

Cariotipo del Tití Gris (*Saguinus leucopus*) Mediante Bandas R-Replicativas

Karyotype of Tití Grey (*Saguinus leucopus*) Through R-Replicative Bands

Susana Posada Céspedes¹; Diana Milena Maturana Mena² y Juan Bautista López Ortiz³

Resumen. Colombia es considerado un país megabiodiverso, ostentando varias especies endémicas como ***Saguinus leucopus***. El Tití gris, como es vulgarmente llamado, habita bosques tropicales, es omnívoro y de hábitos diurnos, y se destaca como dispersor de semillas. Morfológicamente se caracteriza por su reducido tamaño, pelaje café y dorso plateado. Se organiza en grupos familiares formados por la pareja y su descendencia, con una hembra dominante, la cual es la única que cría. Debido a factores fundamentalmente de origen antrópico, se encuentra catalogada como especie en peligro de extinción por la UICN y está registrado en el apéndice I del CITES. Aun cuando se han realizados estudios sobre su biología básica, son pocos los reporte sobre la evaluación citogenética y ninguno sobre cariotipo con bandas R-Replicativa. En esta investigación se realizó el cariotipo y el idiograma, con bandas R-Replicativas, mediante la incorporación de 5'-bromo-2'-deoxiuridina (BrdU) en sangre periférica estimulada con fitohemaglutinina de ***S. leucopus***. Los resultados mostraron un cariotipo $2n = 46$, con un número fundamental (NF) de 76. Los cromosomas se organizaron en cinco grupos de acuerdo con su forma y tamaño. El grupo A, es conformado por 3 pares de cromosomas grandes submetacéntricos; el grupo B, por 5 pares de cromosomas de tamaño medio metacéntricos o submetacéntricos; el grupo C, por 6 pares acrocéntricos y el grupo D, por 8 pares subtelocéntricos y el par sexual XX/XY. El cromosoma "X" es de tamaño medio submetacéntrico y el "Y" es metacéntrico, y de los más pequeños del genoma. Finalmente, se propone un idiograma con bandas R-Replicativa con base en mitosis en estadio III de replicación.

Palabras clave: Tamarino, idiograma, número fundamental, polimorfismo.

Abstract. Colombia is considered a mega-biodiverse country, boasting several endemic species such as ***Saguinus leucopus***. The Marmoset gray, as is commonly called, inhabits tropical forests, is omnivorous and diurnal, and stands as seed dispersers. Morphologically characterized by small size, brown fur and silver back. It is organized in family groups formed by the couple and their offspring, with a dominant female, which is the only breeding. Due mainly to anthropogenic factors, is listed as endangered species by IUCN and is registered in Appendix I of CITES. Although studies have been conducted on the basic biology of *S. leucopus*, there are few reports on the cytogenetic evaluation and none on banded karyotype R - Replicative. In this research was performed the karyotype and ideogram with replicating R-bands by incorporating 5'-bromo-2'-deoxyuridine (BrdU) in peripheral blood stimulated with phytohemagglutinine of ***S. leucopus***. The results showed a karyotype $2n = 46$, with a fundamental number (NF) of 76. Chromosomes are organized into five groups according to their shape and size. Group A, is made up of three pairs of large submetacentric chromosomes; group B for 5 pairs of chromosomes metacentric or submetacentric average size; group C for 6 acrocentric pairs; and group D by 8 pairs subtelocentric and sexual pair XX/XY. The "X" chromosome is medium submetacentric, and the "Y" is metacentric and the smallest genome. Finally, we propose an R-banded ideogram based Replicative mitosis stage III replication.

Key words: Tamarin, ideogram, fundamental number, polymorphism.

Colombia es privilegiada por su ubicación geográfica y variedad de climas y es uno de los países más ricos del mundo en biodiversidad, llegando a ser reconocido como el cuarto en el mundo con mayor riqueza en términos de diversidad de primates. Tal es el caso de los primates de la subfamilia Callitrichinae, de los que se han encontrado dos géneros con siete especies en el territorio colombiano, dentro de las cuales se halla *Saguinus leucopus* (Umaña, 2003) o tití gris, como es llamado vulgarmente. Esta especie es endémica de Colombia, y su área de distribución es la más

reducida de todas las especies del género. Los límites de su disposición geográfica se encuentran en la orilla oriental del bajo río Cauca, la orilla occidental del río Magdalena, incluyendo todas las grandes islas, y el pie de monte de la Cordillera Central, registrándose hasta los 1.500 m de altura. Se encuentra en el noroeste de Antioquia, en los municipios de Cáceres, Valdivia, Porce y en el valle medio del río Nenchí, sur de Bolívar, oriente del departamento de Caldas y en el norte de Tolima, hasta las cercanías de Mariquita (Defler, 2003).

¹ Ingeniera Biológica. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Ciencias. Calle 59 A No. 63-20, Medellín, Colombia. <sposadac@unal.edu.co>

² Ingeniera Biológica. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Ciencias. Calle 59 A No. 63-20, Medellín, Colombia. <dmmatura@unal.edu.co>

³ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Ciencias. Calle 59 A No. 63-20, Medellín, Colombia. <jblopez@unal.edu.co>

Recibido: junio 20 de 2012; aceptado: septiembre 28 de 2012.

La especie *Saguinus leucopus* fue registrada por Günther en 1877, quién describió a Medellín como su localidad tipo; sin embargo, los últimos grupos fueron observados en la ciudad en la década del treinta (Cuartas, 2001). Dentro del reino animal, el mono tití gris pertenece al filo *Chordata*, clase *Mammalia*, orden de los Primates, familia Callitrichidae y al género *Saguinus* (Chiarelli, 1972). En el 2003, Defler indicó la posible existencia de dos subespecies, tal como había sido mencionado anteriormente por Hernández y Cooper (1976); estas hipótesis se fundamentan en el hallazgo de dos especímenes, colectados en Mariquita, que se diferencian levemente en el tono de su pelaje.

Diversos estudios sobre su hábitat y comportamiento muestran que suelen ubicarse en bosques secos u húmedos tropicales, con vegetación primaria y secundaria (Carvajal y Galvis, 2007). Normalmente habitan cerca de alguna corriente de agua, preferencialmente en el borde forestal (Emmons y Feer, 1999). Su pequeño tamaño es una característica que ha distinguido los tamarinos o titís de otros monos del nuevo mundo; pero a su vez, se diferencian por presentar garras modificadas, por la presencia de dos dientes molares en uno u otro lado de cada mandíbula, y por la incidencia de partos múltiples, siendo el gemelar el más frecuente (Kinzey, 1997). Para *S. leucopus* se ha encontrado que la longitud del cuerpo alcanza de 22,0 a 29,0 cm con un promedio de longitud de la cola de 38,0 cm y un peso de alrededor de 440 a 490 g (Morales *et al.*, 2006). El pelaje del dorso es color café y con una apariencia plateada, pues el pelo es café en su base y se aclara casi completamente hacia la punta, esta mezcla va siendo dominada por el blanco a medida que se va hacia los flancos y las extremidades, las cuales son casi blancas, como la cola, no prensil, que es café con el extremo blanco. La cara tiene escaso pelo y está enmarcada por una franja delgada de pelo blanco. Por su morfología también recibe el nombre vulgar de tamarino manos blancas (Defler, 2003).

El tití gris es un primate de hábitos diurnos y arborícolas. Siendo omnívoro, su dieta es fundamentalmente frugívora (Arias y Jaramillo, 2006) y se destaca como dispersor de semillas; hay reportes que indican que *S. leucopus* es un primate con alta flexibilidad de comportamiento en cuanto a la dieta, reflejándose en la capacidad de estos primates para probar nuevos alimentos y utilizar herramientas para conseguirlos; además, tienen la capacidad de

transmitir esta información a los otros individuos del grupo (Poveda, 2000). Estos primates, suelen vivir en grupos de 2 a 15 individuos, aunque se han observado ocasionalmente animales solitarios. Normalmente, los grupos familiares son integrados por una pareja y sus hijos; la madre, hembra dominante, es la única que cría a pesar que en el grupo pueden haber varias hijas con madurez sexual. La gestación dura de cinco a seis meses, con partos coincidentes con la época de abundancia de alimentos (Defler, 2003). Su conducta sexual es monogámica y puede presentar longevidad de hasta 18 años (Poveda, 2000).

En la actualidad muchas de sus poblaciones se han adaptado a sobrevivir en hábitats altamente fragmentados y degradados (Fajardo, 2000), con intensa colonización humana y deforestación (Poveda y Sánchez, 2004). En 2001, Cuartas concluye que el futuro de esta especie es preocupante, fundamentalmente por acción de actividades antrópicas. Asimismo, se han registrado casos de caza y comercialización ilegal del tití gris (Defler, 2003). Para su conservación se destacan varias acciones: se encuentra incluida en el apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES, 2011), lo que quiere decir que su comercio está restringido a casos excepcionales, como la investigación científica. Además, bajo los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (International Union for Conservation of Nature, UICN, 2001; se le considera como una especie en peligro de extinción; lo que se justifica en la reducción crítica de la población silvestre (>50%) en los últimos 18 años (Morales *et al.*, 2008), su marcado endemismo y la severa destrucción y reducción de su hábitat (Chiarelli, 1972). Para el 2003, *S. leucopus* se conservaba en algunas reservas, como en la Sierra de San Lucas y en el Cañón del Río Alicante, sin la existencia de un plan oficial de áreas de reserva para la protección y conservación de ésta especie (Defler *et al.*, 2003). Sin embargo, para el año 2006 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en su Resolución 684 dictaminó especificaciones para el manejo, estudio y conservación de esta especie, como medida de compensación para la empresa privada que realiza obras civiles en áreas habitadas por *S. leucopus*. Para el mismo año, se realizó un estudio en el cual se encontraron más poblaciones de monos Tití de las esperadas en la reserva natural de la serranía de San Lucas, indicando que la zona se ha convertido en un buen refugio (Defler, Savage y Bueno, 2008). También sobresale una campaña en curso para la creación de

un área de protección para esta especie, en conjunto con el mono *Ateles hybridus*; un programa regional de conservación, apoyado por EAZA Callitrichid Taxon Advisory Group, la asociación europea de zoológicos y otras organizaciones nacionales e internacionales (Bairrão *et al.*, 2005), que ya registra frutos (Morales y Vejarano, 2007); y el Centro de Rehabilitación de Fauna Silvestre del Oriente de Caldas (López, 2007). Actualmente, el tití gris se encuentra en siete zoológicos colombianos, presentando problemas en reproducción y supervivencia, por lo que existe la necesidad de obtener conocimientos sobre su manejo en cautiverio (Bairrão *et al.*, 2005).

En cuanto a la caracterización citogenética, las pocas investigaciones realizadas, con tinción homogéneas, bandas G y Q, reportan que el tití gris tiene un número cromosómico de $2n = 46$ (Leal, 2004; Tabares *et al.*, 2008; Castañeda *et al.*, 2010). Sin embargo, no existen reportes sobre cariotipo con bandas R replicativas de alta resolución; por tal motivo, en el presente trabajo se planteó la realización del cariotipo, con su respectivo idiograma, del tití gris (*Saguinus leucopus*) usando Bandas R- Replicativas mediante la incorporación del BrdU.

MATERIALES Y METODOS

Población. El estudio se realizó en dos machos y una hembra de la especie *Saguinus leucopus*, ubicados en el Parque Zoológico Santa Fe (Medellín, Colombia). Los individuos, aparentemente sanos, en buena condición corporal y una actitud activa, no presentaron síntomas y/o signos que señalaran que se estuviese presentando alguna patología particular.

Toma de la muestra. Para la toma de muestra, se rasuró y desinfectó la zona correspondiente a la vena femoral de donde se recolectó de sangre periférica (2 mL) usando como anticoagulante heparina sódica. La muestra se llevó al Laboratorio de Biotecnología Animal de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, donde fue procesada.

Siembra. Los cultivos se realizaron siguiendo el método descrito por Moorhead *et al.* (1960); donde, cada cultivo se llevó a cabo en condiciones asépticas con 1 mL de sangre periférica heparinizada en 8 mL de medio RPMI 1640 (SIGMA® R6504), suplementado al 10% con SFB (BioWhittaker-Lonza 14-501F), 100 µg/mL de estreptomycin, 100UI de penicilina y 0,1 mL de fitohemaglutinina, PHA, (SIGMA®). Los cultivos

se incubaron a 37 °C durante 72 h. Seis horas antes de la cosecha, se agregó 100 µL de BrdU (2µg/mL) (SIGMA®). 30 min previo a la cosecha los cultivos fueron sometidos a un bloque mitótico con 100 µL de colcemid (10 µg/mL) (SIGMA®).

Cosecha. Los cultivos en suspensión se transfirieron a tubos cónicos, se centrifugaron a 800 g durante 10 min, y luego se descartó el sobrenadante. Después de homogenizar el pellet, las células se trataron con una solución hipotónica de KCl (0,075 M) durante 10 min. Seguidamente, se centrifugó en las condiciones anteriormente descritas y se procedió con la fijación.

Para fijar las muestras se utilizó fijador fresco preparado con metanol (MERCK®): ácido acético (MERCK®), en proporción 3:1. La fijación de la muestra se llevó a cabo agregando gota a gota el fijador, mediante agitación fuerte, y maniobrando rápidamente la muestra. Los tubos se dejaron reposar por 15 min a temperatura ambiente. Posteriormente, se realizaron centrifugaciones sucesivas bajo las mismas condiciones, retirando en cada caso el sobrenadante y re-suspendiendo el pellet en fijador. Por último, el botón celular se re-suspendió en un pequeño volumen de fijador para el goteo.

Goteo. El goteo se realizó sobre portaobjetos previamente frotados con etanol (MERCK®). Una fracción de la suspensión obtenida se goteó a una altura de 45-55 cm en portaobjetos pre-goteados con fijador. Una vez goteadas las placas, se flameó cuidadosamente controlando la temperatura, usando como indicador el dorso de la mano.

Coloración diferencial para bandas cromosómicas R-replicativas. Las láminas fueron coloreada usando el método de Camargo y Cervenka (1982), modificado en el Laboratorio de Biotecnología Animal de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, tal como se describe a continuación: las láminas envejecidas durante 3 a 5 días fueron sumergidas en solución de bisbenzimidá (0,3 µg/mL) (SIGMA®) (Hoechst 33258) durante 10 min. Posteriormente, se lavaron con agua destilada y se secaron suavemente para remover el exceso de agua. Cada lámina, en posición horizontal, se impregnó homogéneamente con 2xSSC y fueron cubiertas con una laminilla cubreobjeto (60 x 22 mm). Cada lámina se expuso a iluminación con una lámpara Sylvania Capsylite 75w, 120w PAR 30, durante 45 min. Pasado este tiempo, se removió la

laminilla y se lavó con agua destilada. Luego, se le agregó Giemsa al 4% durante 3 min y se retiró el exceso de colorante lavando con agua destilada. La muestra se secó con un mechero, controlando la temperatura. Para conservar los extendidos cromosómicos, los portaobjetos se cubrieron con Entellan (MERCK®), protegidos con cubreobjetos 60 x 22 mm.

Elaboración Cariotipo. Los extendidos cromosómicos se analizaron en un microscopio ZAISS® Primo Star con objetivo de inmersión 100X. Para la determinación del número cromosómico se evaluaron 50 mitosis de cada ejemplar muestreado; se seleccionaron 10 mitosis en estadio III replicativo para la elaboración del cariotipo y del idiograma propuesto, así como también para las mediciones respectivas (Figura 1).



Figura 1. Mitosis 46, XY en estadio III replicativo de un macho *S. leucopus* la cual sirvió de base para la elaboración del cariotipo y una de las usadas como referente para la construcción del idiograma.

Seguido a este paso, se localizó el centrómero y se determinó la longitud de los brazos (p y q) con lo cual se determinó la longitud de cada cromosoma. Una vez realizada estas valoraciones se procedió al cálculo de longitud del genoma, índice centromérico (IC) (Ecuación 1) e índice braquial (IB) (Ecuación 2).

$$IC_i = \left(\frac{L_{p,i}}{L_{t,i}} \right) * 100$$

Ecuación 1. Cálculo del índice centromérico. Siendo $L_{p,i}$ la longitud del brazo corto o brazo p y $L_{t,i}$ la longitud total del cromosoma correspondiente.

$$IB_i = \left(\frac{L_{q,i}}{L_{p,i}} \right)$$

Ecuación 2. Cálculo del índice braquial. Siendo $L_{p,i}$ la longitud del brazo p y $L_{q,i}$ la longitud del brazo q.

Se procedió a la clasificación de los cromosomas, según los criterios expuestos en la Tabla 1 (López y Márquez, 2002), con lo cual se relacionaron los presuntos homólogos, confirmándolo con el índice de homología (Ecuación 3).

$$IH_i = \frac{L_{p,i} * L_{q,i}}{L_{t,i}}$$

Ecuación 3. Cálculo del índice de homología.

Tabla 1. Parámetro para la clasificación de cromosomas de *S. leucopus*, según la posición del centrómero.

IC	IB	Clasificación
50-46	1-1,7	Metacéntrico
45-26	1,7-3	Submetacéntrico
26-15	3-7	Acrocéntrico
≤15	≥7	Subtelocéntrico

Una vez se estableció la homología, se estimó el orden descendente de longitud cromosómica de acuerdo con la longitud total del genoma haploide femenino (L_{th}), (Ecuación 4), y la longitud relativa de cada cromosoma (Ecuación 5).

$$L_{th} = \frac{\sum_{i=1}^{46} \text{cromosoma } i}{2}$$

Ecuación 4. Cálculo para la longitud haploide del genoma femenino.

$$L_{r,i} = \frac{L_{t,i}}{L_{thf}} * 100$$

Ecuación 5. Cálculo para la longitud relativa. Siendo $L_{t,i}$ la longitud de cada cromosoma.

Es importante realizar la determinación sexual genética con anterioridad, debido a que el caso del

macho debe sumarse dos veces la longitud de su X e ignorarse la longitud del cromosoma Y.

El numero fundamental (NF) se calculó con base a lo planteado por George y Weir (1974) quienes determinan que cada cromosomas metacéntrico, submetacéntrico y acrocéntrico equivale a dos brazos y los cromosomas subtelocéntricos contabilizan para un brazo; además, el cromosoma X debe evaluarse según su clasificación, pero en el caso del macho XY se toma en cuenta dos veces el cromosoma X y se desconoce el cromosoma Y. Finalmente, se construyó un idiograma con base a 10 metafases de estadio III replicativo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El conteo cromosómico mostró un numero diploide de 46 cromosomas ($2n=46$), lo cual coincide con el número diploide reportado para *Saguinus leucopus*

Tabla 2. Clasificación de los cromosomas de *S. leucopus*, según el tamaño y posición del centromero.

Grupo	Cromosoma
A	3 pares submetacéntricos grandes
B	4 pares submetacéntricos de tamaño medio y un par metacéntrico pequeño
C	6 pares acrocéntricos mediano
D	8 pares subtelocéntricos de tamaño medio
E	X submetacéntrico y Y metacéntrico

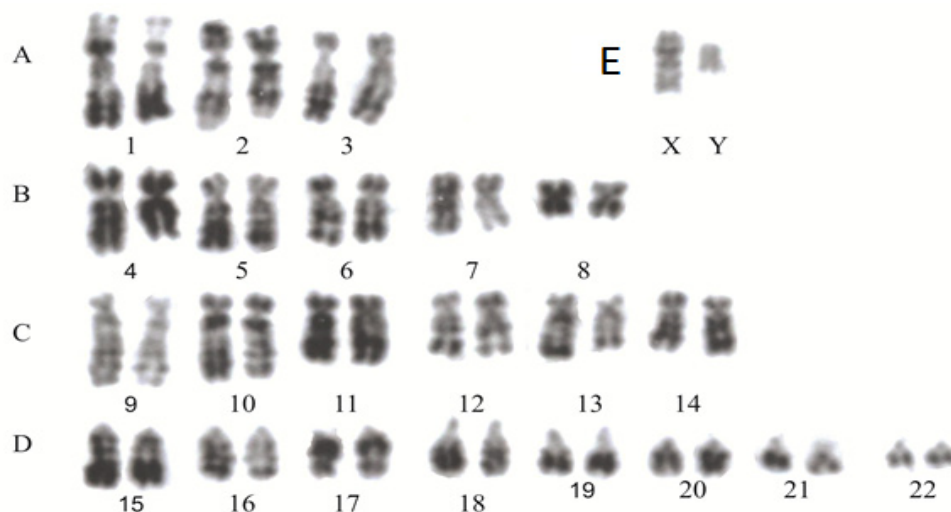


Figura 2. Cariotipo 46, XY de un macho *Saguinus leucopus*.

(Leal, 2004; Tabares *et al.*, 2008; Castañeda *et al.*, 2010); el número fundamental calculado resulta ser de 76 productos de 56 brazos contenidos en los 14 pares cromosómicos metacéntrico, submetacéntrico y acrocéntrico, y los 16 brazos producto de los 8 cromosomas submetelocéntricos más los 4 brazos aportados por los dos cromosomas X (Nagamachi *et al.*, 2003).

De acuerdo a la longitud relativa, y a su clasificación según la posición del centrómero, las 23 pares de

cromosomas fueron clasificados en seis grupos (Tabla 2) (ISNCN, 2009). Para cada grupo se siguió un orden decreciente según el tamaño y posición del centrómero conformándose de esta manera el cariotipo (Figura 2) y el idiograma (Figura 3). Es de anotar que en el idiograma la gama de grises es utilizada para indicar las intensidades de las bandas oscuras que en el sistema de bandas R- Replicativos representan material genético eucromática (Camargo y Cervenka, 1982).

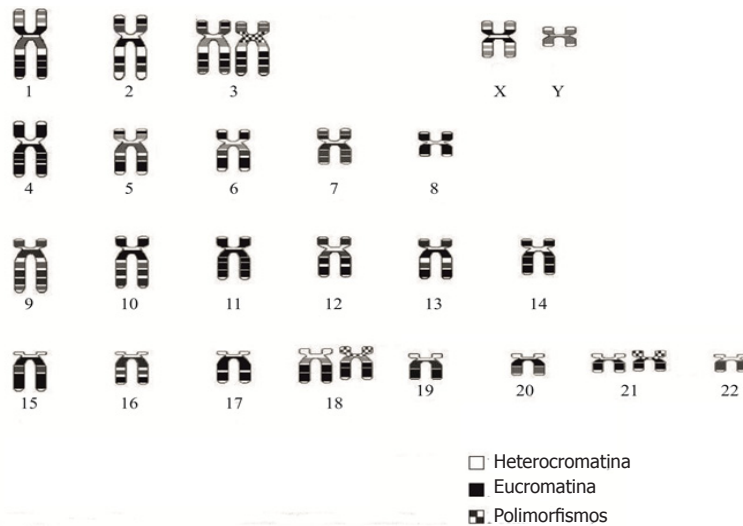


Figura 3. Idiograma del cariotipo de *Saguinus leucopus*.

El grupo A, es conformado por 3 pares de cromosomas submetacéntricos grandes. El grupo B, lo integran 4 pares cromosómicos, clasificados como submetacéntricos y el par 8 metacéntrico. El grupo C, es conformado por 6 pares acrocéntricos y el grupo E por 8 pares submetelocéntricos. Además, el par sexual está conformado por un cromosoma "X" de tamaño medio submetacéntrico y un cromosoma "Y" que se caracteriza por ser uno de los más pequeños del genoma y de carácter metacéntrico.

Aun cuando el cariotipo reportado en este trabajo coinciden en número ($2n = 46$) con los reportes de Tabares *et al.* (2008), al analizar el cariotipo se pueden observar algunas diferencias cromosómicamente significativas en la medida, en que el cariotipo reportado por Tabares muestran dos pares de cromosomas pequeños metacéntrico (cromosomas 4 y 5); mientras que en este reporte, solo existe un par pequeño metacéntrico (cromosoma 8). Además, el cromosoma Y claramente metacéntrico de este

cariotipo difiere del presentado en el reporte anteriores donde se muestra un Y acrocéntrico.

De otra parte, el cariotipo reportado por Tabares y col, presenta 7 pares de cromosomas considerados como submetelocéntricos en comparación de 8 exhibido en este reporte. Todas estas diferencias detectadas entre este reporte y las publicaciones previas permite plantear varias alternativas: la primera, es que en este reporte se esté dando a conocer un nuevo cariomorfismo presente en las poblaciones de donde proceden los ejemplares muestreados. En este caso, se tendría que confirmar este hallazgo realizando un muestreo con ejemplares procedente de la región de Antioquia, de donde posiblemente provienen estos individuos. La segunda posibilidad, es que los reportes previos en Colombia no sean realmente *Saguinus leucopus* sino otra especie relacionada como *Saguinus oedipus*, entre otras, donde se observan 2 pares de cromosomas pequeños metacéntrico y el cromosoma Y acrocéntrico (Barros *et al.*, 1990; Mendes y Barrios,

1997; Bedard *et al.*, 1978). De esta manera, este reporte se constituiría en el primer reporte del cariotipo de *Saguinus leucopus* en Colombia. Con relación al cromosoma "X", se destacan dos bandas de alta intensidad en la región pericentromérica lo cual es característico de muchos cromosomas X de mamífero (López y Márquez, 2002).

En el idiograma se muestran 3 cromosomas, el 3, 18 y el 21, que presentan regiones centroméricas polimórficas, entendiéndose por polimorfismo las formas alternativas de mostrarse los cromosomas homólogos en un individuo o en un individuo de una población determinada. Estos cromosomas podrían servir en un futuro de cromosomas marcadores para evaluar el grado de homocigocidad o heterocigocidad en una determinada población de organismo, ya sea en cautiverio o en vida silvestre.

Es de resaltar la gran utilidad de la técnica de bandas R- Replicativa en la identificación de los cromosomas sexuales donde el cromosoma X inactivo de toda hembra de mamífero se muestra con coloración pálida debido a su comportamiento de duplicación tardía en la fase S.

CONCLUSIONES

Se reporta por primera vez el cariotipo y el idiograma con bandas R- Replicativa de *Saguinus leucopus*, lo cual se constituye en un aporte más en la caracterización citogenética de las especies en particular y de la de vida silvestre en general.

Se muestran una vez más las bondades de la técnica de Bandas R- Replicativa en la identificación de los cromosomas sexuales fundamentalmente en aquellas especies donde aún no se han determinado.

Se reporta un nuevo cariomorfismo para organismos considerado *Saguinus leucopus* que podría significar una nueva especie. En este caso, se deberían realizar nuevos muestreos en mayor número de ejemplares y realizar caracterización citogenética con mayor número de bandas tales como G, C, RON entre otras.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Parque zoológico Santa Fe de la Sociedad de Mejoras Públicas de Medellín, por la cooperación con esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

Arias, A.F. y A.F. Jaramillo. 2006. Establecimiento y evaluación de una dieta para monos tití gris (*Saguinus leucopus*) y estudio del comportamiento alimenticio en cautiverio en la Fundación Zoológico Santacruz. Trabajo de grado de Zootecnista. Facultad de Zootecnia. Universidad de La Salle, Bogotá. 95 p.

Bairrão, E., J.B. Carroll y A.L. Morales. 2005. The silvery-brown Tamarin (*Saguinus leucopus*) Conservation Project. Neotropical Primates 13(3): 36-39.

Bedard, M.T., N.S. Ma and T.C. Jones. 1978. Chromosome banding patterns and nucleolar organizing regions in three species of Callitrichidae (*Saguinus oedipus*, *Saguinus fuscicollis* and *Callithrix jacchus*). Journal of Medical Primatology 7(2): 82-97.

Camargo, M. y J. Cervenka. 1982. Patterns of DNA replication of human chromosomes: II. replication map and replication model. In: American Journal of Human Genetics 34(5): 757-780.

Castañeda, F.E., E.F. Buriticá, I.X. Barbosa. 2010. Tití gris (*Saguinus leucopus* Gunther, 1976): algunos aspectos biológicos y de interés veterinario sobre la especie. Revista Colombiana de Ciencia Animal 3(1): 82-89.

Carvajal, A.M y C.E. Galvis. 2007. Valoración médica en monos tití gris (*Saguinus leucopus*, Familia: Cebidae) en 3 zoológicos colombianos. Trabajo de grado de Medicina Veterinaria. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de la Salle, Bogotá. PAGINAS.

Chiarelli, A.B. 1972. Taxonomic atlas of living primates. Primera Edición. Academic Press, London. 363 p.

CITES - Convention on international trade in endangered species of wild fauna and flora. 2011. Appendices I, II, III. In: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml>. 1 p.; consulta: junio 2011.

Cuarteras, C.A. 2001. Distribución parcial del tití gris (*Saguinus leucopus*, Callitrichidae) en el Departamento de Antioquia, Colombia. Revista Neotropical Primates 9(3): 107-111.

Defler, T.R. 2003. Primates de Colombia. Conservación Internacional, Serie de Guías Tropicales de Campo, Santa Fe de Bogotá. 547 p.

- Defler, T.R., J.V. Rodríguez y J.I. Hernández. 2003. Conservation priorities for Colombian primates. *Primate conservation* 19: 10-18.
- Defler, T.R. y M. Bueno. 2010. Prioridades en investigación y conservación de primates colombianos. pp. 193-214. En: Pereira, V., P.R. Stevenson, M.L. Bueno y F.M. Nassar. (eds.). *Primatología en Colombia: avances al inicio del milenio*. Fundación Universitaria San Martín, Bogotá. 258 p.
- De Souza, B.R., C.Y. Nagamachi and J.C. Pierzarka. 1990. Chromosomal evolution in *Callithrix emilliae*. *Chromosoma* 99(1): 440-447
- Emmons, L.H. y F. Feer. 1999. Mamíferos de los bosques húmedos de América tropical: una guía de campo. Segunda edición. Editorial Fundación Amigos de la Naturaleza, Santa Cruz de La Sierra, Bolivia. 298 p.
- Fajardo, A. 2000. Caracterización sistemática de las especies colombianas transinterandinas del género *Saguinus* (Hoffmannsegg, 1807) Primates: Callitrichidae. Tesis Maestría en Biología -Línea Sistemática. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. 154 p.
- George, W. and B. Weir. 1974. The biology of hystricomorph rodents: hystricomorph chromosomes. In: *Symposium of the Zoological Society of London*. Academic Press, London. 482 p.
- Hernández, J. and R.W. Cooper. 1976. The nonhuman primates of Colombia. pp. 35-69. In: Thorington, R.W. Jr. and P.G. Heltne (eds.). *Neotropical primates, field studies and conservation*. Committee on Conservation of Nonhuman Primates, Institute of Laboratory Animal Resources, Assembly of Life Sciences, National Research Council. 135 p.
- ISCN. 2009. An International System for Human Cytogenetic Nomenclature. International Standing Committee on Human Cytogenetic Nomenclature. 138 p.
- Kinzey, W.G. 1997. *Saguinus*. pp. 289-296. In: Warren, G.K (ed.). *New world primates: Ecology, evolution and behavior*. Aldine de Gruyter, New York. 436 p.
- Leal, A.M. 2004. Identificación de los patrones de comportamiento y conformación de un grupo social de tití gris (*Saguinus leucopus*) en proceso de rehabilitación. Trabajo de grado de Licenciada en Biología. Facultad de Ciencias y Educación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 144 p.
- López, J.B. y E. Márquez. 2002. Modelo experimental para el estudio cromosómico en células de mamíferos. Investigación Escuela de Biociencias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Colombia. 127 p.
- López, L. 2007. Rehabilitación de fauna en Caldas. En: *Veterinarios de vida silvestre*, <http://www.veterinariosvs.org/>; consulta: octubre 2010.
- Mendes, S.M., M.S. Barros. 1997. Cytogenetic study of the genus *saguinus* (Callitrichidae, Primates). *Brazilian Journal of Genetic* 20(4) Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84551997000400014&lng=en&nr_m=iso>. ISSN 0100-8455. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84551997000400014>; cited: Junio 2009.
- Moorhead, P.S., P.C. Nowell, W.J. Mellman, D.M. Battips and D.A. Hungerford. 1960. Chromosome preparations of leukocytes cultured from human peripheral blood. *Experimental Cell Research* 20(3): 135-136.
- Morales, A.L., F. Sánchez, K. Poveda y A. Cadena. 2006. *Saguinus leucopus* (Günther, 1877). En: *Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia SIB*, <http://www.siac.net.co/sib/catalogoespecies/especie.do?idBuscar=109&method=displayAAT>; consulta: junio 2009.
- Morales, A.L. y S. Vejarano. 2007. *Saguinus leucopus* conservation program 2006-2010: Report activities 2007. En: *Fundación Biodiversa Colombia*, http://www.fundacionbiodiversa.org/proyectos_conservacion_titi.htm; consulta: septiembre 2010.
- Morales, A.L., A. Link and P. Stevenson. 2008. *Saguinus leucopus*. In: *Red List of Threatened Species*, IUCN 2009. <http://www.iucnredlist.org>; consulta: agosto 2009.
- Nagamachi, C.Y. and J.C. Pieczarka. 1988. Chromosome studies of *Saguinus midas niger* (Callitrichidae, Primates) from Tucuruí, Pará, Brazil: comparison with the karyotype of *Callithrix jacchus*. *American Journal of Primatology* 14(3): 277-284.

Cariotipo del titi gris (*Saguinus leucopus*)

Poveda, K. 2000. Uso de hábitat de dos grupos de tití de pies blancos, *Saguinus leucopus*, en Mariquita, Colombia. Trabajo de grado de Biología. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 125 p.

Poveda, K. and P. Sánchez. 2004. Habitat use by the white-footed Tamarin, *Saguinus leucopus*: a comparison between a forest-dwelling group and an urban group in Mariquita, Colombia. *Neotropical Primates* 12(1): 6-9.

Tabares, J.H., C.H. Fierro, P. Pulido, H.R. Ossa. 2008. Cariotipo del tití gris (*Saguinus leucopus*): similitudes con el cariotipo humano. *Nova – Publicación Científica en Ciencias Biomédicas* 6(10): 116-125.

UICN. 2001. Categorías y criterios de la lista roja de la UICN: Versión 3.1. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. 33 pp. En: URL: http://www.iucnredlist.org/documents/redlist_cats_crit_sp.pdf