

# USO Y APLICACIONES DE LA CITOGENETICA EN EL MANEJO DE PRIMATES DECOMISADOS

Marta Lucía Bueno<sup>1</sup>, Carolina Ramírez<sup>2</sup>, Miryam Leibovici<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Biología, Universidad Nacional.

<sup>2</sup>Fundación Macarena - DAMA

<sup>3</sup>Instituto de Genética, Universidad Nacional

## INTRODUCCIÓN

Aún cuando los mamíferos representan únicamente el 5% de ejemplares decomisados, es preocupante que en su mayoría corresponden a especies de primates y felinos, todas ellas consideradas bajo amenaza por la UICN y el CITES. Precisamente la especie más presionada para proveer ejemplares al mercado ilegal, es el tití gris (*Saguinus leucopus*), especie endémica bajo grave amenaza por la destrucción de su hábitat. (<http://web.minambiente.gov.co>)

Como en la citogenética clínica humana, la identificación de individuos cromosómicamente anormales, es una herramienta útil en el manejo de la capacidad reproductora en una población animal. Sin embargo, para poder detectar anomalías cromosómicas, es indispensable haber documentado "los valores normales" para cada especie. Dado que hasta ahora hemos comenzado a caracterizar nuestras especies silvestres, y contamos con un número incipiente de estudios en este campo, y en su gran mayoría son estudios aislados de animales provenientes de decomisos y ejemplares cautivos en Zoológicos, el papel real o las verdaderas dimensiones que estos estudios pueden tener en el manejo y conservación de nuestra fauna aun no están bien definidas. Hasta ahora estamos empezando a rasgar la superficie de lo que es conocido sobre los cromosomas en las poblaciones, donde podemos citar como ejemplo las poblaciones del norte de Colombia de *Aotus*, las cuales por la importancia que han tenido como modelos experimentales en investigación biomédica, se conoce un buen número de cariotipos y la presencia de polimorfismos cromosómicos, que ayudan a definir la procedencia de los ejemplares. (Brumbak, et.al., 1971 Ma et al.,

1976 y Giraldo et al., 1986). Sin embargo, para la mayoría de los casos el hallazgo de un nuevo cariotipo puede generar incertidumbre cuando no se conoce la procedencia del ejemplar o cuando no hay suficientes ejemplares como para poder definir si este es un polimorfismo intra poblacional, o al contrario, nos encontramos ante un cambio particular en una población específica, como en el caso de *Callicebus* que se presentará posteriormente. En la gran mayoría de las poblaciones de primates, aun no están claramente definidos los patrones normales y es indispensable incrementar los esfuerzos para ampliar el conocimiento que tenemos sobre nuestra fauna, que sin duda representa un aspecto importante en la diversidad genética de las especies.

En especies de distribución amplia, con procesos de subespeciación geográfica y deficiente diferenciación morfológica, resulta imposible determinar su procedencia con base en caracteres externos. Para muchos autores (Stebbins GI 1966, White MJD, 1968, 1969, Jackson, 1972, Lau & Arrighi, 1976, Gibson 1984), la citogenética puede en muchos casos aportar información sobre la diferenciación entre especies y subespecies, y en los casos en los cuales los rearrreglos cromosómicos han acompañado los procesos de radiación adaptativa, información sobre la procedencia geográfica en ejemplares de origen incierto.

En Colombia, como en todo el mundo, los centros de rescate de fauna silvestre trabajan con ejemplares, procedentes de decomisos, efectuados por las autoridades competentes, y en general se ignoran los lugares específicos de origen, lo que dificulta los programas de liberación.

Durante el año 2002-2003, la Universidad Nacional (Departamento de Biología-Instituto

de Genética), presentó al DAMA una propuesta de investigación (**Valoración cariológica de animales silvestres decomisados**: una herramienta más para el conocimiento, manejo y conservación de especies sometidas a comercio) que tenía como objetivo en una primera etapa, caracterizar citogenéticamente todos los primates que estaban en el centro de recepción y rehabilitación de fauna silvestre de Engativá- D.C. Este centro, cumple una importante función dado que deben evaluar los ejemplares y determinar, de acuerdo con su estado, cual va a ser el futuro de ellos, bien sea liberarlos nuevamente a la naturaleza, cuando las condiciones generales del espécimen lo permiten y si es posible determinar su procedencia. Una segunda opción es la de entregarlos a un zoológico, en donde pueden contribuir con los programas de educación ambiental y entrar a programas de reproducción *ex situ* para la conservación de la especie.

En los programas de cría en cautividad de especies amenazadas, se ha observado en repetidas ocasiones serias fallas en la fertilidad o viabilidad de los juveniles, que en algunos casos ha sido atribuida a procesos estocásticos, pero en otros, se demuestra claramente que son producidas por una depresión genética, ocasionada por el incremento en la homocigocidad, o incompatibilidad cariológica por la hibridación entre especies o subespecies cariológicamente diferenciadas.

La disminución del tamaño efectivo de las poblaciones, conlleva a un aumento de los entrecruzamientos consanguíneos con el consecuente incremento en la homocigocidad. En algunas ocasiones, se emplea como alternativa la introducción de ejemplares de otras poblaciones, sin la adecuada caracterización genética, introduciendo así ejemplares con diferencias genéticas adquiridas durante los procesos de especiación y adaptación que pueden no estar reflejadas en cambios morfológicos, pero suficientes como para generar barreras reproductivas entre ellos. En consecuencia, estas acciones de conservación pueden

resultar más nocivas que benéficas para la especie.

Los factores genéticos han sido subestimados en la mayoría de los trabajos en conservación aunque existen claras evidencias sobre los efectos que tiene la pérdida de la variabilidad genética en las poblaciones, incrementando la susceptibilidad a eventos catastróficos, cambios medio . ambientales o resistencia a pestes o enfermedades.

Debido a los efectos potencialmente deletéreos de la heterocigocidad cromosómica en la fertilidad, Benirschke & Kumamoto (1991) sugieren que los animales seleccionados para los programas de Conservación *ex situ*, cría cautiva, reintroducción, o en los proyectos de translocación de especies, todos los ejemplares sean caracterizados citogenéticamente y sean agrupados según la compatibilidad cromosómica. La aplicación potencial de la citogenética al manejo y conservación de la fauna y en su extensión a los programas de Re-introducción de la IUCN/SSC ha conducido a que los Grupos de Especialistas, propongan que los individuos seleccionados para la reintroducción debe ser de la misma unidad taxonómica e idealmente, estrechamente relacionados genéticamente, a aquéllos que habitaron el área y fueron exterminados. (<http://www.fas.org/ahead/news/iucn/iucnspring98.htm>).

Esfuerzos por mantener una representación de las especies y sus genes se llevan a cabo en zoológicos, acuarios y bancos de genes. Estos centros tienen importancia educativa al igual que pueden ser fuentes de material genético de especies en peligro. En muchos de estos establecimientos se tienen ejemplares con un alto valor desde el punto de vista de la conservación de las especies, que sumado a los ejemplares depositados en otras colecciones nacionales o extranjeras constituyen una importante muestra para los programas de reproducción *ex situ*. Es por lo tanto deseable, efectuar la caracterización genética de estas colecciones con el fin de poder efectuar los intercambios de

ejemplares o de gametos en forma segura, minimizando los riesgos de hibridaciones no planeadas.

Del éxito de muchos de estos programas, dependerá que en un futuro se cuente con ejemplares, genéticamente caracterizados, nacidos en zoológicos y/o en programas de reproducción ex situ, que puedan emplearse como refuerzo para las poblaciones que están en peligro de desaparecer, mediante la liberación de algunos individuos al ecosistema de donde provienen. Un ejemplo de esta metodología se dio en Colombia con el ave nacional Cóndor de los Andes, *Vultur gryphus*. Su población se estimaba para 1989 en unos 50 individuos reportándose extinto de muchas áreas de la cordillera Central y Occidental, presentaba entonces bajas poblaciones únicamente al sur del país y en la Sierra Nevada de Santa Marta. Actualmente se han liberado un poco más de 50 ejemplares en 6 localidades diferentes en los departamentos de Nariño, Cauca, Caldas, Cundinamarca, Boyacá y Antioquia; y en el Zoológico de Cali se ha logrado reproducir la especie y dos ejemplares nacidos en este zoológico se han liberado en el Parque Nacional Natural Los Nevados. [http://www.wwf.org.co/colombia/noticias/articulos/condor\\_dos.php](http://www.wwf.org.co/colombia/noticias/articulos/condor_dos.php).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el período comprendido entre Junio del 2001 hasta abril del 2003 se estudió citogenéticamente una muestra representativa de los primates que ingresaron al Centro de Recepción y rehabilitación de Fauna Silvestre del DAMA Engativá administrado por la Fundación MACARENA.

Se evaluaron 90 ejemplares de primates, que incluyeron 9 géneros y 13 especies de Plátirinos Colombianos. Para este estudio, se requirió de 1-2 ml de sangre heparinizada, que fue tomada de los ejemplares por la Veterinaria del Centro, previa anestesia de los ejemplares. En muchos casos fueron realizados en el mismo procedimiento, la valoración general de los ejemplares, el

estudio parasitológico y hematológico requerido en la Historia de ingreso al centro.

Con estas muestras sanguíneas, se realizaron cultivos de linfocitos (Moorhead et al, 1960), con algunas modificaciones para el estudio de primates realizadas en el grupo de citogenética del Instituto de Genética de la Universidad Nacional, a partir de los trabajos de Arango & Moreno (1977) y Yunis et al, 1977, que mostraron el poder mitogénico de la Favina (lectina del haba) en los linfocitos de primates.

Se empleó un extracto crudo de favina preparada el grupo de Lectinas, Dep. de Bioquímica, Universidad Nacional. Los cultivos se realizaron empleando como medio de cultivo RPMI 1640 de Sigma, suplementado con 20% de Suero fetal bovino (Sigma). De acuerdo con las recomendaciones de Torres et al 1989, se empleo una concentración de favina entre 5-20 g/ml para 0.04 ml de sangre. Se cultivaron los linfocitos a 37 +/- 5°C por 63-79 horas. Como inhibidor mitótico se empleo Colcemid (Sigma), 1 g/ml, 40 minutos antes de la cosecha.

En todas las muestras que eran suficientes para realizar varios cultivos, se hicieron también cultivos largos para la evaluación de patrones de replicación tardía (RBH-FPG) con pulsos terminales de Brud (50 g/ml) en las últimas 5-7 horas de cultivo (Willard & Latt, 1976). Las láminas fueron evaluadas con las técnicas convencionales de coloraciones diferenciales, QFQ, de acuerdo con Casperson et al., 1970; RGH, Sehested, 1974; las R de replicación RBH-FPG de Willard & Latt, 1976; Goto et al., 1975; GTG, Seabright, 1971; CBG, Arrighi & Hsu, 1971, Sumner, 1972.

De cada uno de los ejemplares se fotografiaron entre 4-10 metafases con 100 aumentos empleando película de alto contraste (Kodak, Kodalithe, Asa 8) y organizaron al menos 4 cariotipos, incluyendo cariotipos dobles (una misma metafase, coloreada con dos coloraciones: QC, QR, QG).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso de Favina como mitógeno en lugar de la Fitohemaglutinina, induce una respuesta mitogenica varias veces superior a la que presentan los linfocitos de primates ante el estímulo tradicional (fitohemaglutinina) lo que sin duda facilita los estudios citogenéticos de estas especies, dado que en estos cultivos se presentan buenos índices mitóticos, cuando las condiciones clínicas, fisiológicas y parasitarias de los ejemplares son las adecuadas.

La muestra estudiada incluye ejemplares de dos las familias mas representativas de primates colombianos: Callitrichidae y Cebidae. En la primera, se presentan los hallazgos citogenéticos de los géneros *Cebuella* y *Saguinus* y de 7 de los 9 géneros de los Cebidae presentes en el país, por lo que esta investigación, incluye datos citogenéticos de una amplia muestra de la diversidad de primates que habitan en Colombia.

En la tabla 1 se presenta un cuadro general de los géneros y especies incluidos en este estudio.

Tabla 1.

Familia	Género	Especie- subespecie	Categoría UICN*	2N**	N Ejemplares	Relación sexo*** M / H
Callitrichidae	<i>Cebuella</i>	<i>pygmaea</i>	LR	44	2	2/0
	<i>Saguinus</i>	<i>leucopus</i>	VU	46	12	4/8
Cebidae	<i>Aotus</i>	<i>brumbacki</i>	VU	50 (K6)	2	2/0
		<i>griseimembra</i>	EN	52/53/54(K2)	4	4/0
	<i>Callicebus</i>	<i>cupreus ornatus</i>	Vu	44	1	1/0
	<i>Saimiri</i>	<i>sciureus albigea</i>	LR	44	26	17/9
		<i>sciureus macrodon</i>	LR	44	1	1/0
	<i>Cebus</i>	<i>albifrons</i>	LR	54/52	24	12/12
		<i>apella</i>	LR	54/55	11	4/7
		<i>capucinus</i>	LR	54	1	0/1
	<i>Alouatta</i>	<i>seniculus</i>	LR	44	1	0/1
	<i>Ateles</i>	<i>geoffroyi</i>	EN	34	1	1/1
<i>Lagothrix</i>	<i>lagothricha</i>	LR	62	2	2/0	

\* LR BAJO RIESGO; VU vulnerable; EN, en peligro, DD, desconocido

\*\*Números cromosómicos encontrados en cada una de las especies y/o subespecies

\*\*\* # Ejemplares machos/ # de ejemplares hembra incluidos en este estudio

En la familia Callitrichidae no se encontraron diferencias significativas en cuanto al número de cromosomas reportado para estas especies. En *Cebuella pygmaea* se estudiaron solamente dos hembras, con un cariotipo  $2n=44$ , el cual a nivel de bandas G, parece similar al presentado por Nagamachi et al, 1992. Se observó un heteromorfismo en bandas C en el cromosoma 2, evidenciado como una banda intersticial en los brazos cortos

*Saguinus leucopus*, se encuentra en una estrecha zona entre el río Cauca y la ladera occidental del río Magdalena, en las laderas de la cordillera central. Por su limitada distribución geográfica, que en gran parte ha sido desbastada por procesos de tala

continua de los bosques (Hernández-Camacho & Cooper, 1976), esta es una de las especies endémicas más amenazadas y ha sido incluida en el Apéndice I del CITES.

Como se esperaba para el grupo, los doce ejemplares incluidos en el presente estudio, presentaron 46 cromosomas, que se ordenaron de acuerdo con Marczyńska B, et al 1983. En todos los ejemplares se observó un patrón de bandas muy uniforme y estable. En 7 de las 8 de las hembras estudiadas se observaron dos líneas celulares (XX/XY). Los quimerismos son frecuentes en esta familia que suele presentar partos gemelares y anastomosis placentaria entre los gemelos con intercambio de tejido hematopoyético (Benirschke et al, 1962). Aunque en algunos

ejemplares se encontró una sola línea celular (100% XX o XY) aproximadamente en un 50% de los machos estudiados se detectaron dos líneas (XX:XY) con frecuencias variables.

De este género dos ejemplares presentaron infección más o menos importante de filarias, que fueron observadas en los cultivos de linfocitos. No fue posible determinar la especie que parasitiza estos ejemplares a partir de las microfilarias circulantes, pero este dato fue informado al veterinario del centro, para que efectuara la medicación correspondiente antes de tomar cualquier medida en cuanto al manejo de estos ejemplares.

Desde el punto de vista de manejo y liberación, con base en la muestra analizada, y en el nivel de conocimiento que tenemos de esta especie, podemos decir que las poblaciones de *Saguinus leucopus* presentan poca variabilidad cromosómica. Dado el extenso fraccionamiento del hábitat, sería recomendable realizar estudios moleculares de subestructura poblacional con muestreos de los diferentes remanentes con el fin de monitorear posibles cambios cromosómicos y/o moleculares dentro de la restringida distribución de la especie.

En la familia Cebidae, el género *Aotus* es tal vez el más estudiado y del cual se conoce ampliamente la relación cariotipo-procedencia, aunque el estatus taxonómico de cada uno de estos cariomorfos es aun hoy materia de amplias discusiones (Defler et al., 2001).

De los seis ejemplares evaluados en este estudio, dos ejemplares se identificaron como *A. brumbacki*, caracterizados citológicamente por presentar 50 cromosomas (Yunis et al 1976, K6, Hershkovitz P, 1983, Fig.1) El origen probable de estos ejemplares, deben ser, las estribaciones de la cordillera oriental hacia los llanos del Orinoco y Guanina aunque realmente, no se conoce bien hasta donde se extiende su distribución hacia el oriente. Se le ha asignado como localidad tipo, la ciudad de Villavicencio, por ser este el

origen del primer ejemplar que presentó este cariotipo (Yunis et al 1977).

Los otros cuatro ejemplares de *Aotus*, presentaron  $2n = 52-53-54$  cromosomas, cariotipo bien conocido, con un polimorfismo por translocación (K 2, Ma et al, 1976, Hershkovitz P, 1983). Estos ejemplares probablemente provienen de las poblaciones del norte de Colombia, reconocidas como *A. griseimembra* (= *A. lemurinus griseimembra sensus* Hershkovitz P, 1983, Fig. 2) y cariológicamente no son diferenciables de las poblaciones de *Aotus* de San Marcos, Córdoba, estudiada por Giraldo et al, 1986, durante el establecimiento de una colonia en el Instituto Nacional de Salud, para efectuar investigaciones en Malaria.

Las diferencias numéricas observadas en estos ejemplares, son el resultado de un polimorfismo balanceado, originado por una translocación Robertsoniana entre los cromosomas 12 y 13 que puede presentarse en forma libre, en ejemplares con  $2n = 54$ ; en heterocigosis, ejemplares con  $2n = 53$ , y en homocigotos para la translocación  $2n = 52$ . Tanto en condiciones naturales como en cautiverio la translocación que caracteriza estos tres cariotipos se hereda de forma mendeliana con frecuencias del heterocigoto, iguales a las esperadas en una población en equilibrio de Hardy Weinberg. Además son ínter fértiles.

El género *Callicebus* es un género ampliamente distribuido, muy variable, del que requiere de mas información y trabajo de campo tendientes a clarificar las relaciones y estatus de muchos de los taxa incluidos en este género, que aun hoy generan controversia entre los especialistas.

Se ha registrado mucha variación en los números cromosómicos en este grupo que van desde  $2n = 16$ , en *Callicebus lugens* (Bonvisino et al 2002);  $2n = 20$  en *C. torcuatus*, (Bernirschke et al 1976);  $2n = 48$  en *C. bruneus*;  $2n = 46$  en *C. cupreus* y  $2n = 50$  en *C. donacophilus* (Minezawa et al. ,1984, 1989, Egozcue et al., 1969b).

Solo un ejemplar de este género fue estudiado. Desde el punto de vista cariológico, este ejemplar presentó un nuevo cariotipo para el género,  $2n = 44$ , conformado por dieciséis cromosomas metacéntricos y submetacéntricos y 26 pares de acrocéntricos. El cromosoma **X** es submetacéntrico y el **Y** metacéntrico. Este es el primer registro de un ejemplar con este número cromosómico, diferente de todos los hasta la fecha descritos. Es necesario realizar una comparación, minuciosa con el cariotipo de *C cupreus* ( $2n = 46$ ), dado que podría tratarse de un polimorfismo por tranlocación entre dos acrocéntricos, en tal caso sería de esperar, encontrar ejemplares con el cariotipo intermedio (47 cromosomas). El estudio comparativo de este *Callicebus*, con otros ejemplares y con los cariotipos reportados hasta hoy es motivo de una publicación que se encuentra en preparación.

Otro de los géneros bien representados en esta muestra, es el género *Saimiri*, del cual se muestrearon 27 ejemplares, 9 hembras y 18 machos.

La mayoría de los ejemplares por fenotipo pertenecían a la subespecie *Saimiri s. albigena*, que se encuentra en los bosques de galería de los llanos Colombianos desde la ladera Oriental de la Cordillera Oriental, en los Departamentos de Arauca, Casanare, Guaviare, Boyacá, Cundinamarca y Meta. Ocupa un rango altitudinal entre los 150 y 600 m, posiblemente hasta los 1000 msnm.

En 25 de los 27 ejemplares estudiados se encontró, un cariotipo con 44 cromosomas ( $2n = 44$ ), 6 pares de cromosomas acrocéntricos (Fig 3), muy similar al reportado por Lau & Arrighi, 1976. Solo un ejemplar fue identificado por fenotipo como *S. c. macrodon* (Historia 9863) sin embargo a nivel citológico es indistinguible del de *Saimiri s. albigena*. Esta sub especie (*S.s. macrodon*), morfológicamente es muy similar a *S. s. sciureus*, y se encuentra en la parte alta de la Amazonía, al sur del Río Apaporis y al lado derecho de la parte alta del valle del Río Magdalena, en el Departamento del Huila.

En este género se ha reportado una inversión pericéntrica (Dutrillaux & Couturier, 1981) que modifica el número de acrocéntricos. Lau YF & Arrighi FE, 1976, sugieren que estas diferencias, podrían ser un indicativo de la procedencia. (6 pares en Colombia, 5 pares en Perú y 7 pares en los ejemplares de Guayana). Aunque estos cariotipos, aparentemente están presentes en localidades específicas, en laboratorio se han obtenido híbridos entre ellos, lo que indica un bajo nivel de aislamiento reproductivo al menos en F1 (Moore et al., 1990).

Solo en un ejemplar de los que fueron remitidos como *Saimiri s. albigena* (Historia 8163), se encontraron 5 pares de acrocéntricos (pares 17-21) con los pares 15 y 16 bi armados. Este hallazgo, muestran la presencia en Colombia del cariomorfo con 5 pares de acrocéntricos, cariotipo asignado a las poblaciones peruanas. Aunque la frecuencia de este cariotipo es baja, un solo individuo, al menos da evidencia de que este cariotipo no es exclusivo para el Perú. (Fig 4).

Hasta la fecha, no se han detectado ejemplares heterocigotos para estas inversiones, lo que parece indicar la presencia de algún grado de aislamiento, geográfico y/o reproductivo entre estos cariomorfos. En la muestra estudiada se detectó que algunos animales eran portadores de variantes heterocromáticas que pueden estar ligadas a sub poblaciones específicas, biogeográficamente definidas, que tendrán que ser confirmadas mediante el estudio de más ejemplares con localidades bien conocidas.

Este género sin duda representa uno de los más importantes a nivel de volúmenes de ejemplares decomisados, tal vez por su hábito de andar en manadas de 25-45 individuos (Defler, 2003), los hacen más susceptibles a la captura. Por la heterogeneidad genética encontrada, resulta difícil la toma de decisiones en cuanto a su liberación dado que aun no conocemos distribución de cada una de estas variantes cariológicas en nuestro territorio.

Del género *Cebus*, se estudiaron 36 ejemplares de los cuales 24 fueron *Cebus albifrons* (sub especies no determinadas), 11 *C. apella* y un solo *C. capucinus*. Desde el punto de vista cariológico, este género ha sido estudiado ampliamente y presenta un gran polimorfismo en número cromosómico y variantes heterocromáticas (Egozcue *et al*, 1967, Torres de Caballero *et al.*, 1976 García *et al* 1976, 1978, 1983, Dutrillaux 1979, Freitas & Seuanez 1982, Matayoshi, 1987).

En los 24 ejemplares que por fenotipo fueron remitidos como *Cebus albifrons*, los resultados mostraron cuatro cariotipos diferentes. En 23 presentaron 54 cromosomas dentro de los cuales se diferenciaron tres grupos cariológicos por la morfología del par 9. Este cromosoma se presentó como submetacéntrico en 13 de los 24 ejemplares, siendo esta la forma predominante; en 7 ejemplares este par es acrocéntrico (Fig 5), y cuatro fueron heterocigotos para este par (un cromosoma acrocéntrico y el otro submetacéntrico) Esta variación morfológica, es originada por una pequeña inversión pericéntrica.

En un solo individuo (Macho, Historia 10260), se encontró un cariotipo con 52 cromosomas.(Fig.6) Esta reducción numérica, fue atribuida a una posible translocación que involucra el par 20 y uno de los pares acrocéntricos mas pequeños (posiblemente 24 o 25), originando un cromosoma submetacéntrico.

La evaluación y comparación del heteromorfismo CBG reveló que esta especie es la más polimórfica de las tres especies de *Cebus* estudiadas y sugiere una preferencia de determinadas variantes cromosómicas. Estos resultados son concordantes con lo encontrado en los ejemplares del zoológico de Pereira por Torres y Leibovici 2002.

El cariotipo de *Cebus apella*,  $2n = 54$ , se conoce con coloración homogénea desde los trabajos iniciales de Bender y Mettler, 1958, y con bandas en, Torres de Caballero *et al* 1976, García *et al* 1976. García *et al.*, 1978, descubren la presencia de una inversión pericéntrica inestable en esta especie. Estudios

posteriores, han mostrado un extenso polimorfismo, que abarca desde variaciones en la morfología de los cromosomas sexuales (cromosoma X acrocéntrico, Bender & Mettler, 1958, García *et al*, 1978, Cromosoma X Submetacéntrico, Freitas & Seuanez, 1982, X metacéntrico, Torres de Caballero *et al* 1976, Y acrocéntrico, Bender & Mettler, 1958, Egozcue & Vilarasau de Egozcue, 1967, cromosoma Y submetacéntrico, Torres de Caballero *et al* 1976, García *et al*, 1976, 1978, Freitas & Seuanez, 1982), y numerosas variaciones en los autosomas en cuanto a número de cromosomas bi armados y/o número de acrocéntricos, que ha sido relacionada con inversiones pericéntricas, que en casi todos los casos están acompañadas con una amplia variación heterocromática que afecta varios pares autosómicos, siendo frecuente encontrar pares claramente heteromorfos, que solo pueden ser asignados como pares mediante identificación previa con bandas Q y posterior tratamiento para bandas C.

La muestra *Cebus apella* examinada por nosotros, 11 ejemplares, no escapa a esta variación, detectándose una amplia gama de polimorfismos heterocromáticos en estos ejemplares. Todos los animales presentaron un cariotipo con 54 cromosomas, compuesto por 20 cromosomas no acrocéntricos y 32 acrocéntricos, el cromosoma X metacéntrico y el Y muy pequeño, submetacéntrico, similar al previamente registrado en otros ejemplares Colombianos por Torres de Caballero *et al*, 1976.

En una hembra, (Historia 8628) se encontró una anomalía cariológica consistente en dos líneas celulares,  $54XX/55XX$ , que se interpretó como un mosaico para una trisomía de uno de los acrocéntricos más pequeños (pares 24-26) que no pudo ser definida. Por las implicaciones que esta anomalía pueda tener sobre la eficiencia reproductiva del ejemplar, se recomienda no incluir este ejemplar en programas de reproducción en cautividad, ni es recordable su liberación al medio. El destino mas apropiado para este ejemplar es el de ser donado para exhibición a un Zoológico.

Solo fue estudiada una hembra de *Cebus capucinus*, (2n= 54 XX) que presentó el cariotipo típico de esta especie, 2n= 54, con 36 pares de acrocéntricos muy similar a los previamente registrados en otros ejemplares esta especie. (Torres et al, 1976, García et al 1983, Dutrillaux & Couturier, 1983). De acuerdo con Dutrillaux, 1979, este cariotipo es probablemente el mas próximo al cariotipo ancestral de los primates. Dado que en este estudio, *C. capucinus* estuvo representado por un solo ejemplar, no fue posible verificar la existencia de variaciones en esta especie.

Los géneros *Alouatta*, *Ateles* y *Lagothrix*, están representados en este estudio con un bajo numero de ejemplares, 1 ejemplar de *Alouatta seniculus*, dos de *Ateles geoffroyi* y dos de *Lagothrix lagotricha*. Estas especies tal vez por su talla, no son muy frecuentes en los decomisos. El ejemplar de *Alouatta seniculus*, correspondió a una hembra, que presento un cariotipo 2n=44 XX, compuesto por 12 cromosomas no-acrocéntricos, 26 acrocéntricos, cuatro microcromosomas y el X metacéntrico. y no presento diferencias con el cariotipo previamente publicado para esta especie por Torres y Leibovici, 2001.

Los dos ejemplares de *Ateles* por sus características fenotípicas de coloración del pelaje fueron determinados como *Ateles geoffroyi*. En los dos ejemplares se encontró un cariotipo de 2n=34; conformado por 16 pares de cromosomas bi-armados. Para este genero se han reportado dos cariotipos (2n=32-34) muy diferente a todos los otros taxa de platirinos con muy poca homología con cualquier género dentro de los primates del nuevo mundo. Se han registrado diferencias inter específicas en este género, asociadas a pequeñas inversiones peri y para céntricas (García et al 1975), que deben ser analizadas a un nivel mas detallado que se sale de los objetivos de este trabajo.

Los dos machos de *Lagothrix lagotricha* presentaron un cariotipo conformado por 62 cromosomas compuesto por seis pares sub telocéntricos, seis pares submetacéntricos y 15 pares acrocéntricos, muy similar al previamente descrito para esta especie por otros autores (Egozcue & Perkins, 1970,

Dutrillaux et al, 1980, García et al, 1980). *Lagothrix lagotricha* al parecer tiene pocas variaciones en cuanto a su número cromosómico, todos los ejemplares hasta ahora estudiados, presentan 62 cromosomas (Koiffmann & Saldanha, 1974, 1982; Boer, 1974; Dutrillaux et al 1980).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El alto número de ejemplares incluidos en el presente estudio refleja la magnitud de la problemática del tráfico de fauna en Bogotá, y en especial la gran cantidad de primates que están siendo decomisados.

Los hallazgos cromosómicos descritos, revelan una gran variación cromosómica en varios de los grupos analizados (*Aotus*, *Saimiri*, *Cebus*, *Callicebus*), que van desde variaciones numéricas, presentando un nuevo cariotipo para el género *Callicebus*, y algunos polimorfismos de heterocromatina, y variaciones intra-específicas en el número de acrocéntricos otros grupos originados en inversiones peri céntricas y translocaciones robertsonianas. (*Saimiri*, y *Cebus*)

Es evidente que la sistemática de estos grupos es muy compleja y se requiere de revisiones completas de ellos por lo que es necesario redoblar los esfuerzos por parte de las instituciones encargadas de realizar los decomisos (DAMA, policía ambiental, corporaciones autónomas regionales, CAR) para que los ejemplares que entran a los centros de rescate, tengan la máxima información sobre los posibles orígenes de los ejemplares, con el fin de tener una visión biogeográfica, de las variantes genéticas, que permita apoyar las tomas decisiones que van desde aclarar algunos aspectos fundamentales de la distribución y sistemática de los grupos hasta las políticas de conservación, liberaciones y re poblamientos .

La caracterización genética (Citogenética y Molecular) de todas las poblaciones de primates Colombianos, contribuirán en el esclarecimiento de los complejos problemas existentes en la sistemática del grupo,

permitiendo establecer de manera más idónea las posibles unidades de conservación brindando una visión más clara de la diversidad biológica de este grupo.

### Agradecimientos

Al la División de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia, Programa Pleyade, que proporcionó los recursos financieros para poder realizar este estudios. A la Asociación Macarena, actual ente administrativo del Centro de Rehabilitación de Fauna Silvestre, en Engativá, a la MV Luz María Cuadros por su colaboración en el manejo, a Olga Maria Torres por su continuo acompañamiento en el estudio de los ejemplares, a Myriam Calle, Auxiliar de Fotografía por su apoyo en la parte de revelado y copia de los negativos.

### BIBLIOGRAFÍA:

[http://web.minambiente.gov.co/biogeo/menu/biodiversidad/especies/florayfauna/trafico\\_ilegal.htm#arriba](http://web.minambiente.gov.co/biogeo/menu/biodiversidad/especies/florayfauna/trafico_ilegal.htm#arriba).

<http://web.minambiente.gov.co/biogeo/menu/biodiversidad/genetica/conservacionexsitu.htm>

ARANGO M & MORENO MC. 1977. Propiedades mitogénicas y leucoaglutinantes en linfocitos humanos de la lectina del haba (*Vicia fava*). Tesis de grado. Dep. Química, Facultad de Ciencias, Universidad nacional de Colombia.

ARRIGHI F & SHU TC. 1971. Localization of the heterochromatin in human chromosomes. *Cytogenetics* 10:81-86.

BENDER MA & METTLER LE. 1958. Chromosome studies of Primates. *Science* 128:186-190.

BENIRSCHKE K & KUMAMOTO AT. 1991 Mamalian Cytogenetics and conservation of species. *Journal of Heredity* 82:187-191.

BERNIRSCHKE K & BOGART MH. 1976. Chromosomes of the tan-handed Titi (*Callicebus torquatus*, Hoffmannsegg, 1807) *Folia primatol.* 25:25-34

BERNIRSCHKE K, ANDERSON JM & BROWNHILL LE. 1962. Marrow chimerism in marmosets. *Science* 138:513-515.

BOER LEM de 1974. Cytotaxonomy of the Platyrrhini (Primates) *Genen Phaemen* 17:1-115

BONVICINO CR, PENNA-FIRME V, DO NASCIMENTO FF, LEMOS B, STANYON R. & SEUÁNEZ HN. 2003. The Lowest Diploid Number (2n = 16) yet Found in Any Primate: *Callicebus lugens* (Humboldt, 1811). *Folia Primatologica* 74(3):141-149.

BRUMBACK RA, STANTON RD, BENJAMIN SA & LANG CM. 1971. The chromosomes of *Aotus trivirgatus* Humboldt, 1812. *Folia Primat.* 15:264-273.

CASPERSSON T, ZEACH L. & JOHANSSON C. 1970. Differential binding of alkylating fluorochromes in human chromosomes. *Experimental Cell Research*, 60: 315-319.

DEFLER TR, BUENO M L & HERNANDEZ-CAMACHO J. 2001. Taxonomic status of *Aotus herskovitzi*: Its relationships to *Aotus lemurinus lenurinus*. *Neotropical primates* 9:37-52.

DEFLER TR. 2003. Primates de Colombia. Conservación Internacional. Serie de guías de Campo N° 4 Ed. J, V Rodríguez. 543 pp

DUTRILLAUX B 1979. Very large analogy of chromosome banding betewm *Cebus capucinus* (Cebidae, Platyrrhini) and man. *Cytogenet. Cell Genet.* 24:84-91.

DUTRILLAUX B & COUTURIER J. 1983. The ancestral karyotype of carnivora: comparison with that of platyrrhine monkeys. *Cytogenet. Cell Genet.* 35:200-208.

DUTRILLAUX B DUTRILLAUX B & COUTURIER J. 1981. The ancestral karyotype of Platyrrhini monkeys. *Cytogenet. Cell Genet.* 30:232-242.

DUTRILLAUX B, COUTURIER J & FOSSE AM. 1980. The use of high resolution banding in comparative Cytogenetic: comparison between man and *Lagothrix lagotricha* (Cebidae). *Cytogenetic .Cell Genet* 27: 45-51.

EGOZCUE J & VILARASAU DE EGOZCUE M. 1967. The chromosome complement of *Cebus albifrons* (Erxleben, 1777). *Folia Primat.* 5:285-294.

EGOZCUE J, PERKINS EM & HAGEMENAS F. 1969a. The chromosomes of *Saguinus fuscicollis* Illigrei (Pucheran, 1845) and *Aotus trivirgatus* (Humboldt, 1811) *Folia primatol.* 10:154-159.

EGOZCUE J, PERKINS EM, HAGEMENAS F & FORD D M. 1969b. The chromosomes of

- some Platyrrhini (*Callicebus*, *Ateles* and *Saimiri*). *Folia Primat* 11:17-27.
- EGOZCUE J. 1967. Chromosome dimorphism in primates. *Folia Primat.* 7:271-237.
- FEITAS L & N SEUANEZ. 1982. Chromosomal heteromorphisms in *Cebus apella*. *J. Hum. Evol.* 10:173-180.
- GARCÍA M, FREITAS L, MIRO R & EGOZCUE J.1976. Banding patterns of the chromosomes of *Cebus albifrons*. Comparative study with *Cebus apella*. *Folia primatol* 25:313-319.
- GARCIA M, MIRÓ R, ESPOP A, PONSA M & EGOZCUE J. 1983. Constitutive heterocromatin polymorphism in *Lagothrix lagotricha cana*, *Cebus apella*, and *Cebus capucinus*. *American Journal of Primatology* 4:117-126.
- GARCÍA M, MIRÓ R, FREITAS L & EGOZCUE J. 1978. Banding Patterns of *Cebus apella*: unstable chromosomes and pericentric inversion *Folia Primatol.* 29:196-205.
- GARCÍA M, MIRÓ R, PONSÁ M & EGOZCUE J. 1980. Banding patterns of the chromosomes of *Lagothrix lagotricha cana*. *Genetica*.54:184.
- GIBSON LJ. 1984 Chromosomal changes in mammalian speciation: A literature review. *Origins* 11(2):67-89.
- GIRALDO A, BUENO ML, SIVA E, RAMIREZ J, UMAÑA J, ESPINAL C. 1986. Estudio citogenético de 288 *Aotus* Colombianos. *Biomedica* 6 (1.-2): 5-13.
- GOTO K, AKEMATSU T, SCHIMAZU H & SUGIYAMA T.1975. Simple differential Giemsa staining of sister chromatids after treatment with photosensitive dyes and exposure to light and the mechanism of staining. *Chromosoma* 53:223-230.
- GROVES C.1993. Order Primates. In *Mammal species of the world: A taxonomic and geographic reference*. Ed. D.E. Wilson & Reeder, Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- HERNANDEZ-CAMACHO J & COOPER RW. 1976. The Nonhuman Primates of Colombia. In *Neotropical Primates*, Thorington RW.jr. & PG Heltene (ed). National Academy of Science, Washington, DC. pp 35-69.
- HERSHKOVITZ P. 1983. Two new species of night monkeys, genus *Aotus* (Cebidae, Platyrrhini): A preliminary report on *Aotus* taxonomy. *American Journal of Primatology* 4:209-243.
- JACKSON RC. 1972 The karyotype in systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics* 2:327-368.
- JONES TC, THORINGTON RW, ADAMS E & COOPER RW.1973. Karyotypes of squirrel monkey (*Saimiri sciureus*) from different geographic regions. *American Journal Phys. Anthropol.* 38:269-277.
- KOIFFMANN CP & SALDANHA PH.1974. Cytogenetic of Brazilian monkey. *J. Hum. Evol.* 3:275-282.
- KOIFFMANN CP & SALDANHA PH.1982. Karyotypic studies in *Atelinae* monkeys. *Rev. Brasil. Genet.* 4:773-792.
- LAU YF & ARRIGHI FE. 1976. Studies of the squirrel monkey, *Saimiri sciureus*, genome. I. Cytological characterization of chromosomal heterozygosity. *Cytogenetic and Cell Genetic* 17:51-60.
- LAU YF, ARRIGHI FE & CHUANG CR. 1977. Studies of the squirrel monkey, *Saimiri sciureus*, genome II C- band characterization a DNA replication patterns. *Cytogenetic and Cell Genetic* 19:14-25.
- MA NSF, JONES TC, MILLER AC, MORGAN LM & ADAMS EA. 1976 Chromosome polymorphism and banding patterns in the owl monkey (*Aotus*). *Laboratory Animal Science* 26:1022-1036.
- MARCZYNSKA B, PETERSON DA, OGDEN JD & WOLFE LG. 1983. Karyotype of *Saguinus labiatus labiatus* (Red-Bellied Marmosets). *Folia Primatologica* 40:217-226
- MATAYOSHI T, SEUANEZ H N, NASAZZI N, ET AL 1987. Heterochromatic variation in *Cebus apella* (Cebidae, Platyrrhini) of different geographic regions. *Cytogenet. Cell Genet.* 44:158-162,
- MINEZAWA M & VALDIVIA-BORDA JC. 1984. Cytogenetic study of the Bolivian monkey: I Preliminary report on karyotypes of *Cebus apella*, *Saimiri sciureus*, *Aotus azarae* and *Saguinus labiatus*. *Kioto University Overseas Reserch: Reports of New World Primates* 4: 53-67. *Primates Research* 1984
- MINEZAWA M, JORDAN OC & VALDIVIA-BORDA CJ. 1989. Karyotypic study of Titi Monkeys *Callicebus moloch brunneus*. *Primates* 30:81-88.

MOORE CM, HARRIS CP & ABEE CR. 1990. Distribution of Chromosomal Polymorphisms in three Subspecies of Squirrel Monkeys (Genus *Saimiri*). *Cytogenetics and Cell Genetics*. 53: 118-122.

MOOREHEAD PS, NOWELL PC, MELLMAN WJ, BATTIPS DM & HUNGERFORD DA. 1960. Chromosome Preparations of Leukocytes Cultured From Human Peripheral Blood. *Experimental Cell Research* 20(3): 613-616.

NAGAMACHI CY, PIECZARKA JC & SOUZA-BARROS RM. 1992. Karyotypic comparison among *Cebuella pygmaea*, *Callithrix jacchus* and *C. emiliae* (Callitrichidae, primates) and its taxonomic implications. *Genetica* 85:249-257.

RYDER OA, KUMAMOTO AT, DURRAT BS, & BENIRSCHKE K. 1989 Chromosomal Divergence and Reproductive isolation in DIK-DiK. In Speciation and its Consequences. Otte D and Endler JA, eds. Pp. 208-225. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.

SEABRIGTH M.1971. A rapid banding technique for human chromosomes. *Lancet*, 2: 971-972.

SEHESTED J. 1974. A simple method for R-banding of human chromosomes showing a pH dependent connections between R and G bands. *Human Genetics* 21:55-58.

STEBBINS GL. 1966 .Chromosomal variation and evolution. *Science* 152:1463-1469.

SUMMER AT. 1972. A simple technique for demonstrating centromeric heterochromatin. *Experimental Cell Research*, 75: 304-306.

TORRE de CABALLERO OM, RAMIREZ C & YUNIS E. 1976. Genus *Cebus* Q- and G band karyotypes and natural hybrids. *Folia primate*. 26: 310-321.

TORRES OM & LEIBOVICI M. 2002. Variación heterocromática del cariotipo, en el genero *Cebus* que habitan en Colombia. Resúmenes Congreso Internacional de Genética, Abril 24/ 2002, Bogotá.

TORRES OM, ENCISO S, RUIZ F, SILVA E & YUNIS I. 1998. Chromosome diversity of the genus *Aotus*. *American J. of Primatology*. 44:255-275.

TORRES OM; & LEIBOVICI M. 2001. Characterization of the karyotype of the

red howler monkey *Alouatta seniculus* that inhabits Colombia. *Caldasia*. 23(2):537-548.

WHITE MJD.1968. Models of Speciation. *Science* 159:1065-1070

WHITE MJD 1969. Chromosomal rearrangements and speciation in animals. *Annual Rev.Genet.* 3:75-98.

WILLARD H & LATT S. 1976. Analyses of deoxyribonucleic acid replication in human X chromosomes by microscopy fluorescence. *American Journal of Human Genetics* 28:213-227.

YUNIS E, TORRES OM & RAMIREZ C. 1977. Genus *Aotus* Q- and G-band karyotypes and natural hybrids. *Folia Primatology* 27:165-177.

## Figuras

**Figura 1** .Cariotipo en bandas g de un macho de *Aotus brumbacki*, 2n = 50 XY

**Figura 2**. Cariotipo en Bandas G para un macho *Aotus giseimembra*, 2n= 53.XY Notar que es heterocigoto para la translocación 12/13 Cromosomas marcados con la flecha.

**Figura 3**. Cariotipo de un Macho *Saimiri sciureus*, 2n = 44, bandas C (CBG) previa identificación con bandas Q (QFQ) en la misma metafase, con 6 pares acrocéntricos. (Pares 16-21) Este cariotipo fue encontrado en 25 de los 26 ejemplares estudiados.

**Figura 4**.Cariotipo con bandas C (CBG) de *Saimiri sciureus* Este cariotipo solo fue encontrado solo en una hembra de los 27 ejemplares estudiados. Notar que el par 16 en este ejemplar es submetacéntrico por lo cual solo presenta 5 pares acrocéntrico. (Pares 17-21)

**Figura 5**. Cariotipo GTG (Bandas G) de una hembra *Cebus albifrons*. 2n= 54.El par 9 pare este ejemplar esta conformado por dos cromosomas acrocéntricos. Este para puede presentarse como submetacéntrico en otros individuos o heterocigoto para la inversión pericentromérica.

**Figura 6**.Cariotipo GTG (Bandas G) del macho *Cebus albifrons*. 2n= 52. Notar la presencia del un par adicional entre los submetacéntricos (par 10) y la

disminución de dos pares de acrocéntricos en comparación con la figura 5.

Figura 1. Bandas G en *Aotus brumbackii*.

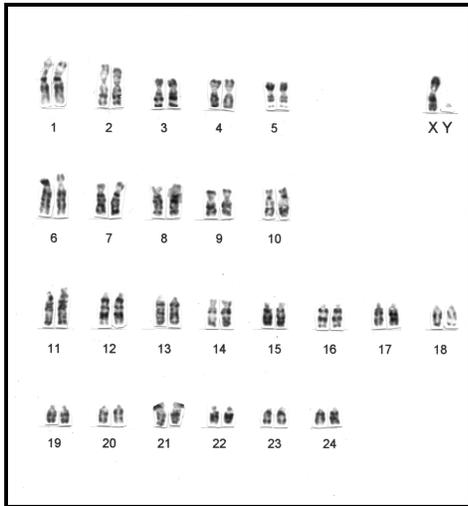


Figura 2. Bandas G en *Aotus lemurinus griseimembra*.

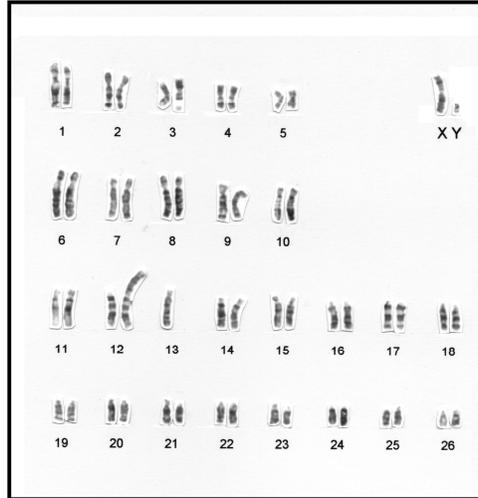


Figura 3. Bandas C en *Saimiri*, 12 Acrocéntricos.

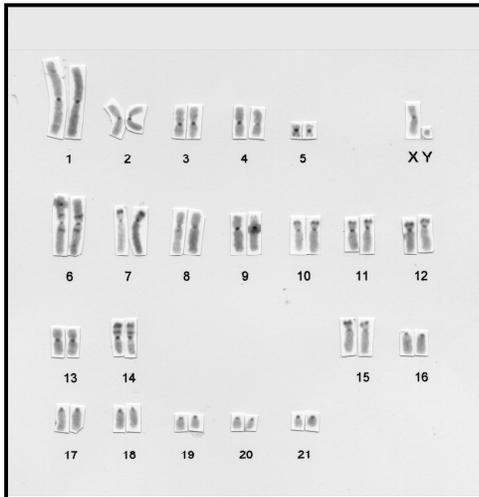


Figura 4. Bandas C en *Saimiri*, 10 Acrocéntricos.

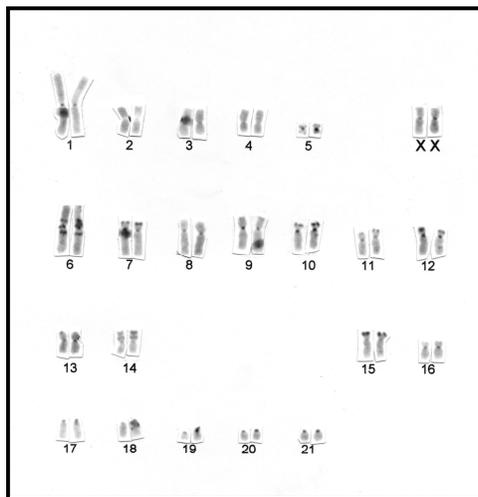


Figura 5. Bandas G en *C. albifrons*.

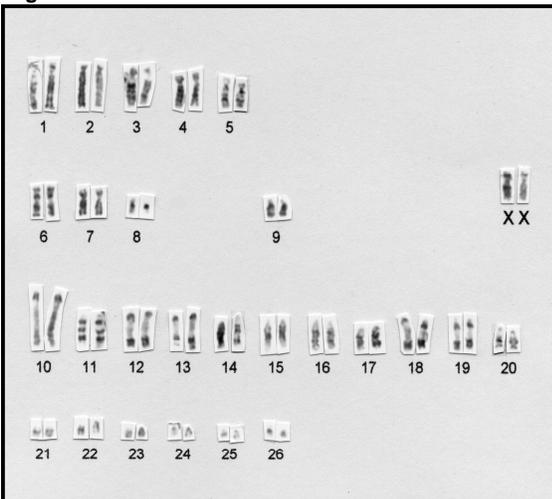


Figura 6. Bandas G en *C. albifrons* 52

