
INTROGRESIÓN GENÉTICA DE *Bos indicus* (BOVIDAE) EN BOVINOS CRIOLLOS COLOMBIANOS DE ORIGEN *Bos taurus*

Genetic Introgression of *Bos indicus* (Bovidae) in Colombian Creole Cattle *Bos taurus*

CARLOS ARTURO SÁNCHEZ ISAZA¹, MV, M.Sc.; LIGIA MERCEDES JIMÉNEZ ROBAYO², MV M.Sc., Ph. D. (C); MARTA LUCÍA BUENO ANGULO³, Bióloga, M.Sc.

¹Laboratorio de Citogenética, Departamento de Ciencias para la Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Carrera 30 No.45-03, Edificio 561-B, Bogotá, Colombia Teléfono: 57-1-316 56 31 Fax: 57-1-316 54 01 casanchezis@unal.edu.co.

²Profesora Asociada, Laboratorio de Citogenética, Departamento de Ciencias para la Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. lmjimenezr@unal.edu.co

³Profesora Asociada, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. mlbuenoa@unal.edu.co

Presentado 1 de septiembre de 2006, aceptado 22 de agosto de 2007, correcciones 13 de febrero de 2008.

RESUMEN

El presente trabajo evidencia desde el punto de vista citogenético la introgresión genética, de origen paterno, de *Bos indicus* en ganado criollo colombiano descendiente de *Bos taurus*. Para este estudio se realizó el análisis cariológico de la morfología del cromosoma Y a partir de muestras de sangre heparinizada de 67 bovinos machos pertenecientes a siete razas criollas colombianas. Se reporta la presencia de cuatro ejemplares pertenecientes a la raza Romosinuano (40%) y 10 toros de la raza Casanareña (100%) con cromosoma Y de tipo acrocéntrico característico de *Bos indicus*, lo cual estaría evidenciando un alto grado de introgresión genética, en estas dos razas, posiblemente originada por la intensiva introducción de sementales de la raza Cebú en la ganadería criolla colombiana. En las otras cinco razas (Blanco Orejinegro (BON), Chino santandereano, Costeño con cuernos, Hartón del valle y Sanmartinero), los toros presentaron el cromosoma Y submetacéntrico, característico de *Bos taurus*.

Palabras clave: cromosoma Y, introgresión genética, ganado criollo colombiano, citogenética.

ABSTRACT

This work evidenced, using a cytogenetics approach, that *Bos indicus* exerted a genetic introgression of paternal origin on Creole Colombian cattle descendent from *Bos taurus*. Analysis of chromosome Y morphology was carried out in heparinized blood samples of 67 bulls belonging to seven Colombian breeds. We report 4 sires belonging to the Romosinuano breed (40%) and 10 bulls of the Casanareño breed (100%) with acrocentric Y chromosome which is characteristic of *Bos taurus*. This finding indicates a high degree of genetic introgression in these two breeds probably caused by the continuous input of zebu stallions in the Colombian Creole breeds. In other five Creole breeds (Blanco Orejinegro -BON-, Chino Santandereano, Costeño con Cuernos, Hartón del Valle and Sanmartinero), the bulls had a submetacentric Y chromosome characteristic of *Bos taurus*.

key words: Y-Chromosome, genetic introgression, Colombian Creole cattle, cytogenetics.

INTRODUCCIÓN

Los bovinos domésticos, se dividen en dos grandes grupos definidos como especies o subespecies según Loftus *et al.* (1994), de acuerdo a su origen y sus características morfológicas, el tipo cebuino o razas de ganado con joroba o giba torácica y el tipo taurino o razas bovinas sin giba (Giovambattista *et al.*, 2000). Las dos especies poseen grandes semejanzas en el cariotipo, en cuanto a conformación y número cromosómico, pero se diferencian por la morfología del cromosoma Y (De Luca *et al.*, 1999), el cual es acrocéntrico en las razas de origen cebuino, (ganados descendientes de *Bos indicus*), mientras que en los linajes de origen taurino, (bovinos *Bos taurus*), es submetacéntrico (Kieffer y Cartwright, 1968). Se ha podido demostrar mediante estudios de marcadores, tanto cromosómicos como moleculares, que todas las razas nativas ibéricas y algunas de las razas criollas americanas, como el criollo venezolano (Muñoz *et al.*, 1994), el criollo uruguayo (Postiglioni *et al.*, 1996), el criollo argentino (De Luca *et al.*, 1997) y el criollo boliviano de la provincia Valle Grande (De Luca *et al.*, 2002a) poseen ancestros taurinos. La morfología del cromosoma Y es utilizada como marcador citogenético en las filogenias de las razas bovinas (Pathak y Kieffer, 1979). Sin embargo, se ha podido comprobar que algunas razas, fenotípicamente definidas como taurinas o cebuinas puras, presentan en sus poblaciones los dos tipos de morfología del cromosoma Y (Pinheiro *et al.*, 1980; Bradley *et al.*, 1994), como consecuencia de la cruce de machos cebuinos con hembras taurinas o viceversa. Por lo tanto, el análisis de la morfología del cromosoma Y es una herramienta citogenética de gran utilidad para evaluar la existencia de introgresión genética por vía paterna en las poblaciones bovinas (De Luca *et al.*, 1999) y se han reportado estudios en varias razas criollas latinoamericanas (Giovambattista *et al.*, 2000). En Colombia están presentes siete razas diferentes: Blanco orejinegro (BON), Casanareño, Chino santandereano, Costeño con cuernos, Hartón del Valle, Romosinuano y Sanmartinero (Moreno *et al.*, 2001) ubicándose como el país de Suramérica que presenta la mayor diversidad de bovinos criollos (Sánchez, 2005). Al contrario de las razas comerciales

altamente seleccionadas, las razas criollas han estado sujetas a niveles reducidos de selección artificial (Giovambattista *et al.*, 2001). En consecuencia, estas razas se han adaptado al medio ambiente del trópico, mostrando altos niveles de variabilidad fenotípica, se reproducen exitosamente en forma extensiva a pesar de pastorear en suelos con pastos pobres y/o secos y sin ninguna práctica sanitaria ni manejo. Además, la mayoría de estas razas criollas han sido estudiadas por su resistencia natural a enfermedades causadas por parásitos externos e internos, su capacidad de resistir el estrés ambiental así como por sus características de canal tanto en genotipos puros como en cruces (Tewolde, 1999). En general los animales criollos son dóciles, lo que facilita su manejo y presentan buenos parámetros reproductivos (alta fertilidad, facilidad de parto, buena habilidad materna y longevidad). Todas las características mencionadas representan ventajas adaptativas de las razas criollas colombianas frente a las razas de ganado comerciales, por lo que deben ser consideradas como un recurso importante de gran valor económico para el futuro de la ganadería regional (Hernández, 1996). En términos económicos con condiciones de insumos mínimos los animales criollos, por el alto potencial genético que poseen, permiten formar sistemas con buenos niveles de producción, tan eficientes, como los más especializados (razas comerciales) que tienen altos requerimientos de insumos. Sin embargo, a pesar de los altos costos de producción de estos últimos, la tendencia sigue siendo la de implementar sistemas de producción con razas foráneas, por lo cual los productores continúan introduciendo germoplasma exótico a las poblaciones criollas. Estas conductas erosionan significativamente el conglomerado de genes nativos ocasionando la pérdida de material genético en las poblaciones criollas (Pariacote, 2000), haciendo imposible la implementación de programas de mejoramiento genético. El uso continuado de germoplasma exótico en Latinoamérica amenaza con sustituir genes nativos por los genes de los grupos raciales que son introducidos (Pariacote, 2000), por lo que es importante evitar el reemplazo o entrecruzamiento de las razas domésticas nativas adaptadas localmente por razas comerciales foráneas (Giovambattista *et al.*, 2001). Un ejemplo de los efectos deletéreos potenciales de estas mezclas, se observó en la raza bovina N'Dama, nativa de África occidental, la cual es altamente resistente a las infecciones por *Trypanosoma*, enfermedad común en su área de distribución. La introgresión originada a partir de la introducción de razas importadas de origen *B. indicus*, las cuales no comparten la tolerancia al parásito, produjo una disminución importante en el número de individuos resistentes a *Trypanosoma*, incrementando la incidencia de esta enfermedad en los hatos y amenazando de esta forma la integridad de este importante recurso genético local (Bradley *et al.*, 1994).

Los estudios citogenéticos en bovinos adquirieron importancia, a partir del descubrimiento de la translocación Robertsoniana 1/29 en el ganado sueco rojo y blanco (Gustavson y Rockborn, 1964); hoy día esta anomalía cromosómica ha sido descrita en más de 50 razas taurinas y/o cebuínas en Europa y América lo que evidencia su origen ancestral (Vera *et al.*, 2002) y se han publicado más de 230 artículos científicos al respecto (Popescu y Pech, 1991). Los animales portadores de esta aberración cromosómica son fenotípicamente normales, poseen libido y aptitud normal, pero evidencian una disminución de la fertilidad debido a la producción de gametos genéticamente desbalanceados lo que ocasiona mortalidad embrionaria y abortos.

En general los ganaderos le atribuyen el problema a las hembras siendo eliminadas del hato; sin embargo, los toros también pueden ser portadores de la translocación rob (1;29) como ya se demostró en ganados criollos colombianos (Sánchez, 2005). La frecuencia de la translocación rob (1;29) en razas bovinas criollas colombianas fue estimada entre 0% (razas libres) y 22% en un estudio citogenético realizado por Sánchez *et al.* (2006). La ausencia de la translocación coincide con aquellas razas (BON, Hartón del Valle y Sanmartinero) en las que entidades gubernamentales y/o académicas han implementado programas de conservación, reproducción e investigación adecuados. Los estudios citogenéticos permiten analizar la morfología del cromosoma Y para determinar el linaje taurino o cebuino. Con el presente trabajo se evidencia la introgresión de *B. indicus* en ejemplares de razas bovinas criollas colombianas de origen taurino a partir del análisis de la morfología del cromosoma Y.

MATERIALES Y MÉTODOS

ANIMALES

Se evaluaron citogenéticamente 67 machos bovinos, con edades entre uno y cinco años, seleccionados al azar, pertenecientes a las razas: Casanareño (10), Chino santandereano (10), Costeño con cuernos (10), Sanmartinero (10), Romosinuano (10), Blanco orejinegro (BON) (9) y Hartón del Valle (8). Los animales pertenecían a los hatos de la Secretaría de Desarrollo Económico y Agricultura del Casanare, el Fondo Ganadero de Santander, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) y la Universidad Nacional de Colombia, sedes Medellín y Palmira.

ESTUDIO CITOGENÉTICO

Para el estudio citogenético se empleó el cultivo de linfocitos de sangre periférica. Las muestras se tomaron de la vena yugular o de la vena caudal en la base de la cola, en tubos Vacutainer, estériles con 0,1 ml de anticoagulante heparina (5000 UI/mL). Las muestras se transportaron en nevera portátil (4-6 °C), al Laboratorio de Citogenética Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Las muestras de cada ejemplar se sembraron por duplicado; se cultivaron 2 mL de sangre total en 8 mL de medio de cultivo RPMI-1640 suplementado con suero fetal bovino (20%), antibióticos al 1% (penicilina 100 UI/mL-estreptomomicina 100 µg/mL) y 0,3 mL de fitohemaglutinina-P. Los cultivos de linfocitos se incubaron por 67 horas a 38,5 °C. A uno de los cultivos de cada animal se le agregaron 0,2 ml de bromodeuxiuridina (30 mg/mL) durante las últimas siete horas de incubación. Finalmente a todos los cultivos se les aplicaron 0,20 mL de colchicina (0,02 mg /mL) 30 minutos antes de concluir el período de incubación. El tratamiento con solución hipotónica y la fijación se realizaron de acuerdo al protocolo estandarizado en el Laboratorio de Citogenética Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia. De cada cultivo se prepararon ocho láminas en promedio, las preparaciones cromosómicas se sometieron a maduración a temperatura ambiente y en oscuridad por cuatro días, luego de lo cual se les aplicó la técnica de Bandas R (RBG) de Pai y Thomas, (1980). Se analizaron 50 metafases con Bandas R (RBG) de cada individuo y se fotografiaron las cuatro mejores de cada uno, en un microscopio (Leitz Orthoplan) equi-

pado con cámara (Leitz Orthomat) y los cariotipos correspondientes se ordenaron de acuerdo al Sistema Internacional de Nomenclatura de Cromosomas de Bóvidos Domésticos (ISCNDB, 2000).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos al analizar la morfología del cromosoma Y en los bovinos criollos colombianos se resumen en la Tabla 1. Casi todos los machos analizados (92,1%) presentaron un número cromosómico normal ($2n=60, XY$), excepto tres toros pertenecientes a las razas Chino santandereano (13,6%), dos ejemplares Casanareños (18,5%) y un macho Romosinuano (22,2%) que fueron detectados como portadores de la translocación rob (1;29) y por consiguiente su número cromosómico era de $2n=59, XY t rob(1;29)$. Entre los 67 machos pertenecientes a las siete razas de ganado criollo colombiano analizados se encontraron los dos tipos de cromosoma Y. En 53 ejemplares (79,11%) se observó el de tipo submetacéntrico, característico de *B. taurus* y en 14 individuos (20,89%) el cromosoma Y acrocéntrico característico de *B. indicus* (Fig. 1). El cromosoma Y submetacéntrico (*B. taurus*) fue observado en todos los toros pertenecientes a las razas BON, Chino santandereano, Costeño con cuernos y Hartón del Valle (Fig. 2). Mientras que el cromosoma Y de tipo acrocéntrico (*B. indicus*) fue detectado en el 40% de los ejemplares Romosinuanos (cuatro animales) y en el 100% de los toros Casanareños (10 ejemplares) analizados (Fig. 3).

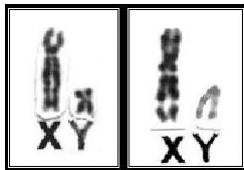


Figura 1. Cromosomas sexuales de dos machos bovinos criollos colombianos. A la izquierda se destaca el cromosoma Y submetacéntrico de un ejemplar de la raza criolla Blanco orejinegro y a la derecha se observa el cromosoma Y acrocéntrico de un toro de la raza criolla Casanareño.

DISCUSIÓN

La presencia de los cromosomas Y de tipo submetacéntrico (*B. taurus*) y acrocéntrico (*B. indicus*) pone en evidencia los múltiples procesos de hibridación con ganados de linaje cebuino a que han estado sometidas las poblaciones de ganado criollo colombiano. La presentación de patrilinajes de origen cebuino en bovinos criollos colombianos ya había sido detectada previamente analizando tres marcadores microsatélites de la región no recombinante del cromosoma Y (INRA124, INRA126 y BM861) por Bedoya *et al.* (2003), quienes encontraron una frecuencia de cromosomas Y cebuinos entre 5 y 8% en el ganado criollo colombiano. El grado de introgresión genética promedio estimado en las siete razas criollas colombianas analizadas citogenéticamente en el presente trabajo, fue de 20,89% (Tabla 1). De Luca *et al.*, (2002b) realizaron un análisis similar con 95 ejemplares pertenecientes a cinco razas bovinas criollas bolivianas y encontraron un valor similar (21%).

Razas analizadas	Toros estudiados	Frecuencia de la t(1;29) %*	Cromosoma Y submetacéntrico		Cromosoma Y acrocéntrico	
			n	%	n	%
Chino santandereano	10	13,6%	10	100	0	0
Costeño con cuernos	10	0%	10	100	0	0
Romosinuano	10	22,2%	6	60	4	40
Blanco orejinegro	9	0%	9	100	0	0
Sanmartinero	10	0%	10	100	0	0
Hartón del Valle	8	0%	8	100	0	0
Casanareño	10	18,5%	0	0	10	100
Total	67	7,9%	53	79,1	14	20,9

Tabla 1. Morfología del cromosoma Y observada en bovinos de siete razas criollas colombianas. *Sánchez *et al.*, (2006).

La morfología del cromosoma Y (de tipo submetacéntrico) encontrada en el presente trabajo concuerda con el origen taurino de las razas de Blanco orejinegro, Sanmartinero y Hartón del Valle, evidenciando que desde el punto de vista citogenético no se detecta introgresión cebuina en los ejemplares analizados. Bedoya *et al.* (2003), en su análisis con marcadores moleculares, (microsatélites autosómicos y microsatélites de la región no recombinante del cromosoma Y), determinaron que las razas Blanco orejinegro y Sanmartinero, son las que poseen el más bajo grado de introgresión cebuina total entre las seis razas de ganado criollo colombiano analizadas. La situación del ganado Sanmartinero es bien particular, considerando que esta raza se desarrolló en la región de los Llanos Orientales de Colombia, zona donde tradicionalmente se cría ganado Cebú. Sin embargo, en el presente trabajo no se evidenció introgresión de ganado tipo *B. indicus*, lo que permite suponer que las prácticas de manejo adecuadas han permitido mantener la pureza de la raza. Aunque en el presente estudio no se detectó introgresión cebuina en los ocho machos analizados de la raza Hartón del Valle, Bedoya *et al.* (2003) encuentran diferentes grados (0-27%) de acuerdo al tipo de análisis. Estos resultados permiten resaltar la necesidad de realizar análisis cromosómicos y moleculares en todos aquellos individuos machos que vayan a ser utilizados como reproductores en las razas bovinas criollas colombianas, lo que ayudará a la selección y adicionalmente a dilucidar el verdadero grado de mezcla con Cebú. A pesar de que las razas Costeño con cuernos y Romosinuano comparten las mismas áreas geográficas en el Caribe colombiano y a que Carvajal-Carmona *et al.* (2003) mediante el análisis de la región control del ADN mitocondrial indicaron que poseen una estrecha afinidad genética, en el presente estudio no se encontraron machos con cromosoma Y de tipo cebuino entre los ejemplares de Costeño con cuernos lo que contrasta con el alto porcentaje de introgresión detectado entre los machos Romosinuano (40%; Tabla 1). En el caso de la raza Costeño con cuernos, Bedoya *et al.* (2003) detectaron introgresión cebuina autosómica vía materna, la cual no podría ser evidenciada mediante el análisis de la morfología del cromosoma Y, objeto de la presente investigación. En relación con la raza Romosinuano, el alto porcentaje de introgresión (40%) detectado en este estudio, evidenció la contaminación racial con genes cebuinos y ubica a este grupo entre los promedios más altos reportados para razas criollas

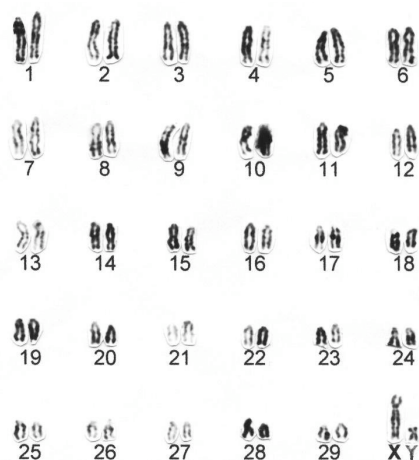


Figura 2. Cariotipo con Bandas RBG (Bandas reversas, con pulso Terminal de Bromo-deoxiuridina coloreadas con Giemsa) de un toro de la raza criolla Blanco orejinegro. ($2n = 60,XY$). Notar la presencia del Cromosoma Y submetacéntrico.

suramericanas. Actualmente se ha reportado introgresión cebuina producida por cruces con machos *B. indicus* en razas criollas de Brasil (68,5%; Britto y Mello, 1999), de las Antillas Francesas (88%; Popescu *et al.*, 1987) y de Bolivia, (21% De Luca *et al.*, 1999; De Luca *et al.*, 2002b). Estos resultados evidencian que los esfuerzos para la preservación de núcleos puros de Romosinuano realizados durante los últimos 50 años por entidades como el ICA, la Asociación de Criadores de Romosinuano y Corpoica no están dando los resultados esperados, al menos en cuanto a la conservación de la pureza de esta raza. Esto se reafirma con el hecho de que aún se encuentran los dos tipos de cromosoma Y (submetacéntrico de *B. taurus* y acrocéntrico de *B. indicus*) en ejemplares de la raza Romosinuano, muchos años después de los primeros cruzamientos, sugiriendo además que no existe selección negativa en contra de ninguno de los dos tipos de cromosomas (Pinheiro *et al.*, 1980). Entre los machos de ganado Chino santandereano no se encontró ningún individuo con el cromosoma Y de tipo acrocéntrico a pesar de que en el análisis con marcadores moleculares realizado por Bedoya *et al.* (2003) detectan en esta raza entre 18 y 27% de cromosomas Y cebuinos, siendo la que presentaría el mayor grado de mezcla cebuina entre las razas de ganado criollo colombiano. Se sugiere implementar el estudio citogenético de rutina junto con el análisis de marcadores cebuinos en todos los machos destinados a ser reproductores, lo que podrá garantizar el mantenimiento de hatos puros. Para finalizar, es importante destacar el alto grado de introgresión cebuina detectada en la raza criolla Casanareño. Todos los toros analizados (100%) en el presente trabajo, presentaron el cromosoma sexual Y de tipo acrocéntrico (*B. indicus*), convirtiéndola en la raza criolla con mayor porcentaje de introgresión reportada en Suramérica hasta ahora. Se confirma que la raza Casanareño presenta el grado más alto de mestizaje con Cebú, de forma similar a lo reportado previamente con marcadores microsatélites por Moreno *et al.* (2001) y Bedoya *et al.* (2001). Si se tiene en cuenta el último censo de poblaciones de bovinos criollos que reportó una población de 5.663 ejemplares “puros” de

esta raza (Martínez, 1999), y se contrasta con los resultados de los análisis cromosómicos presentados en este estudio, que coinciden con trabajos previos ya citados, se concluye que la condición genética real de la raza es crítica en términos de pureza y que sería importante definir el grado de mestizaje realizando estudios del cromosoma Y y/o ADN mitocondrial que permitieran conocer la situación real de esta población. La falta de planes gubernamentales de conservación de la raza Casanareño, junto con el hecho de que esta raza se haya desarrollado en una de las regiones del país en donde la producción de carne se ha basado en la explotación de razas de origen cebuino o en cruces con estas, son quizás las dos razones principales para que presente el grado más alto de mestizaje detectado en el ganado criollo colombiano. Además de que esta raza posee el porcentaje más alto de introgresión genética cebuina (100%), se destaca porque también presenta una de las más altas frecuencias (18,5%) de animales portadores heterocigotos para la translocación rob (1;29; Sánchez *et al.*, 2006). Se esperaría, que como consecuencia de la introgresión de genes cebuinos en la raza Casanareño, se produjera una dilución de esa alta frecuencia de la translocación rob (1;29), debido a la baja presentación de esta anomalía cromosómica en la raza Cebú (De Luca *et al.*, 2002b). Sin embargo los resultados del presente trabajo indican que no existe una relación inversa entre estas variables.

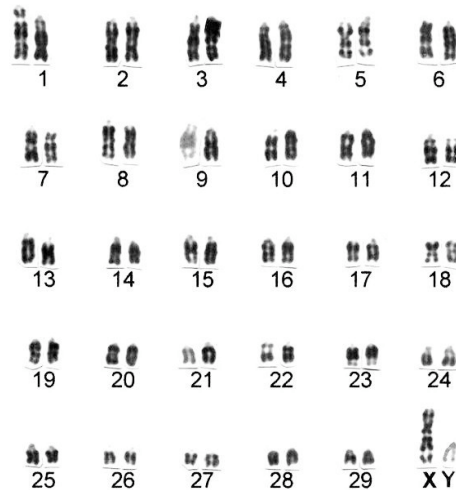


Figura 3. Cariotipo con bandas RGB de un toro de la raza criolla Casanareño ($2n=60,XY$). Notar la presencia del cromosoma Y acrocéntrico en el cariotipo.

Es evidente que la introducción de genes foráneos (de origen *B. indicus*), en las razas de ganado criollo colombiano va en detrimento de la pureza de las mismas y puede tener incidencia en la capacidad adaptativa propia de estos núcleos (Bedoya *et al.*, 2003), los cuales se encuentran en peligro de extinción. Por ello, es necesario restringir el uso de germoplasma exótico e iniciar programas de selección en las poblaciones de razas criollas bovinas. De no iniciarse programas de mejoramiento genético, a largo plazo se perdería la adaptación lograda por selección natural y la posibilidad de desarrollar razas tropicales competitivas y eficientes (Pariacote, 2000).

CONCLUSIONES

Después de cerca de 500 años de selección natural los bovinos criollos colombianos muestran un alto grado de ajuste a nuestros ambientes tropicales. La dilución genética ocasionada por la introgresión de genes exóticos contribuye a la pérdida de esa adaptación al medio ambiente como ya se demostró en razas bovinas africanas. El monitoreo citogenético es una herramienta económica que se puede implementar para la selección de los toros usados como reproductores. Es importante no solo para detectar la presencia de posibles anomalías cromosómicas que tienen un efecto negativo en la fertilidad, sino también para seleccionar aquellos animales con cromosoma Y de tipo submetacéntrico, indicativo de su ancestro taurino (*B. taurus*), contribuyendo así al mantenimiento y conservación de núcleos de animales puros de las razas de ganados criollos colombianos, por lo que se recomienda analizar cromosómicamente todos los machos destinados a la reproducción.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de las entidades y personas que facilitaron el acceso a los animales utilizados en el presente estudio: Hacienda El Bubuy de la Secretaría de Desarrollo Económico y Agricultura del Departamento de Casanare; Hacienda El Trofeo del Fondo Ganadero de Santander; Centros de Investigación La Libertad y Turipaná de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica); Hacienda Paysandú y Granja de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, sedes Medellín y Palmira respectivamente. Este trabajo fue financiado con recursos de la Dirección Nacional de Investigación (DINAIN) de la Universidad Nacional de Colombia (Código DI00C249).

BIBLIOGRAFÍA

BEDOYA G, CARVAJAL L, BERMÚDEZ N, MORENO F, MÁRQUEZ ME, DAVIES S, DERR J, OSSA J, RUIZ A. Estructura molecular y poblacional del ganado criollo colombiano (GCC). Rev Col Cienc Pec. 2001;14(2): 107-118.

BEDOYA G, HERNÁNDEZ E, BERMÚDEZ N, CARDONA H, DUQUE C, ARIAS W, *et al.* Una aproximación al origen genético y grado de mezcla reciente en BON y otras razas de ganado Criollo colombiano. En Ganado BON contribución a la preservación y propagación del ganado Criollo colombiano. Editado por Ossa JE y Segura JA. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia; 2003.

BRADLEY DG, MACHUGH DE, LOFTUS RT, SOW RS, NOSTE CH, CUNNINGHAM EP. Zebu-Taurine Variation in Y Chromosome DNA: A Sensitive Assay for Genetic Introgression in West Trypanotolerant Cattle Population. Anim Genet. 1994;25:7-12

BRITTO CMC, MELLO MLS. Morphological Dimorphism in the Y Chromosome of "Pé-Duro" Cattle in the Brazilian State of Piauí. Genet Mol Biol. 1999;22(3):369-373.

CARVAJAL-CARMONA LG, BERMÚDEZ N, OLIVERA-ANGEL M, ESTRADA L,

OSSA J, BEDOYA G, RUIZ-LINARES A. Abundant mtDNA Diversity and Ancestral Admixture in Colombian Criollo Cattle (*Bos taurus*). *Genetics*. 2003;165:1457-1463.

DE LUCA JC, GOLJOW CD, GIOVAMBATTISTA G, DIESSLER M, DULOUT FN. Y-Chromosome Morphology and Incidence of the 1/29 Translocation in Argentine Creole Bulls. *Theriogenology*. 1997;47:761-764.

DE LUCA JC, ZUFRIATEGUI L, GIOVAMBATTISTA G, ROJAS FV, RIPOLI MV, DULOUT FN. Estudios citogenéticos en bovinos y su aplicación en bovinos criollos bolivianos. Monografía 24pg, Montevideo, Uruguay 1999.

DE LUCA JC, GIOVAMBATTISTA G, ROJAS FV, DULOUT FN. Análisis citogenético de bovinos criollos bolivianos de la provincia de Valle Grande. *Arch Zootec*. 2000a;51(196):473-476.

DE LUCA JC, ZUFRIATEGUI L, PICCO SJ, RIPOLI MV, GIOVAMBATTISTA G, ROJAS FV, *et al.* Incidence of 1/29 Translocation in Bolivian Creole and Brahman Yacumeño Cattle. *Theriogenology*. 2002b;58:1273-1281.

GIOVAMBATTISTA G, RIPOLI MV, DE LUCA JC, MIROL PM, LIRON JP, DULOUT FN. Male-Mediated Introgression of *Bos indicus* Genes Into Argentine and Bolivian Creole Cattle Breeds. *Anim Genet*. 2000;31:302-305.

GIOVAMBATTISTA G, RIPOLI MV, PERAL-GARCIA P, BOUZAT JL. Indigenous Domestic Breeds as Reservoirs of Genetic Diversity: The Argentinean Creole Cattle. *Anim Gene*. 2001;32:240-247.

GUSTAVSON I, ROCKBORN G. 1964. Chromosome Abnormality in Three Cases of Lymphatic Leukaemia in Cattle. *Nature*, 230:990.

HERNÁNDEZ BG. Razas bovinas criollas y colombianas. Banco Ganadero, 4a. edición; Bogotá; 1996.

ISCNDB. International System for Chromosome Nomenclature of Domestic Bovids. Cribiu EP., Di Berardino D., Di Meo GP., Eggen A., Gallagher DS., Gustavsson I., *et al.* 2001. *Cytogenet Cell Genet*. 2000;92(3-4):283-99.

KIEFFER MN, CARTWRIGHT TC. Sex Polymorphism in Domestic Cattle. *J Hered*. 1968;59:35-36.

LOFTUS RT, MACHUGH DE, BRADLEY DG, SHARP PM, CUNNINGHAM P. Evidence for two independent domestications of cattle. *Proc Nat Acad Sci USA*. 1994; 91(3):2757-2761.

MARTÍNEZ CG. Censo y caracterización de los sistemas de producción del ganado criollo y colombiano. Memorias del seminario organizado por Fedegan, Ica, Asobon y Pronatta. Bogotá; 1999;23:13-53.

MORENO F, BEDOYA G, DERR J N, CARVAJAL LG, BERMÚDEZ N, ZULUAGA FN, *et al.* Diversidad y relaciones filogenéticas del ganado criollo colombiano. *Rev Corpoica*. 2001;3(2):17-25.

MUÑOZ MG, OCANTO D, MADRIZ ML, MEDINA R, VERA O. Incidence of 1/29 Translocation in Venezuelan Creole Bulls. *Theriogenology*. 1994;41:379-382.

PAI GS, THOMAS GH. A New R-Banding Technique in Clinical Cytogenet Human Genet. 1980;54:41-45.

PARIACOTE F.A. Riesgos de extinción del conglomerado nativo de genes bovinos en América Latina: caso Venezuela. *Extinction Risks For The Native Group Of Bovine Genes In Latin America: The Case Of Venezuela*. *Arch Zootec*. 2000;49:17-26.

PATHAK S, KIEFFER NM. Distribution of constitutive heterochromatin and

nucleolus organizer regions in somatic and meiotic chromosomes. *Cytogenet Cell Gene*. 1979;24:42-52.

PINHEIRO LEL, MORAES JCF, MATTEVI MS, ERDTMAN B, SALZANO FM, MIES FILHO A. Two Types of Y Chromosome in Brazilian Cattle Breed. *Caryologia*. 1980;33:25-32.

POPESCU CP, PECH A. Une bibliographie sur la translocation 1/29 de bovins dans le monde (1964-1990). *Ann Zootech*. 1991;40:271-305.

POPESCU CP, GAUTHIER D, TAMBASCO AJ. Etude Cytogénétique des Bovins Créoles élevés en Guadeloupe. *Rev Elev Méd Vét Pays Tropic*. 1987;40(1):89-91.

POSTIGLIONI A, LLAMBI S, GAGLIARD R, BETHENCOURT M. Genetic Characterization of Uruguayan Creole Cattle. I Cytogenetic Characterization of a Sample of Uruguayan Creole Cattle. *Arch Zootec*. 1996;45:209-213.

SÁNCHEZ CA. Estudio Citogenético en Bovinos Criollos Colombianos [tesis de maestría]. Bogotá, Posgrado en Salud y Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia; 2005

SÁNCHEZ CA, JIMENEZ LM, BUENO ML. Translocación robertsoniana en bovinos criollos colombianos. *Rev Med Vet Zoot*. 2006;53(2):75-85.

TEWOLDE A. Los criollos bovinos y los sistemas de producción animal en los trópicos de América Latina. En: utilización de razas y tipos bovinos creados y desarrollados en Latinoamérica y el Caribe. Publicado por la Asociación Latinoamericana de Producción Animal; 1999. Disponible en: URL: [http:// www.alpa.org.ve/PDF/publica/CAP%202.pdf](http://www.alpa.org.ve/PDF/publica/CAP%202.pdf)

VERA O, DURAES MI, MEDINA D, OCANTO D, MUÑOZ G. La translocación robertsoniana 1/29 en bovinos criollos y mestizos venezolanos. *Arch Zootec*. 2002;51:335-340.

