

EL BIENESTAR ANIMAL Y LA GENÉTICA

Antonio Landaeta-Hernández¹ y Claudia Esquivel-Villalobos²

¹Universidad del Zulia, Facultad de Ciencias Veterinarias
Unidad de Investigaciones Zootécnicas, Maracaibo

²Consultor Privado Área Producción Animal

antonio.landaeta@fcv.luz.edu.ve

I. INTRODUCCIÓN

Pudiera afirmarse que las mejoras en materia de bienestar animal comienzan por la obtención de animales adaptados. De allí que resulte fundamental, conocer aspectos genéticos inherentes a la raza como resistencia y/o predisposición a patologías, así como características del pelaje y la piel al momento de querer generar un tipo de animal que interactúe de manera armónica con el ambiente. Idealmente, para estar adaptado, la interacción del animal con el ambiente no debe involucrar efectos negativos en su condición orgánica. Desde este punto de vista, el bienestar animal también incluye un abordaje genético. Especialmente en condiciones tropicales, el ambiente suele resultar adverso para la mayoría de las razas vacunas, de allí el repetido fracaso de todo intento de introducir y producir en el trópico con genotipos procedentes de climas templados. Así mismo, resulta alarmante la cantidad de animales desadaptados producidos en la mayoría de las fincas comerciales, en donde se implementan cruzamientos con o sin asesoría técnica.

A pesar de la gran cantidad de información científica disponible en torno a la interrelación animal-ambiente, fisio-climatología y sistemas de cruzamiento, las ventajas del uso de cruzamientos dirigidos como estrategia para la obtención de animales adaptados y productivos no son de aplicación común, ni comprensión plena. En consecuencia, el objetivo de este trabajo es ilustrar al lector en algunos

aspectos genéticos (ej., raza), morfológicos (ej., histología de la piel) y fisiológicos (ej., termorregulación) asociados al bienestar del animal.

II. EL AMBIENTE TROPICAL, EL BIENESTAR ANIMAL Y LA PRODUCCIÓN

1. Aspectos Generales

La expresión del potencial genético del animal para la producción está estrechamente influenciada por el ambiente. En la gran mayoría de la superficie que comprende la faja tropical, las características del ambiente no favorecen el confort del vacuno ni la expresión de su potencial genético para la producción. En consecuencia, el conocimiento de las características ambientales, 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 (ej., calor, alta humedad, parásitos, pastos fibrosos, etc.) han sido ampliamente descritas, y desde hace bastante tiempo está claro que las condiciones del ambiente tropical no son compatibles con las exigencias de las razas *Bos taurus* especializadas. Existe una amplia disponibilidad de literatura científica que ilustra los efectos de las altas temperaturas y parásitos tropicales sobre la producción de leche, reproducción y otros indicadores productivos. Tales reportes no serán descritos aquí pues no es el objetivo, por tanto se sugiere al lector interesado revisar la literatura generada por investigadores como: J. Bonsma, R. E. McDowell, P. J. Hansen, R. J. Collier y F. Paula-López, entre otros.

2. Termorregulación

a. Aspectos generales

Entre las estrategias desarrolladas por los mamíferos para mantener su temperatura corporal dentro de rangos normales se identifican cuatro

mecanismos básicos de termorregulación que son: conducción, convección, radiación y evaporación. Siempre que la temperatura de la piel esté por debajo de 35 °C, los animales usarán efectivamente los cuatro mecanismos mencionados para disipar calor hacia el medio ambiente (Collier *et al.*, 2006). Adicionalmente, la producción de calor endógeno puede ser reducida mediante la disminución de la tasa metabólica y del consumo de alimentos (Stewart, 1953; Hutchinson y 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.

Correlaciones moderadas entre características de crecimiento y tolerancia al calor fueron halladas en un estudio australiano (Prayaga y Henshall, 2005), sugiriendo que en la medida que se 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 sólo es producto de cambios morfológicos de carácter adaptativo (ej., pelo corto, número de glándulas sudoríparas por superficie, irrigación cutánea)?; ¿Existen cambios adaptativos de carácter endocrino (ej., 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.

b. Mecanismos de termorregulación

Conducción: Este mecanismo es la pérdida de calor 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: Es un mecanismo que 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 disipa (Cunningham y Klein, 2009). La pérdida externa de calor es facilitada por el movimiento del aire que rodea al animal (Bavera y Berguet, 2003).

Radiación: Con este mecanismo la temperatura del animal es reducida mediante la emisión de calor al medio. La eficiencia de este mecanismo depende de la naturaleza del medio ambiente que rodea al animal, la cantidad de superficie corporal expuesta y las características de la superficie corporal (ej., color y pelo). Este mecanismo sólo funciona si el área que rodea al animal es de menor temperatura que la superficie corporal (Bavera y Berguet, 2003).

Evaporación: Los mecanismos de enfriamiento por evaporación se realizan cuando los animales transpiran agua de su organismo hacia el exterior (ej., respiración, sudoración y jadeo). En los bovinos, la sudoración es el método más importante para disipar calor (Cunningham y Klein, 2009). El sudor exudado por las glándulas sudoríparas arrastra calor desde los estratos internos hacia la superficie de la piel a través de los poros. Este mecanismo se activa cuando la temperatura ambiental es extrema, y su eficiencia está condicionada a la humedad relativa del entorno.

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 clima templado y entre 10 °C a 27 °C para razas nativas tropicales (Bavera y 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 al progreso genético (producción de leche y tasas de crecimiento), la producción de calor metabólico ha aumentado y la capacidad de tolerar temperaturas elevadas ha disminuido (McMillan y Van der Werf, 2007; Dikmen y Hansen, 2009).

c. 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 individuales para 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 eficiencia potencial de pérdida de calor por sudoración (Lloyd y Patel, 2008). No obstante, hay variaciones entre razas *Bos taurus* europeas, razas *Bos taurus* tropicalizadas y cebuínas en cuanto al número de folículos pilosos, longitud del pelo, tamaño y forma de las glándulas sudoríparas y sebáceas y densidad de la irrigación de la piel (Dowling, 1955; McEwan y Nay, 1973; McDowell, 1974; Finch, 1986; Carvalho *et al.*, 1995; Bueno-Ribeiro *et al.*, 2001; Campos *et al.*, 2005; Landaeta-Hernández *et al.*, 2011).

El número de glándulas sudoríparas, su tamaño y forma están sujetos a variaciones de orden genético. En estudios iniciales australianos hallaron mayor densidad de glándulas sudoríparas en *Bos indicus* que en razas europeas (Nay y Heyman, 1956). En otro estudio desarrollado en Brasil (Carvalho *et al.*, 1995) hallaron diferencias en el tamaño y forma de las glándulas sudoríparas entre razas cebuínas y *Bos taurus*. Mas recientemente, comparando ganado Criollo Limonero de pelo corto y normal se observaron diferencias en el número (481 ± 118 y $556 \pm 134/\text{cm}^2$) y tamaño (790.5 ± 45.95 y $655.9 \pm 52.18 \text{ mm}^2 \times 10^{-6}$) de las glándulas sudoríparas, respectivamente (Landaeta-Hernández *et al.*, 2011). Por otro lado, en un estudio con 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 más superficialmente en la época cálida y su funcionalidad fue mayor en la medida que se ubicaron más cerca de la superficie corporal.

La longitud del pelo también es una característica adaptativa asociada a la capacidad termorregulatoria 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 la temperatura. En la raza Senepol (*Bos taurus tropical*), se reportó la presencia de un gen (ej., slick hair gene), posicionado en el cromosoma 20, responsable de la herencia del pelo corto (Mariasegaram *et al.*, 2007). Existen otros trabajos que han señalado evidencias de la presencia de este 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 y Dowling, 1954; Dowling, 1955; Ferreira *et al.*, 2009), también se han reportado diferencias entre razas cebuínas (3.6 mm), Holstein (10 a 15 mm) y Criollo Limonero (4.9 a 10.9 mm) (McDowell, 1974; Bertipaglia *et al.*, 2005; Landaeta-Hernández *et al.*, 2011). Recientemente, se reportó en ganado Angus (Gray *et al.*, 2011) que la capacidad de mudar el pelo largo de invierno por uno más corto en verano puede ser manejada por selección ($h^2 = 0.35$). El conocimiento y manejo de diferencias individuales, y probablemente entre razas, en la capacidad de mudar el pelo largo por uno más corto resulta de fundamental importancia en el trópico.

Uno de los principales factores causantes del estrés calórico es la radiación solar. La absorción de radiación desencadena una cascada de eventos que inician con el aumento de la temperatura rectal y de la frecuencia respiratoria, y en lo sucesivo conllevan a cambios de pH en la saliva y el rúmen, alcalosis, disminución de la producción lechera y de la fertilidad (McDowell, 1974; Finch, 1986; Linvill y Pardue, 1992; Atencio-Rincón *et al.*, 2000; Koivisto *et al.*, 2009). La cantidad de radiación que pueda absorberse es condicionada por el color de la capa del animal. En animales de capa negra la absorción de radiación calórica (longitud de onda entre 300-850 nanómetros) es casi total. Mientras que en orden decreciente, la absorción de radiación suele ser menor en animales blancos y

rojos (Gomes da Silva *et al.*, 2010). 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 (ej., rojo sólido vs rojo claro vs amarillo). Nuestros estudios preliminares con mestizas *Bos taurus* - *Bos indicus* durante la época fresca del bosque tropical sub-húmedo de la unidad de producción La Cachamana, estado Zulia, no mostraron variaciones significativas ($P>0.05$) en temperatura de la piel entre animales amarillos, rojos y renegridos, como se resume en el Cuadro 1. Pero en horas del mediodía, la temperatura rectal y frecuencia respiratoria fueron menores ($P<0.05$) en los animales de capa amarilla comparados con los de capa roja y renegridas, como se muestra en el Cuadro 2. En la base de datos colectados en los últimos años se han observado diferencias entre 5 a 8 °C en la temperatura de la piel entre animales negros y amarillos. Aunque resulte laborioso, la ganadería tropical se vería beneficiada con este tipo de estudios comparando razas y cruces en los diferentes sistemas agroecológicos.

Cuadro 1. Temperatura de la piel (TP) en animales mestizos *Bos taurus* – *Bos indicus* según el color de la capa

Color de la capa	TP (°C) a diferentes horas		
	6:00	12:00	18:00
Amarillo	31.50 ± 0.27	36.13 ± 0.52	33.32 ± 0.32
Rojo	31.43 ± 0.25	37.55 ± 0.45	34.19 ± 0.38
Renegrido	31.89 ± 0.25	37.66 ± 0.73	33.62 ± 0.22

Cuadro 2. Temperatura rectal (TR) y frecuencia respiratoria (FR) en horas del medio día en animales mestizos *Bos taurus* – *Bos indicus* según el color de la capa

Color de la capa	TR (°C)	FR (resp/min)
Amarillo	38.75 ± 0.06	58.87 ± 3.78
Rojo	38.98 ± 0.09	64.27 ± 4.37
Renegrido	39.13 ± 0.09	58.93 ± 3.99

III. RESISTENCIA GENÉTICA A ENFERMEDADES

1. Aspectos Generales

Particularmente 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, el conocimiento acerca de factores de predisposición y resistencia a enfermedades resulta importante. Aunque desconocida en muchos casos y no usada en la mayoría, este tipo de información en razas *Bos taurus* de clima templado es relativamente abundante. Por otro lado, existe un interés creciente por el estudio de factores genéticos asociados a la resistencia a parásitos y enfermedades en razas tropicales.

2. Resistencia a Ecto y Endoparásitos

La resistencia genética de los bovinos 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 y 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).

En general, las 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). Los parámetros inmunológicos que involucran la resistencia a garrapatas (ej., perfil celular y espectral de citocinas de los leucocitos) 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* sólo 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).

Estudios desarrollados en el CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) de Australia han mostrado que los *Bos taurus* tropicales, razas del grupo Sanga (ej., 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 y Iringa Red x Friesian). Por otro lado, Wilson (2009) en África, refiere a las razas Senepol, Santa Gertrudis y Droughmaster como tolerantes a garrapatas. En el ganado criollo Blanco Orejinegro colombiano se encontraron asociaciones del locus BoLA con resistencia a infestaciones por ectoparásitos (miásis ocasionada por *Dermatobia hominis*) en los alelos DRB3*2701 y DRB3*280 (Martínez *et al.*, 2005a).

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 cebuínos 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). Más recientemente, la relación de los locus Tir1, Tir2 y Tir3 con la tripanotolerancia fue reportada (Nganga *et al.*, 2010). Aunque la evidencia de campo sugiere la presencia de resistencia natural a hemoparásitos en el ganado Criollo Limonero (*Bos taurus* tropical), no existen trabajos científicos que lo confirmen.

En referencia a parásitos gastrointestinales, trabajos de selección en razas australianas reportan una heredabilidad estimada de 0.24 para la cantidad de huevos en heces (Prayaga y Henshall, 2005).

3. Brucelosis y Otras Enfermedades

En la raza criolla colombiana Blanco Orejinegro se reporta cierto grado de resistencia a brucelosis (Martínez *et al.*, 2005b), no obstante, hay necesidad de estudios más concluyentes. Evidencias preliminares también sugieren cierta resistencia a brucelosis en Criollo Limonero (comunicación personal, A. Sánchez), pero se requiere de estudios más formales. En Criollo Limonero se reporta la presencia de *Arcanobacterium pyogenes* y *Estafilococcus aureus* como flora vaginal normal (Zambrano *et al.*, 2011).

Asociaciones potenciales se han venido descubriendo entre el locus BoLA (antígeno leucocitario bovino) 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). Por otra parte también se reporta una baja eficiencia fagocítica de los macrófagos de animales que poseen el alelo DRB3*0601 (Martínez *et al.*, 2005a).

4. Problemas Citogenéticos

Existe una serie de trastornos de carácter genético entre las 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), síndrome de miastenia congénita, entre otros.

BLAD ocurre en la raza Holstein, es un problema congénito asociado 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 (citosina por guanina) 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, 1997; Norouzy *et al.*, 2005).

CVM, también ocurre en Holstein como desorden congénito autosómico recesivo. Se le asocia a una elevada mortalidad fetal (aproximadamente 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, artrogriposis de tarsos y cañas posteriores, defectos en el septo inter-ventricular, malformaciones en grandes vasos e hipertrofia del miocardio (Agerholm *et al.*, 2001). 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).

Varios problemas que cursan con problemas locomotores aparecen EN el Pardo Suizo. Entre ellos se incluyen: Weaver, atrofia espino-muscular (SMA), demielinización espinal (SDM), síndrome de aracnomelia-artrogriposis o patas de araña (SAA). Weaver o mieloencefalopatía degenerativa progresiva bovina, es un trastorno que causa que entre los 5 a 18 meses los animales comiencen a mostrar debilidad del tren posterior y entre los 12 a 18 meses pierdan el control de miembros posteriores. Se ha reportado en Pardo Suizo (Baird, 1988). Atrofia espino-muscular, entre la segunda y la sexta semana de edad los becerros comienzan a mostrar debilidad en sus patas traseras y dificultad progresiva para levantarse. Demyelinización espinal, los becerros al nacer muestran incapacidad para levantarse. Aracnomelia-artrogriposis, se debe a una disfunción neuromuscular hereditaria en donde los becerros nacen muertos y/o con deformidades músculo-esqueléticas. Las patas se presentan anormalmente largas, finas y grotescamente dobladas, músculos y tendones cortos y mandíbula inferior más corta.

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 (citosina por timina) que causa la restricción del sitio Aval 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 y Shanks, 1987).

Problemas de debilidad muscular de aparente asociación congénita han sido reportados en Brahman desde los años 70. Con aparente diferencia, estos problemas han sido referidos como “síndrome del becerro tonto” (Franke *et al.*, 1975; Radostits *et al.*, 1994) y síndrome de debilidad neonatal (Landaeta-Hernández *et al.*, 2002; 2004). Más recientemente, se reportó en Sudáfrica (Thomson *et al.*, 2007) el síndrome de miastenia congénita. Este es caracterizado por una debilidad muscular progresiva y mortalidad en becerros Brahman. Su

causa es una deficiencia en el par de bases 20 del gen CHRNE que resulta en la ausencia de la subunidad epsilon del receptor nicotínico de acetilcolina en la unión neuromuscular (Kraner *et al.*, 2002). El síndrome se halló asociado positivamente con el peso a 205, 400 y 600 días (Thomson *et al.*, 2007).

La diseminación a nivel mundial de todos estos defectos ha ocurrido debido al uso inconsciente de toros portadores utilizados en inseminación artificial (Patel *et al.*, 2006) y Venezuela no es la excepción. Hoy en día, la evaluación citogenética de toros para 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.

IV. ADAPTACIÓN Y BIENESTAR

Especialmente en zonas tropicales, el bienestar animal y la adaptación deben verse como unidad. En consecuencia, 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 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 y Prayaga, 2004).

Los animales adaptados tienen habilidades para sacar el mayor provecho de alimentos de pobre calidad. Requieren menor cantidad 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), Santa Gertrudis y Droughmaster (Wilson 2009).

Especialmente en zonas tropicales, todo programa genético debe orientarse a lograr la adaptación del animal a la localidad. Ello incluye aspectos climáticos, nutricionales, sanitarios y de desempeño productivo del genotipo a elegir (Wilson, 2009). 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.

BIBLIOGRAFÍA

- Agerholm, J.S., C. Bendixen, O. Andersen y J. Arnbjerg. 2001. Complex vertebral malformation in Holstein calves. *J. Vet. Diag. Invest.* 13: 283-289.
- Atencio-Rincón, A., F. Perozo-Gori y R. Roman-Bravo. 2000. Reproduction in *taurus-indicus* crossbred cows in response to some genetic, physiological, and environmental factors affecting in very dry tropic conditions. *Rev. Científica FCV-LUZ X*: 5-12.
- Baird, J. D., U. M. Sarmiento y P. K. Basrur. 1988. Bovine Progressive Degenerative Myelo-encephalopathy (Weaver Syndrome) in Brown Swiss Cattle in Canada: A Literature Review and Case Report. *Can Vet J.* 29: 370–377.
- Bavera, G. y H. Berguet. 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, E. C. A., R. G. Silva y A. S. C. Maia. 2005. Fertility and hair coat characteristics of Holstein cows in a tropical enviroments. *Anim. Reprod.* 2: 187-194.
- Bueno-Ribeiro, A. R., M. Mello de Allencar y M. C. Sena-Oliveira. 2001. Características do pelame de bovinos Nelore, Angus x Nelore, Senepol x Nelore. *Rev. Brasileira Zoot.* 30: 1939-1947.
- Burrow, H. M. y K. C. Prayaga. 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, A. S., R. Gomes da Silva, E. K. Abaker y M. Ceron. 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, H. B. y D. F Dowling. 1954. The hair follicle and apocrine gland population of cattle skin. *Australian Journal of Agricultural Research*, 5:745-754.

- Carvalho, F. A., M. A. Lammoglia, M. J. Simões y R. D. Randel. 1995. Breed effects Thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress. *J. Anim. Sci.* 73: 3570-3573.
- Collier, R. J., J. L. Collier, R. P. Rhoads y L. H. Baumgard. 2008. Invited review: Genes involved in the bovine heat stress response. *J. Dairy Sci.* 91: 445-454.
- Collier, R. J., G. E. Dahl y M. J. Van Baale. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:1244-1253.
- Cunningham, J. G. y B. G. Klein. 2009. Homeostasis. Capítulo 52. En: *Fisiología Veterinaria*. Cunningham J. G. y B. G. Klein. (Eds.) 4ta edición. Diorki Servicios Integrales de Edición. pp 620-649.
- Davis, G. P. 1993. Genetic parameters for tropical beef cattle in Northern Australia: A review. *Aust. J. Agric. Res.* 44:179-198.
- Dikmen, S. y P. J. Hansen. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *J. Dairy Sci.*, 92:109-116.
- Dikmen, S., E. Alava, E. Pontes, J. M. Fear, B. Y. Dikmen, T. A. Olson y P. J. Hansen. 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.
- Dowling, D. F. 1955. The hair follicle and apocrine gland populations of Zebu (*B. indicus*) and Shorthorn (*B. taurus*) cattle skin. *Aust. J. Agric. Research.* 6: 645-654.
- Eckert, R. 1990. Energética animal y relaciones con la temperatura. Cap. 16. En: *Fisiología Animal, Mecanismos y Adaptación*. Eckert, R. (Ed.). pp. 556-606.
- Ferreira, F., W. E. Campos, A. U. Carvalho, M. F. A. Pires, M. L. Martinez, M. V. G. B. Silva, R. S. Verneque y P. F. Silva. 2009. Sweat rate and histological parameters of cattle submitted to heat stress. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 61:763-768.
- Finch, V. A. 1986. Body temperature in beef cattle: Its control and relevance to production in the tropics. *J. Anim. Sci.* 62: 531- 542.

- Franke, D. E., G. E. Combs Jr., W. C. Burns y W. W. Thatcher. 1975. Neonatal health status in Brahman calves and blood components. *J. Anim. Sci.* 40: 193 (abstr).
- Gasparin, G., M. Miyata, L. L. Coutinho, M. L. Martínez, R. L. Teodoro, J. Furlong, M. A. Machado, G. B. Silva, T. S. Sonstegard y L. C. A. Regitano. 2007. Mapping of quantitative trait loci controlling tick [*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*] resistance on bovine chromosomes 5, 7 and 14. *Anim. Genet.* 38:453-459.
- Ghanem, M. E., T. Nakao y M. Nishibori. 2006. Deficiency of Uridine Monophosphate Synthase (DUMPS) and X-chromosome deletion in fetal mummification in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 91: 45-54.
- Gomes da Silva, R., M. M. Guilhermino y D. A. Façanha de Morais. 2010. Thermal radiation absorbed by dairy cows in pasture. *Int. J. Biometeorol.* 54:5-11.
- Gray, K. A., T. Smith, C. Maltecca, P. Overton, J. A. Parish y J. P. Cassady. 2011. Differences in hair coat shedding, and effects on calf weaning weight and BCS among Angus dams. *Livestock Science.* 140: 68-71.
- Hammond, A. C., T. A. Olson, C. C. Jr. Chase, E. J. Browsers, R. D. Randel, C. N. Murphy, D. W. Vogt y A. Tewolde. 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, M. H. y R. D. Shanks. 1987. Performance of females heterozygous for deficiency of uridine monophosphate synthase. *J. Dairy Sci.* 70: 945-951.
- Hutchinson, J. C. D. y G. D. Brown. 1969. Penetrance of cattle coats by radiation. *J. Appl. Physiol.* 26: 454-464.
- Kehrli, M. E., F. C. Schmalstieg, D. C. Anderson, M. J. van Der Maaten y B. J. Hughes. 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, M. B., M. T. A. Costa, S. H. V. Perri y W. R. R. Vicente. 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.
- Kraner, S., J. P. Sieb, P. N. Thomson y O. K. Steinlain. 2002. Congenital myasthenia in Brahman calves caused by homozygosity for a CHRNE truncation mutation. *Neurogenetics* 4: 87-91.
- Landaeta-Hernández, A. J., D. Rae, T. Olson y L. F. Archbald. 2002. Aspectos genéticos de la debilidad al nacer en becerros Brahman. *Memorias XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal*. Valera-Trujillo, octubre 22-26. 1-13.
- Landaeta-Hernández, A. J., D. Rae, T. Olson, J. M. Ferrer, M. Barboza y L. F. Archbald. 2004. Prewaning traits of Brahman calves under a dual-purpose management system in the tropics. *Rev. Científica FCV-LUZ XIV*: 344-353.
- Landaeta-Hernández, A. J., S. Zambrano-Nava, J. P. Hernández-Fonseca, R. Godoy, M. Calles, J. L. Iragorri, L. Añez, M. Polanco, M. Montero-Urdaneta y T. Olson. 2011. Variability of hair coat and skin traits as related to adaptation in Criollo Limonero cattle. *Trop. Anim. Health Prod.* 43:657-663.
- Linville, D. E. y F. E. Pardue. 1992. Heat stress and milk production in the South Carolina Coastal Plains. *J. Dairy Sci.* 75: 2598-2604.
- Lloyd, D. H. y A. P. Patel. 2008. Estructuras y funciones de la piel. *Manual de dermatología en pequeños animales y exóticos*. Capítulo 1. p 1-13.
- Mariasegaram, M., C. C. Chase Jr., J. X. Chaparro, T. A. Olson, R. A. Breneman y R. P. Niedz. 2007. The slick hair locus maps to chromosome 20 in Senepol-derived cattle. *Anim. Genetics*. 38: 54-59.
- McDowell, R. E. 1974. Factores que influyen en la producción ganadera de climas cálidos. En: *Bases Biológicas de la Producción Animal en Zonas Tropicales*. McDowell, R. E. (Ed.). Acibia, Zaragoza, España. pp 692.
- McEwan, D. y T. Nay. 1973. The sweat glands and hair follicles of Asian, African, and South American cattle. *J. Biol. Sci.* 26: 259-75.

- McManus, C., H. Louvandini, R. Gugel, L. C. Bastos, E. Bianchini, F. E. Moreno, S. Rezendo y T. Prado. 2010. Skin and coat traits in sheep in Brazil and their relation with heat tolerance. *Trop. Anim. Health Prod.* 43: 121-126.
- McMillan, A. M y, J. H. J. Van der Werf. 2007. Genetic variation in rectal temperature and its association with heat tolerance in Australian dairy cattle. *Proc. Assoc. Advmt. Anim. Breed. Genet.*, 17: 553–556.
- Martínez, R., R. Toro, F. Montoya, M. Burbano, J. Tobón, J. Gallego y F. Ariza. 2005a. Evaluación genética para resistencia a brucelosis en ganado criollo colombiano BON. *Arch. Zoot.* 54: 333-340.
- Martínez, R., R. Toro, F. Montoya, M. Burbano, J. Tobón, J. Gallego y F. Ariza. 2005b. Caracterización del locus BoLA-DRB3 en ganado criollo colombiano y asocian con resistencia a enfermedades. *Arch. Zootec.* 54: 349-356.
- Montero-Urdaneta, M., S. Zambrano-Nava, M. Calles, J. M. Ferrer, C. Fuenmayor-Morales, T. Olson y A. J. Landaeta-Hernández. 2008. Efecto de la longitud del pelo sobre variables fisiológicas en hembras Criollo Limonero sometidas a estrés calórico. XIV Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Maracaibo, Venezuela Septiembre 24-26. *Rev. 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.
- Nagahata, H. 2004. Bovine leukocyte adhesion deficiency (BLAD): A review. *J. Vet. Med. Sci.* 66:1475-82.
- Nagahata, H., T. Miura, K. Tagaki, M. Ohtake, H. Noda, T. Yasuda y K. Nioka. 1997. Prevalence and allele frequency estimation of Bovine Leukocyte Adhesion Deficiency (BLAD) in Holstein-Friesian cattle in Japan. *J. Vet. Med. Sci.* 59: 233-238.
- Nagahata, H., H. Nochi, K. Tamoto, H. Taniyama, H. Noda, M. Morita, M. Kanamaky y G. A. Kociba. 1993. Bovine leukocyte adhesión deficiency in Holstein cattle. *Can. J. Vet. Res.*, 57: 255-261.

- Nay, T. y R. H. Heyman. 1956. Sweat glands en zebu (*Bos indicus* L) and european (*B. taurus* L) cattle. Aust. J. Agric. Res. 7: 482-494.
- Nganga, J. K., M. Soller y F. A. Iraqi. 2010. High resolution mapping of trypanosomosis resistance loci Tir2 and Tir3 using F12 advanced intercross lines with major locus Tir1 fixed for susceptible allele. BMC Genomics. 11: 394. doi: 10.1186/1471-2164-11-394.
- Norouzy, A., M. R. Nassiry, F. Eftekhari Shahrody, A. Javadmanesh, M. R. Mohammad Abadi y G. E. Sulimova. 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.
- O'Gorman, G. M., S. Park, E. W. Hill, K. G. Meade, P. M. Coussens, E. Agaba, J. Naessens, S. K. Kemp y D. E. MacHugh. 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.
- Olson, T. A., C. Lucena, C. C. Jr. Chase y A. C. Hammond. 2003. Evidence of a major gene influencing hair length and heat tolerance in *Bos taurus* cattle. J. Anim. Sci. 81: 80-90.
- Patel, R. K., K. M. Singh, K. J. Soni, J. B Chauhan y K. R. S Sambasiva Rao. 2006. Lack of carriers of citrullinaemia and Dumps in Indian Holstein cattle. J. Appl. Genet., 47: 239-242.
- Piper, E. K., L. A. Jackson, H. Bielefeldt-Ohmann, C. Gondro, A. Lew-Tabor y N. N. Jonsson. 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, E. K., N. N. Jonsson, C. Gondro, A. E. Lew-Tabor, P. Moolhuijzen, M. E. Vance y L. A. Jackson. 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, K. C. y J. M. Henshall. 2005. Adaptability in tropical beef cattle: genetic parameters of growth, adaptive and temperament traits in a crossbred population. *Aust. J. Exp. Agricult.* 45: 971-983.
- Radostits, O. M., D. C. Blood y C. C. Gay. 1994. Specific diseases of uncertain etiology. En: O. M. Radostits, D. C. Blood y C. C. Gay (Eds.). *Veterinary Medicine*. 8th Edit Baillière-Tindall, London, UK. 1665-1669.
- Roelants, G. E., F. Fumoux, M. Pinder, R. Queval, A. Bassinga y E. Authié. 1987. Identification and selection of cattle naturally resistant to African trypanosomiasis. *Acta Trop.* 44:55-66.
- Schwenger, B., S. Schober y D. Simon. 1993. DUMPS cattle carry a point mutation in the uridine monophosphate synthase gene. *Genomics* 16: 241-244.
- Scharf, B. A. 2008. Comparison of thermoregulatory mechanisms in heat sensitive and tolerant breeds of *Bos taurus* cattle. Thesis presented at the University of Missouri-Columbia. 136 p.
- Sharif, S., B. A. Mallard, B. N. Wilkie, J. M. Sargeant, H. M. Scott, J. C. Dekkers, y K. E. Leslie. 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: 185-93.
- Stein, J., W. Ayalew, E. Rege, W. Mulatu, H. Lemecha, Y. Tadesse, T. Tekle y J. Philipsson. 2011. Trypanosomiasis and phenotypic features of four indigenous cattle breeds in an Ethiopian field study. *Vet. Parasitol.* 31:40-47.
- Stewart, R. E. 1953. Absorption of solar radiation by the hair of cattle. *Agric. Eng.* 34, 235-238.
- Thomsen, B., P. Horn, F. Panitz, E. Bendixen, A. H. Petersen, L. E. Holm, V. H. Nielsen, J. S. Agerholm, J. Arnbjerg y C. Bendixen. 2006. A missense mutation in the bovine SLC35A3 gene, encoding a UDP-N-acetylglucosamine transporter, causes complex vertebral malformation. *Genome Res.* 16: 97-105.

- Thomson, P. N., J. H. J. Van der Werf, J. A. P. Heesterbeek y J. A. M. Arendonk. 2007. The CHRNE 470del 20 mutation causing congenital myasthenic syndrome in South African Brahman cattle: Prevalence, origin, and association with performance traits. *J. Anim. Sci.* 85: 604-609.
- Wambura, P. N., P. S. Gwakisa, R. S. Silayo y E. A. Rugaimukamu. 1998. Breed-associated resistance to tick infestation in *Bos indicus* and their crosses with *Bos taurus*. *Vet Parasitol.* 77: 63-70.
- Wharton, R. H., K. B. W. Utech y H. G. Turner. 1970. Resistance to cattle tick, *Boophilus microplus* in a heard of Australian Illawarra Shorthorn cattle – its assessment and heritability. *Aust. J. Agricult. Res.* 21:163-170.
- Wilson, R. T. 2009. Fit for purpose –the right animal in the right place. *Trop. Anim. Health Prod.* 41: 1081-1090.
- Zambrano-Nava, S., J. Boscán-Ocando y J. Nava. 2011. Normal bacterial flora from vaginas of Criollo Limonero cows. *Trop. Anim. Health Prod.* 43:291-294.