

Estudio Citogenético del Titi Boliviano y Revisión de su Posición Taxonómica

Mitsuru Minezawa
Primate Research Institute, Universidad de Kyoto
 y C. Jaime Valdivia Borda
Instituto Bioclínico Central, Santa Cruz, Bolivia

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio cromosómico en *Callicebus moloch donacophilus* con datos de bandas C y G en 13 especímenes. El cariotipo estándar es $2n = 50$ y es similar al reportado por De Boer (1974). Los autosomas están formados por 11 pares de dos brazos y 13 pares de cromosomas acrocéntricos. El cromosoma X es submetacéntrico y el cromosoma Y metacéntrico.

Las comparaciones entre los 3 cariotipos de *Callicebus*, $2n = 50$, 46 y 20 muestran una estrecha relación entre los cariotipos $2n = 50$ y 46; pero la diferencia entre los cariotipos $2n = 50$ y 46 es más grande (2 rearrreglos robertsonianos y cuatro inversiones pericéntricas) que la que se propuso previamente para el cariotipo coloreado convencionalmente. Estudios comparativos de bandas G entre *Callicebus* y los otros 3 géneros de platirrinos, *Cebus*, *Aotus* y *Saimiri*, aclaran la semejanza entre *Callicebus* y *Cebus*. Este estudio también sugiere que el cariotipo del tití boliviano es el más primitivo de los 3 cariotipos de *Callicebus*. Basados en los resultados presentados se discute la posición citotaxonomía del tití boliviano.

INTRODUCCION

Los micos tití, género *Callicebus* son pequeños monos cébidos y están ampliamente distribuidos a través de suramérica tropical. Antigüamente *Callicebus* se dividía en varias especies, 8 (Cabrera, 1957) o 7 (Hill, 1960). Sin embargo, Hershkovitz en su revisión detallada de este género (1963), solo reconoce 3 especies, *Callicebus torquatus*, *C. moloch* y *C. personatus*.

Esta clasificación fue la posteriormente aceptada en varias revisiones de la taxonomía de los monos del Nuevo Mundo (Napier y Napier, 1967; Mittermeir y Coimbra-Filho, 1981; Kinzey, 1982). En el presente artículo por consiguiente, se utiliza la taxonomía de Hershkovitz (1963).

Usualmente se reconocen 3 tipos de cariotipos para *Callicebus*, $2n = 20$, $2n = 46$ y $2n = 50$ (Bender y Mettler, 1958; Egzocue, 1969; De Boer, 1974 citado por Chiarelli, 1980; Benirschke y Bogart, 1976).

Las bandas C y G han sido reportadas para los cariotipos $2n = 20$ y $2n = 46$ (Benirschke y Bogart, 1976). El cariotipo $2n = 20$ corresponde a *C. torquatus* y el $2n = 46$ a *C. moloch* el cual se distribuye especialmente en la parte norte de su habitat. El cariotipo $2n = 50$ se encontró solo en un macho de *C. moloch donacophilus* (De Boer, 1974, citado en Benirschke y Bogart, 1976) probablemente colectado en Bolivia. No hay información acerca del cariotipo de *C. personatus*.

El tití, que vive alrededor de Santa Cruz, Bolivia, ha sido clasificado como *C. moloch donacophilus*. Por lo tanto, se esperaba que el cariotipo fuera $2n = 50$, lo cual fué puesto en duda por Ardito (1979).

Este artículo presenta bandas C y G del tití boliviano ($2n = 50$) y considera las relaciones intra e intergenéricas entre los cébidos del Nuevo Mundo.

MATERIALES Y METODOS

Se tomaron muestras de sangre periférica de 13 animales (6 hembras y 7 machos) de los titíes adquiridos por cortesía del señor Jiro Ohnishi, proveedor del Jardín Zoológico de Santa Cruz, Bolivia. Todos los animales fueron capturados en un radio de 100 km de Santa Cruz.

Las muestras de sangre completa se cultivaron usando RPMI-1640 con PHA-M durante las 24 horas después de colectadas en el Instituto Bioclínico Central en Santa Cruz y fijadas por el método estandar. Las muestras fijadas fueron transportadas al Instituto de Investigaciones de Primates de la Universidad de Kyoto. Los cromosomas metafásicos fueron coloreados de inmediato por el método convencional de Giemsa y para las bandas C y G con las técnicas ASG (Sumner et al., 1971) y BSG (Sumner, 1972).

Se analizaron bajo el microscopio como mínimo 10 metafases de cada espécimen para contabilizar el número cromosómico y registrar la morfología general. Se prepararon más de dos cariotipos con bandas y sin bandas y se compararon con otros cariotipos previamente reportados.

RESULTADOS

El número cromosómico de todos los especímenes del tití boliviano es de 50. Sus cariotipos corresponden al cariotipo de *Callicebus moloch donacophilus* dado por De Boer (1974). Sus autosomas consisten en 6 pares de subtelocéntricos, 5 pares de submetacéntricos o metacéntricos y 13 pares de cromosomas acrocéntricos. Los cromosomas X y Y de estas especies son submetacéntricos y métodos respectivamente.

Las bandas C y G se muestran en la figura 1. Las pequeñas bandas C centroméricas se observan en todos los autosomas y en los cromosomas X y Y. Se observan las variaciones en tamaño y coloración de las bandas C pero no se describen aquí debido a su tamaño pequeño y la dificultad en su cuantificación. Por el método de bandas G se pueden distinguir todos los cromosomas. Cuando se comparan con los cariotipos de *C. moloch* (i.e. $2n = 46$ reportado por Benirschke y Bogart, (1976) y $2n = 50$ en este estudio), se observa que todos los cromosomas poseen sus cromosomas homólogos o sus brazos cromosómicos en otro cariotipo (Tabla 1). Los rearreglos cromosómicos que se presume han ocurrido entre los cariotipos son dos rearreglos robertsonianos y cuatro inversiones pericéntricas. Los 2 cromosomas meta o submetacéntricos más grandes (N°s. 1 y 2) del cariotipo $2n = 46$ corresponden a cuatro cromosomas acrocéntricos. (N°s. 13 & 19 y N°s. 12 & 21, respectivamente) del cariotipo $2n = 50$. El cromosoma subtelocéntrico (N° 6) y los tres cromosomas acrocéntricos (N°s. 12, 14 y 16) del cariotipo $2n = 46$ corresponden al acrocéntrico (N° 17) y a los tres subtelocéntricos (N°s. 4, 5 y 6, respectivamente) del cariotipo $2n = 50$.

Aunque la comparación entre los cariotipos $2n = 20$ y $2n = 50$ es difícil, pudimos encontrar solo cromosomas o brazos cromosómicos parcialmente homólogos entre los dos cariotipos y las correspondencias tentativas entre los cromosomas se muestran en la Tabla 1.

DISCUSION

En los cariotipos del género *Callicebus* se ha encontrado dos caracteres únicos:

- a. El contenido de DNA nuclear es el menor en primates y corresponde solo entre 1/2 y 1/3 del valor en otros primates (Pellicciari et al., 1982).
- b. El rango de la variación intragenérica en cuanto al número cromosómico $2n = 20-50$ es uno de los más grandes en los mamíferos solo hasta ahora encontrados en *Muntiacus*, *Equus* y varios insectívoros (Mathey, 1976).

El presente estudio junto con el de Benirschke y Bogart (1976) muestra que la cantidad de bandas C es pequeña en *Callicebus moloch* $2n = 46$ y 50) y mediana en *C. torquatus*. La disminución en el material de bandas C se observa también en varias especies de *Macaca* y *Papio* (Dutrillaux, 1979), mientras que el contenido de DNA de estas especies no es pequeño (Pellicciari et al., 1982); por lo tanto, la disminución en el contenido del material de bandas C puede explicar solo un decrecimiento parcial en el contenido de DNA de *Callicebus*. Estudios comparativos con bandas G entre *Callicebus* y las otras tres especies, *Cebus apella*, *Aotus trivirgatus* y *Saimiri sciureus* revelan la semejanza entre *Callicebus* y *Cebus*, mientras que la diferencia entre tití, el mono nocturno y el mono ardilla es clara. Para casi todos los cromosomas de *Callicebus* se puede encontrar el cromosoma homólogo o los brazos cromosómicos en el cariotipo de *Cebus*, si se asume la existencia de al menos tres inversiones y cinco rearrreglos robertsonianos (Tabla 1); estos hallazgos coinciden bien con Dutrillaux (1979) y Dutrillaux y Couturier (1981); ellos sugieren que el cariotipo de *Cebus* no es muy diferente de aquellos de los simios ancestrales; pero los resultados del estudio citogenético no concuerdan con la taxonomía supraespecífica de los monos del Nuevo Mundo (Cabrera, 1958; Napier y Napier, 1967; Hershkovitz, 1977; Rosenberger, 1981), en la cual *Callicebus* está estrechamente relacionado con *Aotus*. Con los datos que han sido discutidos aquí, no podemos todavía resolver el problema de la disminución en el contenido del DNA nuclear porque las bandas C y G de *Callicebus* no muestran una desviación grande con respecto al rango encontrado en otras especies de primates que poseen un nivel normal en el contenido de DNA nuclear.

En cuanto a las relaciones intragenéricas del cariotipo de *Callicebus*, nosotros aclaramos la diferencia existente entre los 3 tipos (Tabla 1) y mostramos los cuatro cromosomas de *C. moloch donacophilus* combinados de distintas maneras en los otros dos cariotipos. Por lo tanto el cariotipo de *C. m. donacophilus* parece ser más ancestral que los otros dos cariotipos, como se deduce fácilmente de la relación con el cariotipo de *Cebus*. Como se ve en la Tabla 1, existen varias diferencias entre los cariotipos $2n = 46$ y $2n = 50$; estas diferencias, por su puesto, son menores que las diferencias intergenéricas entre los cébidos, pero tienen correspondencia con la diferencia intergenérica o interespecífica en otras especies de mamíferos, incluyendo a los primates. El cariotipo $2n = 20$ sobresale como un único estado en el proceso evolutivo cariotípico de los primates, aún si este cariotipo es primitivo (Imai et al., 1983) o derivado (deducido de Dutrillaux, 1979; Dutrillaux y Couturier, 1981). Si se ignora el rango de diferencia y el cariotipo de *C. personatus* que no ha sido estudiado todavía, el parentesco entre los 3 cariotipos de *Callicebus* concuerda con la clasificación de Hershkovitz (1963), quien describe a *C. torquatus* como una especie bastante diferente de las otras dos especies y coloca al tití boliviano como una subespecie de *C. moloch*.

Según Hershkovitz (1963), *C. moloch* puede haberse originado en las tierras altas del sur de Brasil de donde se extendió al habitat que hoy ocupa, y *C. torquatus* evolucionó de *C. moloch* en el área entre las cabeceras de los ríos Napo y Guaviare. *C. personatus* también evolucionó

de *C. moloch* durante la dispersión de los bosques costeros de la parte suroriental del Brasil. Siguiendo este punto de vista de “dispersión centrípeta”, también sugiere que los mayores tributarios del Amazonas actuaron como barreras entre las poblaciones que se extendieron río abajo a lo largo de los bosques de galería y que la divergencia racial también se incrementó con la dispersión río abajo. Sin embargo, Kinzey (1982) mostró que los patrones de distribución de *Callicebus* son producto en mayor parte de las fluctuaciones climáticas Pleistocénicas y por las interrupciones repetidas del bosque y esto corresponde con el modelo de Haffer para la biota del bosque neotropical (1982). Aunque la teoría “centrípeta de dispersión” permite esperar una baja divergencia racial en las regiones de las cabeceras del sur amazónico, el estudio actual sugiere que puede existir una gran divergencia cariotípica entre *C. m. donacophilus* y otras subespecies de *C. moloch* en esta área; sin embargo los datos presentes no apoyan la simple teoría de la “dispersión centrípeta”; en oposición, el presente estudio citogenético concuerda con la “teoría de los refugios” (Haffer, 1982) porque la diferencia entre los dos cariotipos de *C. moloch* sugiere la existencia alguna vez de mecanismos de aislamiento entre las poblaciones.

No se puede comparar ningún otro simio con *Callicebus* en lo que respecta al rango de variación de su cariotipo, con excepción de *Aotus* (Ma, 1981; Reumer y De Boer 1980; Galbreath, 1983). Los estudios citogenéticos crearon la necesidad de una revisión del mono nocturno (*Aotus*), siendo esta realizada por HersHKovitz (1983), quien los pasó del 1 a 9 especies. Aunque posterior a HersHKovitz (1963) no ha habido una mayor controversia alrededor de este arreglo taxonómico de *Callicebus* (Mittermeir y Coimbra-Filho, 1981), sería mejor reconsiderar la posición taxonómica del tití *donacophilus*, como se discutió anteriormente, desde el punto de vista citotaxonómico. Para aclarar este punto y el proceso de diferenciación entre *C. moloch donacophilus* y otras subespecies de *C. moloch* deberemos además estudiar citogenéticamente a *C. personatus* y a las subespecies sureñas de *C. moloch*, especialmente a *C. m. brunneus*. En cuanto al hábitat de *C. m. brunneus*, HersHKovitz (1963) observó una intergradación entre el verdadero moloch y *C. m. donacophilus*.

Aunque el “refugio” por sí mismo juega un papel importante en el proceso de diferenciación regional a través del mecanismo de aislamiento, no puede explicar las grandes diferencias entre el cariotipo de *Callicebus*; por lo tanto debemos estudiar la estructura genética de la población y único carácter del cromosoma en sí mismo para aproximarnos al carácter cariológico de *Callicebus*.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fué financiada por fondos de la Overseas Scientific Research del Ministerio de Educación, Ciencia y Cultura del Japón, y constituye parte del proyecto de investigación del Primate Research Institute de la Universidad de Kyoto, dirigido por el Dr. H. Nogami. Nosotros queremos expresar nuestros sinceros agradecimientos a la Academia Nacional de Ciencia de Bolivia y al Museo Nacional de Historia Natural, especialmente al Dr. V. Abecía (Presidente de la Academia Nacional) y a los doctores G. Bejarano y A. Savedra (Director del Museo Nacional) por su permiso y arreglos para la presente investigación. Nosotros queremos agradecer al Instituto Bioclínico Central, Santa Cruz, Bolivia, y al Dr. D. Pessoa (Director) y a sus colegas por su gran colaboración en el trabajo de laboratorio. También estamos agradecidos con el Sr. J. Ohnishi y D.V.M.O.-C. Jordan, proveedor del Zoological Garden y al Sr. G. Franco por su ayuda y colaboración en obtener las muestras.

Finalmente, agradecemos a los doctores C. Quintero, A. Cadena, T. Watanabe y K. Izawa por su valiosa ayuda en este estudio.