

**MOSAICISMO LINFOCITARIO DE *Equus mulus* FÉRTIL Y ESTUDIO
CROMOSÓMICO DE SU CRÍA**
LYMPHOCYTE MOSAICISM OF FERTIL *Equus mulus* AND CHROMOSOMAL STUDY
OF ITS BREEDING

³Lozano Carbajal Braulio¹, Von Chong Eric Alberto², Meza López Carlos¹

¹Profesores investigadores de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia Laboratorios de Citogenética, Histología, Histopatología y Biología del Desarrollo de la Universidad Autónoma de Zacatecas ²Práctica privada.

RESUMEN

El propósito del trabajo fue analizar cromosómicamente a la mula y su cría y determinar su maternidad. La mula (*Equus mulus*) es producto de la cruce de *E. caballus* X *E. asinus*; el primero presenta 64XX (hembra) o 64XY (macho), el segundo 62XX o 62XY. El híbrido de la cruce burro y yegua será mula ó mulo con 63XX o 63XY; respectivamente mientras que la cría de caballo y burra, se considera burdegana o burdegano, en cualquiera de los casos el producto se considera estéril; ciertas mulas al cruzarse con caballo, o burro pudieran concebir y llegar a parir. Se determinó el cariotipo de la mula y la cría a través de la técnica común en sangre periférica. La mula que parió en territorio Zacatecano, se considera un mosaicismo por presentar dos poblaciones celulares 60XX/62XX de las cuales el 67 % son 62XX; y 32 % 60XX. El fenotipo es de un híbrido; aunque genotípicamente predomina el *E. caballus*. El comportamiento reproductivo lo manifestó de manera evidente, pero a pesar de que se le dio servicios, tanto monta natural con asno y caballo e inseminación artificial en ciclos naturales la mula no volvió a gestar. El hijo de la mula presentó un cariotipo de 63XY en número igual al híbrido, pero genotípicamente se observaron las características del *E. caballus*, como son el cromosoma del par 27, con tres puntos; el cromosoma Y acrocentrico heredado del padre y el X submetacéntrico heredado de la mula que a su vez lo heredó de la yegua así como la morfología cromosómica típica de un caballo.

Palabras clave: Cariotipo, cromosoma, mosaicismo, mula fértil, híbrido

³Carlos Meza López, Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia Km 36.5 Carretera Panamericana Zacatecas Fresnillo, Calera de Víctor Rosales, Zac. C.P.98500 México Apartado Postal 9 y 11 Tel/Fax (478)98 5 12 55 y 98 5 02 02 Ext. 3551 carmezlop@yahoo.com.mx

Recibido: 18/07/2011 Aceptado: 25/09/2011

ABSTRACT

The aim of the study was to analyze chromosomally the mule and her calf and to determine its maternity. The mule (*Equus mulus*) is the result of crossing *E. caballus* X *E. asinus*; the first has 64XX (female) or 64XY (male), the second 62XX or 62XY. The hybrid of donkey and mare cross will be a mule (male or female) with 63XX o 63XY respectively, while the breeding of horses and donkeys is considered a hinny (male or female), in either case the product is sterile; some mules crossed with horse or donkey could conceive and may come to give birth, the karyotype of the mule and its calf was determined by a common technique in peripheral blood. The mule that gave birth in Zacatecas area, it is considered mosaicism by having two cell populations 60XX/62XX of which 67% are 62XX; y 32 % 60XX. The phenotype is a hybrid; even though *E. caballus* predominates. Reproductive behavior was visibly manifest, but even though the service was given, in natural mating with donkey and horse and artificial insemination in natural cycles the mule did not become pregnant. The mule calf presented a karyotype of 63XY equal in number to a hybrid, but genotypically *E. caballus* characteristics were observed, such as the chromosome pair 27, with three points; the chromosome "Y" acrocentric inherited from the father y el X submetacentric inherited from the mule which in turn inherited it from the mare, as well as chromosome morphology typical of a horse.

Keywords: karyotype, chromosome, mosaicism, fertile mule, hybrid

INTRODUCCIÓN

El interés por los híbridos mamíferos es tan viejo como la historia misma, la mula es mencionada en el Génesis y por grandes civilizaciones como el imperio Romano, los Fenicios, los Babilonios entre otros. Para estos pueblos será el fin de los tiempos cuando una mula geste y para. Estos no dependen de sí mismos para su reproducción, sino de padre equino y madre asna ó asno y yegua, para su perpetuación (Eldrigdge y Zuzuki, 1976). Es probable que las esterilidades del macho y la mula fuera reconocidas por la ciencia desde tiempos de Aristóteles en el 350 a. C. Taylor y Short refieren desde hace varios siglos que se tienen noticias de híbridos fecundos y que solo una de un millón llegan a parir (Short 1997).

En los últimos treinta años, con los avances científicos en la bioquímica molecular y la citogenética se ha podido determinar la descendencia de ciertas mulas y burdéganas. En 1981, se reportó en la provincia de China llamada Yancheng Count, Henan, que una mula parió, lo cual fue comprobado por análisis bioquímicos y cromosómicos de la madre e hijo (Ruizhang y col. 1985; Ann y Cyril 1985; Ann, 1988)

Se conoce que las mulas, producto del cruzamiento de la yegua (*Equus caballus*) con el burro (*E. asinus*), son estériles debido a la diferencia cromosómica entre las dos especies. Sin embargo, esta esterilidad radica en los gametos y no en la incapacidad uterina para gestar un embrión (Quintero, y col. 1996).

Tanto en el hombre como en el equino, el mosaicismo se le atribuye a un proceso llamado No-disyunción que puede afectar los cromosomas autosómicos o los sexuales. Esta No-disyunción se debe a fallas en la supervisión de los puntos que controlan la correcta segregación de los cromosomas sexuales debido a un comportamiento univalente del cromosoma implicado (Moncaleano y Col., 2007).

En el municipio de Ojocaliente, Zacatecas, México se registro el parto de una mula, con una cría viva de sexo masculino. Sin embargo, en el Estado de Zacatecas se cuenta con una población de ganado mular de 11,490; es decir aproximadamente hay cerca de 6,000 mulas y burdegas (INEGI 2010) por lo tanto posiblemente existe una cantidad de mulas fértiles no registradas.

Con base a lo anterior se plantea que la mula en cuestión presenta un cariotipo diferente a la mula común y el cariotipo del crío será semejante al de un asno o un caballo, en consecuencia son madre e hijo.

El objetivo fue realizar el cariotipo de la mula y de su probable hijo, así como el de un *equus caballus*, *asinus* y *mulus*, a fin de realizar el análisis morfológico comparativo entre los cinco cariotipos.

MATERIAL Y MÉTODO

El parto de la mula de 6 años y la cría recién nacida, se registro en el municipio de Ojocaliente, Zacatecas, México, localizado a 22° 34' latitud N y 102° 15' longitud O y 2040 msnm. La mula y la cría (Fotografía 1) se trasladaron a la UAMVZ-UAZ, (Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas) para realizarles estudios citogenéticos.

Se tomaron muestras sanguíneas de la vena yugular en tubos vacutainer heparinizados de equinos de la región tanto de caballo, burro y mula común (como referentes fértiles y como testigos comparativos y la mula como testigo no fértil), así como a la mula fértil y su cría.

Se sembraron 0.5 ml de sangre de cada uno, en 4.0 ml de medio de cultivo McCoy 5^A Mod. Con L-Glutamina y NaHCO₃ (Laboratorio Microlab SA de CV); previamente se le agregaron 6 gotas de penicilina en el frasco de 100 ml de medio de cultivo McCoy. Al tubo de cultivo con 4.0 ml de McCoy y la muestra se le agregaron 0.20 ml de

fitohemaglutinina, se colocaron en la estufa a 38° C por 70 horas, pasado este tiempo se agregó 1.0 ml de colchicina (4mcg/mL en PBS); por 2 horas; pasado este tiempo se centrifugaron a 3000 rpm. Se decanto y se agregó 8 ml de KCL a 0.075 M, por un tiempo de 30 minutos, se volvió a centrifugar y decantar se procedió a fijar en una solución de Carnoy metanol-ácido acético; en relación 3:1 al mismo tiempo se agito el tubo con la muestra vigorosamente. Se realizaron 3 lavadas con la misma solución centrifugando y decantando (Jiménez, 2000).

Se procedió a elaborar 5 laminillas de cada muestra por goteo. Posteriormente se tiñeron con Giemsa durante 30 minutos, y se montaron con resina. Finalmente, un cubreobjeto sobre la muestra montada para observarla al microscopio con 10X y 100X.

Se cuantificaron y analizaron los cromosomas metafasicos, así también se obtuvieron las fotografías (Fotografía 2 y 3) para realizar los cariogramas correspondientes a cada animal, y así llevar a cabo el análisis comparativo entre los cariogramas al contar los cromosomas metacentricos–submetacentricos y acrocéntricos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los *E. caballus*, *asinus* y *mulus* comunes se observo lo habitual de los cariogramas 64XY para el caballo y 64XX para la yegua; 62XY para el burro y 62XX para la burra; y el común del ganado mular 63XY para el macho y 63XX para la mula, estos últimos infértiles; con sus correspondientes características morfológicas cromosómicas de cada especie (Zong *et al.*, 1989; Joshi. *et al.*, 2001; Moncaleano y Col., 2007).

La mula fértil presenta un mosaicismo linfositario con 2 poblaciones celulares 60 XX/62XX. Con un 67 % de sus células con 2n=62XX de los cuales 28 son metacéntricos y 34 acrocéntricos. El 33 % 2n=60XX de los cuales son 28 metacentricos–submetacentricos y 32 acrocéntricos.

El potrillo-burdégano de la mula presentó un total de 2n=63XY de los cuales 27 son metacéntricos-submetacentricos y 36 acrocéntricos, además de lo característico del *E. caballus* del cromosoma 27 como tres puntos, así como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Metafases, cariotipos, porcentajes de los análisis cromosómicos en las especies caballar, asnal y mular, además de la mula fértil y su cría.

Especie	No. de Metafases	2n Cariotipo	%	Cromosomas metacéntricos-submetracéntricos	Cromosomas Acrocéntricos
<i>E Caballus</i>	15	64XY	100	27 ^a	37 ^a
<i>E Asinus</i>	18	62XX	100	48	12
<i>E mulus</i>	21	63XX	100	39	24
<i>E. Mula fértil</i>	14	60XX	33	28 ^a	32 ^a
<i>E. Mula fértil</i>	29	62XX	67	28 ^a	34 ^a
Potrillo	24	63XY	100	27 ^a	36 ^a

^aSimilitud de los cromosomas metacéntricos–submetacéntricos y acrocéntricos del *E. caballus*, la mula fértil y su cría

La mula en cuestión es fenotípicamente mula, pero genotípicamente se puede considerar como una yegua, ya que su carga cromosómica es semejante al ganado caballar (Moncaleano y Col., 2007), difiriendo únicamente en que le faltan dos cromosomas acrocéntricos. Además esta mula-yegua presenta un cromosoma “X” telocéntrico de origen asnal y otro “X” submetacéntrico de yegua. Por lo cual se considera una burdegana-yegua.

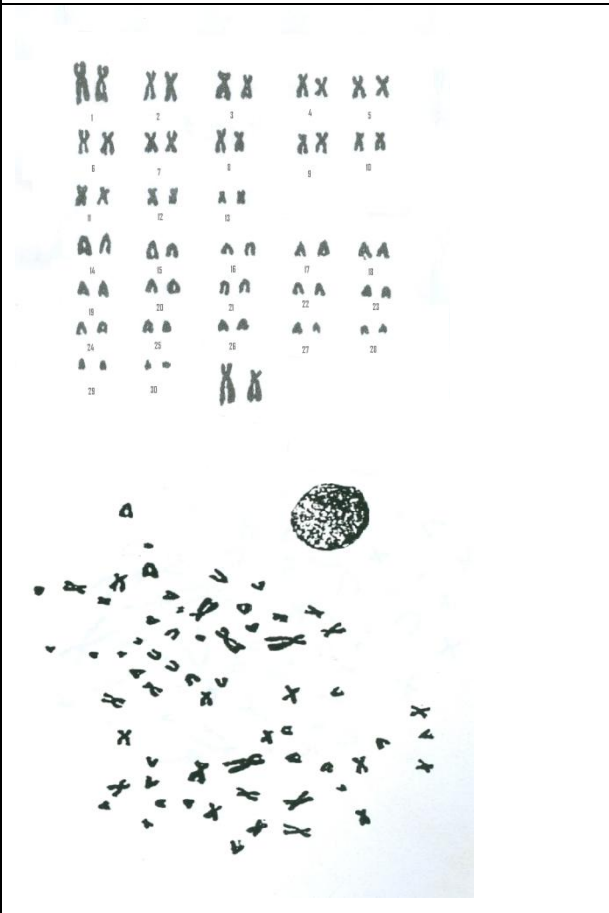
De acuerdo al análisis cromosómico había tanto células con 60 y 62 cromosomas, por lo cual probablemente esta mula sea un mosaico con un cariotipo 60XX/62XX. pero el cariotipo pudiera ser solo 62XX ya que con frecuencia las metafases no resultan completas, algo similar encontró Rong *et al.*, (1985).

Ann en (1988) encontró algo similar en cuanto al número de cromosomas, por el contrario en este trabajo predominaron los de asno, en el caso de la mula fértil de se apego a *E. caballus*. En su morfología cromosómica, finalmente se considera que la fertilidad de mulas es más común de lo indicado (Quintero y col., 1996; INEGI, 2010).

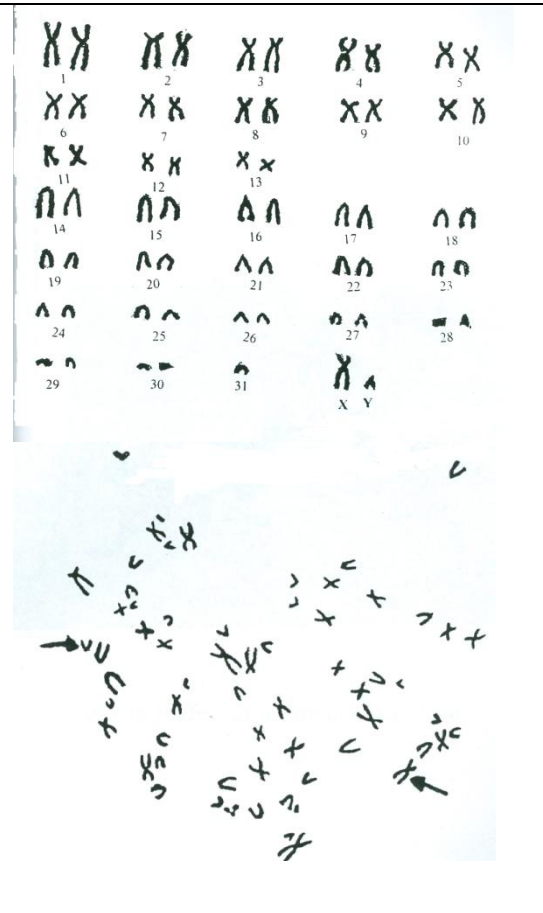
Respecto a la cría de la mula, es un producto con características de potrillo, se puede considerar que es hijo de la mula y de un caballo. Este animal presento un cariotipo de 63XY; el fenotipo del potrillo no es característico de un caballo ni de un macho, ya que de la cruz hacia delante o sea cuello y cabeza tiene más parecido a un caballo, mientras que el tren posterior es más característico de un mulo, genotípicamente presenta similitud del *E caballus*, ya que la morfología de sus cromosomas son idénticos a caballos, faltándole solo uno acrocéntrico del par 31. Además de que se observa lo característico del par 27 con 3 puntos y el cromosoma Y acrocéntrico; el potro-burdégano murió a los 14 meses de neumonía.



Fotografía 1 de la Mula fértil y su cría de Ojocaliente Zacatecas México. A dos semanas de parida en las instalaciones de la UAMVZ-UAZ. Así como los cariotipos y cariogramas.



Fotografía 2. Metafase y cariograma de la mula 62XX. Se observan los cromosomas X submetacéntrico y telocéntrico correspondiente a la yegua y burro padres de la mula.



Fotografía 3. Cariotipo y cariograma de la cría se observa un cromosoma del par 27 como en 3 puntos y además el cromosoma Y acrocentrico heredado del caballo y el X submetacéntrico heredado de la mula que a su vez lo heredó de la yegua.

CONCLUSIÓN

Con base en el análisis citogenético cromosómico realizado a la mula y al potrillo, se concluye que esta mula es un mosaicismo por presentar 2 poblaciones celulares 60XX/62XX. Es fértil y madre del potrillo, fenotípicamente es una mula pero genotípicamente se asemeja a una yegua.

El potro cría de la mula presenta un número no par de 63XY, de morfología similar al *Equus caballus*, faltándole solo uno de los cromosomas del par 31 por lo cual genotípicamente es de origen caballar.

LITERATURA CITADA

- ANN CCh, Cyril AC. 1985. Cum mula peperit. *J. Royal Society Medicine*; 78:123-135.
- ANN CCh. 1988. Fertile mules. *J. Royal Society Medicine*; 81:24-34.
- ELDRIDGE F, Suzuky Y. 1976. A mare mule- dam or foster mother?. *J. Heredity*; 67:153-360.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010. Anuario Estadístico de Zacatecas, México Gobierno del Estado de Zacatecas México.
- JIMÉNEZ RL. 2000. La citogenética en Medicina Veterinaria. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Departamento de ciencias fisiológicas. Laboratorio de Citogenética. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.
- JOSHI CG, Rank DN, Jani RG, Tank PH, Brahmkshtri BP, Vatalya PH, Solanki JV. 2001. A case of E. Asinus X E. Hominous Khur Hybrid. *Indian Vet. J.* 78: 549-550.
- MONCALEANO JS, Jiménez LM, Sánchez CA. 2007. Mosaicismo Leucocitario Asociado a Infertilidad en Cuatro Yeguas. *Revista Orinoquial* 11(1).
- QUINTERO MF, Zarco QL. 1996. Transferencia de embriones híbridos (*E. caballus x E. sinus*) en mulas. *Vet. Méx.* 27 (2) 175-177.
- RONG H, Yang X, Cai H, Wei J. 1985. Fertile mule in China and her unusual foal. *J. Royal Society Medicine* 78.
- SHORT RV. 1997: An Introduction to mammalian interspecific Hybrids. *J. Heredity.* 88:355-357.
- ZONG E. Fan G.1989. The Variety of sterility and gradual progression to fertility in hybrids of the horse and donkey. *Heredity*,62:393-406.