



LA RAZA, EL PELO Y LA PIEL EN FUNCION DEL BIENESTAR ANIMAL *

Claudia María Esquivel Villalobos

Estudiante de la Maestría en Reproducción Animal (Orientación en conducta y bienestar animal)
Facultad de Ciencias Veterinarias La Universidad del Zulia (FCV-LUZ), Maracaibo, Venezuela.

E-mail: esquivelvillalobos@gmail.com

RESUMEN

El bienestar animal también incluye un abordaje genético. Aspectos genéticos inherentes a la raza, su resistencia y/o predisposición a patologías, así como características del pelaje y la piel son elementos importantes al momento de ensamblar al animal que interactúe de manera armónica con el ambiente. Pudiera entonces afirmarse que las mejoras en materia de bienestar animal comienzan por la obtención de animales adaptados. Las características del ambiente tropical no favorecen el confort ni la expresión del potencial genético del animal para la producción. En consecuencia, su conocimiento, comprensión de sus efectos y la respuesta del animal para tratar de contrarrestarlos resultan de capital importancia a la hora de recurrir a estrategias para lograr un mínimo de condiciones que procuren el bienestar animal y mejoras en las condiciones para producir. Los mamíferos han desarrollado varias estrategias de carácter homeostático para mantener su temperatura corporal dentro de rangos normales. A estas estrategias se les define como mecanismos de termorregulación (e.g., conducción, convección, radiación y evaporación). La eficiencia de estos mecanismos puede ser mayor o menor dependiendo de características anatómicas y fisiológicas propias del animal y de su entorno. Reportes recientes sugieren la posibilidad de manipular genéticamente la tolerancia al calor. El objetivo de este capítulo es ilustrar al lector de algunos aspectos genéticos (e.g., raza), morfológicos (e.g., histología de la piel) y fisiológicos (e.g., termorregulación) asociados al bienestar del animal.

Palabras clave: Bienestar animal, genética tropical

Aunque por lo general circunscrito a aspectos de conducta, manejo y diseño de instalaciones, el bienestar animal también incluye un abordaje genético. En este sentido, resulta importante el conocimiento de aspectos genéticos inherentes a la raza, resistencia y/o predisposición a patologías, así como características del pelaje y la piel al momento de ensamblar el tipo de animal que interactúe de manera armónica con el ambiente, puesto que para estar adaptado, la interacción del animal con el ambiente no debe involucrar efectos negativos en su condición orgánica. Es habitual que en condiciones tropicales, el ambiente resulte agresivo para la mayoría de las razas vacunas, de allí el repetido fracaso de todo intento de introducir y producir con genotipos procedentes de climas templados en el trópico. Es así que pudiera afirmarse que las mejoras en materia de bienestar animal comienzan por la obtención de animales adaptados.

A pesar de la gran cantidad de información científica disponible en torno a la interrelación animal-ambiente, fisioclimatología y sistemas de cruzamientos, las ventajas del uso de cruzamientos dirigidos como estrategia para la obtención de animales adaptados y productivos no son de aplicación común ni de comprensión plena. En consecuencia, el objetivo de este capítulo es ilustrar al lector de algunos aspectos genéticos (e.g., raza), morfológicos (e.g., histología de la piel) y fisiológicos (e.g., termorregulación) asociados al bienestar del animal.

La raza, el pelo y la piel en función del bienestar animal

El Ambiente Tropical, el Bienestar Animal y la Producción

Las características del ambiente tropical (i.e., calor, humedad, parásitos, pastos fibrosos, etc.) no favorecen el confort ni la expresión del potencial genético del animal para la producción. En consecuencia, el conocimiento de tales características, la comprensión de sus efectos y la respuesta del animal para tratar de contrarrestarlos resultan de capital importancia a la hora de recurrir a estrategias para lograr un mínimo de condiciones que procuren el bienestar animal y mejoras en las condiciones para producir.

Las características de los ambientes tropicales han sido largamente descritas y desde hace bastante tiempo está claro que la agresividad del ambiente tropical no es compatible con las exigencias de las razas *Bos taurus* especializadas. Existe una amplia disponibilidad de literatura científica que ilustra los efectos de las altas temperaturas sobre la producción de leche, reproducción y otros indicadores productivos. Tales reportes no serán descritos aquí pues no es el objetivo del trabajo; se sugiere al lector interesado revisar la literatura generada por investigadores como, J Bonsma, RE. McDowell, PJ Hansen, RJ Collier y F Paula-Lópes, entre otros.

Los mamíferos han desarrollado varias estrategias de carácter homeostático para mantener su temperatura corporal dentro de rangos normales. En conjunto, a estas estrategias se les define como mecanismos de termorregulación (e.g., conducción, convección, radiación y evaporación). Cuando la temperatura de la piel está por debajo de 35°C, los animales usarán efectivamente los 4 mecanismos

mencionados para disipar calor hacia el medio ambiente (Collier *et al.*, 2006). Adicionalmente, también hay reducción en la producción de calor endógeno mediante estrategias como la disminución de la tasa metabólica y del consumo de alimentos (Stewart, 1953; Hutchinson & Brown, 1969; Scharf, 2008). Reportes recientes (Collier *et al.*, 2008) sugieren la posibilidad de manipular genéticamente la tolerancia al calor, puesto que a nivel subcelular se ubica una familia de factores de transcripción (heat shock factors, HSF) responsable de generar la primera respuesta al incremento de temperatura. La expresión de HSF1 es regulada por un gen ubicado en el cromosoma 14 del vacuno.

En un estudio australiano previo (Prayaga & Henshall, 2005), se hallaron correlaciones moderadas entre las características del crecimiento y la tolerancia al calor que sugieren que en la medida que incrementa la capacidad del animal para tolerar calor, su potencial de crecimiento también lo hace a nivel genético. Sin embargo, las diferencias en el comportamiento de razas tropicales generan preguntas interesantes como: ¿La respuesta de los HSF ocurre a la misma temperatura en razas tropicales y razas *Bos taurus* de climas templados?, ¿Qué tan heredable es la tolerancia al calor?, ¿La tolerancia al calor es solo producto de cambios morfológicos de carácter adaptativo (e.g., pelo corto, tasa de sudoración, irrigación cutánea)?, ¿Existen cambios adaptativos de carácter endocrino (e.g., eje GH-insulina-IGF-tiroxina)?, Aparte de señalar nuevos tópicos de investigación, la respuesta a estas interrogantes pueden resultar herramientas relevantes a la hora de plantear cruzamientos en zonas tropicales.

Mecanismos de Termorregulación

Conducción

Es la pérdida de temperatura por contacto directo con un cuerpo con menor temperatura. Ocurre cuando los animales contactan una superficie más fría como el suelo, charcos o cuando toman agua (Eckert, 1990).

Convección

Este mecanismo facilita la pérdida de calor (interno y externo) del animal hacia la atmósfera. La sangre moviliza el calor generado por los órganos internos y lo lleva hacia la piel, lugar donde se elimina (Cunningham & Klein, 2009). La pérdida de calor externa es facilitada por el movimiento del aire que rodea al animal (Bavera & Berguet, 2003).

Radiación

La cantidad de calor perdido por este medio depende de la naturaleza del medio ambiente que rodea al animal y la cantidad de superficie corporal expuesta. El animal emite calor a su medio y de esta manera su temperatura baja. La radiación de calor sólo puede darse si el área que rodea al animal está más fresca que el propio cuerpo animal (Bavera & Berguet, 2003).

Evaporación

Los mecanismos de enfriamiento por evaporación se realizan cuando los animales transpiran agua de su organismo hacia el exterior (e.g., respiración, sudoración y jadeo). En los bovinos, la sudoración es el método más importante para disipar calor (Cunningham & Klein, 2009). El sudor exudado activamente por las glándulas sudoríparas arrastra calor desde los estratos internos hacia la superficie de la piel a través de los poros. La disipación de calor vía respiración y jadeo en bovinos es mínima y por lo general se realiza cuando la temperatura ambiental es extrema.

Para el caso de los vacunos, valores de temperatura corporal entre 37,5 y 39,5 °C se consideran normales. En tanto que, la temperatura ambiental que define la zona confort o de termo-neutralidad varía entre -1 °C a 16 °C para razas *Bos taurus* de climas templados y entre 10 °C a 27 °C para razas nativas tropicales (Bavera & Berguet, 2003). No obstante, existe la necesidad de estudios que determinen con nivel de detalle la zona de confort térmico en genotipos tropicales. Por otra parte, resulta conveniente saber que concomitante con el progreso genético (producción de leche y tasa de crecimiento), la producción de calor metabólico ha aumentado y la capacidad de tolerar temperaturas elevadas ha disminuido (Zumbach *et al.*, 2008; Dikmen & Hansen, 2009).

Factores que afectan los mecanismos de termorregulación

La capacidad de termorregulación del vacuno depende de interacciones entre factores anatómicos y fisiológicos. Entre estos se mencionan: propiedades de la piel y el pelo, tasa de sudoración, capacidad respiratoria, aislamiento de tejidos, superficie expuesta por unidad de peso, relación entre perfiles endocrinos y producción de calor metabólico. (McManus *et al.*, 2010). A los efectos de planificar cruzamientos en zonas tropicales, resulta conveniente saber que existen variaciones entre razas e individuos en estos factores.

El ganado vacuno dispone de glándulas sudoríparas en la base de cada uno de sus folículos pilosos y el número de folículos por unidad de superficie mantendrá una relación con la eficacia potencial de pérdida de calor por sudoración (Lloyd & Patel, 2008).

No obstante, se reportan variaciones entre razas *Bos taurus* europeas y razas taurinas y zebuínas tropicales en número de folículos pilosos, longitud del pelo, tamaño y forma de glándulas sudoríparas y sebáceas y densidad de la irrigación de la piel (Dowling, 1955; McDowell, 1974; Carvalho *et al.*, 1995; Bueno-Ribeiro *et al.*, 2001; Campos *et al.*, 2005; Landaeta-Hernández *et al.*, 2011). En razas *Bos taurus* no tropicales el pelo es más grueso y las glándulas sudoríparas más pequeñas (McEwan & Nay, 1973; Finch, 1986). Así mismo, se han reportado diferencias en el número de folículos pilosos/cm² entre zebuínos (1400-2600), Holstein (550-1095) y Criollo Limonero (587-637) (McDowell, 1974; Landaeta-Hernández *et al.*, 2011).

El número de glándulas sudoríparas, el tamaño y su forma están sujetos a variaciones de orden genético. En estudios iniciales australianos se reportó que los animales Zebú tienen mayor densidad de glándulas sudoríparas que las razas europeas (Nay, 1956). En otro estudio brasilero (Carvalho *et al.*, 1995) hallaron diferencias en el tamaño y forma de las glándulas sudoríparas entre razas zebuínas y taurinas. Más recientemente, se observaron diferencias en el número, tamaño y forma de las glándulas sudoríparas en ganado Criollo Limonero (Landaeta-Hernández *et al.*, 2011). Por otro lado, en ganado Gyrolando (Ferreira *et al.*, 2009) se halló que la distancia entre las glándulas sudoríparas y la superficie pareciera variar según la estación. En este estudio, se observó que las glándulas sudoríparas están localizadas de forma más superficial en la época cálida y su funcionalidad fue mayor en la medida que se ubicaron más superficialmente.

La longitud del pelo también es una característica adaptativa asociada a la capacidad termorreguladora del

animal (Hammond *et al.*, 1996; Olson *et al.*, 2003; Dikmen *et al.*, 2008). Los animales nativos de climas cálidos, tienden a presentar pelo más corto que facilita la regulación de temperatura. En la raza Senepol (*Bos taurus* tropical), se reportó la presencia de un gen (e.g., slick hair gene) posicionado en el cromosoma 20 responsable de la herencia del pelo corto (Mariasegaram *et al.*, 2007). Otros trabajos reportan evidencias de la presencia de tal gen en ganado Carora (Olson *et al.*, 2003) y Criollo Limonero (Landaeta-Hernández *et al.*, 2011). Aunque la longitud del pelo puede ser afectada por la edad, época y nutrición (Carter & Dowling, 1954; Dowling, 1955; Ferreira *et al.*, 2009), también se han reportado diferencias entre razas zebuínas (3,6 mm), Holstein (10 a 15 mm) y Criollas Limoneras (4,9 a 10,9 mm) (McDowell, 1974; Bertipaglia *et al.*, 2005; Landaeta-Hernández *et al.*, 2011).

La radiación solar es uno de los principales factores causantes del estrés calórico. La absorción de radiación conlleva a efectos inmediatos como el aumento de la temperatura rectal y de la frecuencia respiratoria, que en lo sucesivo derivan en cambios de pH en la saliva y rúmen, alcalosis, disminución de la producción lechera y de la fertilidad (McDowell, 1974; Finch, 1986; Linvill & Pardue, 1992; Atencio-Rincón *et al.*, 2000; Koivisto *et al.*, 2009). El color de la capa del animal condiciona la cantidad de radiación que pueda absorberse. En un estudio reciente (Gomes da Silva *et al.*, 2010) la absorción de radiación calórica (longitud de onda entre 300-850 nanómetros) fue casi total en animales de capa negra, en tanto que en orden decreciente, la absorción de radiación fue menor en animales blancos y rojos. Sin embargo, es preciso tener presente que en condiciones

tropicales, los pelajes claros en ausencia de piel pigmentada resultan inconvenientes. Por otra parte, las diferentes tonalidades en los colores de la capa pueden generar diferencias importantes (e.g., rojo sólido vs rojo claro vs amarillo). Nuestros estudios preliminares con mestizas tauro-indicus durante la época fresca del bosque tropical sub-húmedo de La Cachamana, Estado Zulia no mostraron variaciones significativas ($P > 0,05$) en temperatura de piel entre animales amarillos (6:00=31,50 \pm 0,27 °C; 12:00=36,13 \pm 0,52 °C ; 18:00=33,32 \pm 0,32 °C), rojos (6:00=31,43 \pm 0,25 °C; 12:00=37,55 \pm 0,45 °C; 18:00=34,19 \pm 0,38 °C) y renegridos (6:00=31,89 \pm 0,25 °C; 12:00=37,66 \pm 0,73 °C; 18:00=33,62 \pm 0,22 °C). Sin embargo, en horas del mediodía, la temperatura rectal y frecuencia respiratoria fueron menores ($P < 0,05$) en los animales de capa amarilla (38,75 \pm 0,06 °C y 58,87 \pm 3,78 resp/min, respectivamente) comparados con los de capa roja (38,98 \pm 0,09 °C y 64,27 \pm 4,37 resp/min, respectivamente) y renegridas (39,13 \pm 0,09 °C y 58,93 \pm 3,99 resp/min, respectivamente). Aunque resulte laborioso, la ganadería tropical se vería beneficiada con este tipo de estudios comparando razas y cruces en los diferentes sistemas agroecológicos.

Resistencia Genética a Enfermedades

Entre las razas vacunas existen factores de predisposición y resistencia a enfermedades. Especialmente en razas tropicales, existe un interés creciente por el estudio de factores genéticos asociados a la resistencia a enfermedades. Desde que el cruzamiento y la selección son instrumentos indispensables para la mejora genética, el conocimiento de tales factores es de vital importancia. Esto sucede en particular en zonas tropicales, en donde el cruzamiento entre razas nativas y

razas especializadas procedentes de climas templados pareciera ser la mejor alternativa para mejorar los indicadores de productividad.

Resistencia a Ecto y Endoparásitos

La capacidad de los bovinos para transmitir o heredar a su descendencia la resistencia a la infestación por ectoparásitos parece ser variable. Se reportan valores para la heredabilidad de la resistencia a ectoparásitos de 0,64, 0,31 y 0,13 (Wharton *et al.*, 1970; Davis, 1993; Prayaga & Henshall, 2005). Así mismo, para el caso de la expresión de la resistencia a garrapatas, se ha reportado un efecto estacional, siendo los cromosomas 5, 7 y 14 los involucrados (Gasparin *et al.*, 2007).

Los parámetros inmunológicos (e.g., perfil celular y espectral de citocinas de los leucocitos) que envuelven la resistencia a garrapatas indican que los animales *Bos indicus* desarrollan una estabilización de las células T mediada por la respuesta a infestación de garrapatas. En los animales *Bos taurus* solo se demostró una respuesta inflamatoria innata como respuesta a la infestación, sin embargo, infestaciones altas de garrapatas también pudieran desarrollar la respuesta de células T en estos animales (Piper *et al.*, 2009). En general, los razas *Bos taurus* son más susceptibles a los ectoparásitos que las razas *Bos indicus*. Sin embargo, en ambientes tropicales, existen variaciones entre y dentro de razas (Gasparin *et al.*, 2007; Piper *et al.*, 2010).

Estudios desarrollados en el CSIRO (El Comité Científico de la Comunidad y la Organización de Investigación Industrial) de Australia han mostrado que los *Bos taurus* tropicales, razas del grupo Sanga (e.g.,

Afrikander) y del *Bos indicus* presentan la mayor resistencia a garrapatas (Comunicación personal, K. Prayaga). Sin embargo, en un estudio africano (Wambura *et al.*, 1998) se halló menor resistencia a la infestación por garrapatas en las razas *Bos indicus* Meru e Iringa Red que en los cruces *Bos indicus* x *Bos taurus* (Meru x Friesian e Iringa red x Friesian). En el ganado criollo Blanco Orejinegro (BON) colombiano se encontraron asociaciones del locus BoLA (antígeno leucocitario bovino) con resistencia a infestaciones por ectoparásitos, miásis ocasionada por *Dermatobia hominis* en los alelos DRB3*2701 y DRB3*280 (Martínez *et al.*, 2005a). Las razas Senepol, Santa Gertrudis y Droughmaster son tolerantes a garrapatas (Wilson, 2009).

En referencia a endoparasitosis, la tripanosomiasis o tripanosomosis es una de las patologías de mayor relevancia en la ganadería vacuna tropical. Los animales resistentes a tripanosomiasis deben tener dos rasgos independientes: capacidad para controlar la parasitemia y capacidad para limitar el desarrollo de la anemia (Naessens, 2006). La tripanotolerancia de carácter genético ha sido reportada en varias razas africanas como Baoulé, N'Dama, y Sheko. En un estudio africano (Roelants *et al.*, 1987), todos los zebuínos expuestos fueron sensibles a la tripanosomiasis. En tanto que el 69% de los de raza Baoulé y 100% de los animales N'Dama x Baoulé fueron resistentes. La raza N'Dama adquirió de manera natural la tolerancia a la tripanosomiasis y posee una capacidad genética para controlar mejor la anemia (Naessens, 2006; O'Gorman *et al.*, 2009). Así mismo, la raza etíope Sheko fue reportada como tripanotolerante (Stein *et al.*, 2011) y más reciente, fue reportada la relación de los locus Tir1, Tir2 y Tir3

con la tripanotolerancia (Nganga *et al.*, 2010). En Ganado Criollo Limonero (*Bos taurus* tropical) evidencias de campo sugieren la presencia de resistencia natural a hemoparásitos (Comunicación personal, A Landaeta-Hernández).

En referencia a parásitos gastrointestinales, trabajos de selección en razas australianas reportan una heredabilidad estimada de 0,24 para la cuenta de huevos en heces (Prayaga & Henshall, 2005).

Brucelosis y otras infecciones

Aunque necesitando de estudios más concluyentes, en la raza criolla colombiana BON se ha reportado cierto grado de resistencia a brucelosis (Martinez *et al.*, 2005). En Criollo Limonero se ha señalado la presencia de *Arcanobacterium pyogenes* y *Estafilococcus aureus* como flora vaginal normal (Zambrano-Nava *et al.*, 2011).

Asociaciones potenciales se han venido descubriendo entre el locus BoLA y la presencia de enfermedades. En ganado Holstein canadiense se encontró una asociación entre el locus **BoLA**-DRB3.2*23 y la ocurrencia de mastitis por coliformes. Por otra parte, el alelo **BoLA***3 se asoció con bajo riesgo de retención placentaria y los alelos *16 y *22 con el menor riesgo de quistes ováricos (Sharif *et al.*, 1998). También se ha reportado una baja eficiencia fagocítica de los macrófagos de animales que poseen el alelo DRB3*0601 (Martínez *et al.*, 2005b).

Problemas citogenéticos

Están constituidos por una serie de trastornos

patológicos de carácter genético entre los que se mencionan: deficiencia de adhesión de leucocitos bovinos (BLAD), complejo de malformación vertebral (CVM), Weaver o mieloencefalopatía degenerativa progresiva bovina, deficiencia de uridina-mono-fosfatasa sintasa (DUMPS), entre otras.

BLAD ocurre en la raza Holstein. Es una enfermedad congénita asociada a un gen autosómico recesivo. Se caracteriza por infecciones bacterianas recurrentes, crecimiento retardado, cicatrización lenta de heridas, úlceras severas en mucosa oral, periodontitis, caída de dientes, neumonía y diarreas crónicas y neutrofilia marcada y persistente. Ocurre debido a una mutación (C→G) en la posición 383 del gen CD18 que causa sustitución del ácido aspártico por glicina en el aminoácido 128 (D128G) en la molécula de adhesión CD18. Los neutrófilos de animales positivos a BLAD tienen una expresión defectuosa de la beta2 integrina (CD11a,b,c/CD18) que les impide una adecuada adhesión a los gérmenes (Nagahata, 2004). Su aparición se asocia al toro Osborndale Ivanhoe y su diseminación mundial a su hijo Carlin M Ivanhoe Bell. También se ha reportado en ganado Pardo Suizo Iraní (Kehrli *et al.*, 1990; Nagahata *et al.*, 1993; Norouzy *et al.*, 2005).

CVM también ocurre en Holstein como un desorden congénito autosómico recesivo. Se le asocia con una extensa mortalidad fetal (aprox. 77%). Los becerros que sobreviven al período de gestación generalmente nacen muertos o mueren en las horas perinatales. Se observa crecimiento retardado, leve flexión bilateral de carpos, rotación de dedos, malformación de vértebras cervicales y torácicas y

costillas, artrogripósis de tarsos y cañas posteriores, defectos en el septo inter-ventricular, malformaciones en grandes vasos e hipertrofia del miocardio (Agerholm *et al.*, 2001). CVM ocurre debido a una mutación en el gen *SLC35A3*. Su aparición y posterior diseminación también está asociada a los toros Osborndale Ivanhoe, Penstate Ivanhoe Star y Carlin-M Ivanhoe Bell (Thomsen *et al.*, 2006).

En la Weaver o mieloencefalopatía degenerativa progresiva bovina, los animales comienzan a mostrar debilidad del tren posterior entre los 5-18 meses; entre los 12-18 meses pierden el control de los miembros posteriores. Ha sido reportada en Pardo Suizo (Baird, 1988).

DUMPS es un desorden autosómico recesivo hallado en el Holstein que causa mortalidad embrionaria precoz (Ghanem *et al.*, 2006). Ocurre debido a la inactivación de la enzima uridina-mono-fosfatasa sintasa (UMPS) a consecuencia de una mutación (C→T) que causa la restricción del site *AvaI* en el codón 405 del gen de la UMPS (Schwenger *et al.*, 1993). La UMPS es una enzima que juega un rol clave en la síntesis de pirimidina, la cual es esencial para el crecimiento y desarrollo de varias especies (Healy & Shanks, 1987).

La diseminación a nivel mundial de todos estos defectos ha ocurrido debido al uso inconsciente de toros portadores vía inseminación artificial (Patel *et al.*, 2006). Hoy en día, la evaluación citogenética de toros para la producción de semen congelado es obligatoria en la mayoría de los países del mundo desarrollado. Sin embargo, en Venezuela como en la mayoría de los países latinoamericanos no existe legislación al respecto.

Adaptación y Bienestar

Probablemente, el bienestar comienza por la obtención de animales adaptados. En consecuencia, y con especial referencia a las regiones tropicales, debe prestarse especial atención a los cruzamientos que se practiquen. En este sentido, el cruzamiento dirigido resulta una herramienta importante para mejorar los indicadores de eficiencia y productividad por cuanto su objetivo primordial es lograr una relación armónica entre el genotipo y el ambiente. Estudios australianos muestran que las características productivas y adaptativas son en general genéticamente independientes. Por tanto, es posible mejorar en paralelo la producción y la adaptación (Burrow & Prayaga, 2004).

Los animales adaptados tienen habilidades para consumir grandes cantidades de alimento de pobre calidad y sacarles el mayor provecho debido a su capacidad eficiente de digerirlo. Requieren bajas cantidades de agua, debido a su habilidad de retener alimento y agua en el intestino grueso. Por último y no por eso menos importante, poseen resistencia a garrapatas, insectos y algunas enfermedades (Wilson, 2009). Los animales nativos y adaptados al trópico poseen características que les permiten tolerar las condiciones adversas imperantes. Entre estas características se identifican: baja tasa metabólica, mayor número de glándulas sudoríparas por superficie, pelo corto y de colores claros. Tales características adaptativas se observan en razas como Senepol (Olson *et al.*, 2003), Holstein de pelo corto (Dikmen *et al.*, 2008), Criollo Limonero (Montero-Urdaneta *et al.*, 2008; Landaeta-Hernández *et al.*, 2011), como en Santa Gertrudis y Droughmaster (Wilson, 2009).

CONCLUSIÓN

Especialmente en zonas tropicales, todo programa genético debe orientarse a lograr la adaptación de animal a la localidad. Ello incluye aspectos climáticos, nutricionales, sanitarios y productivos. Mediante el uso de cruzamientos dirigidos se pueden evitar o disminuir los efectos de los ambientes tropicales. Por tanto, no puede desvincularse el uso de la genética al tema del bienestar animal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agerholm JS, Bendixen C, Andersen O, Arnbjerg J. 2001. Complex vertebral malformation in Holstein calves. *J Vet Diag Invest* 13: 283-289.
- Atencio-Rincón A, Perozo-Gori F, Roman-Bravo R. 2000. Reproduction in *taurus-indicus* crossbred cows in response to some genetic, physiological, and environmental factors affecting in very dry tropic conditions. *Revista Científica FCV-LUZ* X: 5-12.
- Bavera G, Berguet H. 2003. Termorregulación corporal y ambientación. *Clima y ambiente; elementos y factores* [en línea]. [consultado 23 Agosto 2011]. Disponible en World Wide Web: www.produccion-animal.com.ar
- Bertipaglia ECA, Silva RG, Maia ASC. 2005. Fertility and hair coat characteristics of Holstein cows in a tropical environments. *Anim Reprod* 2: 187-194.
- Baird JD, Sarmiento UM, Basrur PK. 1988. Bovine Progressive Degenerative Myeloencephalopathy (Weaver Syndrome) in Brown Swiss Cattle in Canada: A Literature Review and Case Report. *Can Vet J* 29: 370-377.

Bonsma JC. 1949. Breeding Cattle for increased adaptability to tropical and subtropical environments. Interamerican Institute of Agricultural Science. Pp. 204-221.

Bueno-Ribeiro AR, Mello de Allencar M, Sena-Oliveira MC. 2001. Características do pelame de bovinos Nelore, Angus x Nelore, Senepol x Nelore. Rev Bras Zoot 30: 1939-1947.

Burrow HM, Prayaga KC. 2004. Correlated responses in productive and adaptive traits and temperament following selection for growth and heat resistance in tropical beef cattle. Livest Prod Sci 86: 143-161.

Campos AS, Gomes da Silva R, Abaker EK, Ceron M. 2005. Genetic variations of the hair coat properties and the milk yield of Holstein cows managed under shade in a tropical environment. Brazilian J. Vet. Res. and Anim. Sci. 42:180-187.

Carter HB & Dowling DF. 1954. The hair follicle and apocrine gland population of cattle skin. Australian Journal of Agricultural Research, 5: 745-754.

Carvalho FA, Lammoglia MA, Simoes MJ, y Randel RD. 1995. Breed effects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress. J. Anim. Sci. 73: 3570-3573.

Collier RJ, Dahl GE, Van Baale MJ. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. J. Dairy Sci. 89:1244-1253.

Collier RJ, Collier JL, Rhoads RP, Baumgard LH. 2008. Invited review: Genes involved in the bovine heat stress response. J. Dairy Sci. 91: 445-454.

Cunningham JG, Klein BG. 2009. Homeostasis. Capítulo 52. En: Fisiología Veterinaria. Cunningham JG, Klein BG (eds) 4ta edición. Diorki Servicios Integrales de Edición. Pp 620-649.

Davis GP. 1993. Genetic parameters for tropical beef cattle in Northern Australia: A review. Aust J Agric Res 44:179-198.

Dikmen S, Alava E, Pontes E, Fear JM, Dikmen BY, Olson TA, Hansen PJ. 2008. Differences in thermoregulatory ability between slick-haired and wild-type lactating Holstein cows in response to acute heat stress. J Dairy Sci 91: 3395-3402.

Dikmen S & Hansen PJ. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? J Dairy Sci. 92: 3395-3402.

Dowling DF. 1955. The hair follicle and apocrine gland populations of Zebu (*B. indicus*) and Shorthorn (*B. taurus*) cattle skin. Aust J Agric Res 6:645-654.

Eckert R. 1990. Energética animal y relaciones con la temperatura. En: Fisiología Animal, Mecanismos y Adaptación. Eckert R. (ed). Cap. 16. Pp. 556-606.

Ferreira F, Campos WE, Carvalho AU, Pires MFA, Martinez ML, Silva MVGB, Verneque RS, Silva PF.

2009. Sweat rate and histological parameters of cattle submitted to heat stress. *Arq Bras. Med Vet Zoot.* 61:763-768.
- Finch VA. 1986. Body temperature in beef cattle: Its control and relevance to production in the tropics. *J Anim Sci.* 62: 531-542.
- Hansen P. 2004. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *J Anim Sci* 82-83: 349-360.
- Ghanem ME, Nakao T, Nishibori M. 2006. Deficiency of Uridine Monophosphate Synthase (DUMPS) and X-chromosome deletion in fetal mummification in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 91: 45-54.
- Gasparin G, Miyata M, Coutinho LL, Martínez ML, Teodoro RL, Furlong J, Machado MA, Silva GB, Sonstegard TS, Regitano LCA. 2007. Mapping of quantitative trait loci controlling tick [*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*] resistance on bovine chromosomes 5, 7 and 14. *Anim Genet* 38:453-459.
- Gomes da Silva R, Guilhermino MM, Façanha de Morais DA. 2010. Thermal radiation absorbed by dairy cows in pasture. *Int J Biometeorol* 54: 5-11.
- Hammond AC, Olson TA, Chase, CC Jr, Browers EJ, Randel RD, Murphy CN, Vogt DW, Tewolde A. 1996. Heat tolerance in two tropical adapted *Bos taurus* breeds, Senepol and Romosinuano, compared with Brahman, Angus y Hereford cattle in Florida. *J Anim Sci* 74: 295-303.
- Healy MH, Shanks RD. 1987. Performance of females heterozygous for deficiency of uridine monophosphate synthase. *J. Dairy Sci.* 70: 945-951.
- Hutchinson JCD, Brown GD. 1969. Penetrance of cattle coats by radiation. *J. Appl. Physiol.* 26: 454-464.
- Kehrli ME, Schmalstieg FC, Anderson DC, van Der Maaten MJ, Hughes BJ. 1990. Molecular definition of the bovine granulocytopeny syndrome: Identification of deficiency of the Mac-1 (CD11B/CD18) glycoprotein. *Am. J. Vet. Res.* 51: 1826-1836.
- Koivisto MB, Costa MTA, Perri SHV, Vicente WRR. 2009. The effect of season on semen characteristics and freezability in *Bos indicus* and *Bos taurus* bulls in the Southeastern region of Brazil. *Reprod Dom Anim* 44: 587-592.
- Landaeta-Hernandez A, Zambrano-Nava S, Hernández-Fonseca JP, Godoy R, Calles M, Irigorri JL, Añez L Polanco M, Montero Urdaneta M, Olson T. 2011. Variability of hair coat and skin traits as related to adaptation in Criollo Limonero cattle. *Trop Anim Health Prod* 43:657-663.
- Linville DE, Pardue FE. 1992. Heat stress and milk production in the South Carolina Coastal Plains. *J Dairy Sci* 75: 2598-2604.
- Lloyd DH, Patel AP. 2008. Estructuras y funciones de la piel. *Manual de dermatología en pequeños animales y exóticos.* Capítulo 1. Pp 1-13.

Mariasegaram M, Chase Jr CC, Chaparro JX, Olson TA, Brenneman RA, Niedz RP. 2007. The slick hair locus maps to chromosome 20 in Senepol-derived cattle. *Anim Genet* 38: 54-59.

McEwan D, Nay T. 1973. The sweat glands and hair follicles of Asian, African, and South American cattle. *J Biol Sci* 26: 259-75.

McDowell RE. 1974. Factores que influyen en la producción ganadera de climas cálidos. En: *Bases Biológicas de la Producción Animal en Zonas Tropicales*. McDowell RE. (ed). Acribia, Zaragoza, España. Pp 692.

McManus C, Louvandini H, Gugel R, Bastos LC, Bianchini E, Moreno FE, Rezendo S, Prado T. 2010. Skin and coat traits in sheep in Brazil and their relation with heat tolerance. *Trop Anim Health Prod* 43: 121-126.

Martínez R, Toro R, Montoya F, Burbano M, Tobón J, Gallego J, Ariza F. 2005a. Evaluación genética para resistencia a brucelosis en ganado criollo colombiano BON. *Arch Zoot* 54: 333-340.

Martínez R, Toro R, Montoya F, Burbano M, Tobón J, Gallego J, Ariza F. 2005b. Caracterización del locus BoLA-DRB3 en ganado criollo colombiano y asociación con resistencia a enfermedades. *Arch.Zoot* 54: 349-356.

Montero-Urdaneta M, Zambrano-Nava S, Calles M, Ferrer JM, Fuenmayor-Morales C, Olson T, Landaeta-Hernández AJ. 2008. Efecto de la Longitud del Pelo sobre Variables Fisiológicas en Hembras Criollo

Limonero Sometidas a Estrés Calórico. En: XIV Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Maracaibo, Venezuela Septiembre 24-26. *Revista Científica XVIII (Supl 1): 469 (Abst)*.

Naessens J. 2006. Bovine trypanotolerance: A natural ability to prevent severe anaemia and haemophagocytic syndrome. *Int J Parasitol* 36: 521-528

Nay T, Heyman RH. 1956. Sweat glands en zebu (*Bos indicus* L) and European (*B. taurus* L) cattle. *Aust J Agric Res* 7: 482-494.

Nagahata H, Nochi H, Tamoto K, Taniyama H, y Noda H. *et al.*, 1993. Bovine leukocyte adhesion deficiency in Holstein cattle. *Can. J. Vet. Res.*, 57: 255-261.

Nagahata H. 2004. Bovine leukocyte adhesion deficiency (BLAD): a review. *J Vet Med Sci* 66:1475-1482.

Nganga JK, Soller M, Iraqi FA. 2010. High resolution mapping of trypanosomosis resistance loci Tir2 and Tir3 using F12 advanced intercross lines with major locus Tir1 fixed for the susceptible allele. *BMC Genomics*. 11: 394. doi: 10.1186/1471-2164-11-394.

Norouzy A, Nassiry MR, Eftekhari Shahrody F, Javadmanesh A, Mohammad Abadi MR, Sulimova GE. 2005. Identification of Bovine Leucocyte Adhesion Deficiency (BLAD) Carriers in Holstein and Brown Swiss AI Bulls in Iran. *Russian J. Genetics*. 41: 1409-1413. DOI: 10.1007/s11177-006-0014-7

Olson TA, Lucena C, Chase CC Jr, Hammond AC. 2003.

Evidence of a major gene influencing hair length and heat tolerance in *Bos taurus* cattle. *J Anim Sci* 81: 80-90.

O'Gorman GM, Park S, Hill EW, Meade KG, Coussens PM, Agaba 4, Naessens J, Kemp SK, MacHugh DE. 2009. Transcriptional profiling of cattle infected with *Trypanosoma congolense* highlights gene expression signatures underlying trypanotolerance and trypanosusceptibility *BMC Genomics*, 10:207 doi:10.1186/1471-2164-10-207.

Paula-Lópes FF, Chase CC, Jr, Al-Katanani YM, Krininger III CE, Rivera RM, Tekin S, Majewski AC, Ocon OM, Olson TA y Hansen PJ. 2003. Genetic divergence in cellular resistance to heat shock in cattle: differences between breeds developed in temperate versus hot climates in response of preimplantation embryos, reproductive tract tissue and lymphocytes to increased culture temperatures. *Reproduction* 125: 285-294.

Piper EK, Jackson LA, Bielefeldt-Ohmann H, Gondro C, Lew-Tabor A, Jonsson NN. 2010. Tick-susceptible *Bos taurus* cattle display an increased cellular response at the site of larval *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* attachment, compared with tick-resistant *Bos indicus* cattle. *Int J Parasitol* 40: 431-441.

Piper EK, Jonsson NN, Gondro C, Lew-Tabor AE, Moolhuijzen P, Vance ME, Jackson LA. 2009. Immunological profiles of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle infested with the cattle tick, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Clin Vacc Immunol* 16: 1074-1086

Prayaga KC, Henshall JM. 2005. Adaptability in tropical beef cattle: genetic parameters of growth, adaptive and temperament traits in a crossbred population. *Aust J Exp Agric* 45: 971-983.

Roelants GE, Fumoux F, Pinder M, Queval R, Bassinga A, Authié E. 1987. Identification and selection of cattle naturally resistant to African trypanosomiasis. *Acta Trop* 44:55-66.

Sharif S, Mallard BA, Wilkie BN, Sargeant JM, Scott HM, Dekkers JC, Leslie KE. 1998. Associations of the bovine major histocompatibility complex DRB3 (BoLA-DRB3) alleles with occurrence of disease and milk somatic cell score in Canadian dairy cattle. *Anim Genet* 29(3): 185-93.

Schwenger B, Schober S, Simon D. 1993. DUMPS cattle carry a point mutation in the uridine monophosphate synthase gene. *Genomics* 16: 241-244.

Stein J, Ayalew W, Rege E, Mulatu W, Lemecha H, Tadesse Y, Tekle T, Philipsson J. 2011. Trypanosomiasis and phenotypic features of four indigenous cattle breeds in an Ethiopian field study. *Vet Parasitol* 31:40-47.

Stewart RE. 1953. Absorption of solar radiation by the hair of cattle. *Agric Eng* 34: 235-238.

Thomsen B, Horn P, Panitz F, Bendixen E, Petersen AH, Holm LE, Nielsen VH, Agerholm JS, Arnbjerg J, Bendixen C. 2006. A missense mutation in the bovine SLC35A3 gene, encoding a UDP-N-acetylglucosamine

transporter, causes complex vertebral malformation.

Genome Res 16: 97-105

Wambura PN, Gwakisa PS, Silayo RS, Rugaimukamu EA. 1998. Breed-associated resistance to tick infestation in *Bos indicus* and their crosses with *Bos taurus*. Vet Parasitol 77: 63-70.

Wharton RH, Utech KBW, Turner HG. 1970. Resistance to cattle tick, *Boophilus microplus* in a herd of Australian Illawarra Shorthorn cattle – its assessment and heritability. Aust J Agric Res 21:163-170.

Wilson RT. 2009. Fit for purpose –the right animal in the right place. Trop Anim Health Prod 41: 1081-1090.

Zambrano-Nava S, Boscán-Ocando J, Nava J. 2011. Normal bacterial flora from vaginas of Criollo Limonero cows. Trop Anim Health Prod 43:291-294.

Nota:

***Trabajo arbitrado y recomendada su publicación en la Revista Electrónica Ganadera Mundo Pecuario y presentado en el 1^{ER} CURSO NACIONAL SOBRE ETOLOGÍA Y BIENESTAR ANIMAL: COMO PRODUCIR CON ANIMALES EN EL SIGLO XXI, realizado los días 28 y 29 de octubre en la ciudad de Trujillo Universidad de Los Andes-Trujillo, Trujillo, Venezuela, bajo el patrocinio de la Universidad de Los Andes, el Laboratorio de Investigación en Fisiología e Inmunología (LIFI-ULA), la Fundación Grupo de Investigadores de la Reproducción Animal en la Región Zuliana de La Universidad del Zulia (FGIRARZ-LUZ) y la Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y La Tecnología en el Estado Trujillo (FUNDACITE-Trujillo)**