

TRANSLOCACIÓN ROBERTSONIANA (1;29) EN BOVINOS CRIOLLOS COLOMBIANOS

Sánchez, CA¹, Jiménez, LM², Bueno, ML³

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Laboratorio de Citogenética animal.
Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia

RESUMEN

Mediante análisis cromosómico a partir de cultivos de linfocitos de sangre periférica se detectó la translocación robertsoniana rob(1;29) en una muestra de 177 animales (110 hembras y 67 machos), de las siete razas bovinas criollas colombianas. El cromosoma t(1;29) fue identificado mediante la técnica de bandedo cromosómico RBG. Se encontraron 2 toros y 2 hembras de la raza casanareño, 3 toros de la raza chino santandereano, 5 hembras y un macho de la raza romosinuano, portadores heterocigotos de la translocación, y una hembra de la raza casanareño resultó homocigota para la translocación. El 7,9% de los individuos incluidos en el estudio presentaron la translocación rob(1;29), con variaciones en la frecuencia entre las razas analizadas que oscilan entre 0 y 22,2%. Los animales heterocigotos portadores de la translocación rob(1;29) son fenotípicamente normales, poseen una libido y aptitud para el servicio normal; sin embargo, presentan reducción de la fertilidad debido a la producción de gametos no funcionales y aumento de la mortalidad embrionaria.

Palabras clave: Fusión céntrica rob(1;29), fertilidad, anomalía cromosómica, translocación

ROBERTSONIAN TRANSLOCATION (1;29) IN COLOMBIAN CREOLE CATTLE

ABSTRACT

Chromosomal analysis from peripheral blood lymphocyte culture, was performed to detect the Robertsonian translocación rob(1;29) in a sample of 177 animals (110 cows and 67 bulls) of seven Colombian Native cattle breeds. The chromosome t(1;29) was identified using the RBG banding technique. Two bulls and 2 cows of the Casanareño breed, 3 bulls of the Chino Santandereano breed, 5 cows and 1 bull of the Romosinuano breed, were heterozygous carriers of the translocation. There was one homozygous Casanareño cow for this particular translocation. The individuals that presented the translocación rob(1;29), with variations in the frequency among the analyzed breeds, oscillated between 0 and 22,2%. The heterozygous carriers of the translocation rob(1;29) had a normal phenotype, libido and serving capacity. However, they presented reduced fertility due to the production of non-functional gametes and increased embryonic mortality.

Key words: Centric fusion rob(1;29), fertility, chromosomal abnormality, translocation

¹ casanchezi@unal.edu.co.

² lmjimenezr@unal.edu.co.

³ mlbunoa@unal.edu.co.

INTRODUCCIÓN

Los ganados bovinos criollos son considerados descendientes directos de los animales introducidos por los conquistadores españoles hace más de quinientos años, y fueron los únicos criados en América por cerca de cuatro siglos hasta la introducción de razas europeas seleccionadas y de ganado cebú (1). Estos bovinos criollos evolucionaron en condiciones silvestres o semisilvestres, con bajos niveles de manejo, y se adaptaron a diversos hábitats en Colombia. Adquirieron características únicas que deben ser preservadas, como resistencia a enfermedades tropicales y un alto grado de fertilidad y longevidad. Colombia es el país del continente americano que posee el

mayor número de razas criollas (siete) dentro de la especie bovina (2); la mayoría de estas explotaciones se encuentran en las zonas de trópico cálido bajo, de las regiones de la Costa Atlántica y la Orinoquia, en los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena y en las estribaciones de las tres cordilleras de la Región Andina (3).

Las razas chino santandereano y costeño con cuernos se encuentran en peligro de extinción debido a que su tamaño efectivo poblacional (N_e) es demasiado pequeño para poder prevenir la pérdida de variabilidad genética debida a la consanguinidad (Tabla 1). Las demás razas se encuentran en estado vulnerable, según los criterios de la FAO (4).

Tabla 1. Distribución y situación actual de la población de Razas Criollas

Raza	Ubicación geográfica	# de Fincas	Animales puros			Relación h:m	Ne
			hembras	machos	totales		
Chino Santandereano	Santanderes	3	188	15	368	12:1 En peligro	55
Costeño con Cuernos	Córdoba	12	235	10	583	23:1 En peligro	38
Romosinuano	Bolívar, Cesar, Córdoba, Meta, Santanderes, Cundinamarca, Casanare	33	1124	86	2014	13:1 Vulnerable	319
Blanco Orejinegro	Antioquia, Caldas, Risaralda, Cundinamarca, Santander, Valle	41	1254	64	2866	19:1 Vulnerable	243
Sanmartinero	Meta	15	1550	98	3166	15:1 Vulnerable	368
Hartón del Valle	Valle del Cauca	83	2512	77	5120	32:1 Vulnerable	297
Casanareño	Arauca, Casanare	27	3268	105	5663	31:1 Vulnerable	411

Adaptado de Censo y Caracterización de los Sistemas de Producción del Ganado Criollo y Colombiano (Martínez, 1999).

En la familia Bovidae son frecuentes las fusiones céntricas entre cromosomas acrocéntricos no homólogos, también conocidas como translocaciones robertsonianas (5, 6). El material genético presente en el cromosoma translocado producto de la fusión céntrica es prácticamente el mismo que en los dos cromosomas separados debido a que la pérdida de material cromosómico es mínima, razón por la que este tipo de anomalía cromosómica no produce desequilibrio genético que conlleve a la presentación de anomalías fenotípicas en los animales portadores. Sin embargo, los efectos se hacen evidentes por variaciones en los parámetros reproductivos de animales heterocigotos en relación con los de ejemplares normales debido a la producción de gametos genéticamente desequilibrados. Entre los parámetros reproductivos alterados se encuentran: disminución de la tasa de concepción, aumento del número de servicios por concepción, incremento del intervalo entre partos, aumento de los días a la primera concepción y mortalidad embrionaria (7, 8).

La fusión céntrica reportada con mayor frecuencia en bovinos es la translocación robertsoniana rob(1;29) (9), descrita por primera vez por Gustavsson y Rockborn (10). Esta translocación ha sido reportada tanto en razas bovinas españolas (retinta) (11), como en razas portuguesas (maronesa, mirandesa y barrosa) (12, 13) descendientes directos de los bovinos existentes en el continente europeo durante la época de la Conquista.

Es posible que esta anomalía cromosómica estuviera presente en los ancestros de las razas Ibéricas y hubiera sido introducida al continente americano en el siglo XVI con algunas de las cerca de mil cabezas de ganado que llegaron desde la península Ibérica durante la Conquista (efecto fundador). La presencia de la translocación rob(1;29) en varias razas de bovinos criollos de Suramérica (Tabla 2) y en ganados del

viejo mundo, soporta muy bien la teoría acerca del origen ancestral de esta anomalía cromosómica (14).

Se ha demostrado ampliamente que el mayor efecto es una reducción de la fertilidad en las vacas portadoras heterocigotas (15) que varía entre el 3 y 25% (16, 13).

Durante la formación de los gametos del animal portador heterocigoto el cromosoma t(1;29) y sus homólogos 1 y 29 forman un heterotriente. En la segregación normal, durante la primera división meiótica, los cromosomas no translocados pueden ser transmitidos al 50% de los gametos y los cromosomas con la fusión céntrica o translocación rob(1;29) al 50% restante. En este caso, la mitad de los gametos resultantes portará un complemento cromosómico normal mientras que el resto portará la translocación balanceada, perpetuando y expandiendo la translocación en la población. En el caso de la ocurrencia de segregaciones anormales durante la meiosis I, se originan gametos no balanceados (6), dado que uno de los cromosomas normales migra con los cromosomas fusionados a un polo de la célula originando la formación de gametos disómicos o nulósómicos para uno de los cromosomas involucrados (1 ó 29) en la fusión céntrica (5). Estos gametos cromosómicamente desbalanceados maduran en gametos viables que son capaces de fertilizar o ser fertilizados (6). La fecundación de estos gametos origina cigotos aneuploides, trisómicos o monosómicos, para los cromosomas involucrados, los cuales no son viables más allá de los primeros estados del desarrollo (5). La mortalidad embrionaria producida por la presencia de la translocación rob(1;29) (17), disminuye las tasas de preñez y ocasiona que las vacas sean clasificadas como repetidoras y sean enviadas al sacrificio más temprano que sus contemporáneas (8). Gustavsson (18) encontró diferencias significativas en el número de vacas hijas de toros portadores de la

Tabla 2. Frecuencia de portadores heterocigotos de la translocación robertsoniana rob(1;29) en bovinos criollos de Suramérica

Raza	No. bovinos estudiados	Frecuencia (%)	País	Referencia
Rio limonero	15	22,0	Venezuela	Madriz y Muñoz (21)
Rio limonero	13	21,6		Muñoz <i>et al.</i> (22)
Criollos y mestizos	170	15,6		Vera <i>et al.</i> (19)
Criollo uruguayo	99	2,0	Uruguay	Postiglioni <i>et al.</i> (23)
Saavedreña	97	1,0	Bolivia	De Luca <i>et al.</i> (14)
Yacumeño	64	20,3		
Chaqueño	39	28,2		
Altiplano – La Paz	11	18,1		
Criollo argentino biotipo patagónico	36 25	0 0	Argentina	De Luca <i>et al.</i> (24) Género <i>et al.</i> (25)
Criollo argentino	8	12,5		Schifferli <i>et al.</i> (26)

translocación que eran enviadas al sacrificio más tempranamente que las hembras hijas de toros normales, presumiblemente debido a su baja fertilidad. En los toros portadores de la translocación se ha reportado una reducción de la fertilidad del 5-7% (7). Sin embargo, hay que destacar que la presión de selección siempre es más fuerte sobre la vaca que sobre el toro, porque la falla reproductiva se detecta primero en las hembras y se les responsabiliza de la infertilidad, cuando debería tenerse en cuenta que los machos también pueden ser portadores de la translocación, pasando desapercibidos, especialmente cuando no se realiza una estricta selección de acuerdo con la eficiencia reproductiva (19).

La frecuencia de esta anomalía cromosómica –la más común entre los 42 tipos diferentes de translocaciones robertsonianas que han sido descritas en el bovino– (5), es

considerablemente variable de una raza a otra. El empleo preferencial de determinados toros reproductores para inseminación artificial o en monta natural, el aislamiento de poblaciones animales, o las altas tasas de consanguinidad resultantes de tamaños poblacionales pequeños (12), han producido una alta prevalencia de la translocación rob(1;29) en algunas razas bovinas europeas, entre las que se encuentran presuntos ancestros de los bovinos criollos americanos, como las razas portuguesas maronesa (34,8%) (13), barrosa (65,1%) (12), y la raza española retinta (30%) (11).

Algunos autores consideran que si esta anomalía tiene alta frecuencia en algunas razas, como la charoláis (45,74%), la pitangueiras (50%), la barrosa (65,1%) y la british white (78,85%) (20), es razonable suponer que los criadores probablemente seleccionan a los individuos portadores heterocigotos

por algunas características que los hacen fenotípicamente superiores en relación con los animales cromosómicamente normales (12). Sin embargo, no se han reportado efectos positivos de la translocación rob(1;29) sobre parámetros productivos (5), y no existen datos que evalúen la producción y el desempeño de los animales portadores heterocigotos en relación con los ejemplares normales en las poblaciones estudiadas (14); por tanto, no se ha confirmado esta teoría. La translocación rob(1;29) también ha sido detectada en estudios realizados en varias razas de ganados criollos del continente americano (Tabla 2)

Hasta ahora los estudios citogenéticos en bovinos criollos colombianos son escasos y, por tanto, se desconoce la incidencia de anomalías cromosómicas en los reproductores lo cual representa una grave amenaza para el mantenimiento de las características productivas y de reproducción en este invaluable recurso genético colombiano.

En el presente trabajo se buscó establecer la frecuencia de presentación de la translocación robertsoniana rob(1;29) en una muestra de ejemplares de las siete razas criollas colombianas, para contribuir al conocimiento de nuestros bovinos criollos y a la formulación de planes para su conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó el análisis cromosómico de 177 animales (67 machos y 110 hembras), pertenecientes a las razas criollas colombianas: casanareño, chino santandereano, costeño con cuernos, sanmartinero, romosinuano, blanco

orejinegro y hartón del Valle. Los animales se localizaron en fincas 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 (Tabla 3).

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 Heparina (5000 UI/ml) como anticoagulante. Una vez tomada la muestra, se identificó y se transportó en nevera portátil a temperatura de 4-6 °C, al laboratorio de citogenética animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia.

Para cada ejemplar se realizó un cultivo con 2 ml de sangre total en 8 ml de medio de cultivo RPMI-1640 con antibióticos, suero fetal bovino (20%) y 0,3 ml de Fito-hemaglutinina-P. Los cultivos de linfocitos se incubaron por 72 horas a 38,5 °C; se les agregó 0,2 ml de bromodeuxiuridina (30 µg/ml) durante las últimas 7 horas de incubación, y se les aplicó 0,20 ml de colchicina (0,02 µg /ml) durante los 30 minutos finales de incubación. El tratamiento con solución hipotónica y la fijación en solución Carnoy 3:1 (metanol : ácido acético) se realizaron de acuerdo con el protocolo de rutina del Laboratorio de citogenética animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia.

Tabla 3. Número y ubicación geográfica de los ejemplares de las siete razas de bovinos criollos (*Bos taurus*) analizados

Raza	Localización	Bovinos estudiados	Nro. de hembras	Nro. de machos
Chino santandereano	Hacienda el Trofeo (San Alberto, Cesar)	20	12	10
Costeño con cuernos	Centro de investigación Turipana, (Cerete, Córdoba)	20	10	10
Romosinuano	Centro de investigación Turipana, (Cerete, Córdoba)	20	10	10
Blanco orejinegro	Hacienda Paysandú (Santa Helena, Antioquia)	19	10	9
Sanmartinero	C. de Investigación La Libertad (Puerto López, Meta)	20	10	10
Hartón del Valle	(Granja de Zootecnia, Palmira, Valle del Cauca)	19	11	8
Casanareño	Hacienda El Bubuy (Yopal, Casanare)	20	10	10
Ejemplares de las siete razas criollas	C. de Investigación Tibaitatá (Mosquera, Cundinamarca)	39	39	

De cada cultivo se prepararon en promedio ocho láminas; 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 (27).

Se analizaron entre 50 y 200 metafases de cada individuo incluido en el estudio en las preparaciones cromosómicas con la coloración de Bandas R (RBG), y se fotografiaron cuatro metafases en un microscopio (Leitz Orthoplan®) equipado con cámara (Leitz Orthomat®). Se ordenaron los cariotipos correspondientes de acuerdo con las recomendaciones del Sistema Internacional de Nomenclatura de Cromosomas de Bovinos Domésticos (28).

A un tercio de las preparaciones cromosómicas obtenidas se les aplicó la técnica de Bandas Q (QFQ) (29) para identificar los cromosomas; posteriormente se lavaron las láminas con agua corriente y se permitieron siete días de maduración para realizar secuencialmente la técnica de Bandas C (CBG) (30).

De cada ejemplar incluido en el estudio se fotografiaron cuatro metafases, teñidas secuencialmente con Bandas Q y C. Se ordenaron los cariotipos correspondientes de acuerdo con las recomendaciones de ISCND (28).

RESULTADOS

En la Tabla 4 se presentan los resultados de los diagnósticos cromosómicos del total de 177 animales investigados. Se demostró la presencia de la translocación rob(1;29) en 6 de los toros (3,38%) y en 8 de las hembras

analizadas (4,51%), que corresponden al 7,9% de la población estudiada observándose variaciones en la frecuencia de presentación de la translocación entre razas.

Tabla 4. Frecuencia de la translocación robertsoniana rob(1;29) en 177 ejemplares de 7 razas de bovinos criollos colombianos

Raza	Bovinos analizados	Portadores de la t(1;29)	Machos portadores n	Hembras portadoras n	Incidencia de la t(1;29)(%)
Chino santandereano	22	3	3	0	13,6
Costeño con cuernos	26	0	0	0	0
Romosinuano	27	6	1	5	22,2
Blanco orejinegro	29	0	0	0	0
Sanmartinero	27	0	0	0	0
Hartón del Valle	22	0	0	0	0
Casanareño	27	5	2	3	18,5
Total	177	14	6	8	7,9

La mayor incidencia se encontró en la raza romosinuano con 5 hembras y 1 macho (Figura 1); así mismo, se detectaron 3 machos de la raza chino santandereano (Figura 2), 2 machos y 2 hembras de la raza casanareño. Estos bovinos fueron portadores heterocigotos de la translocación robertsoniana (1;29),

la cual fue identificada mediante bandeo cromosómico RBG. Además, se detectó una hembra de la raza casanareño homocigota (Figura 3) para esta anomalía cromosómica. El tratamiento con bandeo C (30) permitió confirmar la naturaleza monocéntrica del cromosoma translocado t(1;29) (Figura 4).

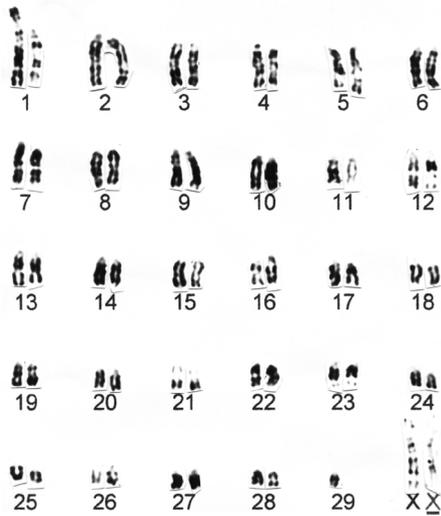


Figura 1. La translocación rob(1;29), en condición heterocigota, en el cariotipo de una vaca de la raza criolla Romosinuano, $2n=59, XX t(1;29)$ (Bandas RBG).

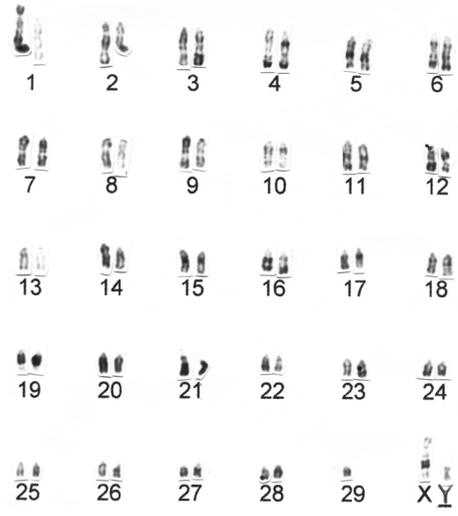


Figura 2. La translocación rob(1;29), en condición heterocigota, en el cariotipo de un toro de la raza criolla Chino Santandereano, $2n=59, XY t(1;29)$ (Bandas RBG).

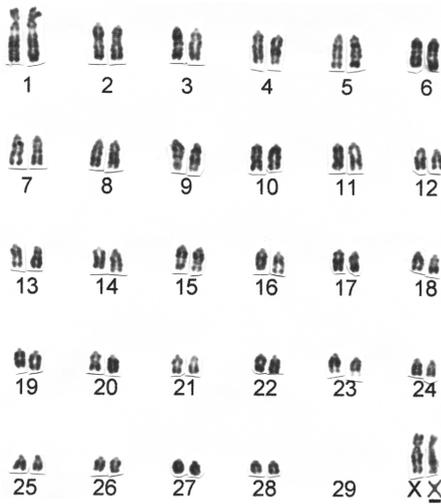


Figura 3. La translocación rob(1;29), en condición homocigota, en el cariotipo de una hembra de la raza criolla Casanareño, $2n=58, XX t(1;29)$ (Bandas RBG).

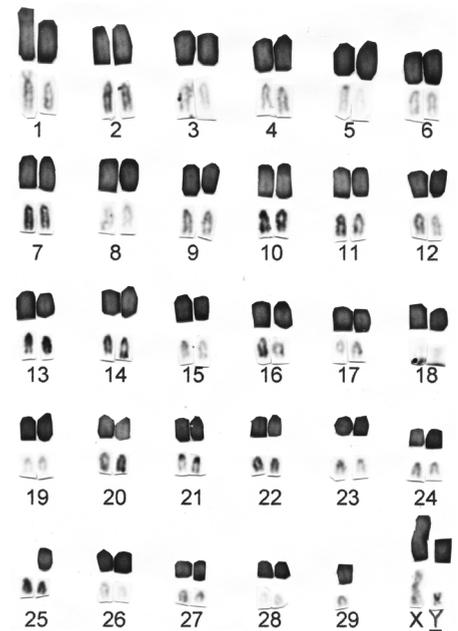


Figura 4. La translocación rob(1;29), en condición heterocigota, en el cariotipo de un macho de la raza Chino Santandereano, $2n=59, XY t(1;29)$ (Bandas QFQ-CBG).

DISCUSIÓN

La translocación rob(1;29) se detectó en tres de las siete razas criollas colombianas estudiadas, con una frecuencia promedio de 7,9% (14 de 177 ejemplares).

De acuerdo con los criterios presentados por De Luca *et al.* (14), la frecuencia de la translocación rob(1;29), encontrada en las razas romosinuano (22,22%) y casanareña (18,51%) se puede considerar como alta en contraste con la frecuencia observada en la raza criolla chino santandereano (13,60%), considerada como intermedia.

Se reporta la presencia de una hembra de la raza casanareña homocigota para esta translocación (58, XX t rob(1;29) t rob(1;29)), perteneciente al núcleo de conservación de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Económico del Casanare (Hacienda El Bubuy). Este hallazgo puede indicar que en esta población ya existe un alto número de ejemplares de ambos sexos portadores heterocigotos de la misma translocación rob(1;29) y que debido a la falta de selección de los reproductores y a un adecuado programa de conservación, están contribuyendo a una rápida diseminación de la anomalía, en una raza que se encuentra en grave peligro de extinción.

En la raza chino santandereano se encontró una alta frecuencia (20%) de machos portadores de la translocación rob(1;29), lo que resulta particularmente preocupante considerando el bajo número de machos puros en edad reproductiva reportados en el último censo de bovinos criollos (3).

En otros grupos de razas bovinas criollas americanas también se ha reportado la presencia de esta translocación (t rob(1;29)), por lo que se considera de origen ancestral, y su permanencia se atribuye a un efecto de deriva genética debido a los manejos genéticos dados al ganado bovino (14). En el caso de los sistemas de producción intensiva, en el que los animales portadores de la translocación

se pueden detectar fácilmente a través del registro permanente de sus parámetros productivos y reproductivos, su presencia puede ser minimizada al máximo. Por el contrario, en explotaciones de tipo extensivo, donde un número reducido de toros se mantiene en monta natural con un grupo relativamente grande de vacas, y no se tienen registros productivos y reproductivos apropiados, se incrementa la probabilidad de que la anomalía se perpetúe en la población (14), siendo este último el sistema implementado en la mayoría de grupos de animales criollos colombianos.

En general, en el ganado bovino se practica la inseminación artificial a partir de un número relativamente reducido de reproductores, por lo que es fundamental que se implemente el análisis cromosómico como práctica rutinaria en la selección de los animales destinados a la reproducción, dando prioridad a los machos por tener éstos un mayor impacto sobre la descendencia, sin implicar que las hembras deban ser excluidas. De esta forma se podría reducir el número de análisis requeridos y, por tanto, los costos de los mismos.

Dado que la presencia de la translocación rob(1;29) produce mortalidad embrionaria y abortos, generalmente el ganadero atribuye el problema a las hembras, siendo éstas eliminadas del ható y no los toros, que también pueden ser portadores de la translocación tal como se ha demostrado en el presente trabajo.

Es necesario tener en cuenta que los reducidos tamaños poblacionales actuales de nuestros bovinos criollos no permiten recomendar el sacrificio de los ejemplares portadores. Sin embargo, se debe implementar la selección de animales normales para la reproducción y el descarte de los individuos homocigotos, para reducir la incidencia de la translocación con pérdidas mínimas del patrimonio genético de las poblaciones afectadas.

CONCLUSIONES

Dado que los animales portadores de la translocación rob(1;29) no pueden ser diferenciados fenotípicamente de animales normales y, por tanto, sólo podrán ser detectados a través del análisis cariológico, se recomienda que en los programas de mejoramiento genético y reproductivo de las razas criollas colombianas se incluya como un examen obligatorio el análisis citogenético, especialmente de aquellos toretes y novillas con un alto valor genético destinados a la reproducción.

Este programa de detección permitiría el descarte temprano de individuos con anomalías cromosómicas, evitando además los costos de levantar animales con fertilidad reducida, y contribuyendo de este modo a preservar, mantener o incluso incrementar las altas tasas de fertilidad características de nuestras razas criollas.

Es necesario destacar la necesidad de conocer la situación real de la translocación rob(1;29) en cada una de las razas criollas, particularmente en las que se detectó (romosinuano, casanareño y chino santandereano). Por esto es preciso evaluar la incidencia de la misma en un mayor número de fincas, particularmente en aquellas explotaciones privadas que aún conservan bovinos criollos puros. Es necesario divulgar y crear conciencia de la importancia de este tipo de estudios entre los organismos encargados de su conservación y los criadores particulares.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado con recursos de la Dirección Nacional de Investigación (Dinain) de la Universidad Nacional de Colombia (Código DI00C249). Los autores agradecen la colaboración de las entidades y personas que facilitaron el acceso a los animales utilizados en el presente estudio.

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

1. Pinzón E. Historia de la ganadería bovina en Colombia. Revista El Cebú. Suplemento Ganadero 4 (1):177-180, 1984.
2. Estrada L. Aplicación de la biotecnología animal para la preservación, caracterización y utilización del germoplasma bovino criollo de Colombia. Memorias III Congreso Iberoamericano de Razas Autóctonas y Criollas, Mosquera, noviembre 6 - 7, 1996.
3. Martínez C G. Censo y caracterización de los sistemas de producción del ganado criollo y colombiano. Memorias del seminario organizado por Fedegán, ICA, Asobon y Pronatta, Santa Fe de Bogotá, D. C., septiembre, 23, 1999.
4. FAO. Razones que justifican la conservación de los animales domésticos. Iniciativa para la diversidad de los animales domésticos. En <http://www.fao.org/dad-is/>, 1996.
5. Fries R, Popescu P. Cytogenetics and Physical Chromosome Maps. En *The Genetics of Cattle*, editado por Fries R, Ruvinsky. CAB International, Wallingford, UK, 247-327, 1999.
6. Joerg H, Garner D, Rieder S, Suwattana D, Stranzinger G. Molecular genetic characterization of Robertsonian translocation in cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 118 (6):371-377, 2001.
7. Dyrendahl I, Gustavsson I. Sexual functions, semen characteristics and fertility of bulls carrying the 1/29 chromosome translocation. *Hereditas* 90:281-289, 1979.
8. Maurer R R, Vogt DW. Decreased fertility in related females heterozygous for the 1/29 chromosome translocation. *Theriogenology* 30 (6):1149-1157, 1988.
9. Chaves R, Adegá F, Heslop-Harrison JS, Guedes-Pinto H, Wienberg J. Complex satellite DNA reshuffling in the polymorphic t(1;29) Robertsonian translocation and evolutionarily derived chromosomes in cattle. *Chromosome Research* 11:641-648, 2003.

10. Gustavsson I, Rockborn G. Chromosome abnormality in three cases of lymphatic leukaemia in cattle. *Nature* 203:abstr. 990, 1964.
11. Moreno-Millán M, Rodero-Franganillo MA, Ocaña-Quero J. Evolución de la incidencia de la translocación 1/29 en la raza vacuna retinta en los últimos seis años. *Archivos de Zootecnia* 44:173-178, 1995.
12. Rangel-Figueiredo T, Iannuzzi L. A cattle breed close to 58 diploid number due to high frequency of rob(1;29). *Hereditas* 115:73-78, 1991.
13. Rangel-Figueiredo T, Iannuzzi L. Frequency and distribution of rob(1;29) in three Portuguese cattle breeds. *Hereditas* 119:233-237, 1993.
14. De Luca J C, Zufriategui L, Picco S J, Ripoli M V, Giovambattista G, Rojas F V, Dulout F N. Incidence of 1/29 translocation in Bolivian Creole and Brahman Yacumeño cattle. *Theriogenology* 58:1273-1281, 2002.
15. Weber AF, Buoen LC, Terhaar BL, Zhang T, Ruth GR. Low fertility related to 1/29 centric fusion anomaly in cattle. *Journal of American Veterinary Medicine Association*, 195:643-646, 1989.
16. Wilson TD. Monosomy and trisomy in bovine embryos sired by bulls heterozygous for the 1/29 Robertsonian translocation chromosome. *Theriogenology* 36 (5):789-794, 1991.
17. Schmutz SM, Moker JS, Barth AD, Mapletoft RJ. Embryonic loss in superovulated cattle caused by the 1;29 Robertsonian translocation. *Theriogenology* 35 (4):705-714, 1991.
18. Gustavsson I. Culling rates in daughters of sires with a translocation of centric fusion type. *Hereditas* 67:65-74, 1971.
19. Vera O, Duraes MI, Medina D, Ocanto D, Muñoz G. La translocación robertsoniana en bovinos criollos y mestizos venezolanos. *Archivos de Zootecnia* 51:335-340, 2002.
20. Popescu CP, Pech A. Cattle 1/29 translocation in the world (1964-1990): a review. *Annales de Zootechnie* 40:271-305, 1991.
21. Madriz ML, Muñoz G. Análisis cromosómico del ganado criollo venezolano. *Acta Científica Venezolana* 42:266-269, 1991.
22. Muñoz MG, Ocanto D, Madriz ML, Medina R, Vera O. Incidence of 1/29 translocation in Venezuelan Creole bulls. *Theriogenology* 41:379-382, 1994.
23. Postiglioni A, Llambi S, Gagliardi R, Bethencourt M. Genetic Characterization of uruguayan creole cattle. I. Cytogenetic characterization of a sample of uruguayan creole cattle. *Archivos de Zootecnia* 45:209-213, 1996.
24. De Luca J C, Golijow C D, Giovambattista G, Diessler M, Dulout F N. Y-Chromosome Morphology and Incidence of the 1/29 Translocation in Argentine Creole bulls. *Theriogenology* 47:761-764, 1997.
25. Genero E R, Rumiano F J L, Moreno-Millán M. Estudio citogenética del ganado bovino criollo argentino patagónico. *Archivos de Zootecnia*, 48:425-427, 1999.
26. Schifferli CA, Bonelli AM, Wevar C, Scilingo AM, Arruga MV. Presumptive 1/29 Robertsonian translocation observed in the Argentinean Creole cattle breed. *Animal Research*: 119-123, 2003.
27. Pai GS, Thomas GH. A New R- banding technique in clinical cytogenetics *Human Genetics* 54:41-45, 1980.
28. ISCNDB. International System for Chromosome Nomenclature of Domestic Bovids. *Cytogenetics Cell Genetics*. 92 (3-4):283-99, 2001.
29. Caspersson T, Zech L, Johansson C, Modest E J. Identification of Human Chromosomes by DNA Binding Fluorescent Agents. *Chromosoma* 30:215-227, 1970.
30. Sumner AT. A Simple technique for demonstrating centromeric heterochromatin. *Experimental Cell Research* 75:304-306, 1972.