

Diversidad genética usando marcadores de pelaje en gatos domésticos (*Felis catus*) en la asociación defensora de animales - ADA - Cartago, valle del cauca

Genetic diversity with fur tags in domestic cats (*Felis catus*) in the animal defense association - ADA - Cartago, Valle del Cauca

Juan Carlos Rincón Flórez, Daniel Mauricio Valencia Tamayo, Juan José Lobo Gutiérrez.

Resumen

El gato doméstico presenta diferentes características asociadas al pelaje, algunas de estas características por su herencia codominante o de dominancia incompleta pueden ser determinadas a partir del fenotipo. En la ciudad de Cartago existe un albergue con un gran número de felinos de los cuales no se conoce su procedencia, sus relaciones y su diversidad genética, esto genera un problema sobre los factores asociados a la pérdida de diversidad y al cruce de individuos. El objetivo de éste estudio fue caracterizar la población de gatos domésticos (*Feliscatus*) de la asociación defensora de animales – A.D.A de Cartago y estimar la diversidad genética mediante marcadores de pelaje. Se utilizó el cálculo en el software Arlequín usando los genes O y S, para esto se realizó el cálculo de desequilibrio de ligamiento con 10.000 iteraciones y el cálculo del equilibrio de Hardy Weinberg por máximo de similitud con 1.000.000 de pasos, realizado por medio de la Cadena de Montecarlo. En el desequilibrio de ligamiento para el gen Orange (O) se hicieron 10.000 permutaciones dando como resultado la no combinación de los 2 genes (O y S). No hay ligamiento significativo entre estos con una correlación cercana a 0, la heterocigosidad observada para este gen fue aproximadamente del 50% y la heterocigosidad esperada del 43%, con pi value de 0.25, no siendo significativo, con respecto al equilibrio de Hardy Weinberg la población con este gen (O) está en equilibrio, la heterocigosidad observada fue de 0.5 y la heterocigosidad esperada fue de 0.37.

Palabras Clave: Endogamia, *Felis catus*, marcador genético, heterocigosidad,

Abstract

The domestic cat has different characteristics associated with the coat, some of these characteristics due to their codominant inheritance or incomplete dominance can be determined from the phenotype. In the city of Cartago there is a shelter with a large number of cats whose origin, their relationships and their genetic diversity are not known, this generates a problem about the factors associated with the loss of diversity and the crossing of individuals. The objective of this study was to characterize the population of domestic cats (*Felis catus*) of the association defending animals - A.D.A of Cartago and to estimate genetic diversity by means of fur tags. The calculation was made in the Arlequin software using the O and S genes. For this, the linkage disequilibrium was calculated with 10,000 iterations and the Hardy Weinberg equilibrium calculation by maximum of similarity with 1,000,000 steps, performed by means of the Montecarlo Chain. In the linkage disequilibrium for the Orange (O) gene, 10,000 permutations were made, resulting in the non-combination of the 2 genes (O and S). There is no significant link between these with a correlation close to 0, the observed heterozygosity for this gene was approximately 50% and the expected heterozygosity of 43%, with pi value of 0.25, not being significant, with respect to the Hardy Weinberg equilibrium. population with this gene (O) is in equilibrium, the observed heterozygosity was 0.5 and the expected heterozygosity was 0.37.

Introducción

El gato doméstico (*feliscatus*) es un mamífero que pertenece a la familia Felidae. Es posible que el gato doméstico descende del gato montés africano (*Felislybica*) y montés europeo (*Felissilvestris*) (1). Su domesticación habría comenzado en Chipre alrededor de 9.500 años, donde se descubrió una tumba con cadáveres de gatos y sus amos, lo que verifica una relación estrecha entre los gatos y los seres humanos, posiblemente los gatos domesticados eran dedicados a diferentes actividades especiales o a personas especiales dentro de la aldea (2)

Un marcador genético es un segmento de ADN situado en un sitio específico del genoma, y cuya herencia genética puede ser rastreada, este marcador genético se usa para ver el comportamiento de un gen o la herencia de una característica particular.

Los marcadores genéticos en el pelaje del gato doméstico han permitido registrar numerosas poblaciones en todo el mundo. Es debido al amplio crecimiento demográfico, distribución mundial y poco control del ser humano sobre el comportamiento reproductivo del gato doméstico. (3).

Varias poblaciones han sido evaluadas desde un punto de la genética de poblaciones biogeográficas en muchas partes del mundo, utilizando las características que codifican para la longitud, distribución, coloración del pelaje y anomalías esqueléticas(4)

La coloración del pelaje proporciona una valiosa herramienta a la hora de analizar la estructura genética de las poblaciones, debido a su gran contenido de información, bajo costo, fácil manipulación y la identificación rápida y obtención de resultados (2).

Los estudios de genética de poblaciones en gatos son muy necesarios para revelar la historia de la evolución y para la construcción de hipótesis filogenéticas sobre las

relaciones de los alelos, no obstante, la información a nivel mundial es escasa y en diferentes lugares del mundo, es inexistente (5).

Cartago es una de las ciudades del norte del Valle con mayor influencia de turistas por sus bordados y por ser parte del eje cafetero, lo cual incide en la diversidad genética de las poblaciones del gato doméstico. No obstante, no existe ningún tipo de información sobre la variabilidad de los marcadores fenotípicos mediante los genes del pelaje en las poblaciones de gato doméstico en la asociación defensora de animales (ADA) Cartago, Valle del Cauca. El objetivo de éste estudio fue caracterizar la población de gatos domésticos en la ADA de Cartago y estimar la diversidad genética mediante marcadores de pelaje.

Materiales y métodos

El estudio fue realizado en el municipio de Cartago, ubicado al norte del departamento del Valle del Cauca, a orillas del río La Vieja, limita al norte con la ciudad de Pereira (Risarcaldá), al sur con Obando (Valle), al oriente con Ulloa y Alcalá (Valle) y Quimbaya (Quindío), y al occidente con los municipios de Ansermanuevo y Toro (Valle). Su altitud es de 917 m.s.n.m y una temperatura promedio de 24°C. En el municipio se encuentra la ADA, encargada de varias labores entre ellas dar albergue a los animales de la ciudad, tanto perros como gatos abandonados.

Se realizó una muestra fotográfica de 64 gatos mestizos, los cuales 44 fueron hembras y 20 machos (ejemplo 1). Con las fotos de cada uno de estos gatos se procedió a diferenciar y relacionar en tabla los marcadores genéticos. (Tabla 1)

Tabla 1. Diferenciación de marcadores genéticos encontrados.

Ciudad	N	O	O	OO	Oo	oo	SS	Ss	Ss
Cartago	64	5	16	2	25	16	14	29	21

Total

locus O 64

Total

locus S 64

Ejemplo 1. Evidencia fotografica



Los marcadores genéticos que se tuvieron en cuenta para dicha clasificación fueron: O (orange, gen ligado al sexo), S (gen autosómico) Spotting White. El gen O presenta dos alelos O y o, se ubica en el cromosoma sexual **X**, lo que determina que su expresión esté ligada al sexo. El locus S (gen autosómico) presenta dos alelos S y s Silvestre; sin mancha blanca mutante, manchada de blanco, dominante incompleto, se puede distinguir el heterocigoto. (Tabla 2)

Tabla 2. Descripción de los loci, modificado de Ruíz-García

Locus	Alelos	Características
O (gen ligado al sexo)	<i>o</i>	Silvestre; pigmentación no naranja
	<i>O</i>	Mutante; pigmentación naranja; epistático para la detención del locus <i>A</i> , se pueden distinguir hembras heterocigotas
S (gen autosómico)	<i>s</i>	Silvestre; sin manchas blancas
	<i>S</i>	Mutante; manchado de blanco; Dominante incompleto, se puede distinguir el heterocigoto

Resultados y discusión

Para la caracterización de los individuos se tuvieron en cuenta las variables de edad separada en 3 grupos que fueron cachorros (0-12 meses), jóvenes (13-42 meses), adultos (43 meses en adelante), el sexo, condición corporal dividida en 3 grupos, baja 1-2, normal 3-4 y 5 sobrepeso. (Tabla 3)

Tabla 3. Caracterización gatos de la ADA.

	MACHOS	HEMBRAS	CACHORROS	ADULTOS	GERIATRICOS	C.C BAJA (1-2)	C.C NORMAL (3-4)	C.C ALTA (5)
# GATOS	20	44	6	53	5	40	22	2
%	32%	68%	9,30%	82,80%	7,8%	62,50%	34,30%	3,12%

La mayoría de los gatos presentes en el estudio fueron hembras, adultos y con una condición corporal baja, lo que corrobora la difícil situación por la que pasan estos tipos de albergues para sostener a todos los animales que les llegan.

Se pudo realizar el genotipado a partir del fenotipo de los individuos teniendo en cuenta la siguiente tabla. (Tabla 4)

Tabla 4. Descripción frecuencias genotípicas.

Locus	Frecuencia genotípica (%)
SS	21,87
Ss	45,31
Ss	32,81
Oy	7,81
Oy	25
OO	3,12
Oo	25

La mayoría de individuos presentaron el genotipo heterocigoto. La frecuencia alélica para el alelo O fue 0.31 para el alelo S 0.44, los demás resultados se pueden observar en la tabla 5.

Tabla 5. Descripción frecuencias alélicas

Locus	Frecuencia Alélica
S	0,44
s	0,55
Ox	0,33
ox	0,66
Oy	0,07

<i>oy</i>	0,25
<i>O total</i>	0,31
<i>o total</i>	0,69

Posteriormente se realizó el equilibrio de Hardy Weinberg mediante el calculo en el software Arlequín usando los genes O y S, para esto se realizó el cálculo de desequilibrio de ligamiento con 10.000 iteraciones y el cálculo del equilibrio de Hardy Weinberg por máximo de similitud con 1.000.000 de pasos, realizado por medio de la Cadena de Montecarlo. En el desequilibrio de ligamiento para el gen Orange (O) se hicieron 10.000 permutaciones dando como resultado la no combinación de los 2 genes (O y S). No hay ligamiento significativo entre estos con una correlación cercana a 0, la heterocigosidad observada para este gen fue aproximadamente del 50% y la heterocigosidad esperada del 43%, con pi value de 0.25, no siendo significativo, con respecto al equilibrio de Hardy Weinberg la población con este gen (O) está en equilibrio, la heterocigosidad observada fue de 0.5 y la heterocigosidad esperada de 0.37 (Tabla 6).

Tabla 6. Equilibrio de Hardy-Weinberg locus O

Locus	#Genot	Obs.Het	Exp.Het.	P-value	s.d	Steps done
O	64	0.50000	0.43307	0.25351	0.00045	1001000

El desequilibrio de ligamiento para el gen S tampoco da un resultado significativo con valor de 0, es decir no se encontró ligamiento de los genes, el cálculo de la heterocigosidad observada es de aproximadamente 0.4531 y la heterocigosidad esperada de 0.49 el valor P 0.61, es decir que está en equilibrio, no hay diferencias para decir que hay un desequilibrio. (Tabla 7)

Tabla 7. Equilibrio de Hardy-Weinberg locus S.

Locus	#Genot.	Obs.Het.	Exp.Het.	P-value	s.d	Steps done
S	64	0.45312	0.49791	0.61329	0.00050	1001000

La población estudiada se encontró en equilibrio de Hardy-Weinberg y aparentemente no se están apareando selectivamente, estos se aparean al azar como si fuera una población natural.

El índice de fijación (FIS) que es un manera estadística de observar la endogamia dio cercano a 0, lo que quiere decir que aparentemente no hay problemas de endogamia.

El marcador con la mayor frecuencia alélica fue s lo cual revela un posible apareamiento aleatorio, no solo por este marcador, sino también por el marcador O (Orange). La diversidad genética total encontrada en la asociación defensora de animales ADA Cartago fue moderada, lo cual revela que las poblaciones locales comparten una gran proporción de la diversidad total. Se encontró además, equilibrio de Hardy-Weinberg para los alelos O y S, lo que quiere decir que no hay una fuerza evolutiva actuando sobre estos.

Los resultados no se alejan mucho uno de otro lo que quiere decir que la población se encuentra en equilibrio de Hardy Weinberg como se puede ver en las tablas 4 y 5 con respecto a los dos genes. Esto quiere decir que la población no está sometida a presiones de selección.

Como conclusión, aunque los gatos abandonados que se encuentran en el albergue de la asociación defensora de animales ADA Cartago están en confinamiento estos se aparean al azar, no por selección, lo cual demuestra que no hay problema de endogamia; la población de gatos en la asociación es muy diversa genéticamente hablando, lo que quiere decir que no hay una fuerza evolutiva actuando sobre ellos.

Discusión

Estudios realizados en las ciudades de Cali, Cartagena, Loricá, Montería y Bolívar donde no se encontró equilibrio de Hardy-Weingberg por posibles motivos de selección humana para mejorar la estética de los gatos(1), rápido crecimiento poblacional, mutación o una presión selectiva, a diferencia de los resultados obtenidos en este estudio donde se encontró equilibrio para ambos locus, esto se puede deber a que la ciudad de Cartago es un sitio de paso para turistas de diferentes partes del país, dando así mayor diversidad genética en esta zona.

Las frecuencias fenotípicas para este estudio dieron como resultado un mayor número de gatos oscuros, lo que difiere de los resultados obtenidos en las demás ciudades, donde se obtuvieron mayor número de gatos color claro, esto se puede dar por una selección natural debido al clima caliente, buscando con esta selección un color de pelaje más fresco que les ayude a adaptarse al clima de estas ciudades.

En estudios de genética poblacional de gato doméstico, se asume que las diferencias en las frecuencias alélicas dentro y entre las poblaciones, son causadas por el hombre.

En ambientes urbanos, donde existen poblaciones altas, los gatos que portan el gen Orange, tienden a ser altamente sociables con otras especies, principalmente la humana.(6)

Otros estudios han reportado que el gen Orange se ve favorecido en ambientes urbanos esto debido al alto crecimiento poblacional(7). Otra posible causa podría ser el rápido crecimiento poblacional de gatos y el paso de turistas por esta región, lo cual incrementa considerablemente el flujo genético y también incrementa la panmixia(8).

El alto flujo génico detectado en este estudio, permite deducir que las poblaciones son muy afines genéticamente y la posición geográfica de esta región indica el aumento de intercambio de genes entre las poblaciones de gatos, evitando con ello los eventos de endogamia al interior de poblaciones (9)

La selección natural es un mecanismo que depende de un conjunto de sucesos independientes de la naturaleza, las poblaciones naturales pueden aumentar su densidad geoméricamente, pero como los recursos son limitantes, el ambiente impone una presión selectiva que da lugar a una lucha por su existencia selección(10).

En el estudio realizado en la ciudad de Cali, Colombia en gatos domésticos se encontró para los locus O y S un desequilibrio de Hardy-Weinberg, esto se puede deber a una selección humana para obtener características más atractivas en estos gatos y el rápido crecimiento poblacional de esta especie(8) . A diferencia del realizado por todo el suroccidente colombiano donde se evaluaron igualmente gatos domésticos, dando en este caso un equilibrio para los mismos locus, mostrando que en estas zonas no hay una aparente selección por parte del humano y esta se comporta como una población natural.

Bibliografía

1. Peña-cruz AF, Sandoval Arango S, Patiño Montoya A, Bedoya M, Rodríguez Ortiz A, Orjuela Vasquez J, et al. Genetic Analysis of the Cat Population of North and South of Cali, Colombia. *Acta biol Colomb* [Internet]. 2015;20(11):109–16. Available from: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/index%5Cnhttp://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n1.41610>
2. Rodríguez L. asociados al color del pelaje en Lorica-Córdoba , Colombia. 2015;64(248):389–95.
3. Peñuela M, Cárdenas H. Marcadores genéticos del pelaje en gatos domésticos de Capurganá-Colombia. *Momento Cienc*. 2012;9(1):28–33.
4. P EP, Morales J, M TC. Estudio de la diversidad genética de la población de gato doméstico (*Felis catus*) en Montería, Colombia. Enrique Pardo P, Jaider Morales, Teodora Cavadia M Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Biología. 2014;12(2):35–47.
5. Cardales-barrios Y. Análisis de la variabilidad genética de las poblaciones de gatos domésticos (*Felis catus*) mediante genes del pelaje en Cartagena , Colombia. 2015;
6. Causil-Vargas LA, Pardo-Pérez E, Herrera-Benavides YM. Evaluación de la genética del gato doméstico (*Felis catus*) mediante genes del pelaje en Sahagún, Córdoba, Colombia. *Rev Tecnol en Marcha* [Internet]. 2017;29(4):57. Available from: http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/3037
7. Marta S, Alfonso L, Vargas C, Pérez EP, Lucía B, Mass M. Estructura genética-poblacional de gatos domésticos (*Felis catus*), usando marcadores fenotípicos en Santa Marta ,. 2017;8(2):182–90.
8. Peña-cruz AF, Patiño-montoya A. Diferenciación temporal del perfil genético de la

población de gatos de Cali , Colombia , en las últimas décadas.
2017;41(159):187–91.

9. Guajira LA, Gene BY. PERFIL GENÉTICO DE LA POBLACIÓN DE GATOS (Felis catus) EN RIOHACHA , LA GUAJIRA , MEDIANTE GENES DE PELAJE. 2017;13(2):128–32.
10. Marone L, Milesi F, González R, Solar DEL, Mezquida ET, Lopez J, et al. Natural Como Premisa De La Investigación Ecológica. 2002;27:137–42.