

Behavioral biomarker of bovines of the dual purpose system

Biomarcadores conductuales de bovinos del sistema doble propósito

Juan Parra Herrera¹ M.Sc, Marcelo Del Campo Rojas^{2*} Ph.D, Gloria Estrada E³ Ph.D, Marco González Tous⁴ M.Sc.

¹Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Universidad de la Amazonia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Florencia, Colombia. ²Investigador independiente. Parcela N.6, Molco, Villarrica, Temuco, Chile. ³Bioética. Universidad del Bosque. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Bogotá, Colombia. ⁴Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Instituto de Investigaciones Biológicas del Trópico, Montería, Colombia. *Correspondencia: mrdelcampo@yahoo.es

Received: March 2016; Accepted: November 2016.

ABSTRACT

The importance of behavioral and physiological biomarkers and their effects on the dairy production of dual purpose cattle was evaluated through the collection and analysis of the primary information. The database maintained by the University of the Amazon, the National University of Colombia, and SCIELO, was analyzed using the keywords: animal welfare, ethology and bovine behavior. It was observed that the activities to which the cows are subjected in dairy production lead to an inevitable stress for the animal due to the conditions of the system, negatively affecting the production, specifically the quantity and quality of milk produced (Total solids, fats and proteins). Greater knowledge regarding animal welfare will contribute to a better understanding of the behavior of dual purpose cattle in dairy production, subject to different management conditions. In this sense, ethology becomes a powerful tool that helps to understand how these animals perceive their environment.

Keywords: Animal behavior, bovines, biomarkers (*Source: CAB*).

RESUMEN

Se evaluó a través de la recopilación y análisis de la información primaria, la importancia de los biomarcadores conductuales, fisiológicos y sus efectos en la producción lechera de bovinos doble propósito. Se analizó la base de datos que mantiene la Universidad de la Amazonia, la Universidad Nacional de Colombia, y SCIELO, usando las palabras clave: bienestar animal, etología y comportamiento bovino. Se observó que las actividades a las que son sometidas las vacas en producción lechera conllevan un estrés inevitable para el animal debido a las condiciones mismas del sistema, afectando negativamente la producción, específicamente la cantidad y calidad de leche producida (Sólidos totales, grasas y proteínas). Un mayor conocimiento en lo que se refiere a bienestar animal contribuirá al mejor entendimiento de la conducta del ganado doble propósito en producción lechera, sometido a diferentes condiciones de manejo. En este sentido la etología se convierte en una herramienta poderosa que ayuda a comprender cómo perciben estos animales su entorno.

Palabras clave: Biomarcadores, bovinos, comportamiento animal (*Fuente: CAB*).

INTRODUCCIÓN

For the past decades, animal welfare (BA) within production systems has become particularly important in cattle. This is mainly due to the pressure exerted by consumers who, more and more frequently, consider that the quality of the product is not only determined by the nature and safety of the product, but also by the welfare conditions of the animal prior and during sacrifice (1-4).

Colombia has not been oblivious to the problem, and a process of modernization of legislation related to animal protection has begun since 2007, which includes animal welfare component (BA) in cattle management. Consistent with this process in Law 1774 of 2016, which states that animals intended for production should be guaranteed protection. Also, it states that many techniques of the livestock sector must change, in order to reach optimal levels of animal welfare and to consider them as sentient beings that they are (5).

However, the diagnosis made by the National Council of Economic and Social Policy during 2010 established that the links that integrate the management and production of bovine meat and milk in Colombia have limitations that affect the quality, safety and BA. The environment and the type of system in which the production takes place, trigger the violation of well-being, which reflects in the low zootechnical parameters due to rigorous weather such as the one in the tropics, especially the low tropics.

The BA evaluation is then necessary due to two main reasons; The first one, inherent in the animal itself and refers to obtaining optimal standards of well-being, resulting in better and higher production, and the second, inherent in the modern consumer market that requires ethical aspects such as humane treatment for animals. It is reasonable to expect that producers in importing countries, where quality assurance systems already exist to provide for strict regulations on animal welfare, will require meat and milk producers to submit to the same standards as their countries have.

Parallel to this, the advance in ethology, besides describing the natural behavior of the species, identifies how animals perceive their environment. This has made it possible to work on the application of knowledge on animal behavior both in the design of facilities and in the development of strategies to improve animal production (5).

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas el bienestar animal (BA) al interior de los sistemas de producción ha cobrado particular importancia en las explotaciones bovinas. Esto se debe principalmente a la presión ejercida por los consumidores quienes con más frecuencia y número consideran que la calidad del producto no sólo está determinada por la naturaleza e inocuidad del mismo, sino también por las condiciones de bienestar que haya tenido el animal previo y durante su sacrificio (1-4).

Colombia no ha quedado ajena a la problemática y se inicia un proceso de modernización de la legislación relacionada con la protección animal a partir del año 2007, integrando el componente de bienestar animal (BA) en el manejo bovino. Coherente con este proceso en la ley 1774 de 2016, donde se indica que los animales que están destinados a producción se les debe garantizar protección. Asimismo, se indica cambiar muchas técnicas del sector pecuario con la finalidad de alcanzar niveles óptimos de bienestar animal y considerarlos como seres sintientes que son (5).

Sin embargo, el diagnóstico realizado por el Consejo Nacional de Política Económica y Social durante el año 2010, estableció que los eslabones integrados por el manejo y la producción de carne y leche bovina en Colombia, tienen limitaciones que afectan la calidad, la inocuidad y el BA. El ambiente y el tipo de sistema en que se desarrolla la producción, desencadenan la vulneración del bienestar, reflejado en los bajos parámetros zootécnicos debido a climas rigurosos como los del trópico, especialmente el bajo.

La evaluación del BA se hace entonces necesaria debido a dos razones fundamentales; la primera, inherente al animal mismo y que se refiere a obtener óptimos estándares de bienestar, que redundaran en mejores y más altas producciones, y la segunda, inherente al mercado del consumidor moderno que exige aspectos éticos, como es el trato humanitario para los animales. Es lógico esperar que los productores de los países importadores, donde ya existen sistemas de aseguramiento de calidad que contemplan regulaciones estrictas sobre el bienestar animal, exigirán a los productores de carne y leche someterse a los mismos estándares que sus países tienen.

Paralelo a ello, el avance de la etología, además de describir el comportamiento natural de la especie, logra identificar cómo perciben los animales su entorno. Con ello ha sido posible trabajar en la aplicación del conocimiento sobre la conducta animal tanto, en el diseño

The objectives of this work was to evaluate, through the collection and analysis of primary information, the importance of behavioral and physiological bioindicators, and to observe their effects on dairy production in dual purpose cattle in Colombia.

Concept of Animal Welfare

For Estrada-Cely (2) and Broom (1), "*animal welfare can be defined as the specific condition of a specimen trying to adapt to a particular environment; Such adaptability acquires such importance that it may even limit their survival.*" According to the *World Society Protection Animal* and the World Organization for Animal Health (OIE, 2008), it can also be defined in terms of the physical, mental and natural state of an animal. These three aspects of animal status should be considered when determining their welfare. That is, a change in well-being causes a change in the physical and psychological state of the individual, which could eventually trigger behavioral change (6-8).

Since it is a question of assessing animal welfare, and there is no established method as such, some researchers have suggested that its application requires knowledge about the health, production parameters and typical behavior of the species, in addition to the investigation about the internal state of the animal, which cannot be measured directly. Therefore, welfare should be studied using what are called indicators or biomarkers that are a reflection of well-being (1,3), among which we can highlight:

- Degree of expression of preferred behaviors
- Variety of normal behaviors
- Degree of aversion behaviors
- Behavioral pathologies
- Physiological mechanisms to cope with the environment
- Stress

Behavioral Indicators. According to Mota et al (9) bioindicators may be grouped in the following categories:

- Behavior changes directly related to stress response.
- Changes in rest position and in the normal movement sequence when lying down or standing up. These changes usually result from pathologies such as lameness, lack of space or inadequate design of facilities.

Behavioral pathologies: They refer to those behaviors outside the behavioral repertoire of cattle; Among these stereotypies (repetitive

de instalaciones como en el planteamiento de estrategias encaminadas a mejorar la producción animal (5).

El objetivo de este trabajo fue evaluar, a través de la recopilación y análisis de la información primaria, la importancia de los bioindicadores conductuales, fisiológicos y observar sus efectos en la producción lechera en el ganado doble propósito en Colombia.

Concepto de bienestar animal

Para Estrada-Cely (2) y Broom (1), "*el bienestar animal se puede definir como la condición puntual de un espécimen que intenta adaptarse a un medio particular; dicha capacidad de adaptación adquiere tal importancia, que puede incluso limitar su sobrevivencia*". Según la *World Society Protection Animal* y la Organización Mundial de la Salud Animal (OIE, 2008), también se puede definir en términos del estado físico, mental y natural de un animal. Los tres aspectos del estado del animal deben ser considerados cuando se determine su bienestar. Es decir, un cambio en el bienestar causa un cambio en el estado físico y psicológico del individuo, lo que desencadenaría, finalmente un cambio comportamental (6-8).

Como se trata de evaluar el bienestar animal, y no hay un método establecido como tal, algunos investigadores han sugerido que su aplicación requiere del conocimiento de la salud, los parámetros productivos y comportamiento típico de la especie. Se agrega a esto, la investigación acerca del estado interno del animal, que no puede medirse de forma directa. Por lo tanto, el bienestar debe estudiarse utilizando lo que se denomina indicadores o biomarcadores que son un reflejo del bienestar (1,3), entre los que se destacan:

- Grado de expresión de conductas preferidas
- Variedad de conductas normales
- Grado de conductas de aversión
- Patologías conductuales
- Mecanismos fisiológicos para afrontar el ambiente
- Estrés

Indicadores de comportamiento. Según Mota et al (9) los bioindicadores pueden agruparse en las siguientes categorías:

- Cambios de conducta relacionados directamente con la respuesta de estrés.
- Cambios en la postura de descanso y en la secuencia normal de movimientos al echarse o levantarse. Estos cambios suelen ser consecuencia de patologías como cojeras, falta de espacio o inadecuado diseño de instalaciones.

movements), restricted behaviors, exaggerated reactivity, inactivity or lack of response to the environment are mentioned.

Bottaro-Morosetti (10) reports the following abnormal behaviors in the milking parlor: Playing or rolling the tongue, licking the substrate and sucking on another animal. 2) Bar-biting: animal resting its teeth around a bar and moving the head back and forth. Tongue-rolling: animal moving the tongue, pretending to wrap a handful of pasture and winding in the direction of the open pharynx repeatedly. 3) Agonists: pitching, chasing, rising, quarrel. 4) Cohesive: social licking, charging and 5) Rare behaviors: romping, riding, falling.

Animal welfare and behavior: Behavioral changes are a good indicator to identify an animal's state of wellbeing (5). Research has shown that sick cows follow a different behavioral pattern, such as stereotypies, anorexia, lethargy, decreased exploratory, reproductive activity, water consumption, grooming, and other social and nutritional behaviors, may indicate that the animal is not in good condition (11).

When changes are observed in cattle consumption dynamics such as grazing time and rumination, it is possible to predict diseases that are closely related to food supply or to caloric stress conditions, which affect cows (12,13).

Bovine Behavior

To identify the behavior of an animal, it is necessary to know its main advantages and disadvantages, from the physiological and anatomical point of view. In the case of cattle, it must be considered, that they are gregarious animals with a high tendency to the mimic allele, general herbivores, hierarchical (dominant - leaders - subordinates), with high paternal care. They are also learning beings by imitation and experience who live from 22 to 25 years; Ungulates of great weight, that walk slowly, always placing their posterior member in the same place in which the previous one was placed (5,6,11).

According to Suarez (13), grazing takes 6 to 11 hours a day and occurs in two periods, one at dawn and the other at dusk. As for the rumination time, it has been observed that the adult animals devote approximately 8h per day with variations between 4 and 9h, divided in 15 to 20 periods (13). This time is the sum

Patologías conductuales: Que se refieren a aquellas conductas fuera del repertorio de comportamiento de los bovinos; entre estas se mencionan, estereotipias (movimientos repetitivos), conductas restringidas, reactividad exagerada, inactividad o falta de respuesta al ambiente.

Bottaro-Morosetti (10) reporta las siguientes conductas anormales en la sala de ordeño: Jugar o enrollar la lengua, lengüetear el sustrato y succionar a otro animal. 2) Bar-biting: animal apoyando sus dientes alrededor de una barra y moviendo la cabeza hacia atrás y adelante. Tongue-rolling: animal moviendo la lengua, simulando envolver un puñado de pastura y que enrolla en dirección a la faringe abierta para luego repetir el movimiento. 3) Agonistas: cabeceo, persecución, levantamiento, pelea. 4) Cohesivas: lengüeteo social, corneo y 5) Conductas raras: jugueteo, monta, caída.

Bienestar animal y comportamiento: Los cambios de comportamiento son un buen indicador para identificar el estado de bienestar de un animal (5). Algunas investigaciones han demostrado que las vacas enfermas siguen un patrón conductual diferente, un ejemplo de ellos son las estereotipias, anorexia, letargia, disminución de la actividad exploratoria, reproductiva, consumo de agua, acicalamiento y otros comportamientos sociales y alimenticios, pueden indicar que un animal no se encuentra en buenas condiciones (11).

Cuando se observan cambios en la dinámica de consumo de los bovinos como el tiempo dedicado al pastoreo y a la rumia, es posible predecir enfermedades que afectan a las vacas que están estrechamente relacionadas con la oferta alimenticia o a condiciones de estrés calórico (12,13).

Comportamiento bovino

Para identificar el comportamiento de un animal, se hace necesario conocer sus principales ventajas y desventajas, desde el punto de vista fisiológico y anatómico. En el caso de los bovinos, se debe tener en cuenta que son animales gregarios con alta tendencia al alelo mimetismo, herbívoros generalistas, jerárquicos (dominantes - líderes - subordinados), con elevado cuidado paternal. Además son seres de aprendizaje por imitación y experiencia que viven de 22 a 25 años; ungulados de gran peso, que caminan lento, posando siempre su miembro posterior en el mismo lugar en el que posó el anterior (5,6,11).

La actividad diaria de un bovino se distribuye en periodos de pastoreo, rumia y ocio (14), Según Suarez (13) el pastoreo ocupa de 6 a 11h normalmente por día y este se presenta en dos

of: time of regurgitation, chewing, salivation, swallowing and interval between bowls.

On the other hand, rumination time is influenced by the nature of the diet and appears to be proportional to the amount of cell walls present in the forage (particle size) and other factors (14). It has been indicated that the ideal position for rumination is in sternal decubitus although in some cases it can be done standing or walking (in the case of rain or soggy grounds).

Bovine Behavior in the tropics

It has been reported that under tropical conditions, cattle spend more time standing throughout the day (15). This is mainly because the cow that is cast is more sensitive to heat stress. Based on these observations, García et al. (16) concluded that the time that cows spend laying down is inversely related to heat stress and a high proportion of the time the cow is standing is associated with high respiration rates and high body temperature.

On hot days the animals tend to graze during hours of lower temperatures, such as at dawn, dusk and at night. Holtung (17) found that the probability of grazing is higher in the morning and this has an inverse relationship with the increase in temperature, which agrees with Barragan (18), who mentions that between 12:00 -14: 00h cattle prefer to be under the shade. Other investigations indicate that animals modify their behavior at these times to counter the effects caused by extreme temperatures, looking for shade, wind and water to help dissipate heat (15).

Behavior of cattle in Colombia. The behavior of cattle in Colombia is determined by the type of system and biome in which they are found. Barragán (18) reports that, under the effect of silvopastoral systems, cattle make changes in their diurnal ingestion behavior as a response to heat stress, where they manage to graze up to 1.8 hours more than those animals that are exposed to direct solar radiation.

In studies conducted under tropical woodland environments it was found that animals grazed 4.7% longer than those in prairies with low tree coverage (15). Likewise, it has been reported that crossbreed animals between *Bos taurus* x *Bos indicus* under the same conditions as those indicated above, have a noticeable increase varying between 5 and 50% of grazing time in pastures with a tree cover greater than 23% (16) (Table 1).

períodos uno al amanecer y otro al atardecer. En cuanto al tiempo de rumia, se ha observado que los animales adultos dedican aproximadamente 8h por día con variaciones entre 4 y 9h, divididas en 15 a 20 períodos (13). Este tiempo es la suma de: tiempo de regurgitación, masticación, salivación, deglución y el intervalo entre bolos.

Por otra parte, el tiempo de rumia es influenciado por la naturaleza de la dieta y parece ser proporcional a la cantidad de paredes celulares presentes en el forraje (tamaño de la partícula) y a otros factores (14). Se ha indicado que la posición ideal para la rumia es en decúbito esternal aunque en algunas ocasiones la pueden realizar de pie o caminando (en caso de lluvias o pisos encharcados).

Comportamiento bovino en el trópico

Se ha indicado que bajo condiciones tropicales, el ganado vacuno pasa más tiempo de pie a lo largo del día (15). Esto se debe principalmente a que la vaca que está echada es más sensible al estrés calórico. Con base en estas observaciones, García et al (16) concluyó que el tiempo que las vacas pasan echadas está inversamente relacionado con el estrés calórico y una alta proporción del tiempo que la vaca pasa de pie, está asociado con tasas de respiraciones altas y temperatura corporal elevada.

En los días calurosos los animales tienden a pastorear en horas con temperaturas más bajas, como en el amanecer, atardecer y la noche. Del mismo modo Holtung (17) encontró que la probabilidad de pastoreo es más alta por la mañana y que esta presenta una relación inversa con el incremento de la temperatura, lo que concuerda con Barragán (18), quien menciona que entre las 12:00-14:00h el ganado prefiere estar bajo sombra. Otras investigaciones indican que los animales modifican su comportamiento en estas horas para contrarrestar los efectos provocados por las temperaturas extremas, buscando sombra, viento y agua que ayuden a disipar el calor (15).

Comportamiento de bovinos en Colombia.

La conducta de los bovinos en Colombia está muy determinada por el tipo de sistema y bioma en el que se encuentran estos. Barragán (18) reporta, que bajo el efecto de los sistemas silvopastoriles los bovinos realizan modificaciones en el comportamiento ingestivo diurno como respuesta al estrés calórico, donde logran pastorear hasta 1.8 h por encima de aquellos animales que están expuestos a la radiación solar directa.

En estudios desarrollados bajo ambientes arbolados tropicales se encontró que los animales pastoreaban 4.7% más de tiempo que aquellos que se hallaban

Table 1. Distribution (%) of day time dedicated to five activities (grazing, ruminating, standing, cast, and moving) in a yearly cycle.

BEHAVIORAL CATEGORY	DRY SEASON (%)	RAINY SEASON (%)
Grazing	55	60
Ruminating	3	20
Standing	12	10
Walking	8	4
Cast	22	10

Modified from Patiño (14), García et al (16) and Pérez et al (19).

Chaux et al (20), studying in cattle under tropical conditions in the department of Caquetá, found that heat stress influenced the number of offspring born in a dual-purpose system. This author indicates that in the summer months (December, January and February) where high temperature and humidity indexes (ITH) were reported, with values above 76%, there was an associated lower probability of bovine births. However, between the months of lower calorific stress (June and July) with 73% of ITH, the highest number of births was found. This is probably associated to a higher availability of forage in these months, due to the decrease of precipitation, loss of forage by mudding and increase in photosynthetic rate.

Behavior in enriched prairies.

Under enriched forage where there are dispersed trees and other types of silvopastoral systems, the diurnal behavioral patterns of cattle are different compared to those that do not include trees in the prairie. It has been indicated that the time devoted to grazing is 22.15%, in relation to animals grazing in pastures without enrichment (15,20). Similarly, Patiño et al (14) reported an increase in the percentage of time spent grazing under this type of grassland, up to 65% higher than shade-free systems (21). In physiological terms, these production systems minimize the heat load in the animal, because they have uniform shade in the paddocks, registering a reduction of rectal temperature of up to 0.5°C (22,23).

Nocturnal behavior evaluations performed in an intensive silvopastoral system, Ceballos et al (24) found that cows have a cyclical consumption behavior, rumination and rest at night, presenting three consumption peaks and devoting more time at night to feeding behaviors compared to two peaks in those grassland-only systems.

en praderas con una cobertura arbórea baja (15). De igual forma, se ha reportado que animales de cruces entre *Bos taurus* x *Bos indicus* en iguales condiciones a las indicadas anteriormente, tienen un incremento notorio que varía entre 5 y 50% de tiempo en pastoreo en potreros que poseen cobertura arbórea mayor al 23% (16) (Tabla 1).

Chaux et al (20), en un estudio realizado en bovinos en condiciones tropicales en el departamento del Caquetá, encontró que el estrés calórico influyó en el número de crías nacidas en un sistema de doble propósito. Este autor indica, que en los meses de verano (diciembre, enero y febrero) donde se reportaron altos índices de temperatura y humedad (ITH), con valores por encima de 76%, estos estuvieron asociados a menores probabilidades de nacimientos de bovinos. Sin embargo, entre los meses de menor estrés calórico (junio y julio) con un 73% de ITH, se encontró la mayor cantidad de nacimientos. Esto probablemente, esta asociado a una mayor disponibilidad de forraje en estos meses, dado a la disminución de precipitaciones, pérdidas de forraje por enlodamiento y aumento de la tasa fotosintética.

Comportamiento en praderas enriquecidas.

Bajo coberturas enriquecidas en las que se encuentran árboles dispersos y otro tipo de sistemas silvopastoriles, los patrones conductuales diurnos de los bovinos son distintos al compararlos con aquellos que no incluyen árboles en la pradera. Se ha indicado que el tiempo dedicado al pastoreo es de 22.15%, con relación a animales que pastorean en potreros sin enriquecimiento (15,20). De igual forma, Patiño et al (14) reportan incrementos en el porcentaje de tiempo dedicado al pastoreo bajo este tipo de praderas, hasta en un 65% por encima de sistemas sin sombra (21). En términos fisiológicos, estos sistemas de producción, por poseer sombra uniforme en los potreros, minimizan la carga calórica en el animal registrándose una reducción de temperatura rectal hasta de 0.5°C (22,23).

En evaluaciones de comportamiento nocturno realizadas en un sistema silvopastoril intensivo, Ceballos et al (24) hallaron que las vacas tienen un comportamiento cíclico de consumo, rumia y descanso en la noche, presentando tres picos de consumo y dedican mayor tiempo de la noche a conductas alimenticias comparado con dos picos en aquellos sistemas de solo praderas.

En términos de productividad animal, las praderas enriquecidas también han demostrado efectos beneficiosos, concordando con la reducción del estrés en los animales y con ello un mejor desempeño para la producción de leche. Según Zuluaga et al (25), en sistemas enriquecidos se

In terms of animal productivity, enriched prairies have also shown beneficial effects, in agreement with the reduction of animal stress and thus a better performance in milk production. According to Zuluaga et al (25), enriched systems report increases of between 20 and 50% in milk production per day compared to treeless systems during the dry season. Also, in systems with high tree coverage, a 1 liter increase in milk / animal is indicated, compared to systems with low tree coverage (15).

Stress. Stress can be defined as a situation in which the dynamic equilibrium (Homeostasis) of an organism is modified as a consequence of the action of an intrinsic or extrinsic stimulus (20). An animal responds to such changes in its states in a number of different forms, including a range of physiological and behavioral responses; so an effective mechanism for assessing the welfare of a specimen is the measurement of such responses.

Effect of stress on animal behavior. Behavior in response to stress is defined as "*all those behavioral phenotypic traits that the animal can modify.*" Among these activities, the most important are those that make up the grazing behavior, described as the sequence of events (ingestion, rumination, drinking) that the animals perform in obtaining food for maintenance and productivity.

At present, the evaluation of grazing behavior has taken a lot of interest due to the valuable information that is obtained (17). This information can be applied in management practices to increase productivity and ensure better health and longevity in the animals, as well as to measure the effect of the environment under hostile conditions for the animals (26).

Over time, animals have adopted certain behaviors to be able to regulate body temperature more easily. It is known that, under heat conditions, the cattle extend their limbs to facilitate mechanisms of heat loss. Also, those living in tropical areas look for available shade and graze in the coolest hours of the morning and afternoon. Another thermoregulatory behavior of heat conditions is that they separate themselves from each other or to stay away from each other (27,28).

Effect of stress on milk production and quality. The alteration of homeostasis in the animal, besides affecting the volume of milk produced, also affects its quality. Lager et al. (29) indicates that under stress conditions, the animal decreases the voluntary consumption of food and increases its selectivity to avoid the

reportan incrementos entre 20 y 50% en la producción de leche por día, comparado con un sistema sin árboles durante la época seca. Asimismo, en sistemas de alta cobertura arbórea, se indica un incremento de 1 litro leche/animal, comparado con sistemas de baja cobertura arbórea (15).

Estrés. El estrés puede ser definido como una situación en la cual el equilibrio dinámico (Homeostasis) de un organismo es modificado como consecuencia de la acción de un estímulo intrínseco o extrínseco (20). Un animal responde a tales cambios en sus estados en un diverso número de formas, incluyendo un rango de respuestas fisiológicas y conductuales; por lo que un mecanismo efectivo para evaluar el bienestar de un espécimen, es la medición de dichas respuestas.

Efecto del estrés en el comportamiento animal. El comportamiento como respuesta al estrés se define como "*todos aquellos rasgos fenotípicos conductuales que el animal puede modificar.*" Entre estas actividades, las más importantes son las que conforman el comportamiento en pastoreo, descrito como la secuencia de eventos (ingesta, rumia, bebida) que realizan los animales en la obtención de alimentos para su mantenimiento y productividad.

En la actualidad, la evaluación del comportamiento en pastoreo ha tomado mucho interés debido a la valiosa información que se obtiene (17). Esta información se puede aplicar en prácticas de manejo con la finalidad de aumentar la productividad y garantizar un mejor estado de salud y longevidad en los animales, así como para medir el efecto del ambiente en condiciones hostiles sobre los animales (26).

A través del tiempo los animales han adoptado ciertos comportamientos para poder regular más fácilmente la temperatura corporal. Es conocido el hecho que ante el calor los bovinos extienden sus extremidades para facilitar los mecanismos de pérdida calórica. También aquellos que viven en zonas tropicales buscan las sombras disponibles y pastorean en las horas más frescas de la mañana y de la tarde. Otra conducta termorreguladora ante el calor que han adoptado, es separarse entre ellos o mantenerse alejados unos de otros (27,28).

Efecto del estrés en la producción y calidad de leche. La alteración de la homeostasis en el animal, además de afectar el volumen de leche producido, también afecta su calidad. Lager et al (29), indican que bajo condiciones de estrés, el animal disminuye el consumo voluntario de alimento y aumenta la selectividad del mismo para evitar la ingestión de alimentos que produzcan mucho

ingestion of foods that produce a lot of heat from fermentative processes. When a reduction in the concentrations of thyroxine and glucocorticoids occurs, the basal metabolism also decreases to reduce the production of heat and this in turn, induces a decrease in food consumption (28,30).

This leads to a decrease in the total intake of nutrients necessary for the synthesis of milk in the mammary gland. These alterations reduce their functionality, affecting the quality of the milk produced. It is estimated that the non-fat solid content and protein in milk can drop to 18.9% and 16.0%, respectively, when the cow is under stress (31).

Another factor affecting milk production is the close relationship between the mother-offspring. Those cattle in dairy production where cows are allowed to suckle their babies to ingest their food, react by secreting more cortisol and consequently higher levels of stress that are reflected in lower production. During weaning, both mothers and offspring are subjected to severe stress, which is reflected in low weight gains, as well as the compromise of their immune system in this type of situation (6).

Response to Stress

Morphological Adaptations: Bovines in tropical and hostile environments, such as those in the Amazon, have had to undergo a series of adaptations; Compared to European cattle. It is known that *Bos indicus* has a greater reflection than *Bos taurus*, which gives the first an adaptive advantage to resist the incidence of infrared rays. Regarding evaporative cooling, *B. indicus* presents a greater sweating capacity than *B. taurus* (32).

Cebu cattle and its cross breeds show greater tolerance to heat than European cattle. This tolerance does not seem to depend on the sweat capacity, but on a lower heat generation, which may be due to its lower milk production level, lower feed intake and lower basal metabolism (31,32).

Physiological responses: Relevant changes to stress include, increased respiratory rate, heart rate, sweating and vasodilation (33). As noted above, when an animal is affected by a stress factor, its organism undergoes physiological changes that lead to increased release of adrenergic and corticotrophic hormones, which in turn alter the water retention capacity, color, meat and milk pH (27).

calor a partir de procesos fermentativos. Cuando ocurre una reducción en las concentraciones de la tiroxina y glucocorticoides, disminuye también el metabolismo basal para que se reduzca la producción de calor y esto a su vez induce a la disminución en el consumo de alimento (28,30).

Esto conlleva a una disminución en la ingestión total de nutrientes necesarios para la síntesis de la leche en la glándula mamaria. Este tipo de alteraciones reducen su funcionalidad, afectando la calidad de la leche producida. Está estimado, que los contenidos sólidos no grasos y proteína en la leche, pueden bajar hasta un 18.9 y 16.0% respectivamente cuando la vaca está sometida a estrés (31).

Otro factor que afecta la producción de leche es la estrecha relación entre la madre-cría. Aquellos bovinos en producción lechera donde a las vacas se les permite que sus crías se amamenten para ingerir sus alimentos, reaccionan secretando mayor cantidad de cortisol y por consiguiente mayores niveles de estrés que se ven reflejados en menor producción. Durante el destete, tanto las madres como las crías se ven sometidas a un fuerte estrés, que se refleja en escasas ganancias de peso, además del compromiso del sistema inmunológico en este tipo de situaciones (6).

Respuestas al estrés

Adaptaciones morfológicas: Los bovinos en ambientes tropicales y hostiles como los de la amazonia han tenido que sufrir una serie de adaptaciones; comparados con ganados europeos. Se sabe que el *Bos indicus* tiene mayor reflexión que la del *Bos taurus*, lo cual le da al primero una ventaja adaptativa para resistir la incidencia de los rayos infrarrojos. Con relación a enfriamiento evaporativo, el *B. indicus* presenta una mayor capacidad de sudoración que el *B. taurus* (32).

El ganado Cebú y sus cruces muestran mayor tolerancia al calor que el ganado europeo. Esta tolerancia no parece depender de la capacidad de sudoración, sino de una menor generación de calor, la cual es posible que se deba a su menor nivel de producción láctea, menor consumo de alimento y metabolismo basal menor (31,32).

Respuestas fisiológicas: Los cambios relevantes ante el estrés incluyen, el aumento de la tasa respiratoria, la frecuencia cardiaca, la sudoración y la vasodilatación (33). Como se ha indicado anteriormente, cuando un animal es afectado por un factor estresante, su organismo experimenta cambios fisiológicos que propician el incremento de la liberación de hormonas adrenérgicas y

In caloric stress situations, Barragán (18) reports that heat loss in cattle occur through different mechanisms, including sensible and insensitive heat losses. In the former, conduction, convection, radiation and evaporation are counted, which are conditioned by the thermal gradient between the skin and the environment. The latter comprise evapotranspiration which depend on the amount of water vapor.

It has been observed that the respiratory rate in an animal with thermal stress can increase from 60 to 200 exhalations per minute to lose heat through the respiratory tract when the relative humidity is not limiting (28). However, the increase in respiratory rate, superficial in terms of the amount of air inspired in each cycle, does not guarantee the adequate oxygenation of the blood, which can lead to the occurrence of a respiratory alkalosis, characteristic of its high concentrations of blood bicarbonate (HCO_3^-). The body of the animal will then try to evacuate the excess of HCO_3^- through its excretion through the urine, as a mechanism of reversion of the process towards a metabolic and ruminal acidosis, because the rapid recovery of homeostasis, Limits the availability of HCO_3^- in saliva, and from here, its subsequent transit to the rumen (24).

It has been observed that the respiratory rate in an animal with thermal stress can increase from 60 to 200 exhalations per minute, in order to lose heat through the respiratory tract when relative humidity is not limiting (28). However, this increase in respiratory rate, with a rapid and shallow behavior, alters the acid-base condition of the blood by loss of CO_2 , reducing the concentration of carbonic acid (H_2CO_3), with a consequential increase of the concentration of bicarbonate (HCO_3^-) in the blood, resulting in respiratory alkalosis. Subsequently, in order to maintain pH homeostasis in the blood, excessive excretion of HCO_3^- , in the urine to regulate its levels, ends this process in a metabolic acidosis (34,35), as well as ruminal acidosis, due to the decrease in the amount of HCO_3^- , available in saliva and its flow into the rumen (35,36).

It is known that there are ranges of tolerance to ambient temperature, called thermal well-being for animals. In this respect, it has been indicated that the best temperature and relative humidity conditions for rearing animals are generally around 13 to 18°C and 60 to 70% relative humidity (16).

The ambient temperature ranges reported as comfortable for *Bos taurus* animals range from 0 to 20°C and for *Bos indicus* from 10 to 27°C, with 70% ambient humidity in both cases, although

corticotrópicas, las cuales a su vez alteran la capacidad de retención de agua, color, pH de la carne y leche (27).

En situaciones de estrés calórico, Barragán (18) reporta que la pérdida de calor en bovinos se da mediante diferentes mecanismos, entre los que se encuentran las pérdidas de calor sensible e insensible. En los primeros, se cuenta la conducción, convección, radiación y evaporación, las cuales están condicionadas por el gradiente térmico entre la piel y el ambiente. Los segundos comprenden la evapotranspiración que dependen de la cantidad de vapor de agua.

Se ha observado que la frecuencia respiratoria en un animal con estrés térmico puede aumentar de 60 a 200 exhalaciones por minuto con la finalidad de perder calor por el tracto respiratorio, cuando la humedad relativa no es limitante (28). No obstante, el incremento en el ritmo respiratorio, superficial en términos de cantidad de aire inspirado en cada ciclo, no garantiza la adecuada oxigenación de la sangre, pudiendo llegar a producirse, por tanto, un estado de alcalosis respiratoria, característico por sus altas concentraciones de bicarbonato (HCO_3^-) sanguínea. El cuerpo del animal intentará entonces la evacuación de los excesos de HCO_3^- , mediante su excreción por medio de la orina, como mecanismo de reversión del proceso hacia una acidosis metabólica y ruminal, en razón a que el rápido intento de recuperación de la homeostasis, limita la disponibilidad de HCO_3^- en saliva, y desde aquí, su posterior tránsito hacia el rumen (24).

Se conoce que existen rangos de tolerancia frente a la temperatura ambiental, denominados bienestar térmico para los animales. Respecto a ello se ha indicado que las mejores condiciones de temperatura y humedad relativa para criar animales, en general, están alrededor de los 13 a 18°C y 60 a 70% de humedad relativa (16).

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 (29). Estos, al verse sometidos a temperaturas por encima de dicho rango, responden mediante mecanismos compensatorios como la evaporización respiratoria y cutánea, los cuales tienen un alto gasto energético (37). Cuando dichos mecanismos son insuficientes, la temperatura corporal aumenta produciendo hipertermia o estrés térmico. Como se sabe, los bovinos son animales homeotermos y en condiciones normales, una vaca de aptitud lechera presenta una temperatura interna de 38.5°C, una frecuencia cardiaca de 60-80 pulsaciones y una

differences are reported between races, age, physiological state, sex and individual variations (29). When subjected to temperatures above this range, they respond through compensatory mechanisms such as respiratory and cutaneous evaporation, which have a high energy expenditure (37). When such mechanisms are insufficient, the body temperature increases producing hyperthermia or thermal stress. As is known, bovines are homeopathic animals and under normal conditions a dairy cow has an internal temperature of 38.5°C, a heart rate of 60-80 beats and a respiratory rate of 10-30 movements per minute (38).

Man-animal interaction. The animals are subjected to manipulations whenever it is necessary to intervene on them for sanitary purposes (dehorning, vaccination, preventive curative treatments), or for management reasons (change of accommodation, transport, group formation, etc.), both individually and as group (2). Most of the negative effects of this interaction are related to the fear that the animal poses to the mere presence of man.

Measurements of the degree of fear of the animal have many overlaps with controls to determine the degree of well-being. Among the behavioral type criteria, the most used is the control of the reactions and the flight distance when they are aware of the presence of man or his approach (39). In this regard, it has been indicated that the inadequate handling of cows inside stables during the milking process can generate fear and rejection, causing a reduction in milk production (9).

Liu et al (30) found that when cows were treated with positive stimuli during milking, using music, caring objects or human contact on the head, milk production increased. The effect of music on milking cows is positive by being milked voluntarily and showed an increase in milk production. In this sense, it was found that a higher number of cows went voluntarily to the milking parlor when listening to music (45.0±18.0%) compared to periods where music was not used (35.1±15.4%). It was also found that not only music has a stimulating effect on the behavior of cows, but also stimulates a greater milk production and allows for the development of own behaviors, habituation and less stress.

In cattle management, it is particularly important to know the existence of the so-called escape zone defined as the minimum approach distance allowed by an animal before the onset of flight. Thus, for an animal to move forward, it will be necessary for the person to be positioned within the region of escape in the region from the point

frecuencia respiratoria de 10-30 movimientos por minuto (38).

Interacción hombre-animal. Los animales están sometidos a manipulaciones cada vez que es necesario intervenir sobre ellos con fines sanitarias (descornado, vacunación, tratamientos preventivos curativos), o por razones de manejo (cambio de alojamiento, transporte, formación de grupos, etc.), tanto a nivel individual como grupal (2). La mayoría de los efectos negativos de esta interacción están relacionados con el temor que produce al animal la simple presencia del hombre.

Las mediciones del grado de temor del animal tienen muchas coincidencias con los controles para determinar el grado de bienestar. Entre los criterios de tipo comportamental, el más utilizado es el control de las reacciones y de la distancia de huida cuando estos se percatan de la presencia del hombre o su aproximación (39). Al respecto se ha indicado que el inadecuado manejo de las vacas dentro de los establos durante el proceso de ordeño puede generar miedo y rechazo, provocando reducción de la producción de leche (9).

Liu et al (30) encontraron que cuando las vacas eran tratadas con estímulos positivos durante el ordeño, utilizando música, objetos que les proporcionan caricias o el propio contacto humano sobre la cabeza, la producción de leche se incrementa. El efecto de la música en las vacas de ordeño es positivo al ser ordeñadas voluntariamente y se refleja en un aumento de la producción de leche. En este sentido se encontró que un mayor número de vacas se dirigieron voluntariamente a la sala de ordeño cuando se escuchaba música (45.0±18.0%) en comparación con los periodos donde la música no fue utilizada (35.1±15.4%). Asimismo, se encontró que no solo la música tiene un efecto estimulante en el comportamiento de las vacas, sino que estimula una mayor producción de leche y permite el desarrollo de conductas propias, habituación y menor estrés.

Para el manejo de bovinos, resulta particularmente importante conocer la existencia de la llamada zona de fuga definida como la distancia mínima de aproximación que permite un animal antes de iniciar la fuga. Por lo que para que un animal se mueva hacia el frente, será necesario que la persona se sitúe dentro de la zona de fuga en la región desde el punto de balance hasta un ángulo de 45° en dirección a la cola del animal (40). Si la persona se localiza más frontalmente, la tendencia a moverse del animal será hacia atrás (5,9). Si se pasa el ángulo entre 45° y 60° en dirección a la cola el animal se detendrá al ingresar en la zona del punto ciego de la

of balance to an angle of 45° in the direction of the animal's tail (40). If the person is located more frontally, the tendency to move of the animal will be backwards (5,9). If you pass the angle between 45° and 60° in the direction of the tail, the animal will stop when entering the blind spot of the animal's vision, where the tendency will be to turn the head and look for the person to be able to visualize it, interrupting its movement or walking in circles (16).

It is recommended that small batches of cattle (10 to 15 animals) be used, since very large groups are more difficult to control, increasing the risks for both the animals and those who drive them. The hierarchy, established by alliances or aggressions and that lasts over time, determines who are dominant, subordinate and intermediate. In lots of 50 or more animals, those in the front end up not seeing the commands and can end up making the entire handling difficult.

There are management situations in which it is possible to use the social character, using animals known as "godmothers", who are usually docile, and trained to pass through the facilities; Thus, once introduced into the group, initiate movement facilitating the entry of the rest of the animals in the batch.

It is known that cattle are animals of high parental care, high learning ability and gregarious instinct, so they are strongly affected by social isolation, which impacts on the performance and quality of meat.

It is important to indicate that bovine animals recall positive and negative events, particularly during the early stages of their development, so that greater human contact accompanied by positive stimuli will allow easier management in the future.

If dehorning is required, it should be done in neonates using a combination of local anesthetics and non-steroidal systemic analgesics. A positive compensation that facilitates the overcoming of the traumatic event will be of great benefit.

To move animals Denelón (41) recommends:

- Do not mix categories, sizes or states
- Do not exceed or substantially reduce the load capacity of the roads (400 kg/m²), as piling increases trampling, and low loads, allow animals to easily lose balance.
- Do not scream or whistle, as they are very sensitive to sharp sounds
- Avoid the presence of dogs inside the pens; To be used, only in open field and previously trained to harness or using muzzles. It is

visión del animal, donde la tendencia será de girar la cabeza y buscar a la persona para poder visualizarla, interrumpiendo su movimiento o bien caminando en círculos (16).

Para bovinos se recomienda que se trabaje con lotes pequeños (10 a 15 animales), ya que grupos muy grandes son más difíciles de controlar, aumentando los riesgos tanto para los animales como para quienes los conducen. La jerarquía, establecida por alianzas o agresiones y que perdura a lo largo del tiempo, determina dominantes, subordinados e intermedios. En lotes de 50 o más animales, los que se encuentran al frente acaban no viendo los comandos y pueden terminar dificultando todo el manejo.

Existen situaciones de manejo en las cuales es posible valerse del carácter social, utilizando animales conocidos como "madrinas", que generalmente son dóciles, y entrenados para pasar a través de las instalaciones; así, una vez introducidos en el grupo, inician un desplazamiento facilitando la entrada del resto de los animales del lote.

Es conocido el hecho que los bovinos son animales de alto cuidado parental, elevado aprendizaje e instinto gregario, por lo que se ven fuertemente afectados por el aislamiento social, repercutiendo en el desempeño y calidad de la carne.

Es importante indicar que los bovinos recuerdan eventos positivos y negativos, particularmente durante estadios tempranos de su desarrollo, por lo que un mayor contacto humano acompañado con estímulos positivos, permitirá un manejo más fácil en el futuro.

Si es requerido realizar el descorne, se indica que debe hacerse en animales neonatos utilizando una combinación de anestésicos locales y analgésicos sistémicos no esteroideos. Una compensación positiva que facilite la superación del evento traumático, será de gran beneficio.

Para el movimiento de animales se recomienda según Denelón (41):

- No mezclar en categorías, tamaños o estados
- No superar o disminuir sustancialmente la capacidad de carga de los caminos (400 kg/m²), pues el amontonamiento aumenta el pisoteo, y la baja carga, permite que los animales fácilmente pierdan el equilibrio.
- No gritar o silbar, pues son muy sensibles a los sonidos agudos
- Evitar la presencia de perros al interior de

possible to substitute them with the use of bags, since the cattle tends to move away of plastic sounds.

- Have the necessary time and in any case, avoid physical contact.
- Make the shipment at dusk or at dawn, placing a dim light at the end of the truck, avoiding very high ramps (slope $\leq 25^\circ$) and ensuring a perfect closing of the truck head.

Reduction of dry matter consumption. The reduction in food consumption aims to reduce the production of heat from fermentation and the derivative of physical activity (walking to cribs, chewing and ruminating). Above 18°C , consumption starts to decrease and from 30°C decreases sharply, so that at 40°C consumption does not reach 60% of the value in the thermoneutral zone (42). Part of the effect of high temperatures on consumption is because the reduction of motility of the digestive tract causes a filling effect.

Effect of stress on physiology. Physiological changes relevant to caloric stress include increased respiratory rate, heart rate, sweating, and vasodilation. However, these responses induce deleterious effects on the productive capacity and the physiological status of the animal (34,43).

It has been observed that under adverse environments in terms of temperature and humidity, body temperature increases as a response to heat load, generating a state of caloric stress in cattle (34,35). This leads to a response in blood chemistry with cycles of alkalosis-acidosis during the day altering the homeostasis of the animal (34). Additionally, this alteration increases the respiratory rate, inducing a muscular effort that will be reflected in a higher energy expenditure, which represents an increase of up to 18% in nutritional requirements (28).

It has been suggested that the main physiological mechanism to control body heat loss is the modification of blood flow to the body surface and redistribution (42). Peripheral vasodilation facilitates sensitive heat loss by reducing the effect of tissue insulation and promotes the removal of heat via evaporation by facilitating the diffusion of water from the skin. Respiratory rate modification regulates heat loss through exhaled air from the lungs. In addition to physiological adaptations, animals through their behavior, may alter the effectiveness of isolation. Thus, using postural changes to modify the exposed body surface (eg to reduce the effect of wind), they reduce the area of contact with the ground avoiding lying down or seeking protection from the sun and rain.

los corrales; de ser usados, sólo en campo abiertos y previamente adiestrados para el arreo o usando bozal. Es posible sustituirlo con el uso de bolsas, pues el ganado tiende a alejarse de los sonidos plásticos.

- Tener el tiempo necesario y en todo caso evitar el contacto físico.
- Realizar el embarque al anochecer o al amanecer, ubicando una luz tenue al final del camión, evitando las rampas muy elevadas (pendiente $\leq 25^\circ$) y garantizando un cierre perfecto de la culata del camión.

Reducción del consumo de materia seca. La reducción en el consumo de alimentos tiene como objetivo reducir la producción de calor de fermentación y el derivado de la actividad física (caminar hasta los pesebres, masticar y rumiar). Por encima de 18°C el consumo comienza a descender y a partir de 30°C disminuye acusadamente, de forma que a 40°C el consumo no alcanza el 60% del valor en la zona de termoneutralidad (42). Parte del efecto de las altas temperaturas sobre el consumo es debido a que la reducción de la motilidad del tracto digestivo provoca efecto de llenado.

Efecto del estrés en la fisiología. Los cambios fisiológicos relevantes ante el estrés calórico incluyen, el aumento de la tasa respiratoria, la frecuencia cardiaca, la sudoración y la vasodilatación. Sin embargo, estas respuestas inducen efectos deletéreos en la capacidad productiva y el estatus fisiológico del animal (34,43).

Se ha observado que bajo ambientes adversos en términos de temperatura y humedad, la temperatura corporal aumenta como respuesta a la carga calórica, generando un estado de estrés calórico en los bovinos (34,35). Esta conlleva a una respuesta en la química sanguínea con ciclos de alcalosis-acidosis durante el día que alteran la homeostasis del animal (34). Adicionalmente esta alteración aumenta la tasa respiratoria induciendo un esfuerzo muscular que será reflejado en un gasto energético más alto, que representa un aumento de hasta el 18% en los requerimientos nutricionales (28).

Se ha indicado que el principal mecanismo fisiológico para controlar la pérdida de calor corporal es la modificación del flujo de sangre que llega a la superficie corporal y la redistribución del mismo (42). La vasodilatación periférica facilita la pérdida de calor sensible al reducir el efecto del aislamiento tisular y favorece la eliminación de calor por vía evaporante al facilitar la difusión de agua desde la piel. La modificación del ritmo respiratorio regula la pérdida de calor a través

Effects on grazing. In high thermal media, cattle tend to reduce their heat production through voluntary anorexia (44). This decrease in the consumption of food, as a mechanism to reduce the thermal load is reflected consequently in their grazing behavior, since, when grazing less, they reduce both the consumption and the muscular activity deployed in the search of the same; This is how these animals change their grazing habits, performing it at night hours where temperature is lower. This effect of solar radiation on grazing behavior is important because it indicates the need to provide good night grazing to animals that have to endure daytime temperatures of 26°C or higher or to provide them with shady pastures, preferably trees (45).

Temperature-humidity index (ITH). Milk cows are particularly susceptible to changes in ambient temperature. Effective temperature depends on ambient temperature, relative humidity, ventilation and radiation (40). One of the parameters that is most frequently used to reduce the stress risk in cows is the Temperature-Humidity Index (ITH), which is obtained from the ambient temperature and relative humidity using the formula $ITH = 0.8 \cdot Ta + ((\text{Relative air humidity}/100) \cdot (Ta - 14.3)) + 46.4$; Where Ta = air temperature [°C]; Or by using the ITH table.

When the ITH is greater than 72, milk cows begin to express the negative consequences of the effect of caloric stress. García et al. (16) point out that the ITH has been developed to monitor and reduce losses associated with caloric stress. According to Patiño et al (14) the ITH for *Bos taurus* cattle can be grouped into four categories: Normal <70, ITH maximum <74; Alert, ITH maximum <78; Dangerous, maximum ITH <84; Emergency, maximum ITH ≥84 (Table 2).

Table 2. Categories of thermal stress for animals in production according to the World Meteorological Organization (43).

ITH	Category	Interpretation
70<	Normal	Proper conditions, the animal is not under any heat stress.
71-79	Alert	Closing up on the critical limit of production; prepare to take measures, do not expose animals to the sun.
80-83	Danger	Over the critical production limit; do not make the animals move too much.
>84	Emergency	Extreme conditions of heat stress in production; minimize any activity to the morning.

del aire exhalado desde los pulmones. Además de las adaptaciones fisiológicas, los animales mediante su comportamiento pueden alterar la eficacia del aislamiento. Es así que utilizando cambios posturales para modificar la superficie corporal expuesta, (p.ej. para reducir el efecto del viento), reducen el área de contacto con el suelo evitando echarse o buscan protección del sol y la lluvia.

Efectos en el pastoreo. En medios térmicos elevados, los bovinos tienden a reducir su producción de calor mediante anorexia voluntaria (44). Esta disminución en el consumo de alimentos, como mecanismo para reducir la carga térmica se refleja consecuentemente en su conducta de pastoreo, ya que, al pastar menos, reducen tanto el consumo como la actividad muscular desplegada en la búsqueda de los mismos ; es así como estos animales cambian sus hábitos de pastoreo, realizándolo en horas de la noche donde las temperaturas son más bajas. Este efecto de la radiación solar en la conducta del pastoreo es importante, pues indica la necesidad de suministrar buen pasto nocturno a los animales que tienen que soportar temperaturas diurnas de 26°C o más o suministrarles potreros con sombra, preferiblemente de árboles (45).

Índice de temperatura-humedad (ITH). Las vacas de leche son particularmente susceptibles a cambios en la temperatura del ambiente. La temperatura efectiva depende de la temperatura del ambiente, humedad relativa, ventilación y radiación (40). Uno de los parámetros que se utiliza más frecuentemente para reducir el riesgo de estrés en las vaca es el Índice de Temperatura-Humedad (ITH), que se obtiene a partir de la temperatura ambiente y la humedad relativa utilizando la fórmula $ITH = 0.8 \cdot Ta + ((\text{humedad relativa del aire}/100) \cdot (Ta - 14.3)) + 46.4$; donde Ta =temperatura del aire [°C]; o aplicando la tabla ITH.

Cuando el ITH es superior a 72, las vacas de leche empiezan a expresar las consecuencias negativas al efecto del estrés calórico. García et al (16) resaltan que el ITH ha sido desarrollado para monitorear y reducir las pérdidas asociadas al estrés calórico. De acuerdo con Patiño et al (14) el ITH para el ganado *Bos taurus* se puede agrupar en cuatro categorías: Normal <70, máximo ITH<74; Alerta, máximo ITH<78; Peligroso, máximo ITH<84; Emergencia, máximo ITH ≥84 (Tabla 2).

El ITH es un excelente indicador ambiental de estrés térmico en instalaciones ganaderas. Cuando es superior a 72 se deben tomar

ITH is an excellent environmental indicator of thermal stress in livestock facilities. When it is higher than 72 measures must be taken, as it can lead to a reduction in milk production of the order of 2 kg/cow/day. Other important indicators of thermal stress are body temperature ($> 38.7^{\circ}\text{C}$) and respiratory rate ($> 80 \text{ mov/min}$), which is an excellent predictor of thermal stress in dairy cows (38).

In conclusion, stress triggers acute and chronic problems that produce physiological alterations and affect animal behavior. Factors such as adverse climates, changing environment, annoying noises and high animal density cause stress. All this triggers serious problems that decrease production.

A better knowledge of the behavior of the animals will result in a powerful tool for a better understanding of how the animals perceive their environment and how they react to it. This knowledge will allow for an efficient way to guide producers on how to incorporate ethological management, in order to obtain better animal welfare and therefore greater production.

On the other hand, a proper infrastructure that allows an optimal handling of the animals will be of great help if one wants to increase production. For this, it is necessary to know more about ethology of the geographical region where the animals are. It is essential to carry out specific investigations, carry out training campaigns in BA to evaluate and demonstrate economic losses due to lack of implementation to those responsible for animal management in the production chain.

medidas, ya que puede llevar a una merma de la producción de leche del orden de 2 kg/vaca/día. Otros indicadores importantes de estrés térmico son la temperatura corporal ($>38.7^{\circ}\text{C}$) y la frecuencia respiratoria ($>80 \text{ mov/min}$), que es un excelente predictor de estrés térmico en las vacas lecheras (38).

En conclusión el estrés desencadena problemas agudos y crónicos, que producen alteraciones fisiológicas y afectan la conducta animal. Factores como los climas adversos, el medio ambiente cambiante, ruidos molestos y la alta densidad animal son causantes de estrés. Todo ello desencadena serios problemas que influyen en la disminución de la producción.

Un mejor conocimiento de la conducta de los animales se traducirá en una herramienta poderosa que redundará en un mejor entendimiento de cómo perciben los animales su entorno y cómo reaccionan ante este. Este conocimiento permitirá orientar en forma eficiente a los productores sobre como incorporar el manejo etológico, para así, obtener un mejor bienestar animal y por ende una mayor producción.

Por otra parte, una infraestructura adecuada que permita un manejo óptimo de los animales será de gran ayuda si se quiere incrementar la producción. Para ello se hace necesario conocer más acerca de la etología de acuerdo con la región geográfica donde estén los animales. Es imprescindible realizar investigaciones puntuales, llevar a cabo campañas de capacitación en BA a los responsables del manejo de los animales en la cadena productiva, evaluar y demostrar las pérdidas económicas por la falta de su implementación.

REFERENCIAS

1. Broom D, Molento C. Bemestar animal: conceito e questões relacionadas-revisao (Animal welfare: concept and related issues-Review). Archives of Veterinary Science 2004; 9(2):1-11.
2. Estrada-Cely G. Pautas para la construcción de un modelo de evaluación del bienestar de los primates sometidos a cautiverio, en perspectiva del principio macrobioético del respeto a los intereses. [Tesis Magíster]. Bogotá Colombia: Universidad del Bosque; 2006.
3. Huertas S. Bienestar de los bovinos en las etapas que circundan a la faena. [Tesis de maestría]. Montevideo. Uruguay: Universidad de la República; 2006.
4. Cobo A, Varón A, Vélez, J. Indicadores conductuales de bienestar animal durante el periodo de presacrificio bovino. Revisión de Literatura. Veterinaria y Zootecnia 2012; 6(2):112-124.
5. Buitrago R. La nueva Ley de maltrato animal y la responsabilidad del médico veterinario. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia 2016; 11(1):7.
6. Mota R, Velarde C, Cajiao M. Bienestar animal una visión global en Iberoamérica. 3ª edición. España: Elsevier; 2016.

7. OIE. Código Sanitario para los animales terrestres. Capítulo 7. Transporte de animales vía terrestre. [En línea]. Organización Mundial de Sanidad Animal. 2016. URL Disponible en: <http://www.oie.int/es/normas-internacionales/codigo-terrestre/acceso-en-linea/>
8. Rossner MV, Aguilar NM, koscinczuk P. Bienestar animal aplicado a la producción bovina. *Rev Vet* 2010; 21(2):151-156.
9. Broom DM. The effects of land transport on animal welfare. *Rev Sci Tech* 2005; 24(2):683-691.
10. Bottaro-Morosetti, C.A. Aplicabilidad del protocolo welfare quality® para medir bienestar animal en crías de sistemas de producción de bovinos de leche nacionales. [Tesis]. Santiago, Chile; Universidad de Chile; 2009.
11. Dantzer R, Kelley KW. Twenty years of research on cytokine-induced sickness behavior. *Brain Behav Immun* 2007; 21(2):153-160.
12. Sepúlveda P, Bustamante H. Bienestar de la vaca lechera. En la 3ª edición de Bienestar animal Una visión global en Iberoamérica. España: Elsevier; 2016.
13. Suarez E. Comportamiento ingestivo diurno en bovinos de ceba en praderas del pasto Guinea (*Panicum maximum* cv. Mombasa). *Revista Corpoica- Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 2011;12(2):167-174. DOI: http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol12_num2_art:228
14. Patiño R, Gonzales K, Porras F, Salazar L. Comportamiento ingestivo diurno y desempeño de novillos en pastoreo pertenecientes a tres grupos genéticos durante dos épocas climáticas. *Livestock Research for Rural Development* 2008; 20(3). <http://www.lrrd.org/lrrd20/3/pati20036.htm>
15. Zaníne A, Santos E, Parente H. Comportamiento ingestivo de becerros em pastos de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decurrihcn*s. *Ciênc Rural* 2006; 36(5):1540-1545.
16. García F, Lara DP, Medrano C. Bienestar animal en Ganado de leche de la Sabana de Bogotá-Colombia. Bogotá: Fedegan; 2011.
17. Holtung, H. Factors attracting cattle to trees: The importance of shade and subcanopy vegetation. [Thesis M.Sc.]. Trondheim, Norwa: Norwegian University of Science and Technology; 2008.
18. Barragán W. Sistemas silvopastoriles para mejorar la producción de leche y disminuir el estrés calórico en la región caribe Colombiana. [Tesis Maestría]. Colombia: Universidad de Antioquia; 2013.
19. Pérez N. Rasgos funcionales nutricionales de especies leñosas en sistemas silvopastoriles y su contribución a la sostenibilidad de la ganadería bovina en la época seca en el departamento de Rivas, Nicaragua. [Tesis Maestría]. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza; 2011.
20. Chau J, Gómez A, Rojas C, Orjuela JA, Valencia F. Determinación de la incidencia de estrés calórico en número de nacimientos en bovinos doble propósito del departamento del Caquetá. *RedVet* 2013; 14(7). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070713/071310.pdf>
21. Rivera J, Naranjo JF, Rivera JE, Cuartas CA. Efecto de la oferta y el consumo de *Tithonia diversifolia* en un sistema silvopastoril intensivo (SSPI), en la calidad y productividad de leche bovina en el piedemonte Amazónico colombiano. *Livestock Research for Rural Development* 2015; 27(10):1-13.
22. Jiménez-Trujillo JA. Diseño de sistemas de producción ganaderos sostenibles con base a los sistemas silvopastoriles (SSP) para mejorar la producción animal y lograr la sostenibilidad ambiental. [Tesis] Turrialba-Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza; 2007.
23. Espinoza F, Hernández A, Folache L. Etología de vaquillas doble propósito en un sistema silvopastoril durante el período seco en una sabana tropical. *Zootecnia Trop* 2008; 26(4):429-437.
24. Ceballos MC, Cuartas CA, Naranjo F, Córdoba EC, Moncada C, Rivera JE, et al. Evaluación de comportamiento nocturno en bovinos en un sistema silvopastoril intensivo (SSPI). *Rev Colom Cienc Pecu* 2011; 24(3).
25. Zuluaga F, Zapata A, Uribe F. Capacitación en establecimiento de sistemas silvopastoriles. Colombia: Fedegán; 2011. ISBN 978-958-8498-27-0.

26. Arias RA, Mader TL, Escobar P. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch Med Vet* 2008; 40(1):7-22.
27. Schutz KE, Mathews NR. How important is shade to dairy cattle? Choice between shade or lying following a different levels of lying deprivation. *Applied Animal Behaviour Science*. 2008; 114(3):307-318.
28. Ciocca JR, Rueda PM, Paranhos da Costa M, Huertas SM, Deborah C. El bienestar del bovino: manejo ante mortem y métodos de aturdimiento. 3ª edición. España: Elsevier; 2016.
29. Lagger J, Schmidte W. Medición de cortisol en leche como indicador de bienestar animal, resultados preliminares. *Ciencias Veterinaria* 2004; 6(1):33-34.
30. Liu DY, He SJ, Liu SQ. Daidzein enhances immune function in late lactation cows under heat stress. *Anim Sci* 2014; 85(1):85-89.
31. Martínez AL. Efectos climáticos sobre la producción del vacuno lechero: estrés por calor. *REDVET* 2006; 7(10):1-22.
32. Yokoyama KJ, Alzina-Lopez A, Farfan-Escalante JC, Valencia Heredia ER. Respuestas conductuales termorregulatorias de búsqueda de sombra en bovinos cruzados *Bos taurus* x *Bos indicus* criados en la zona costera y oriente del estado de Yucatán. *Rev Biomed* 2004; 15:17-26.
33. Tadich F, Green I. Associations between hoof lesions and locomotion score in 1098 unsound dairy cows. *Vet J* 2010; 184(1):60-65.
34. Parra MH, Peláez L, Pérez N, Londoño J, Rengifo G. Los residuos de medicamentos en la leche. Problemática y estrategias para su control. Neiva, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA; 2003.
35. West JW. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J Dairy Sci* 2003; 86(6):2131-44.
36. Olivares O, Guevara E, Oliveros Y, López, L. Aplicación del índice de confort térmico como estimador del estrés calórico en la producción pecuaria de la Mesa de Guanipa, Anzoátegui, Venezuela. *Zootecnia Trop* 2011; 31(3):209-223.
37. Pires MFA, Campos AT. Relação dos dados climáticos com o desempenho animal. in: Resende H, Campos AT, Pires MF. (Orgs). *Dados climáticos e sua utilização na atividade leiteira*, 1 ed, Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite. 2003.
38. Vélez M, Uribe LF. ¿Cómo afecta el estrés calórico la reproducción? *Biosalud*. 2010; 9(2):83-95.
39. Lima c, Araujo JP, Cantalapiedra J. Estrés térmico en explotaciones de ganado vacuno: Detección precoz y posibles soluciones. *Soluciones. Afriga* 2014; 111:81-88. http://www.agris.es/wp-content/uploads/2016/08/9_AFRIGA-Cerqueira_2014-estr%C3%A9s-termic-vac%C3%BA.pdf
40. Cabazos F. ¿Cómo ven y oyen los bovinos? ABS México, S.A. de C.V. 2014.
41. Denelón J. La utilización del conocimiento del comportamiento animal en el manejo del ganado. *Nutrición Animal Aplicada* 1989; 2(9):27-32.
42. Roca AJ. Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en tiempo de cambio climático. España: Ciencia; 2011.
43. Nardone A, Lacetera N, Bernabucciu, Ronchi B. Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period. *J Dairy Sci* 1997; 80(5):838-44.
44. Muñoz D. Evaluación del bienestar animal durante el proceso de insensibilización en bovinos, usando indicadores conductuales y de manejo. [Tesis Maestría]. Valdivia Chile: Universidad Austral de Chile; 2009.
45. Mendoza-Forero CA. Efecto de la variación diaria en la oferta forrajera sobre el volumen y composición de la leche en explotaciones de la Sabana de Bogotá. [Tesis M.Sc]. Colombia: Universidad Nacional de Colombia; 2011.