

**PERDIDA DE HETEROGENEIDAD Y TAMAÑO EFECTIVO DE LA POBLACION EN EL RINOCERONTE BLANCO *CERATOTHERIUM SIMUN SIMUN MAMMALIA: RHINOCERONTIDAE*) DEL PARQUE ZOOLOGICO NACIONAL DE CUBA.**

Santos O. Cubillas Hernández, \*, Vicente Berovides Alvarez\*\*

\*Parque Zoológico Nacional de Cuba

\*\* Facultad de Biología, Universidad de La Habana

**RESUMEN**

El rinoceronte blanco (*Ceratotherium simun simun*) del Parque Zoológico Nacional (PZN) está conformado en la actualidad por un efectivo de 10 individuos, más otros cuatro en zoológicos locales, formando una metapoblación (MTP) donde puede darse el proceso se deriva genética con pérdida de heterocigocidad y apareamientos consanguíneos. En este trabajo se comparan los índices  $N_e/N.100$  (tamaño efectivo de la población)  $f$  (pérdida de heterocigocidad por generaciones) y frecuencia de apareamientos potenciales consanguíneos y no consanguíneos, entre la población del PZN y la MTP total. El tamaño efectivo relativo, al inicio se incrementó en ambos grupos, pero después declinó en el PZN producto de los traslados de animales. El valor de  $f$  declinó hasta 1989, en que se reestabilizó en la MTP, pero volvió a incrementarse en el PZN. La mayor frecuencia de apareamientos no consanguíneos ocurrió en la MTP. Se discuten estos resultados en relación con el manejo de la población.

Palabras clave: Rinoceronte blanco, pérdida de heterocigocidad, tamaño efectivo de la población; metapoblación.

**ABSTRACT**

The white rhino (*Ceratotherium simun simum*) from the National Zoological Park (NZP) is nowaday conformed by a group of 10 individuals and other fours in local Zoologic Parks, forming a metapopulation (MTP) where it can take place the proces of genetic drift with heterocigosity lost and consanguinuous mating. In this paper are compared the indexs  $N_e/N.100$  (relative effective population size),  $f$  (heterocigosity lost by generation) and frecuencies of potencial consanguinuous mating in the population of NZP and in MTP. The relative effective population size was increased at the bigining in both group, but it decline in the NZP. The biggest frecuencie of consanguinuous mating occurred in the MZP. These results are discussed in relation to the management of populations.

Key word: White Rhino, heterocigosity lest, Effective population size, Metapopulation.

**INTRODUCCION**

Los animales mantenidos en zoológicos, como generalmente se reproducen a partir de un efectivo poblacional muy pequeño, pueden presentar un alto grado de consanguinidad o endogamia que, sin arribo de animales de otro origen, debe aumentar de generación en generación, con la consiguiente pérdida de heterocigocidad, esencial para la supervivencia y reproducción de los individuos y la población (Allendorf y Leary, 1986). La endogamia da

lugar al nacimiento de animales muertos o débiles y con problemas de fertilidad cuando son adultos (Ralls y Ballou, 1983; De Bois **et al.** 1990) fenómeno conocido como depresión consanguínea (Falconer, 1981). Estos hechos crean entonces un conflicto para la reproducción de animales en zoológicos, ya que para un zoológico medio, este no puede mantener un gran número de individuos de una especie determinada, por problemas de espacio y económicos. La solución a este conflicto ha ido por dos vías, o bien se crían los animales en pequeñas poblaciones, haciéndolos resistentes a la consanguinidad (Templeton y Read, 1983), o bien se trata de traer animales de otros zoológicos para introducir nuevos genes en la pequeña población (Tudge, 1988).

Si este último va a ser el método empleado, es de suma importancia tener registrado todos los datos vitales de los animales a intercambiar, para conocer y valorar el origen, edad, historia clínica y otros aspectos a considerar en la selección de reproductores.

La subespecie de rinoceronte blanco de Suráfrica (*Ceratotherium simun simum*) fue salvada de la extinción y colocó pequeñas unidades reproductivas por todo el mundo (Player, 1972), siendo Cuba uno de los países en recibir un pequeño núcleo fundador de 7 ejemplares, que hasta 1994 habían producido 14 partos y su tamaño poblacional no ha excedido los 14 individuos. Esta pequeña población está por debajo del mínimo de 50 individuos para mantener la variabilidad genética de la población (Foose, 1983), además de que el manejo la ha subdividido en unidades reproductivas semiaisladas, creando una metapoblación (Lacy, 1992) que en teoría disminuye aún más la variabilidad genética. Por todo lo anterior, esta población de rinocerontes blancos en Cuba constituye un inestimable material de estudio, por lo que como objetivo de nuestro trabajo, nos propusimos analizar los efectos del pequeño tamaño poblacional sobre la variabilidad genética de esta población y otros factores asociados a ella (como el tamaño efectivo y los apareamientos consanguíneos), considerando la población total (metapoblación) y un sólo sector de ella.

## MATERIALES Y METODOS

Los nombres, fechas de nacimiento-muerto y destinado de todos los inocerontes blancos que han existido en el Parque Zoológico Nacional, se dan en la Tabla I. Las bajas dentro del rebaño se han debido a muerte y trasladados a zoológicos nacionales o extranjeros. Como en este último caso ya el animal trasladado ha perdido toda posibilidad de intercambio genético con su población original, a los efectos de nuestro análisis estos se consideran animales muertos la misma fecha de su nacimiento, ya que todos se trasladaron siendo animales inmaduros. Los siete animales fundadores, como ya señalamos, procedían por intercambio directamente de África del Sur, así que asumimos que su grado de parentesco y nivel de consanguinidad eran nulos. Con estos animales iniciales ( $N_0$ ) y los que vivían al cabo de 27 años ( $N_t$ ), se calculó la tasa de incremento finita de la población según Caughley (1977).

Insertar tabla I

Todos los rinocerontes blancos al principio se encontraban en el Parque Zoológico Nacional (PZN), pero al ser algunos trasladados a otros zoológicos, se crearon tres pequeñas unidades (con uno, uno y dos individuos) cuya posibilidad de intercambio genético con la población

del PZN quedó limitada. Esto trajo como consecuencia la formación de una metapoblación (MTP), en el sentido de Lacy (1992), formada por cuatro "poblaciones", siendo la más numerosa la del PZN.

Las pequeñas poblaciones como las aquí trabajadas, tienen una demografía y genética especial (Lande, 1988), pero nosotros nos ocuparemos solamente del último aspecto. Uno de los parámetros afectados por el tamaño pequeño de la población es el número efectivo de reproductores o tamaño efectivo de la población ( $N_e$ ), que puede calcularse como:

$$N_e = \frac{4 M \cdot H}{M + H} \quad (\text{Falconer, 1981})$$

donde  $M$  = número de machos y  $H$  = número de hembras de la población; generalmente  $N_e < N$  (el tamaño real de la población) y la relación  $N_e/N \cdot 100$ , representa un tamaño efectivo relativo, o cuan alejada está  $N_e$  de  $N$  en términos de porcentaje.

El pequeño tamaño (real o efectivo) de la población conlleva a la disminución de su heterocigocidad, ya sea por deriva genética o por apareamientos consanguíneos. Esta pérdida de heterocigocidad por generaciones ( $f$ ) puede medirse entonces como:  $f = 1/2 N_e$  (Falconer, 1981).

Los parámetros antes señalados ( $N_e$  y  $f$ ) fueron calculados y comparados durante 27 años (1968-94) en la MTP y la población del PZN, lo que representa comparar un manejo integral de las poblaciones (como si la MTP fuera una sola población), contra otro donde cada población de la MTP es manejada independientemente (como si cada población de la MTP estuviera aislada genéticamente).

Debe aclararse que tanto  $N_e$  como  $f$ , se interpretan como los valores de dichos parámetros que tuviera la población si continuara con ese tamaño efectivo. Además, esos valores sólo son aproximados, pues la fórmula de  $f$  aquí utilizada sólo es estrictamente válida para una población ideal con autofecundación y en cuanto a  $N_e$ , sobre este influyen otros factores además del sexo (número de individuos por generaciones, varianza del número de hijos, etc.) que no se consideraron aquí (Falconer, 1981).

Para la MTP y la población de PZN, se estimaron los porcentajes de diferentes tipos de apareamientos potenciales (no consanguíneo, entre hermanos completos y padres x hijos) simplemente "apareando" todos los machos vivos con todas las hembras vivas hasta marzo de 1994, independiente de la edad. En el caso de la MTP se dieron 6 machos x 7 hembras = 42 cruces y para el PZN, 3 machos x 7 hembras = 21 cruces.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Manejo de la población y sus consecuencias

El análisis de los datos de la tabla II revela que durante el período estudiado la población original de rinocerontes blancos del PZN quedó reducida producto de 4 muertos (1 macho y 3 hembras), 4 trasladados a otros zoológicos de Cuba (3 machos y 1 hembra) y 3 trasladados a zoológicos de Méjico (2 machos y 1 hembra), que en este último caso, como ya señalamos, se consideraron equivalentes a muertos. De esta forma, la población del PZN en Cuba, dio origen a una metapoblación formada por ella misma y las de los zoológicos de La Habana (1 macho), Baracoa (1 macho) y Santiago de Cuba (1 macho y 1 hembra), donde ahora el intercambio genético entre ellos es limitado o nulo. Estas muertes y trasladados conllevan a: 1) pérdida de la línea de descendientes del macho fundador Libertador, por muerte del mismo; 2) sobre-representación del otro macho fundador (Macho) en los descendientes obtenidos en el parqueo debido a lo anterior y a lo siguiente; 3) sesgo hacia los machos (proporción 2,5:1) en los trasladados y emigraciones; 4) reducción del tamaño efectivo de la población del PZN.

Insertar tabla II

Los anteriores hechos permitieron entonces confrontar el comportamiento de los parámetros específicos para pequeñas poblaciones ( $f$ ,  $No$ ) y los apareamientos consanguíneos, al considerar los dos tipos de manejos señalados en materiales y métodos.

### Incremento de la población

Las poblaciones cerradas como las aquí estudiadas, mantienen o cambian su efectivo numérico por el saldo de las fuerzas demográficas de incremento (natalidad) y de decremento (mortalidad y emigración).

Este saldo para la población de rinocerontes blancos de Cuba, se presenta en la tabla II, considerando la metapoblación (MTP) y la población del PZN. Para ambos grupos, los nacidos y muertos (incluye trasladados) por sexo fueron prácticamente iguales, pero hubo más nacidos (14) que muertos (7 MTP y 11 PZN), lo que se traduce en un crecimiento neto de la población en el período de 27 años de estudio, de 6 animales fundadores a 17 (14 en la MTP y 3 inmigrantes aún vivos) que produce un incremento del 3,94% por año, valor muy similar al calculado con los datos de la misma subespecie en Suráfrica (2,95%; Brooks, 1991), pero menor al reportado por Smith **et al.** (1994) de 9,5% en Umfolezi y Garamba.

### Comportamientos de $f$ y $No$ relativo y apareamientos potenciales

En la tabla III se presentan los valores anuales de  $N_0$  relativo y  $f$  para la MTP y el PZN. Los valores de  $N_0$  relativos fluctúan entre el 80 y el 100%, valores superiores al de la población mundial en cautiverio, que es de un 72% (Foose, 1983). Dichos valores se mantienen bajos hasta el año 1981 y a partir de 1982 se incrementan (por los primeros nacimientos), pero mientras en la MTP este incremento se mantuvo, en el PZN, producto de la reducción de  $N$  por los trasladados, declina marcadamente, sobre todo en los años 1992 a 1994. Los valores de  $f$  por su parte, tanto en la MTP como en el PZN, mostraron un persistente declive hasta el año 1989, a partir del cual se incrementan los valores, siendo ambos efectos menos marcados en la MTP que en el PZN. Las  $f$  medias para los últimos 16 años del estudio (en los primeros no hubo prácticamente cambios) fueron para la MTP = 5,0% y para el PZN = 6,6%.

Insertar tabla III

En la tabla IV se presentan los porcentajes de tipos de apareamientos potenciales, considerando a todos los individuos de la MTP o sólo a los del PZN. Los apareamientos no consanguíneos están en un exceso del 16,7% en la MTP con respecto al PZN, pero los permisibles (no consanguíneos y entre 1/2 hermanos) sólo exceden en un 7,2%. De los apareamientos consanguíneos, los que aumentan según se pasa de la MTP al PZN son los cruces 1/2 hermanos y padres x hijos.

Insertar tabla IV

Todos los resultados anteriores apuntan hacia un manejo integrado de la metapoblación de rinocerontes blancos de Cuba, al menos mientras dure el status poblacional actual. El manejo aislado de la población del PZN conllevaría a un aumento relativo de los apareamientos consanguíneos, pérdida más rápida de la heterocigocidad por generaciones y bajo tamaño efectivo de la población.

## REFERENCIAS

- ALLENDORF, F.W. and R.F. LEARY (1986): "Heterozygosity and fitness in natural population of animals. Eb: M.E. Soule (Ed) **Conservation Biology**. Sinauer Assoc., Mass: 57-76.
- BROOKS, M. (1991): "African Rhino specialist group". **Species** 17: 46.
- CAUGHLOY, G. (1977): "Analysis of vertebrate populations". John Waley, Londres.
- DE BOIS, H.; A. DHONDT, and B. VAN PUIJENBROOCK (1990): "Effects of inbreeding en juvenile survival of the okapia". (*Okapia johnstoni*) in captivity. **Biol. Conserv.** 54: 147-155.
- FALCONER, D.S. (1981): "Introduction to quantitative Genetics". Longman, Londres, 384.
- FOOSE, T.J. (1983): "The relevance of captive populations to the conservation of biotic diversity". En: Ch. M. Schonwald-Cox; S.M.
- CHAMBERS, B. McBRYDE and W.L. THOMAS (eds): "Genetics and Conservation". Benjamín Kunning, Londres, 374-401.
- LACY, R.C. (1992): "A stochastic simulation of the extinction process" Chicago **Zool. Soc. IUCN**, 125.
- LANDE, R. (1988): "Genetics and demography in biological conservation". **Science**, 241: 1455-1460.
- PLAYER, I. (1972): "The White Rhino Saga". **Collins**, Londres, 209.
- RALLS, K. and J. BALLOU (1983): "Extinction lessons from Zoos." En: Ch. M Schoenowald-Cox; S.M. Chambers, B. McBryde; W. L. Thomas (Eds). "Genetics and Conservation". Benjamín Kunning, Londres, 164-184.
- SMITH, K.; M. ATALIA and J. WATKIN (1994): "Pachyderms and threats increasing in Garamba National Park, Zaire". **Species** 20:30-32.
- TOMPLETON, A.R. and B. READ (1983): "The elimination of inbreeding depression in a captive herd of Spek's gazelle". En: Ch. M. Schoenowald-Cox; S.M. Chambers, B. McBryde; W. L. Thomas (Eds). "Genetics and Conservation". Benjamín Kunning, Londres, 241-261.
- TUDGE, C. (1988): "Breeding by numbers". **New Scientist**, 1628: 68-71.

Tabla I. Genealogía de los rinocerontes blancos del Parque Zoológico Nacional. Columna I: machos fundadores. Columna II: Hembras fundadoras. Columna III: animales nacidos en el parque de los padres en columnas I y II.

I	II	III
MARIA	H(ZS)	
1970		
LIBERTADOR TATI	M (e)	
M (+) 1989		
LIBERTAD RALY	M (ZB)	
1970-90 1987		
H		
1970 ISAURA	H (+)	
1984-86		
PERIDO	M (ZS)	
1982		
LOQUITA	H	
1986		
LOCA FREYA	H	
1992		
H		
1970 ROBERTICO	M (E)	
1988		
BERTICA	H	
1989		
MACHO FLORITA II	H (+)	
M 1986		
1968 FLORA JAMBO	M (ZH)	
1986		
H(+) FLORITA		
1968-90 1984 H		
PANCHITO		
1982 M		
MARICELA	H(E)	
GISELA 1989		
H QUIALA	M	
1980 1992		

M = Machos + = muerto ZH = en el zoológico de La Habana

H = Hembras E = exportado al extranjero ZB = en el zoológico de Baracoa

ZS = en el zoológico de Santiago de Cuba

Los años no se refieren al nacimiento-muerto

Tabla II. Nacimientos, muertes y traslados en la población del rinoceronte blanco en Cuba, considerando la metapoblación y la población del Parque Zoológico Nacional (valores entre paréntesis).

NACIMIENTOS MUERTES Y TRASLADOS SALDO (FINAL DEL AÑO)  
AÑO M H T M H T M H T

68 1\* 1\* 2 0 0 0 1 1 2  
 69 0 0 0 0 0 0 1 1 2  
 70 1\* 3\* 4 0 0(1) 0(1) 2(2) 4(3) 6(5)  
 71 0 0 0 0 0 0 2(2) 4(3) 6(5)  
 72-78 0 0 0 0 0 0 2(2) 4(3) 6(5)  
 79 0 0 0 0 0 0 2(2) 4(3) 6(5)  
 80 0 1\* 1 0 0 0 2(2) 5(4) 7(6)  
 81 0 0 0 0 0 0 2(2) 5(4) 7(6)  
 82 2 0 2 0(1) 0 0(1) 4(3) 5(4) 9(7)  
 83 0 0 0 0 0 0 4(3) 5(4) 9(7)  
 84 0 2 2 0 0 0 4(3) 7(6) 11(9)  
 85 0 0 0 0 0 0 4(3) 7(6) 11(10)  
 86 1 2 3 0(1) 2 2(3) 5(3) 7(6) 12(9)  
 87 1 0 1 0(1) 0 0(1) 6(3) 7(6) 13(9)  
 88 1 0 1 0 0 0 7(4) 7(6) 14(10)  
 89 1 2 3 0 0 0 8(5) 9(8) 17(13)  
 90 0 0 0 1 1 2 7(4) 8(7) 15(11)  
 91 0 0 0 0 0 0 7(4) 8(7) 15(11)  
 92 1 1 2 2++ 1++ 3 6(3) 8(7) 14(10)  
 93 0 0 0 0 0 0 6(3) 8(7) 14(10)  
 94 0 0 0 0 0 0 6(3) 8(7) 14(10)  
 TOTAL 7+ 7 14 3(6) 4(5) 7(11)

\*Fundadores

+ sólo los realmente nacidos

++exportados al extranjero

Tabla III. Valores de la pérdida de heterocigocidad por generaciones (f), tamaño efectivo de la población (No) y su proporción con respecto al tamaño real (N), en la metapoblación (MTP) y población del Parque Zoológico Nacional (PZN), del rinoceronte blanco

#### MTP PZN

AÑO	f	No	No/N.	100 f	No	No/N.	100
68	0,500	1	100,0	0,500	1	100,00	
69	0,500	1	100,0	0,500	1	100,0	
70-78	0,094	5,3	88,3	0,104	4,8	96,0	
79	0,094	5,3	88,3	0,104	4,8	96,0	
80	0,088	5,7	81,4	0,094	5,3	88,9	
81	0,088	5,7	81,4	0,094	5,3	88,9	
82	0,056	8,8	97,8	0,073	6,8	97,9	
83	0,056	8,8	97,8	0,073	6,8	97,9	
84	0,049	10,2	92,7	0,062	8,0	88,9	
85	0,049	10,2	92,7	0,062	8,0	88,9	
86	0,043	11,6	96,7	0,062	8,0	88,9	
87	0,038	12,9	99,2	0,062	8,0	88,9	
88	0,036	14,0	100,0	0,052	9,6	96,0	
89	0,029	16,9	99,4	0,040	12,3	94,6	

90 0,034 14,9 99,3 0,049 10,2 92,5

91 0,034 14,9 99,3 0,049 10,2 92,5

92 0,036 13,7 97,8 0,059 8,4 84,0

93 0,036 13,7 97,8 0,059 8,4 84,0

94 0,036 13,7 97,8 0,059 8,4 84,0

Tabla IV. Porcentajes de tipos de apareamientos potenciales para la metapoblación (MTP) y población del Parque Zoológico Nacional (PZN) del rinoceronte blanco.

MTP PZN

Tipos de apareamientos	N	%	N	%
No consanguíneos	23	54,8	8	38,1
Entre 1/2 hermanos	10	23,8	7	33,3
Entre hermanos completos	2	4,7	1	4,8
Padres con hijos	7	16,7	5	23,8
Total	42	100,0	21	100,0