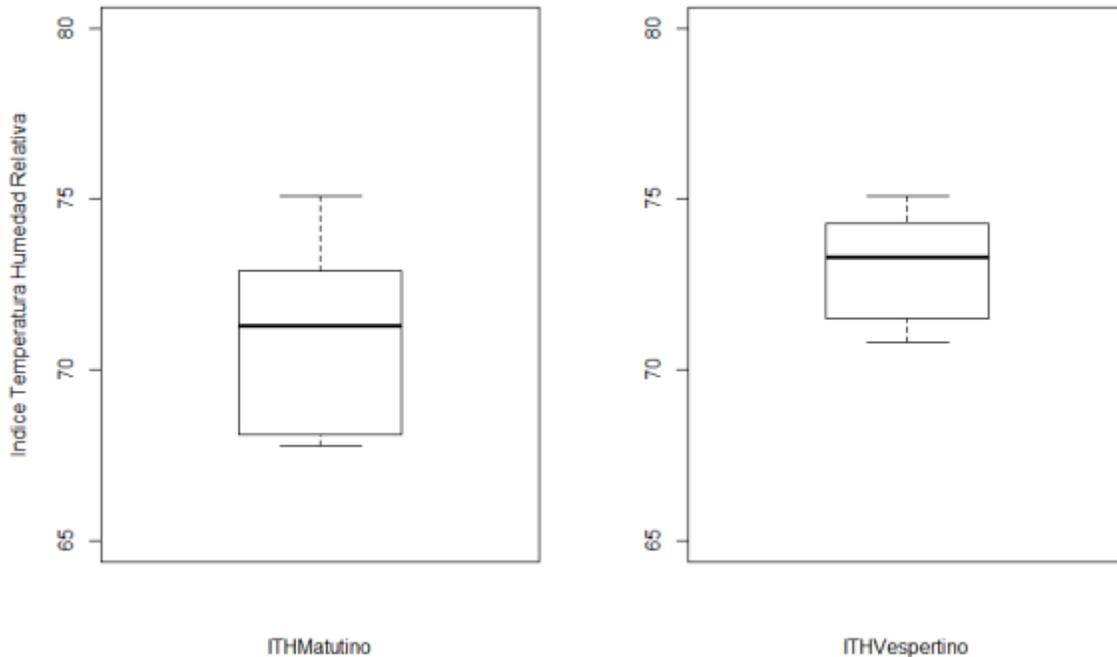
<b>ITH del Centro de Estudios Agroambientales "La Esperanza"</b>		
<b>Semana</b>	<b>Matutina</b>	<b>Vespertina</b>
<b>1</b>	68,079	72,286
<b>2</b>	68,712	75,086
<b>3</b>	71,306	71,176
<b>4</b>	75,053	73,941
<b>5</b>	72,332	73,920
<b>6</b>	70,003	74,282
<b>7</b>	72,412	71,549
<b>8</b>	68,090	73,279
<b>9</b>	72,914	71,956
<b>10</b>	75,101	74,466
<b>11</b>	67,827	70,833

A medida que el ITH aumenta, las variables fisiológicas de los bovinos también aumentan. Para corroborar que los datos del ITH no superaban el valor de 75 para estrés, como se observa en la tabla, se realizó una prueba de hipótesis de una cola, el cual, arrojó un valor  $P = 1$ , ratificando ITH no mayor a 75.

En México (Correa Calderón. *et al*, 2002), en su investigación obtuvieron un ITH promedio por semana entre 80 y 89, el cual lo consideraron como estrés calórico moderado, lo anterior indicó que las vacas ganaron más calor del ambiente del que pudieron perder, ya que estuvieron expuestas a un estrés térmico superior a 72, el cual es el valor crítico donde el estrés calórico empieza afectar a los bovinos lecheros.

En el norte de Portugal (Cerqueira. *et al*, 2016), en su investigación encontraron una correlación alta entre la FR, TR y ambas con el ITH, por lo que estos indicadores fisiológicos, resultaron ser excelentes predictores de estrés térmico. Los animales expuestos a ITH superiores a 78 en el estudio, sufrieron una pérdida de producción de leche de 1.8 kg/vaca/día, teniendo en cuenta, que el ITH crítico para bovinos de leche es  $>72$ .

**Ilustración 11:** Comparación ITH matutino y vespertino del Centro de Estudios Agroambientales "La Esperanza".



Para saber si hay diferencias significativas entre ITH matutino y vespertino de la investigación, se realizó una prueba de hipótesis, el cual, arrojó que hay diferencias ( $P < 2.2 \times 10^{-16}$ ). Sin embargo, a pesar de que existan dichas diferencias no se evidencia estrés alguno, según la literatura, ya que un ITH  $> 75$  en ganado doble utilidad y de carne aumenta la tasa de respiración por minuto y la temperatura rectal de las vacas se elevará por encima del rango normal.

Para horas de la mañana el valor de ITH máximo fue de 75.10 y mínimo de 67.80 donde la relación de la TA y HR matutino variaron más a comparación de vespertino, con un ITH promedio de 71.08. En la tarde las variables de TA y HR no variaron tanto, con un valor máximo de 75.10 y mínimo de 70.80 con un ITH promedio de 72.98 (Ilustración 11).

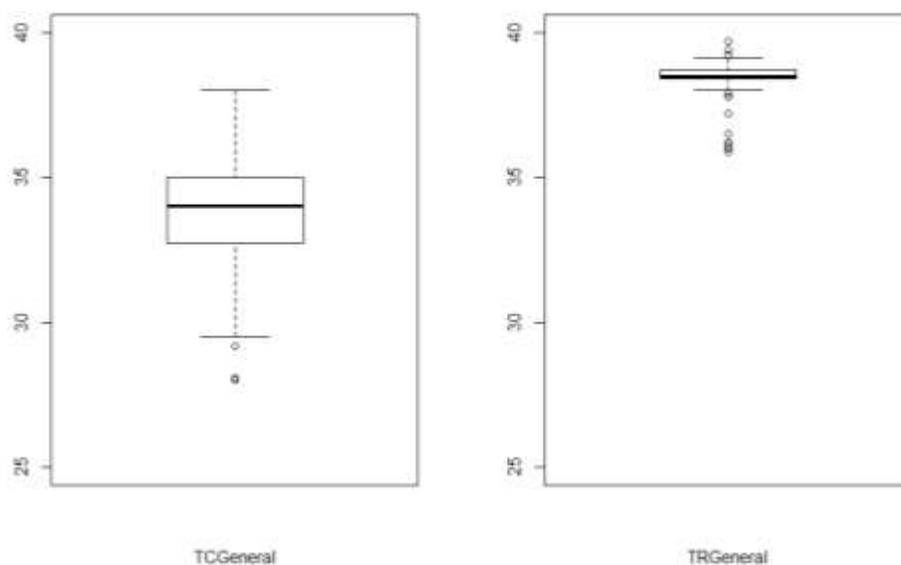
En el norte de Portugal (Cerqueira. *et al*, 2016) en su investigación, durante los periodos del día el valor más alto del ITH fue entre (12 y 16 h), esto coincide con los resultados obtenidos en este estudio, donde los valores de ITH vespertino tuvieron valores más altos que el ITH matutino, de igual manera coincide con el estudio de (Hernández. *et al*, 2007) realizado en el estado de Veracruz, México, donde resulto notable las diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) del valor de ITH entre las lecturas matutinas y vespertinas, registradas en los ranchos los días de mayor calor.

Para el presente trabajo, es importante aclarar que la TC corresponde a la medida en °C tomada con el termómetro infrarrojo en los costados laterales de los animales utilizados en el experimento (Ilustración 12).

Varios autores como (Garlaza Aguirre & Gutiérrez Muela, 2015), (Alzina López. *et al*, 2001) y (Bodisco. *et al*, 1973), toman los datos de temperatura corporal para sus investigaciones vía rectal con un termómetro digital o clínico veterinario por un minuto, tomando un rango entre 38.5 a 39 °C para los primeros autores y 38 a 39.5°C (10-13) para los siguientes, haciendo referencia en algunas partes de su investigación que la temperatura rectal es la misma temperatura corporal.

Sin embargo, todos los autores coinciden en que todos los vacunos, sufren una subida de su temperatura corporal o rectal a consecuencia del aumento del calor ambiental, sobre todo si este último es acompañado por una alta humedad relativa, de igual manera coinciden en que el incremento de la temperatura corporal no es igual entre distintas razas o animales dentro de la misma raza, ya que, algunos animales toleran el calor mejor que otros.

*Ilustración 12: Comparación de Temperatura Corporal y Temperatura Rectal.*



Para la investigación, se realizó un Student's t-Test para dos muestras (TR y TC), el cual arrojó un valor de  $P < 2.2 \times 10^{-16}$  lo que atribuye que, sí hay diferencias significativas entre las dos variables, una tomada con termómetro ganadero y otro con un termómetro infrarrojo. Donde la TR promedio es mayor a la TC por 4.68 °C.

Esto es evidente ya que la TC depende de muchos factores que hacen variar los resultados, no es lo mismo apuntar el infrarrojo a un animal que está bajo sombra que a uno que esta sin sombra o no es lo mismo disparar el infrarrojo en zonas del cuerpo que tienen menos irrigación sanguínea o menos exposición a los rayos del sol.

## 8. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos del estudio se concluye que los bovinos de la raza BON del Centro de Estudios Agroambientales "La Esperanza" de la Universidad de Cundinamarca, son un grupo homogéneo en su respuesta ante el estrés por calor, debido a que no presentaron diferencias significativas en las variables fisiológicas TR-FR.

Este estudio permite establecer criterios para futuros programas de selección genética de la raza BON, así como la importancia de trabajar en el confort del animal para que mejore su productividad y beneficios.

Las condiciones climáticas del Centro de Estudios Agroambientales "La Esperanza" son las adecuadas para la raza criolla BON, debido a que no se vio afectado por el índice de temperatura y humedad relativa (ITH <75).

Algunos autores señalan que la TR corresponde a la TC. Sin embargo, es necesario aclarar que la TR corresponde al incremento de la misma por contracciones musculares, la asimilación de los alimentos, los procesos metabólicos, entre otros y, la TC, corresponde al aumento o disminución en grados centígrados de la temperatura de la superficie de la piel de acuerdo a las condiciones climatológicas del día e irrigación sanguínea del cuerpo (partes más irrigadas, presentan mayor aumento de temperatura).

El ITH no es el único indicador para determinar niveles de estrés en bovinos. Existen indicadores hormonales (cortisol), que pueden incluso determinar de manera más precisa el nivel de estrés, sin embargo, este método representa un alto costo para el productor y por tanto no es viable en los modelos ganaderos propios de nuestra región.

Las inversiones en instalaciones para reducir el estrés calórico tienen un corto periodo de repago y una vida útil prolongada y son adaptables a cualquier producción.

## **9. RECOMENDACIONES**

Ejecutar estudios similares al presente trabajo en diferentes épocas del año para corroborar la resistencia del estrés térmico de esta raza criolla.

Realizar pruebas con la raza estudiada en diferentes escenarios cuyas variables climatológicas puedan ser consideradas como factores estresantes.

A pesar de que los animales no presentaron estrés en el medioambiente en el que habitan, se recomienda generar opciones para mejorar el bienestar y confort de los mismos.

Se recomienda la adquisición de una estación meteorológica, que permita tener acceso ilimitado a las diferentes variables climáticas, con el fin de impulsar y facilitar futuras investigaciones en el Centro de Estudios Agroambientales "La Esperanza".

## 10. REFERENCIAS

1. Alende., M. (2011). Bienestar Animal y reducción del estrés en el feedlot. Argentina.
2. Alzina Lopéz, A., Farfán Escalante, J., Valencia Heredia, E., & Yokoyama Kano, J. (2001). Condición ambiental y su efecto en la temperatura rectal y frecuencia respiratoria en bovinos cruzados (Bos taurus x Bos indicus) del estado de Yucatán, México. Yucatán, Mexico. .
3. Angel, J. (2016). *TvAgro*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=jc9Mfm1321U>
4. Antillón Ruiz, J., Barceló Fimbres, M., Anchondo Garay, A., & Rodriguez Almeida, F. (2012). Incidencia de estrés calórico y su impacto en la fertilidad en un establo lechero. . Jiménez, Chihuahua.
5. Araúz, E., 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.*
6. Arias, R., Mader , T., & Escobar, P. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Valdivia, Chile.

7. Armendano, J. (2016). *¿Cuándo se generan condiciones de estrés por calor en bovinos para carne?* Obtenido de <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/cuando-generan-condiciones-estres-t32928.htm>
8. Arraño, C., Báez, A., Flor, E., Whay, H., & Tadich, N. (2007). Estudio preliminar del uso de un protocolo para evaluar el bienestar de vacas lecheras usando observaciones basadas en el animal. Valdivia, Chile.
9. Bañuelos Valenzuela, Rómulo, Sánchez Rodríguez, & H, S. (2005). La proteína de estrés calorico Hsp70 funciona como un indicador de adaptacion de los bovinos a las zonas áridas. México.
10. Barrera, G. (2011). Constantes fisiologicas del ganado bovino del C.B.T.A. Cuajinicuilapa.
11. Bartaburu, D. (2001.). *La vaca lechera en el verano: Sombra, agua y manejo.* .
12. Bedoya, G., Bermúdez, N., Ossa, J., Carvajal, L., Ruiz, A., Moreno, F., . . . Derr, J. (2001). Estructura molecular y poblacional del ganado criollo Colombiano (GCC).
13. Bianca, W. (1972). Termorregulación. In *Adaptación de los animales de granja.* México. .
14. Bodisco, V., Mnrique, U., Valle, A., & Cevallos, E. (1973). Tolerancia al calor y humedad atmosferica de vacas holstein, pardo suizas y guernsey. Maracay, Venezuela. .
15. Bottaro Morosetti, C. (2009). Aplicabilidad del protocolo Welfare Quality® para medir bienestar animal en crianzas de sistemas de produccion de bovinos de leche nacionales. Santiago de chile., Chile.
16. Broom, D. (2011). Conferencia magistral. Animal welfare: concepts, study methods and indicators. Medellin., Colombia.
17. Callejo Ramos, A. (2013). El confort del ganado lechero en épocas de calor. Manejo del estrés térmico. España.
18. Cañas A, J., Ramirez T, J., Arboleda A, O., Ochoa S, J., Vergara G, O., & Cerón-Muñoz, M. (2008). Estimación de parámetros genéticos para peso al destete en ganado blanco orejinegro (BON) en el Noroccidente Colombiano. Córdoba.
19. Castaño, F., Rugeles P, C., Betancur H, C., & Ramirez López, C. (2014). *Impacto del estrés calórico sobre la actividad reproductiva en bovinos y consideraciones para mitigar sus efectos sobre la reproducción.* .
20. 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 fisiologicos.

21. *CONtexto Ganadero. Una lectura rural de la realidad colombiana.* (26 de Febrero de 2014). Obtenido de <http://www.contextoganadero.com/internacional/razas-criollas-en-riesgo-de-extincion-y-sin-plan-de-emergencia>
22. Correa Calderón, A., Avedaño Reyes, L., Rubio Villanueva, A., V. Armstrong, D., Smith, J., & De Nise, S. (2002). Efecto de un sistema de enfriamiento en la productividad de las vacas lecheras bajo estrés calórico. Texcoco, México.
23. Correal, G. (2011). El ganado criollo colombiano Blanco Orejinegro (BON).
24. Cross, B., Olfert, E., & McWilliam, A. (1998). Las necesidades sociales y comportamentales de los animales de experimentación. En C. C. Animales. 2da Edición.
25. de la Sota, M. (2004). Manual de procedimientos en Bienestar Animal. Buenos Aires.
26. Espinoza, J., Ortega, R., Palacios, A., & Guillén, A. (2010). Tolerancia al calor y humedad atmosférica de diferentes grupos raciales de ganado bovino. México,.
27. Garlaza Aguirre, R., & Gutiérrez Muela, F. (2015). Relación entre la temperatura corporal postparto y el comportamiento reproductivo en vacas lecheras en Zamorano, Honduras. . Zamorano.
28. Ghiano, J., & Taverna, M. (2014). Manejo del estrés calórico. . Argentina.
29. Gonzalez Espinoza, F. E., Linares mancián, L., & Mendoza Vaquerano, E. A. (2016). *Evaluación del efecto de un sistema de enfriamiento sobre parámetros fisiológicos y productivos en ganado lechero de la zona costera paracentral de El Salvador.* San Salvador.
30. González Páez, J. (2008). El estrés calórico en los bovinos. Colombia.
31. Gonzalez, K. (2017). *Influencia climática sobre el confort animal.* .
32. Henao, D., Carrillo, L., & Olivera-Angel, M. (2004). Comportamiento durante el calor y dinámica folicular interestral en vacas BON (Blanco Orejinegro). Medellín, Colombia. .
33. Hernández., A., Cervantes, P., Tejeda, García, R., Gallardo, Gallardo, F., & Álvarez, J. (2007). Respuesta al estrés por calor en la vaca criollo lechero tropical bajo un sistema de doble propósito en México. . La Habana.
34. Herrera Farfan, C. (2011). Indicadores Fisiológicos de estrés en Ganadería Bovina. Huila, Colombia. .
35. Iriarte Mora, Y. (2 de Septiembre de 2010). *Climatología en Colombia.* Obtenido de Eduteka: <http://eduteka.icesi.edu.co/proyectos.php/1/2602>
36. Jiménez Galán, L. (2009). *Dossier: estrés por calor en vacas de leche.* .

37. Leva, P., Garcia, M., Rodriguez, R., & Valtorta, S. (2008). Olas de calor y entregas diarias de leche en tambos de la cuenca lechera central Argentina. Buenos Aires.
38. Lima cerqueira, J., Araujo, J., & Clanco Penedo, I. (2014). *Estrés termico en explotaciones de ganado vacuno: Detección precoz y posibles soluciones.* .
39. Liz Escobar, L. (2014). Estudio Genealogico del Ganado Blanco Orejinegro (BON).
40. Lizarzaburu Castagnino, R. (2018). Estrés calórico en vacas lecheras: Una lógica diferente. (Parte I).
41. Lopéz, A., Saldarriaga, O., Arango, A., Rugeles, M., Zuluaga, F., Olivera, M., . . . Ossa, J. (2001). Ganado blanco orejinegro (BON) Una alternativa para la producción en Colombia. .
42. Molina Benavides, R., Silva Aguilar, F., Perilla Duque, S., & Sánchez Guerrero, H. (2015). Caracterización del ambiente térmico para la actividad ganadera bovina en el Valle del Cauca, Colombia. . Palmira, Colombia. .
43. Murgueitio R, E., D Chará, J., J Solarte, A., Uribe, F., Zapata , C., & E Rivera, J. (2016). Agroforestería Pecuaria y Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. Colombia.
44. Navas Panadero , A. (2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical.
45. Odeón, M., & Romera, S. (2017). Estrés en ganado: causas y consecuencias.
46. Ordoñez, E. (15 de Marzo de 2016). *Climatología en Colombia*. Obtenido de <http://edwardordonezgeografia.blogspot.com/2016/03/climatologia-colombiana.html>
47. Oyhanart, L., Insaugarat, J., & Yurno, O. (2017). Estrés térmico en bovinos de carne. . Tandil, Buenos Aires.
48. Piedrahíta, A., Posso, A., Muñoz, J., & Álvarez, L. (2007). Viabilidad genética de Harton del Valle mediante RAM. . Palmira, Valle del Cauca, Colombia. .
49. Primo, A. (1992). El ganado bovino iberico en las americas: 500 años después. Brasil. .
50. Ramos Callejo, A. (2013). *El confort del ganado lechero en épocas de calor. Manejo del estrés térmico.*
51. Roca Cedeño, A. (2011). Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revision en tiempo de cambio climatico. .
52. Rodas, J., Arboleda, J., Zuluaga, F., Trujillo, L., Henao, G., Gutiérrez, N., . . . Ossa, J. (1996). Evaluación del tratamiento del semen bovino con anticuerpos específicos contra la Rinotraqueitis Infecciosa Bovina (RIB) . Medellin, Colombia. .

53. Rodríguez Sánchez, A. (2010). Causas de mortandad en animales por hipotermia. . Paraguay. .
54. Romero Castro., D., & Galvis Rojas., W. (2015). Viabilidad de la implementación de fajas para la estabilización de taludes en Colombia período. Año 2015. Bogotá, Colombia.
55. Saravia, C. (2009). Efecto del estrés calórico sobre las respuestas fisiológicas y productivas de vacas Holando y Jersey. Uruguay.
56. Saravia, C., Astigarraga, L., Van Lier, E., & Bentancur, O. (2011). Impacto de las olas de calor en las vacas lecheras en Salto (Uruguay). Salto, Uruguay.
57. Suárez, E., Reza, S., Díaz, E., García, F., Pastrana, I., Cuadrado, H., & Espinosa, M. (2012). Efectos de las condiciones ambientales sobre el comportamiento ingestivo en bovinos de carne en un sistema intensivo en el Valle del Sinú. .
58. Tadich, N. (Junio de 2006). Conferencia Magistral. Bienestar animal en bovinos lecheros. Valdivia, Chile.
59. Tewolde, A. (2007). Los Criollos bovinos y los sistemas de producción animal en los trópicos de América Latina. Victoria, Tamaulipas, México.
60. Thom, E. (1959). The discomfort index.
61. Thorpe, W. (1965). The assessment of pain and distress in animals. Londres., Inglaterra.
62. Vélez Marín, M., & Uribe Velásquez, L. (2010). ¿Cómo afecta el estrés calórico la reproducción?