

245199



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS



BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA  
UNAM

**PATRONES DE DISTRIBUCION GEOGRAFICA  
EN LOS MAMIFEROS TERRESTRES DE AFRICA**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A :

**IVAN CASTRO ARELLANO**

DIRECTOR DE TESIS: DR. GERARDO JORGE CEBALLOS GONZALEZ



1997



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule  
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:  
Patrones de distribución geográfica en los mamíferos  
terrestres de Africa

realizado por Iván Castro Arellano

con número de cuenta 9052227-3 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario

Dr. Gerardo Jorge Ceballos González

Propietario

Dr. Rodrigo Antonio Medellín Legorreta

Propietario

Dr. Héctor Takeshi Arita Watanabe

Suplente

Biol. Oscar Sánchez Herrera

Suplente

Biol. Pilar Rodríguez Moreno

FACULTAD DE CIENCIAS

Consejo Departamental de Biología

COORDINACIÓN GENERAL  
DE BIOLOGÍA

**A MIS PADRES TERE Y ALFREDO QUIENES  
SIEMPRE ME HAN APOYADO, AÚN EN ESTA  
APARENTE LOCURA QUE ES ESTUDIAR  
BIOLOGÍA Y CONSERVACIÓN.**

**A MI HERMANO PABLO CON QUIEN TENGO  
LA FORTUNA DE COMPARTIR MI FAMILIA.**

**A MIS ABUELOS QUE TAMBIÉN SIEMPRE  
ME HAN APOYADO A QUE SIGA  
ADELANTE.**

A la memoria de CIRO JOSUÉ DE JESÚS RAMÍREZ RUÍZ,  
un excelente biólogo dedicado a la conservación a quien tuve  
la fortuna de conocer. Siempre lo tendré presente aunque  
físicamente nos haya dejado.



## AGRADECIMIENTOS

BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGÍA  
UNAM

A mi director de tesis, el Dr. Gerardo Ceballos G., por darme la oportunidad de integrarme al laboratorio que dirige y por guiar el desarrollo de esta tesis.

Al Dr. Rodrigo Medellín, al Dr. Héctor Arita, al Biol. Oscar Sánchez y a la Biol. Pilar Rodríguez quienes realizaron una detallada revisión de este trabajo enriqueciéndolo con sus comentarios, opiniones e ideas. A todos ellos gracias por haber realizado esta revisión en el menor tiempo posible.

Al Centro de Ecología (ahora ya Instituto de Ecología, UNAM) y en particular al Laboratorio de Ecología y Conservación de Vertebrados por el apoyo para poder realizar esta tesis.

A todos mis compañeros de la facultad con los que compartí la carrera: Jorge Iván U., Felipe Amezcua (muchas gracias de manera muy especial a ellos dos por su invaluable amistad, con ellos la carrera a veces fue más diversión que una responsabilidad...), Lety A., Lizy, Bety, Juan C., Gabriel, Gastón, Cesar, Agustín, Lourdes C., Sandra, Ana Laura, Ana G., Marta, Argelia y todos los demás de los que no han sido mencionados.

A todos mis maestros de la facultad, de todos aprendí algo pero de manera particular, con toda mi admiración y respeto por su entrega y capacidad a: David B. (Botánica IV), Francisco Vega V. (Zoo II), José Ramírez L. (Patología), Zenón Cano (Ecología), Leonor P. (Histología) y Julio P. (Fisiología y Lobos).

Al Dr. Alfred Gardner quien fue mi asesor durante mi estancia en el National Museum of Natural History, y que me guió en mi proyecto en el que no solo aprendí acerca de los macroscelideos, un fascinante grupo de mamíferos africanos, sino del método de trabajo de la ciencia en general.

A mis compañeros del Laboratorio de Ecología y Conservación de Vertebrados y también a los compañeros del "Laboratorio de enfrente". Pero muy especialmente al M. en C. (ocultas) Cuauhtémoc Chavez quien me proporciono una invaluable ayuda para la parte de estadística de este trabajo y al "perro de las praderas" Jesús Pacheco por enseñarme algunas técnicas de trabajo en campo.

Finalmente a la FUNDACIÓN UNAM por proporcionar la beca para la realización de este trabajo y a la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO por ser el espacio y el medio de mi formación académica así como al PUEBLO DE MÉXICO quien es en última instancia el que financia nuestra Universidad.

*“Debo hacerles una advertencia a todos: que consideren cuáles son los verdaderos fines del conocimiento, y que no los busquen por el placer de la mente o por satisfacción,... sino por el beneficio y uso de la vida... que pueda representar ayuda para el hombre, y que una línea y carrera de inventos puedan en cierto grado someter y superar las necesidades y miserias de la humanidad”*

**Francis Bacon.**  
**1620.**

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVOS	8
MÉTODOS	9
RESULTADOS	
Riqueza y composición de especies	15
Endemicidad	15
Representatividad de la mastofauna mundial	16
Estado de conservación	16
Patrones de distribución de especies	17
Regiones de alta concentración de especies	18
Patrones Latitudinales	20
DISCUSIÓN	
Diversidad y Representatividad	37
Especies en riesgo de extinción	38
Patrones de densidad de especies	39
Patrón latitudinal	43
Implicaciones para la conservación	45
CONCLUSIONES	47
LITERATURA CITADA	50
APÉNDICES	55

## INTRODUCCIÓN

En tiempos recientes el interés por la diversidad biológica del planeta y su conservación ha pasado del ámbito científico al dominio público. Esto se debe a la acelerada pérdida de la diversidad biológica en todos sus niveles debido a actividades humanas y el efecto que esta pérdida tendrá a largo plazo para la sobrevivencia de nuestra propia especie (Ehrlich y Ehrlich, 1981). El término biodiversidad puede definirse como la variedad y variabilidad entre los organismos vivos y los complejos ecológicos en los que se encuentran (Primack, 1993). En general se considera que la diversidad incluye tres niveles básicos, que son la diversidad genética, que comprende la variabilidad de alelos dentro y entre poblaciones de la misma especie; la diversidad de especies, que abarca todas las especies vivientes; y finalmente la diversidad a nivel de ecosistemas, que representa la variedad de biomas existentes y los procesos de interacción entre las especies y su medio y entre ellas mismas (Meffe y Carroll, 1994).

Por medio de estimaciones basadas en las tasas de deforestación se ha calculado que la pérdida anual de especies en el planeta es de entre 20,000 y 30,000 al año (Wilson, 1992; Meffe y Carroll, 1994). Aunque el proceso de extinción ha existido siempre en la historia de la vida en la tierra, se ha estimado que la tasa actual de pérdida de especies es entre 1,000 y 10,000 veces mayor que antes de la intervención humana (Wilson, 1988). Esta situación indica que actualmente el género humano está provocando una extinción en masa sin precedentes en la historia biológica del planeta (Myers, 1988b).

Por lo tanto es prioritario el generar conocimiento sobre la biodiversidad, sus patrones, procesos y distribución, sobre el cual se puedan establecer políticas de conservación y

desarrollo global a largo plazo (Wilson, 1988). Sin embargo, el generar y analizar los datos de riqueza, composición y distribución de todos los grupos taxonómicos con fines de conservación no es factible ya que llevaría mucho tiempo y gasto de recursos. Es por esto que se ha sugerido que los esfuerzos para la identificación de sitios de alta diversidad sean concentrados en taxa bien conocidos como angiospermas, reptiles, mamíferos, aves, peces y mariposas, con la premisa de que estos taxa servirán de representantes de la biota en general y dichas áreas serían las aptas para propósitos de conservación de la biodiversidad (Raven y Wilson, 1992; Wilson, 1992).

La identificación de áreas de alta diversidad, endemismo y alta densidad de especies en riesgo es una de las prioridades actuales en conservación para la elección de una red de reservas en las que se pueda proteger una parte importante de la biodiversidad del planeta (Wilson, 1988; Bibby, et al., 1992; WCMC, 1992). Sin embargo, las áreas con mayor número de especies no siempre coinciden para diferentes taxa y las áreas con la mayor riqueza de especies no siempre coinciden con las áreas con mayor número de especies de distribución restringida (WCMC, 1992; Ceballos y Rodríguez, 1993; Prendergast, et al., 1993). A pesar de esto se ha encontrado relación en los patrones de endemismo de los vertebrados, sugiriéndose por ejemplo la utilización de las aves como indicadores de áreas importantes para conservación (Bibby, et al., 1992). Estas relaciones de la distribución geográfica de la riqueza y el endemismo tienen importantes implicaciones para conservación, ya que la designación de áreas prioritarias puede depender del criterio de selección de estas: riqueza, endemismo o grado de amenaza de las especies (Kershaw, et al., 1995).

Es evidente que la distribución de las especies en el planeta no es homogénea y responde a una variedad de procesos ecológicos, evolutivos, históricos y biogeográficos (Flessa, 1975; Huston, 1979; Schluter y Ricklefs, 1993). El estudio de estos procesos es básico para establecer una base teórica sólida y aportar información de utilidad para la conservación. Para poder comprender dichos procesos el primer paso es describir los patrones, los cuales se identifican como una tendencia u organización repetitiva en una serie de datos (Brown y Gibson, 1983). En los ecosistemas terrestres se han encontrado relaciones entre la riqueza de especies y la latitud, la altitud, el área, el clima (aridez), y la heterogeneidad ambiental entre otros (MacArthur y Wilson, 1967; Brown, 1973; Terborgh, 1977; Graham, 1983; Currie y Paquin, 1987; Stevens, 1989; Currie, 1991; Arita, 1993; Rosenzweig y Abramsky, 1993; Schluter y Ricklefs, 1993; Wright et al., 1993).

De estos patrones de distribución geográfica de la riqueza quizás el más documentado y estudiado, tanto en el ámbito de la biogeografía como en ecología, es el gradiente latitudinal de riqueza de especies (Brown y Gibson, 1983; Letcher y Harvey, 1994). Este patrón de incremento de la riqueza de especies de los polos hacia el ecuador se ha observado para diferentes taxa (Stevens, 1989) y aunque existen grupos que alcanzan su máxima diversidad en zonas templadas (Janzen, 1981), se trata de un patrón general que se mantiene para la mayoría de los organismos y taxa mayores (Brown y Gibson, 1983).

Sobre este patrón se han propuesto numerosas explicaciones, sugiriéndose al menos 14 hipótesis (Letcher y Harvey, 1994), entre las que se pueden mencionar a la de heterogeneidad espacial, competencia, depredación, estabilidad climática y productividad (Pianka, 1966; Brown

y Gibson, 1983; Currie, 1991; Rosenzweig, 1992; Kaufman, 1995). Sin embargo, aún no existe consenso en los procesos que causan este gradiente (Kaufman, 1995).

En el caso de los mamíferos este patrón ha sido estudiado ampliamente en el continente Americano, en donde algunos trabajos abarcan toda la extensión latitudinal del continente (Willig y Selcer, 1989; Willig y Sandlin, 1991; Kaufman, 1995) y otros se restringen al hemisferio norte (Simpson, 1964; Fleming, 1973; Wilson, 1974; Pagel, et al., 1991). Sin embargo para poder generalizar las conclusiones de estos trabajos es necesario contrastar sus resultados con datos de otras regiones. Aunque existe información para el Paleártico (Letcher y Harvey, 1994) existe muy poca para África, cuya extensión latitudinal tanto al norte como al sur del ecuador hace de este continente el área idónea para el estudio de este patrón. La única información disponible es el número de especies por país (WCMC, 1992; Pomeroy, 1993). Por lo tanto, este trabajo tiene relevancia al contribuir en el conocimiento de los patrones de distribución de los mamíferos de esta región, aportando mayor información acerca del gradiente latitudinal para poder establecer comparaciones a nivel mundial acerca de este fenómeno de distribución.

El continente africano tiene gran importancia para los mamíferos, ya que la región Etiópica, que abarca el África del sub-Sahara y Madagascar, a nivel familia posee la mastofauna más diversa del mundo con 52 familias, de las cuales 17 son endémicas a esta región (Cole, et al., 1994). Esta región posee el 26 y 23% de todos los géneros y especies del planeta, la mayoría de las cuales son endémicas. Además, el mayor remanente de la megafauna del Pleistoceno está en África (Myers, 1972; Jablonski, 1991). Madagascar y Zaire han sido señalados dentro de los países más importantes para la conservación del orden Primates

(Mittermier, 1988). Ceballos y Brown (1995) señalaron que aunque los países de la región Etiópica individualmente no poseen una alta riqueza y endemismo, colectivamente poseen una alta riqueza de mamíferos de gran tamaño y amplia distribución en los órdenes Artiodactyla, Perissodactyla, Carnivora y Primates. Por lo tanto, esta zona es esencial para la conservación de la megafauna mundial (Cole et al., 1994).

En África los patrones de diversidad han sido estudiados a partir de la riqueza de especies presentes en cada país, utilizando los grupos mejor conocidos como mamíferos, aves, mariposas y angiospermas (WCMC, 1992; Pomeroy, 1993). Para el grupo de los vertebrados, sólo las distribuciones de las aves han sido estudiadas por otros métodos a nivel de todo el continente (Crowe y Crowe, 1982; Bibby, et al., 1992). La parte este del continente tiene una mayor riqueza de especies y que la zona de la Falla Albertina en Burundi, Rwanda, Uganda y Zaire, aparece consistentemente como la de mayor riqueza en el continente (Pomeroy, 1993). A partir de listas de especies de mamíferos por país, se conoce que los 7 más diversos, en orden descendente, son: Zaire, Kenia, Uganda, Tanzania, Camerún, Etiopía y Angola. A su vez los 4 países menos diversos en orden ascendente son: Mauritania, Libia, Túnez y Argelia (WCMC, 1992). Basándose en estas listas de mamíferos por país puede apreciarse la misma tendencia en el patrón de distribución de la riqueza de las aves: los países tropicales ubicados en el este del continente aparecen con la mayor riqueza y los ubicados en la región norte en el desierto de el Sahara y sus zonas de influencia poseen menos especies. Otro de los patrones reconocidos corresponde a la distribución de mamíferos endémicos por país o endémicos a ciertas regiones. Los 6 países con mayor número de endémicos son: Sudáfrica, Etiopía, Zaire, Tanzania, Kenia y Camerún (WCMC, 1992). Una alta concentración de especies con distribución restringida ha

sido identificada en ciertas regiones, de las cuales las más importantes son: los bosques del norte de Guinea, las tierras altas del centro y sur de Etiopía y la región del Cabo (Bibby, et al., 1992).

El continente se puede dividir en cuatro grandes biomas: sabana, desierto, bosque y las tierras altas del este y sur. El 75% de las especies de flora y fauna de África poseen ámbitos geográficos naturales amplios, abarcando uno o varios biomas, pero el resto son especies raras o localizadas que se acumulan en los denominados centros de endemismo (Kingdon, 1990). Estas regiones también llamadas “hot spots” se caracterizan por las altas concentraciones de especies endémicas (Myers, 1988a); por ejemplo, la región del Cabo tiene una gran concentración de especies de plantas vasculares endémicas (Dudley, 1996). El WCMC (1992) ha identificado 7 centros de endemismo de plantas y Kingdon (1990) a 9 centros continentales de endemismo de la biota en general. La falla Albertina forma parte de uno de estos centros, definido como las montañas ecuatoriales de África.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Reconocer y describir la diversidad de los mamíferos terrestres del continente africano y sus patrones de distribución latitudinal.

### **Específicos**

- 1) Evaluar la riqueza y composición de especies de mamíferos terrestres del continente africano.
- 2) Determinar los patrones latitudinales de la distribución geográfica de todas las especies.
- 3) Identificar las áreas con alta riqueza de especies, alta endemidad y alta concentración de especies de mamíferos terrestres africanos en peligro.
- 4) Determinar indirectamente el estado de conservación de los mamíferos terrestres africanos.

## **MÉTODOS**

### **Composición de especies**

La lista de especies de mamíferos terrestres presentes en el continente Africano se generó en base a la compilación de Wilson y Reeder (1993). En la lista no se incluyeron las especies marinas o introducidas, pero sí se incluyó a las especies extintas en tiempo reciente (ver Apéndice I) y a las especies insulares.

Las especies se catalogaron como endémicas o no-endémicas al continente, insulares o continentales y se les asignó el estado de conservación, con base en las clasificaciones de la UICN (Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza), CITES (Convención Internacional del Trafico de especies de Flora y Fauna en peligro) y las de ESA ("Endangered Species Act" de los E.E.U.U.), información que fue resumida por Wilson y Reeder (1993).

### **Diseño de la retícula**

Para detectar patrones de distribución geográfica de la riqueza total de especies, de las especies endémicas y de las especies en riesgo de extinción, sobre los mapas de distribución de las especies se sobrepuso un mapa de África dividido en 167 cuadros. El mapa de África usado para diseñar esta retícula fue el de Graves (1990), realizado por medio de la proyección trimétrica de Chamberlain a una escala de 1:16'500,000, ya que tiene una distorsión mínima de las áreas. Los cuadros abarcaron un área de 197,758 km<sup>2</sup>, aproximadamente 4 X 4° de latitud y longitud (444.7 km por lado). La retícula se centró en la posición 0° latitud 0° longitud, y abarcó sólo la parte continental de África, incluyendo la Península del Sinaí. Cada uno de los 167 cuadros fue identificado por su posición con una clave formada por un número y por una letra, que indicaron respectivamente la franja latitudinal y la franja longitudinal en la que se

ubicó el cuadro. Sólo se consideraron cuadros que tuvieran al menos un 25% de su superficie ocupada por tierra.

### Bases de datos

Se diseñaron dos bases de datos para organizar la información taxonómica, de conservación y de distribución de las especies de mamíferos terrestres de África. La base de datos taxonómica incluyó a 1,111 especies presentes en el continente Africano. La base taxonómica incluyó los siguientes 11 campos:

ORDEN	FAMILIA	SUBFAMILIA	GENERO	ESPECIE	FAM_END
-------	---------	------------	--------	---------	---------

GEN_END	SP_END	CITES	UICN	ESA
---------	--------	-------	------	-----

en donde ORDEN, indica el nombre del orden; FAMILIA, es el nombre de la familia; SUBFAMILIA; indica el nombre de la subfamilia; GENERO, es nombre genérico, ESPECIE, es el epíteto específico del nombre científico de la especie; FAM\_END, GEN\_END y SP\_END indican si la familia, género o especie es endémica a África, respectivamente; CITES, UICN y ESA indican la categoría de conservación del CITES, UICN y ESA.

La categorías de conservación contempladas fueron las siguientes: 1) De acuerdo a la (UICN): *extinta*, especies que no han sido localizadas en forma silvestre durante los últimos 50 años; *en peligro*, especies en peligro de extinción y cuya sobrevivencia es poco probable si los factores causales continúan operando; *vulnerable*, especies que podrían pasar a la categoría de en peligro en un futuro cercano si los factores causales continúan operando; *rara*, especies con poblaciones globales pequeñas que no están “*en peligro*” o “*vulnerables*” pero que están en riesgo; *indeterminada*, especies que se sabe están en alguna de las categorías anteriores pero

no hay información suficiente para poder asignarla a alguna categoría; y finalmente, *insuficientemente conocida* para especies que se sospecha están en alguna de las categorías anteriores pero de la que se carece de información suficiente (WCMC, 1992). 2) De acuerdo con la ESA: *en peligro*, para las especies en inminente peligro de extinción en una parte significativa o toda su área de distribución y *amenazada* para las especies que en un futuro cerca pueden pasar a la categoría de en peligro (Meffe y Carroll, 1994). 3) Finalmente, de acuerdo con CITES: *Apéndice I*, para especies amenazadas con extinción que pueden o son afectadas por su comercio; *Apéndice II*, para especies que no están amenazadas con extinción actualmente, pero que pueden estarlo si su comercio no se regula y *Apéndice III*, que incluye especies identificadas por alguno de los países de la Convención como sujetas a regulación dentro de su jurisdicción y que necesitan cooperación de los otros países miembros para controlar su comercio (Wilson y Reeder, 1993).

Para la base de datos de distribución geográfica, denominada tabla DISTRIBU, se eliminaron de la tabla taxonómica las especies endémicas a las islas (incluyendo Madagascar), por lo que la lista quedó reducida a 1,011 especies continentales. Utilizando esta lista como guía se obtuvieron de fuentes bibliográficas (ver Apéndice II) y de datos de ejemplares del Museo Nacional de los Estados Unidos (USNM), la información para dibujar los mapas de distribución. El trabajo de Wilson y Reeder(1993) se utilizó para el caso de las especies que sólo se han encontrado en las localidades tipo o restringidas a una zona como un montaña. Únicamente para el caso del orden Macroscelidea parte de la información de la distribución de las 15 especies que conforman el orden proviene de las localidades de los 1,376 ejemplares que están en el United States National Museum del Instituto Smithsonian. Dicha colección de

ejemplares es la más extensa para este orden. Del total de localidades 1,114 están georeferenciadas, dichas localidades fueron mapeadas por medio del programa arc-info para cada especie. Para poder realizar los mapas de distribución definitivos esta información se completó con los trabajos de Kingdon (1974), Skinner y Smithers (1990), Haltenorth y Helmut (1980) y de Aulagier y Thevenot (1986) mencionados en el Apéndice II.

Es importante especificar que existen discrepancias entre las diferentes fuentes de información acerca de la distribución de algunas especies, sin embargo, siempre se tomó como referencia definitiva la distribución mencionada en Wilson y Reeder (1993), con el objeto de estandarizar y que todos los mapas realizados reflejaran la distribución histórica de las especies. Además sólo fue posible obtener los mapas de 882 especies (87%) de 13 órdenes (Tabla 1). La retícula diseñada se sobrepuso sobre los mapas de distribución y se registro la presencia en los cuadros, de cada una de las especies en la base de datos. A excepción de las especies con distribución muy restringida, como las conocidas sólo en la localidad tipo o las restringidas a una montaña, se consideró que una especie estaba presente en un cuadro si ocupaba al menos el 25% del cuadro. La base de datos de distribución contiene los siguientes campos:

ORDEN	FAMILIA	SUBFAMILIA	GENERO	ESPECIE	LATITUD	LONGITUD	CUADRO
-------	---------	------------	--------	---------	---------	----------	--------

Los campos de ORDEN, FAMILIA, SUBFAMILIA, GENERO y ESPECIE contienen la misma información que en la tabla taxonómica y por medio de estos se establecieron las relaciones entre las tablas. El campo LATITUD contiene la franja latitudinal, el campo LONGITUD la clave de la franja longitudinal y finalmente CUADRO define la clave del cuadro al reunir la información de los campos LATITUD y LONGITUD. Para el manejo, análisis y

relación entre las bases de datos construidas, se utilizó el programa Fox Pro para Windows versión 2.5.

Se designaron como endémicas las especies cuya distribución está restringida al continente africano, el cual abarca una enorme extensión ( $30 \times 10^6 \text{ Km}^2$ ); esto contrasta, por ejemplo, con la definición usada en Bibby et al (1992) en la que se toma como endémicas a las especies con una distribución restringida (menos de  $50,000 \text{ Km}^2$ ). Según Brown y Gibson (1983) la amplitud del área que define la endemidad es un tanto arbitraria y depende de los objetivos del estudio. Para el presente trabajo el enfoque es diferente ya que lo que se deseaba era obtener cifras referidas a la fauna única a África.

### **Análisis realizados**

Por medio del manejo de la base de datos taxonómica se obtuvo la información de la riqueza, endemidad y composición taxonómica por orden, así como la información del número de especies por orden en cada una de las categorías de conservación de UICN, CITES y ESA. A partir de la base de datos de distribución se obtuvo el número total de especies, especies endémicas y especies en riesgo para cada cuadro. Para el caso de las especies en riesgo se contaron las especies en cualquier categoría de conservación, sin repetirse, a excepción de las categorías de “indeterminado” e “insuficientemente conocido” de la UICN las cuales no se incluyeron.

El número de especies en cada cuadro corresponde a la riqueza específica o diversidad alfa. Para realizar las comparaciones latitudinales también se calcularon el alfa promedio y la diversidad regional. El alfa promedio es la suma de los valores de alfa de todos los cuadros de esa franja latitudinal, dividida entre el número de cuadros de dicha latitud; este valor es análogo

a la “diversidad alfa” utilizada por Willig y Sandlin (1991) y a la “densidad absoluta” utilizada por Simpson (1964). La diversidad regional es el número de especies totales por latitud sin que estas se repitan entre los cuadros; este valor es similar al “número acumulativo de especies” (Cody, 1986), a la “densidad de especies” (McCoy y Connor, 1980), al “número de especies” (Pagel et al., 1991) y a la “riqueza de especies” (Kaufman, 1995).

Se realizaron regresiones entre la latitud y los valores de alfa, alfa promedio y diversidades regionales para todas las especies, tanto para el sur como para el norte del continente. Se probaron varios modelos de regresión (i.e., lineal logarítmico, cuadrático, cúbico, exponencial) para encontrar el mejor modelo que ajustara a estos datos. Dicho análisis de la información se realizó por medio del programa de estadística SPSS para Windows.

Para cuantificar el efecto del área sobre la riqueza de especies se obtuvo la superficie del continente para cada banda latitudinal y se utilizó dicho valor para el análisis de regresión múltiple. Para obtener esta cifra se multiplicó el área de un cuadro por el número de cuadros de cada latitud y al resultado se le restó el área representada por las fracciones cubiertas por mar y por los lagos Chad, Tanganica, Victoria y Malawi. Dichas fracciones fueron medidas con un planímetro digital Tamaya modelo Planix no 5.

## RESULTADOS

### Riqueza y composición de especies

En el continente Africano se han registrado 1,111 especies de mamíferos terrestres (7 extintos) agrupados en 311 géneros, 55 familias y 13 órdenes (Tabla 2, Apéndice I). El orden más diverso fue Rodentia (399 especies; 35.9%), seguido por Chiroptera, Insectivora, Artiodactyla, Primates, Carnivora y otros órdenes (Figura 1). La mitad de los géneros fueron monotípicos y en promedio el número de especies por género fue de 3.6. El género *Crocidura* (Insectivora) con 114 especies fue el más rico en especies; otros géneros con gran número de especies fueron *Gerbillus* (Rodentia) con 52, *Rhinolophus* (Chiroptera) con 21, *Cercopithecus* (Primates) con 19 y *Cephalophus* (Artiodactyla) con 18.

La mayor aportación a la riqueza de especies del continente africano fue de la región zoogeográfica Etiópica, la cual aportó 52 familias, 298 géneros y 1,045 especies. La parte sur de la región Paleártica, que abarca la zona norte de África, contribuyó a su vez con 3 familias (Ursidae, Cervidae y Dipodidae), 13 géneros y 66 especies.

### Endemicidad

La endemicidad fue alta en los niveles específico (92 %) y genérico (75 %). Esto es muy relevante para los siguientes análisis, ya que prácticamente todos los mamíferos son endémicos del continente. En las categorías taxonómicas superiores hubo 19 familias y dos órdenes endémicos; sin embargo, estos órdenes, Macroscelidea (musarañas elefante) y Tubulidentata (cerdo hormiguero u oricteropo), fueron poco diversos: 15 especies y 1 especie, respectivamente (Tabla 2). La proporción de especies endémicas por orden varió de un 77.5 % en Carnivora, hasta un 100% en el caso de Primates, Hyracoidea, Proboscidea y Pholidota. En



estos últimos dos órdenes también el número de especies fue bajo, 1 y 4 especies, respectivamente.

La mayor contribución a la endemidad global fue del orden Rodentia, que tuvo una elevada proporción de especies endémicas (95.5%) y una gran diversidad total (399 especies). Otros órdenes con una concentración alta de especies endémicas fueron Insectivora, Chiroptera y Artiodactyla (Tabla 2).

Entre las regiones con mayor endemidad destacó la isla de Madagascar, que tuvo 87 especies endémicas, y a las familias Tenrecidae, Myzopodidae, Cheirogaleidae, Lemuridae, Megaladapidae, Indridae y Daubentoniidae (Apéndice III). El 42% de las familias endémicas y el 15% de los géneros endémicos de África se encontraron en Madagascar. Además, las únicas familias endémicas de los órdenes Insectivora y Chiroptera para el continente fueron exclusivas a Madagascar.

### **Representatividad de la mastofauna mundial**

De los 24 órdenes de mamíferos terrestres del mundo, 13 (54%) estuvieron representados en el continente Africano. En promedio, las especies de estos órdenes representaron entre el 100% (Hyracoidea) al 12.5% (Lagomorpha) del total mundial por orden (Tabla 3). El 27% de todos los géneros y el 24 % de todas las especies descritas se encontraron en este continente.

### **Estado de conservación**

Los tres sistemas para clasificar el estado de conservación de las especies mostraron diferentes resultados para la fauna africana (Tabla 4). Según la UICN, un total de 189 especies se encontraban dentro de alguna de sus categorías de conservación; esto representa el 17% de la fauna africana. Las especies en un alto riesgo (en peligro y vulnerable) fueron 100; es decir, el

9% del total africano. El grupo de los primates fue el que tuvo el mayor número de especies en las categorías de alto riesgo: 24 en peligro y 18 vulnerables. En la categoría de extintos la UICN sólo consideró tres especies: *Pteropus subniger* (Chiroptera), *Equus quagga* (Perissodactyla) e *Hippotragus leucophaeus* (Artiodactyla); sin embargo, según la lista de especies extintas de África de Cole et al. (1994) son 7 los mamíferos extintos recientemente en este continente (Apéndice I).

La lista de la ESA incluye un total de 80 mamíferos en sus dos categorías de conservación. El orden Primates fue el de mayor número de especies contempladas (46 spp), seguida de Artiodactyla, Carnivora y Perissodactyla (Tabla 4). Finalmente, CITES incluyó un total de 159 especies africanas en sus 3 apéndices lo que representa al 14.3% de la mastofauna continental. La totalidad del orden Primates, 88 especies, se encontró considerado en los dos primeros apéndices de CITES.

### **Patrones de distribución de especies**

La distribución de las especies de mamíferos en el continente africano fue muy heterogénea (Figura 3). La distribución de frecuencias, de los valores de riqueza total por cuadro, obtenida para África muestra una distribución con un sesgo positivo lo que significa que existen pocos cuadros con un gran número de especies (Figura 2).

La mayor concentración de especies (> 203) se encontró en tres cuadros ecuatoriales, localizados en la región del Lago Victoria. En general, concentraciones mayores de 137 especies se localizaron al este del continente, coincidiendo con la región de los grandes lagos y la zona de la falla Albertina en el este de África (East African Rift Valley). Esta región posee una gran variación orográfica con planicies, lagos y montañas; la vegetación es muy

heterogénea y, dependiendo de su altura, orientación y tamaño, las montañas mantienen diferentes zonas de vegetación que de manera general se dividen en tres zonas: afro-alpina, páramo subalpino (zona de *Erica* sp.) y bosque de montaña o pastizal de montaña. Las planicies incluyen sabanas, así como bosque tropical en la parte más oeste de esta zona, la cual forma parte de la cuenca del río Zaire (Kingdon, 1990). Asimismo, en el oeste del continente se encontraron dos cuadros de diversidad similar (>137) en una región que incluye el este de Nigeria, la mayor parte del centro de Camerún y una parte del oeste de República Central Africana. La mayor parte de esa zona es bosque tropical; sin embargo en el noroeste de Camerún existe una zona montañosa, las tierras altas de Bamenda y la cordillera de Adamaoua, al suroeste de la cual existe una elevación de 4,070 msnm en el Monte Camerún. Este volcán reciente también posee las 3 zonas de vegetación presentes en las montañas del este de África, creando así una vegetación muy heterogénea en el área (Kingdon, 1990).

La áreas con la menor diversidad (<43) se encontraron en el norte del continente, y abarcaron casi la totalidad de los cuadros ubicados entre los 16° y los 28° latitud norte. Esta zona comprende la franja del desierto del Sahara y sus áreas de influencia. Comparativamente, otras áreas desérticas de África, como el desierto del Namib en el sur, tuvieron mayor número de especies que la región del Sahara. Otros cuadros con números reducidos de especies (44~74) se localizaron en la costa mediterránea de África, el este de Somalia y parte de Namibia, Botswana y noroeste de Sudáfrica. La parte de África cubierta por bosque tropical, en la cuenca de Zaire, Congo, Gabón y el norte de Angola, tuvo una diversidad intermedia de entre 106 a 136 especies por cuadro.

### **Regiones de alta concentración de especies**

La distribución de los cuadros con el 5% de los valores más altos de riqueza mostró que los cuadros con la mayor diversidad (159 a 228) se encontraron sobre el ecuador y sobre la siguiente franja de 4° hacia el sur y el norte (Figura 4). Todos los cuadros de alta diversidad se encontraron en el este de África, con excepción de uno que se encontró en la parte occidental del continente sobre parte de Camerún y Nigeria. La región con la mayor diversidad se localizó al noroeste del Lago Victoria, este cuadro abarcó la parte este de Uganda y una fracción del noreste de Zaire. La distribución de los cuadros con el 10% de los valores más altos fue similar, latitudinalmente llegó hasta los 28° hacia el sur y se mantuvo dentro de los 8° hacia el norte.

Los cuadros con la mayor diversidad (5%, 136 a 203) de especies endémicas también se encontraron en su mayoría en el ecuador pero tuvieron una distribución latitudinal más amplia, ya que alcanzaron a los 12° latitud sur y 8° latitud norte. Si se considera a los cuadros con el 10% de los valores más altos de especies endémicas (125 a 203 especies), la mayoría de los cuadros se encontraron al este de África, pero también hubo 3 cuadros ubicados en el oeste: uno en Costa de Marfil y el este de Liberia, otro sobre Nigeria y Camerún, y el tercero sobre Guinea Ecuatorial, la parte norte de Gabón y el Congo (Figura 5).

Finalmente, para las especies en riesgo de extinción la distribución de los cuadros con los valores más altos (no hubo gran diferencia entre el 5% y 10%) se encontró restringida a los 8° al sur y a los 12° hacia el norte. Este patrón es distinto al mostrado por el de riqueza total y riqueza de endémicos, ya que no se observó la tendencia tan grande de distribución hacia el este de África (Figura 6).

Por otra parte existió una gran correspondencia entre los cuadros con los valores mayores (5%) de riqueza total y los de riqueza de especies endémicas, ya que 8 de los 9 cuadros con estos valores coincidieron geográficamente. El que no coincidió fue el ubicado en el centro de Tanzania. El caso contrario ocurrió para los cuadros con los valores más altos de especies en peligro, ya que sólo 4 cuadros coinciden geográficamente con los de la riqueza total y los de la riqueza de endémicos.

### **Patrones latitudinales**

De manera global, es decir tanto en el norte como en el sur del continente, los valores de diversidad alfa por cuadro mostraron un incremento con el decremento de la latitud; es decir, los cuadros ecuatoriales en general tuvieron más especies que los cuadros ubicados en los extremos norte y sur del continente (Figura 7). El valor de correlación obtenido entre los valores de riqueza (tanto del norte como del sur) y la latitud fue de -0.66 (Coeficiente de correlación de Pearson,  $P < 0.05$ ). Sin embargo, estos valores no ajustaron a ningún modelo de regresión lineal.

Considerando los patrones presentados por cuadros al norte o sur del ecuador en forma separada, los valores en ambos casos sí se ajustaron a un modelo de regresión lineal. El valor del coeficiente de regresión ( $R^2$ ) para los valores de alfa del norte del continente fue de 0.66 y el valor de la pendiente fue de -1.81 con una  $p < 0.0001$  (Figura 8). Los valores utilizados para este análisis de regresión fueron la raíz cuadrada de alfa y la raíz cuadrada de la latitud. Fue con estos valores que se encontró el mejor ajuste a la vez que se cumplieron los supuestos del modelo de regresión.

Para la fracción sur del continente el valor de  $R^2$  fue de 0.42 y el valor de la pendiente fue de -0.10 con una  $p < 0.0001$  (Figura 9). En este caso se utilizaron los valores absolutos de latitud y los valores de raíz cuadrada de alfa para el análisis ya que igualmente fue con estos valores que se encontró el mejor ajuste cumpliendo también los supuestos del modelo de regresión.

Se encontraron diferencias notables en los patrones latitudinales entre las fracciones sur y norte del continente (Figura 10). Aunque las dos fracciones muestran la misma tendencia en la disminución del número de especies al aumentar la latitud, en el hemisferio norte la mayor diversidad regional no se localizó en el ecuador sino en la franja entre los 4° y 8° N. De esa franja se encontró un marcado descenso de la diversidad regional hasta los 24° y 28° N, y hubo un pequeño incremento en las dos franjas latitudinales más norteñas del continente (Figura 10, Tabla 5). En el sur se encontró un descenso más gradual a partir de la franja más diversa, situada en el ecuador, hacia el sur del continente (Figura 10, Tabla 5).

Al considerar los valores absolutos de la latitud y el área de cada franja continental para analizar la riqueza regional, se encontró que existe un efecto de la latitud sobre la diversidad regional de especies. La diversidad regional se puede predecir por medio del logaritmo de latitud media (Análisis de regresión lineal, paso a paso, hacia atrás o “Backward Stepwise Regression”,  $R^2=0.63$   $p < 0.42$  y  $p < 0.0002$ , para área y latitud media respectivamente). Existe una correlación significativa entre la latitud media y el área (correlación de Pearson  $R=0.55$   $p < 0.05$ ), por lo tanto parte de la diversidad regional depende de las dos variables.

ORDENES	TOTAL DE AFRICA	No. DE ESPECIES CONTINENTALES	No. DE ESPECIES INCLUIDAS	% DEL TOTAL DE ESPECIES CONTINENTALES
INSECTIVORA	188	163	118	72.4
CHIROPTERA	217	198	165	83.3
PRIMATES	88	58	56	96.5
CARNIVORA	80	71	70	98.6
PROBOSCIDEA	1	1	1	100
PERISSODACTYLA	7	7	7	100
HYRACOIDEA	6	6	6	100
TUBULIDENTATA	1	1	1	100
ARTIODACTYLA	95	93	93	100
PHOLIDOTA	4	4	4	100
RODENTIA	399	384	336	87.5
LAGOMORPHA	10	10	10	100
MACROSCELIDEA	15	15	15	100
TOTALES	1,111	1,011	882	87.24

**Tabla 1.** Número de especies incluidas en el análisis por orden.

ORDENES	ORDEN ENDEMICO	FAMILIAS			GENEROS			ESPECIES	
		Total	C/E	END	Total	C/E	END	Total	END
INSECTIVORA	NO	4	4	2	28	27	24	188	183
CHIROPTERA	NO	9	8	1	48	41	17	217	178
PRIMATES	NO	9	9	6	34	34	33	88	88
CARNIVORA	NO	7	6	0	48	40	34	80	62
PROBOSCIDEA	NO	1	1	0	1	1	1	1	1
PERISSODACTYLA	NO	2	2	0	3	3	2	7	6
HYRACOIDEA	NO	1	1	0	3	2	2	6	5
TUBULIDENTATA	<b>SI</b>	1	1	1	1	1	1	1	1
ARTIODACTYLA	NO	7	5	2	38	34	31	95	89
PHOLIDOTA	NO	1	1	0	1	1	0	4	4
RODENTIA	NO	11	11	6	98	91	81	399	380
LAGOMORPHA	NO	1	1	0	4	4	3	10	9
MACROSCELIDEA	<b>SI</b>	1	1	1	4	4	4	15	15
<b>TOTALES</b>		<b>55</b>	<b>52</b>	<b>19</b>	<b>311</b>	<b>283</b>	<b>233</b>	<b>1.111</b>	<b>1021</b>

**TABLA 2.** Diversidad de los mamíferos terrestres presentes en África. Abreviaturas:

C/E=taxa con especies endémicas, END=taxa endémicos.

ORDEN	TOTAL MUNDIAL DE ESPECIES	TOTAL AFRICA DE ESPECIES	% TOTAL MUNDIAL
HYRACOIDEA	6	6	100.00
TUBULIDENTATA	1	1	100.00
MACROSCELIDEA	15	15	100.00
PHOLIDOTA	7	4	57.14
PROBOSCIDEA	2	1	50.00
INSECTIVORA	428	188	43.93
ARTIODACTYLA	220	95	43.18
PERISSODACTYLA	18	7	38.89
PRIMATES	233	88	37.77
CARNIVORA	271	80	29.52
CHIROPTERA	925	218	23.57
RODENTIA	2.021	398	19.69
LAGOMORPHA	80	10	12.50

**TABLA 3.** Proporción de la mastofauna mundial, por orden, presente en Africa.

ORDENES	total	ESPECIES										
		IUCN						ESA		CITES		
		EX	EN	V	R	IND	INS	EN	AM	Ap. I	Ap. II	Ap. III
INSECTIVORA	188		2	1	5	14	40					
CHIROPTERA	217	1	4	2				1			8	
PRIMATES	88		24	18	10		4	45	1	39	49	
CARNIVORA	80		8	5	2	10	6	12		7	13	5
PROBOSCIDEA	1			1					1	1		
PERISSODACTYLA	7	1	5					4	1	5		
HYRACOIDEA	6											
TUBULIDENTATA	1											
ARTIODACTYLA	95	1	13	15	1		1	13	1	5	9	9
PHOLIDOTA	4							1		1		3
RODENTIA	399											5
LAGOMORPHA	10		1									
MACROSCELIDEA	15			1	1							
<b>TOTALES</b>	<b>1.111</b>	<b>3</b>	<b>57</b>	<b>43</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>51</b>	<b>76</b>	<b>4</b>	<b>58</b>	<b>79</b>	<b>22</b>

**TABLA 4.** Número de mamíferos presentes en África, por orden, en las categorías de conservación de IUCN, ESA y CITES. Abreviaturas: EX= extinto, EN= en peligro, V= vulnerable, Raro= raro, IND=status indeterminado, INS=insuficientemente conocido, AM= amenazado.

LATITUD Franja	Grados		DIVERSIDAD REGIONAL	ALFA PROMEDIO	RANGO
1	36°-32°	N	78	53.00	44 a 61
2	32°-28°	N	101	37.18	22 a 62
3	28°-24°	N	54	20.50	13 a 42
4	24°-20°	N	65	23.15	17 a 39
5	20°-16°	N	105	29.93	21 a 53
6	16°-12°	N	186	62.80	50 a 106
7	12°-8°	N	282	92.59	47 a 122
8	8°-4°	N	385	124.53	62 a 173
9	0°-4°	N	373	140.70	49 a 228
10	0°-4°	S	385	139.55	95 a 212
11	4°-8°	S	276	139.00	116 a 159
12	8°-12°	S	230	131.00	103 a 157
13	12°-16°	S	212	122.57	102 a 144
14	16°-20°	S	228	113.57	93 a 140
15	20°-24°	S	196	94.50	69 a 147
16	24°-28°	S	191	83.20	36 a 144
17	28°-32°	S	152	84.25	65 a 96
18	32°-36°	S	103	80.00	75 a 83

**TABLA 5.** Distribución latitudinal de los valores de diversidad regional y alfa promedio de los mamíferos terrestres presentes en África.

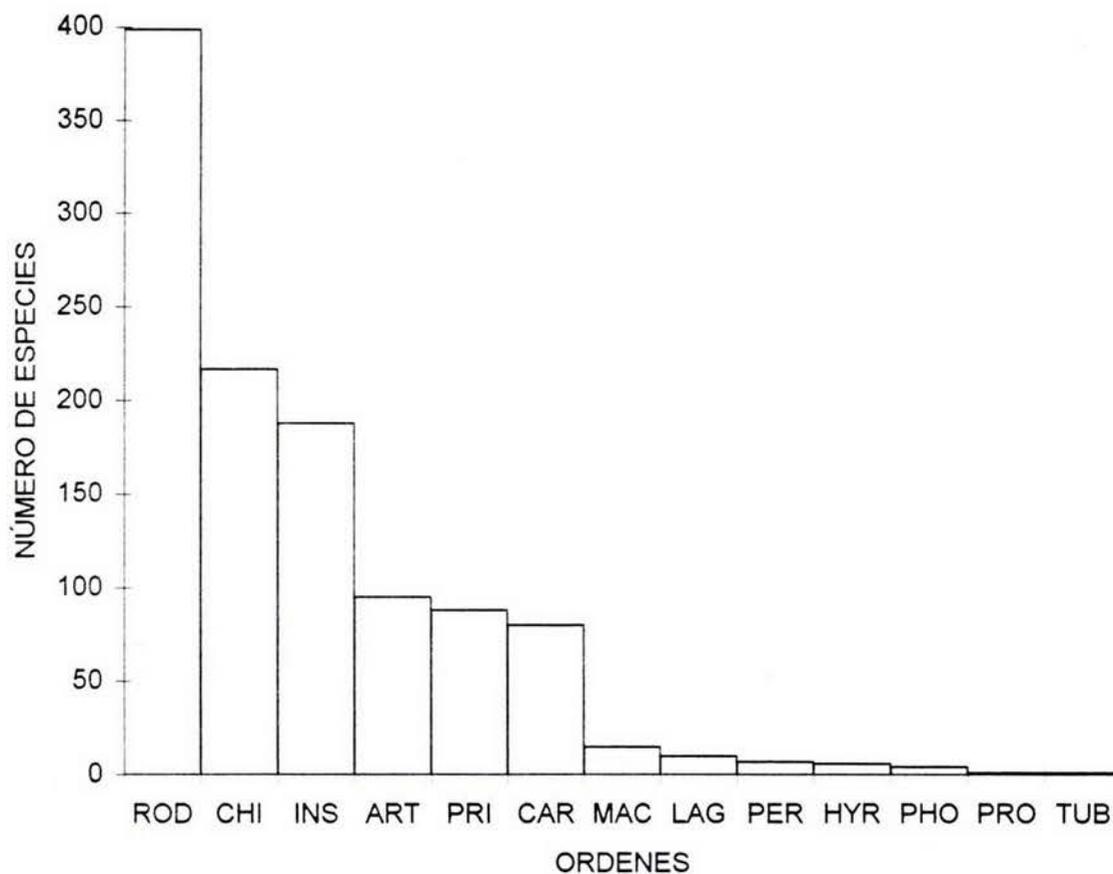


FIGURA 1. Número de especies por orden en los mamíferos terrestres de Africa. Abreviaturas = INS, Insectivora; CHI, Chiroptera; PRI, Primates; CAR, Carnivora; PRO, Proboscidea; PER, Perissodactyla; HYR, Hyracoidea; TUB, Tubulidentata; ART, Artiodactyla; PHO, Pholidota; ROD, Rodentia; LAG, Lagomorpha y MAC, Macroscelidea.

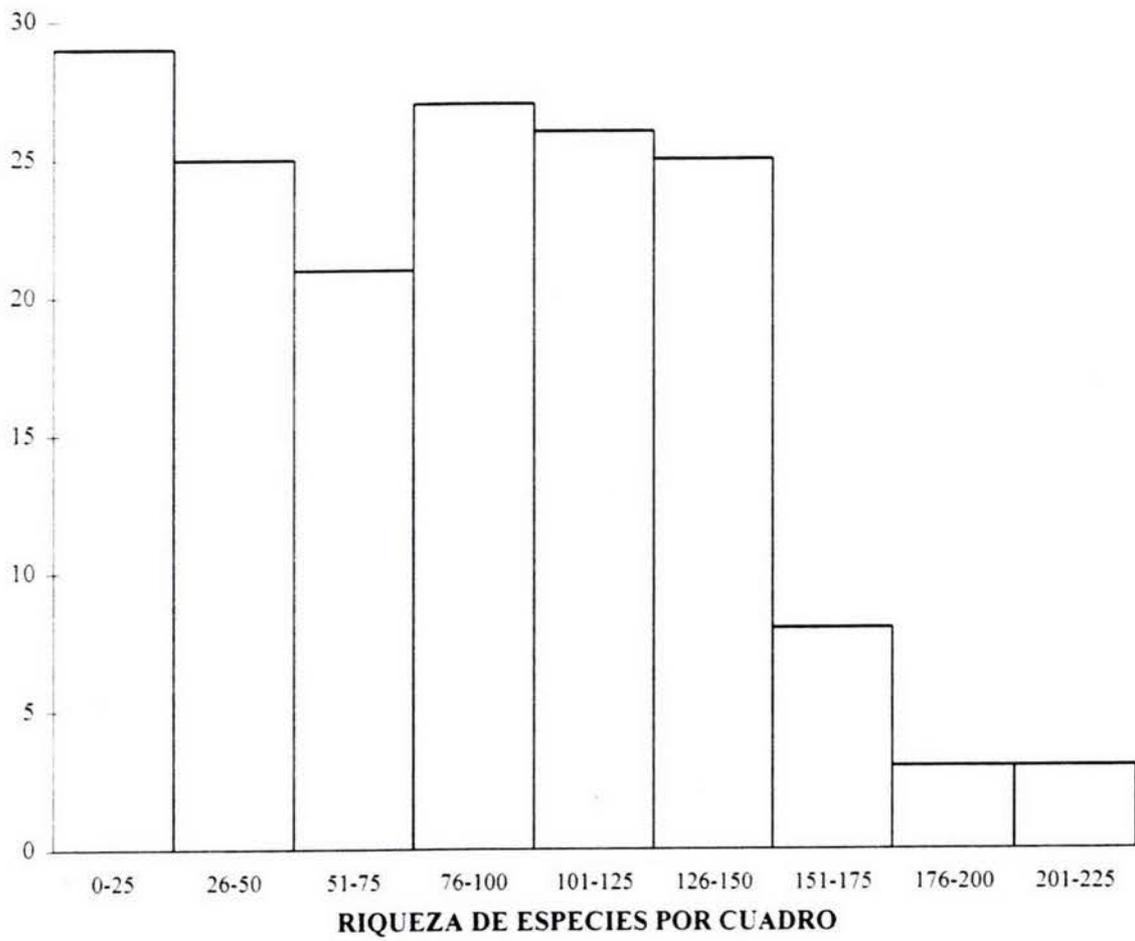


FIGURA 2. Distribución de frecuencias de los valores de riqueza total por cuadro.

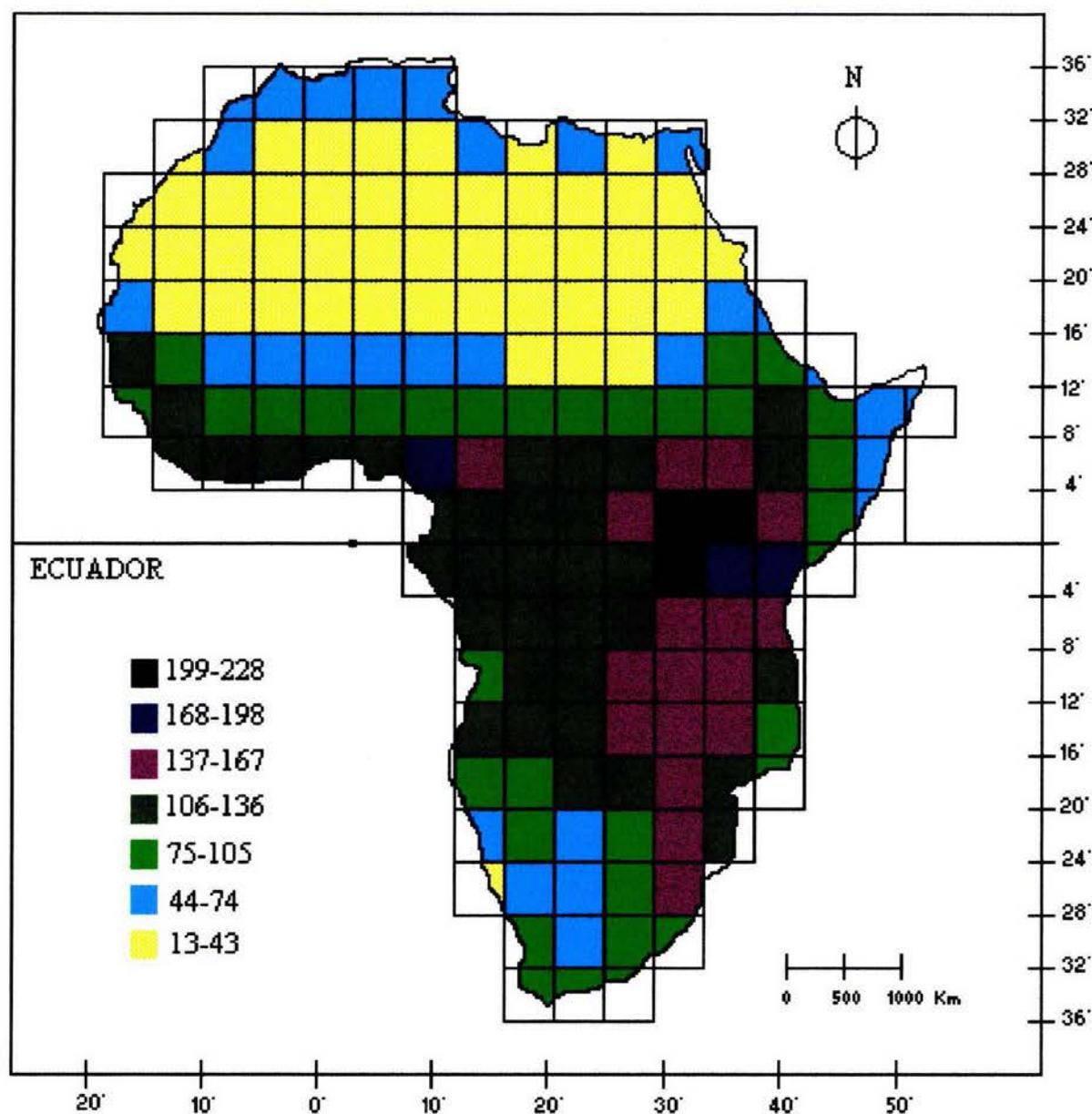


FIGURA 3.- Distribución de la riqueza de especies de mamíferos en el continente africano.

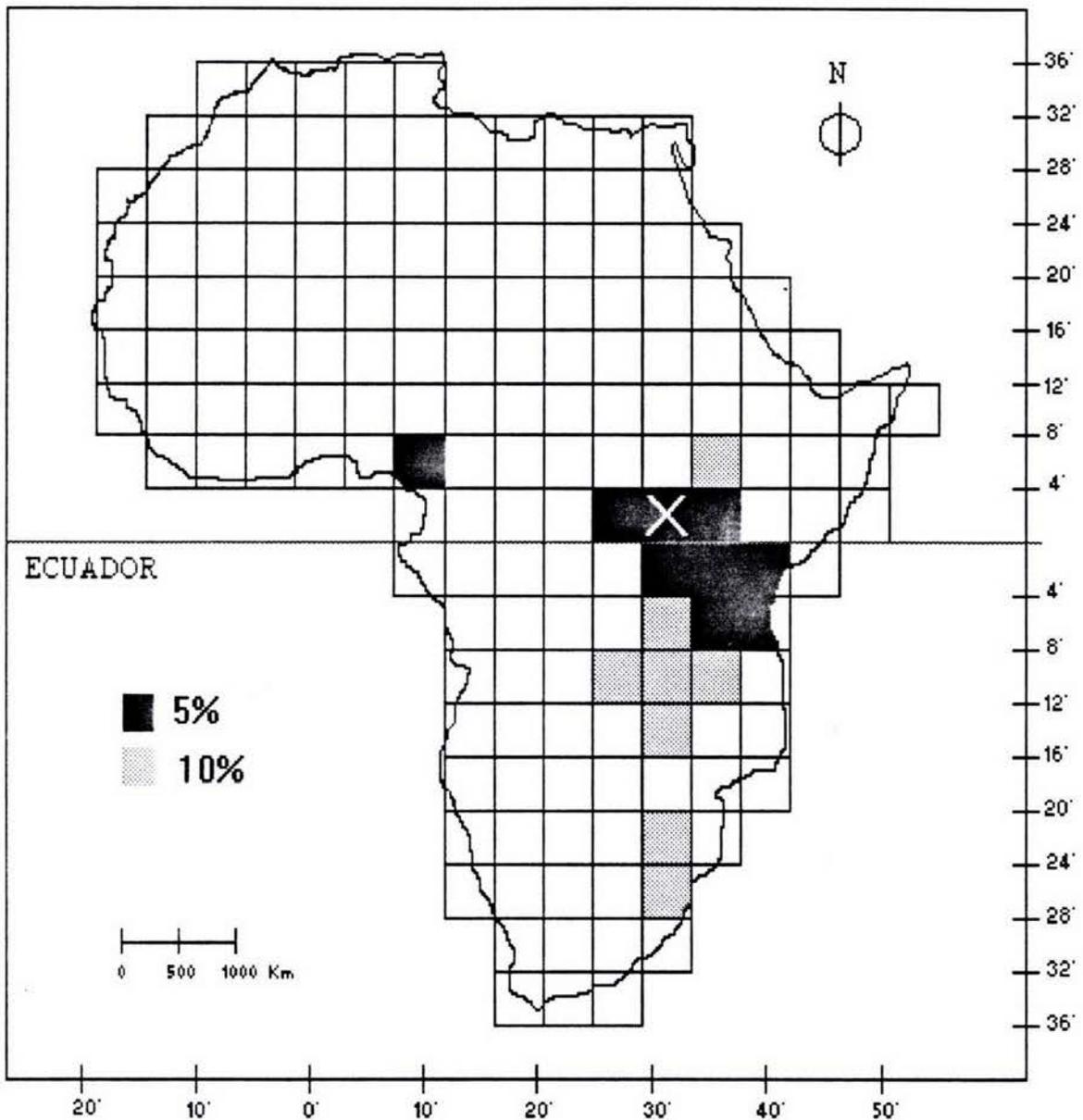


FIGURA 4.- Distribución de los cuadrantes con los valores más altos de riqueza de especies de mamíferos presentes en África. El 5% incluye valores de 159 a 228 especies y el 10% a valores de 144 a 228 especies. El cuadro marcado con X es el que tiene el valor más alto (228).

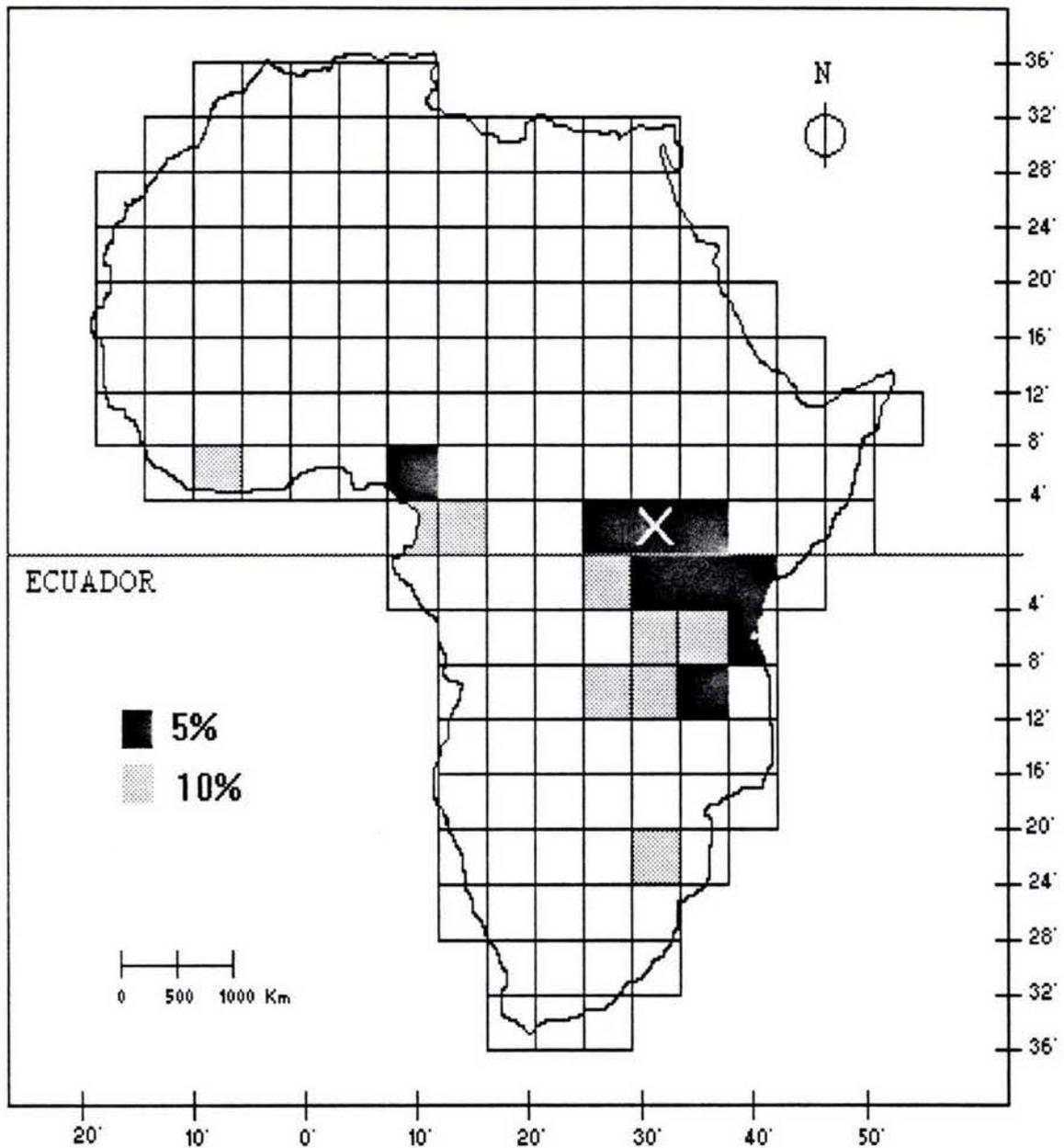


FIGURA 5.- Distribución de los cuadrantes con los valores más altos de riqueza de especies de mamíferos endémicos al continente africano. El 5% incluye valores de 136 a 203 especies y el 10% valores de 125 a 203 especies. El cuadro marcado con X es el que tiene el valor más alto (203).

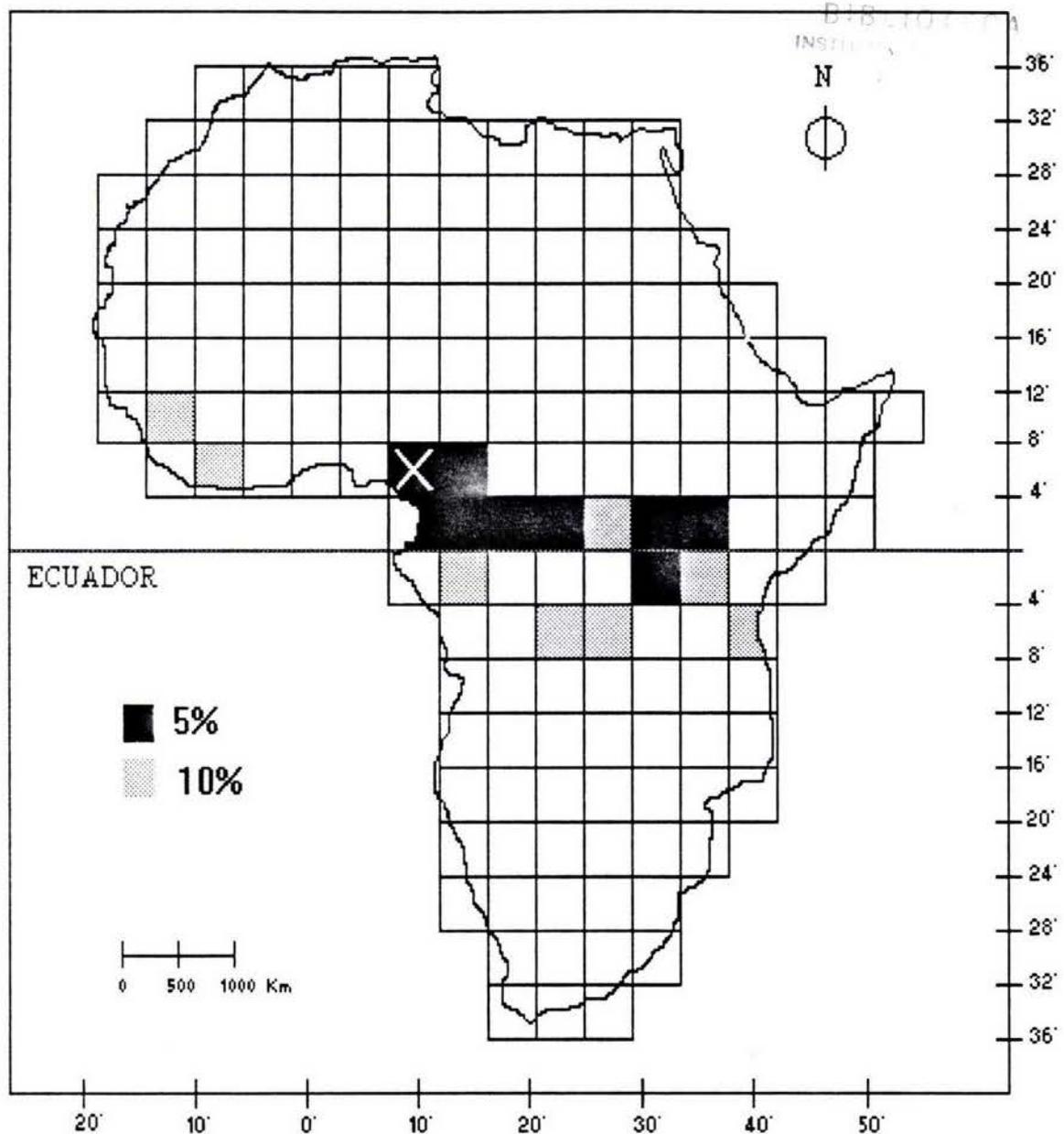


FIGURA 6.- Distribución de los cuadrantes con los valores más altos de riqueza de especies amenazadas de mamíferos de África. El 5% incluye valores de 37 a 48 especies y el 10% a valores de 34 a 48 especies. El cuadro marcado con X es el que tiene el valor más alto (48).

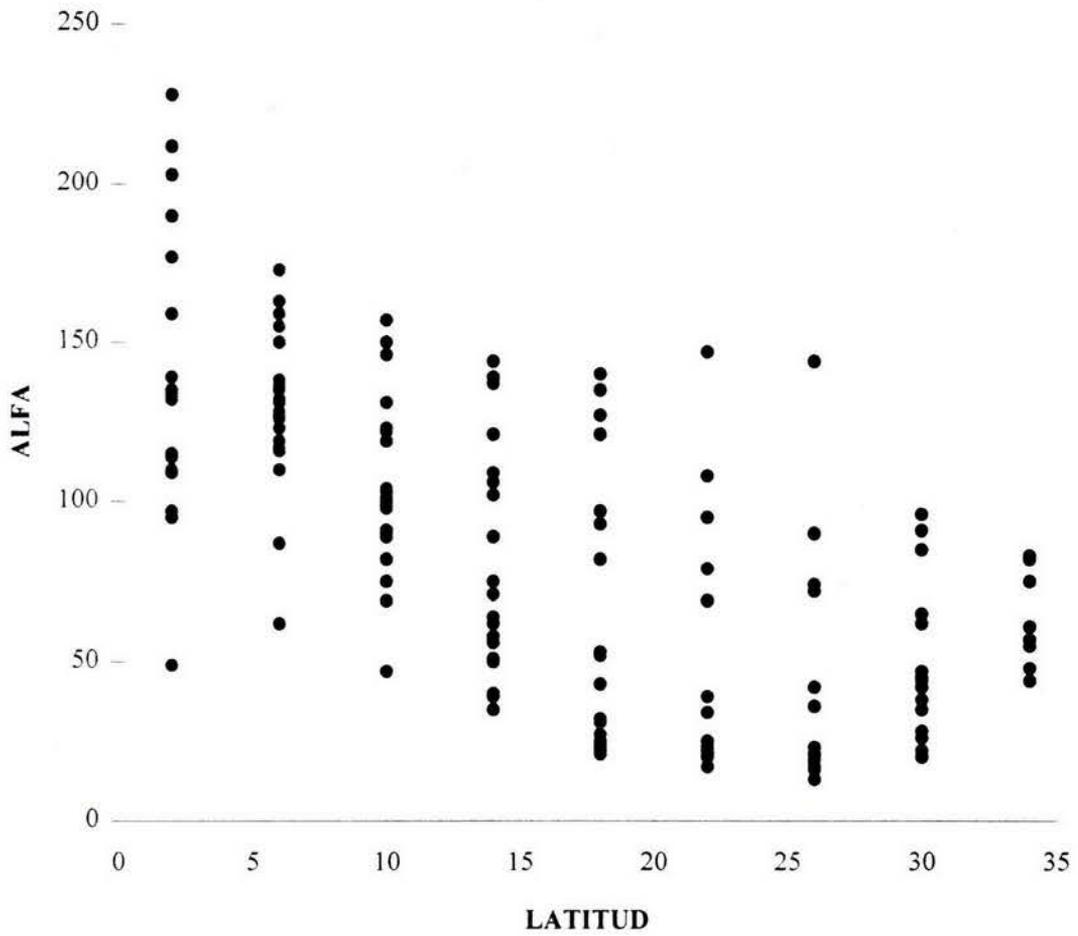


FIGURA 7. Relación de los valores de diversidad alfa vs. latitud en el continente Africano.

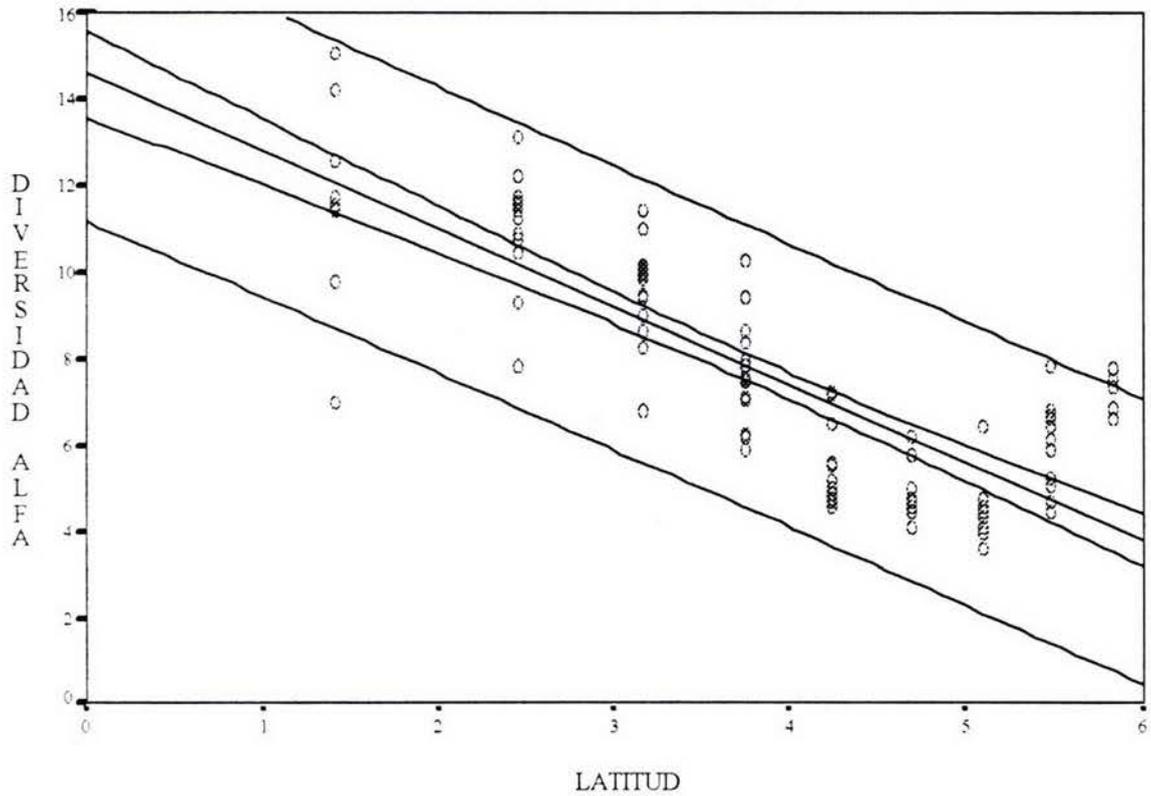


FIGURA 8.- Regresión de los valores de alfa vs. latitud para la fracción norte del continente. El valor de  $R^2$  fue 0.66 y el de la pendiente fue -1.81. Los valores de ambos ejes corresponden a la raíz cuadrada. El valor de  $R^2=0.66$ . El primer intervalo después de la recta teórica corresponde al 95% de confianza y el segundo intervalo corresponde al 95% de predicción.

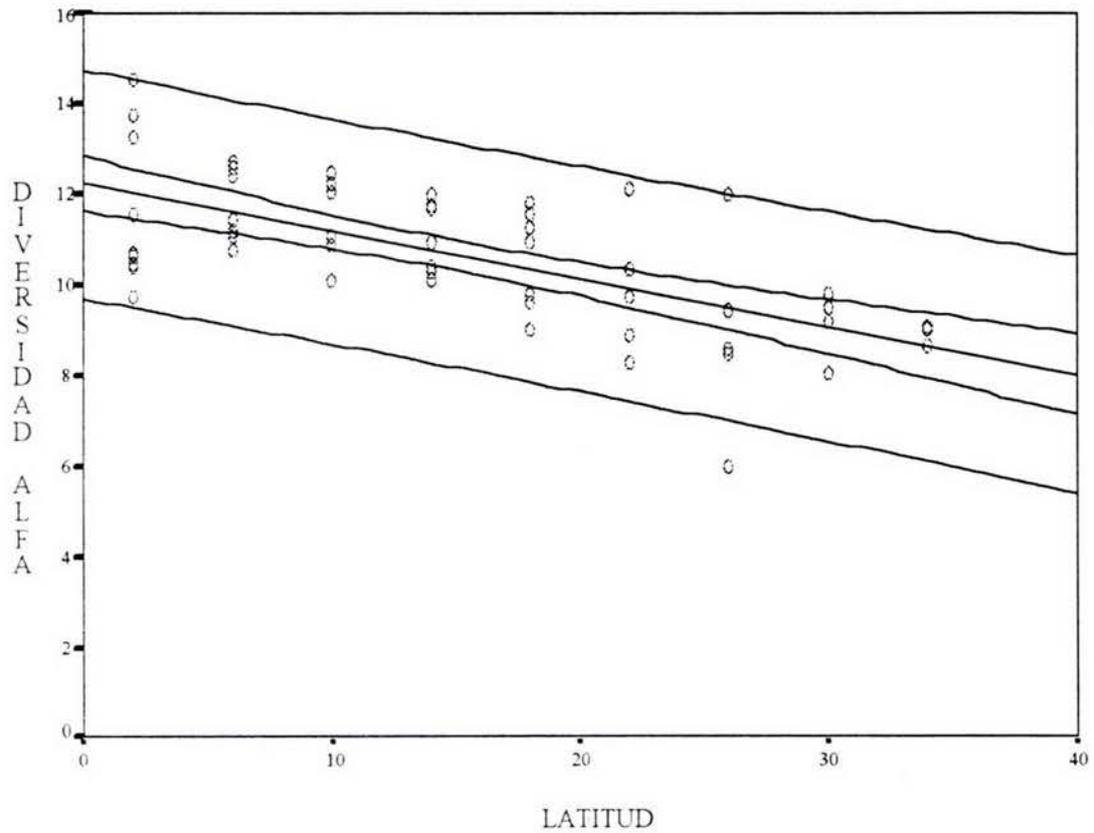


FIGURA 9.- Regresión de los valores de alfa vs. latitud para la fracción sur del continente. El valor de  $R^2$  fue de 0.42 y el de la pendiente -0.10. Los valores de alfa son la raíz cuadrada y el de la latitud son valores absolutos. El valor de  $R^2=0.42$ . El primer intervalo después de la recta teórica corresponde al 95% de confianza y el segundo intervalo al 95% de predicción.

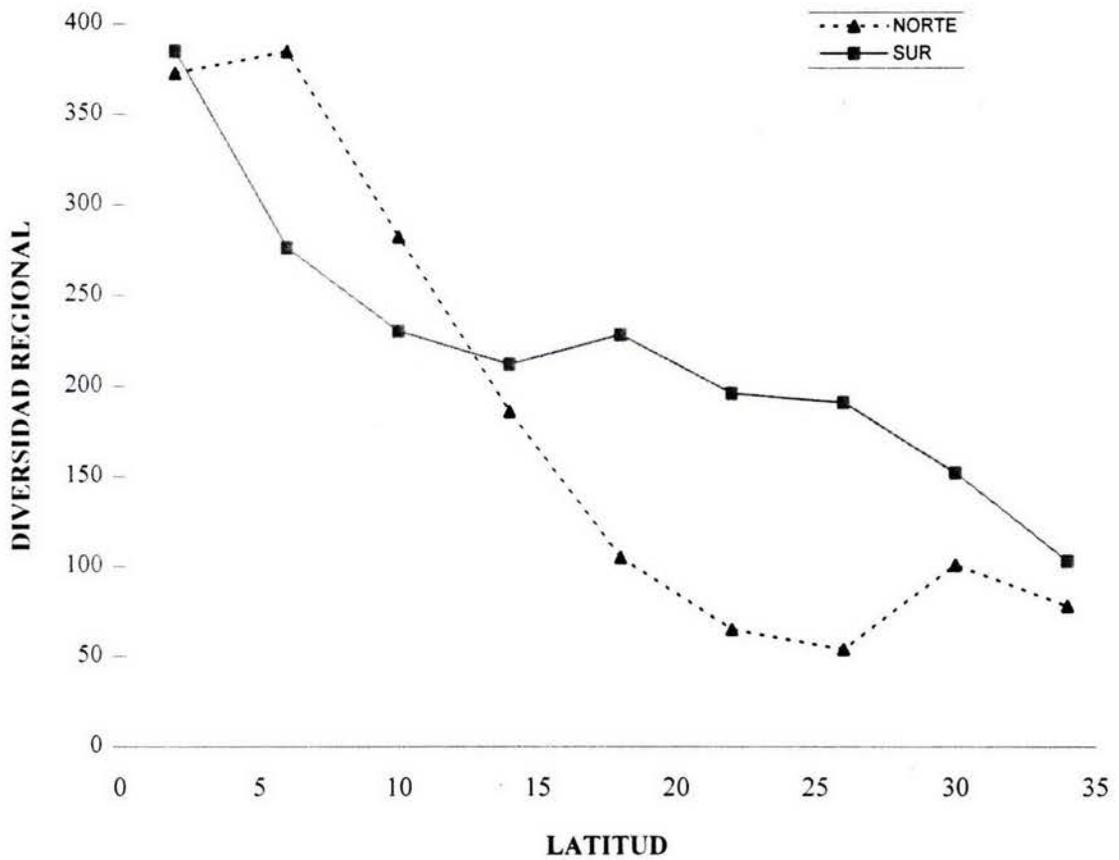


FIGURA 10.- Variación latitudinal de la diversidad regional considerando los cuadrantes al norte (triángulos) y sur (cuadros).

## DISCUSIÓN

### Diversidad y Representatividad

La región Etiópica, comprendida en África, posee 52 familias y es la más diversa mastofauna a nivel de familia de las 6 regiones zoogeográficas (Cole et al., 1994). Específicamente el continente tiene la mayor diversidad mundial de insectívoros, primates, hiracoideos, artiodáctilos, folidotos y perissodáctilos.

A nivel de orden es interesante notar que África posee casi la mitad de todos los artiodáctilos y los perissodáctilos del mundo; es decir mantiene la mayor diversidad de megaherbívoros del mundo. Este continente también tiene gran importancia para los Primates, ya que poco menos de la mitad del total mundial (38 %) de este orden es endémica a esta región, y 10 de los 15 países más diversos para este orden son del continente africano (Mittermeier, 1988). En contraste los lagomorfos tienen una representación muy pobre con sólo el 12 % del total mundial.

Pero África no sólo es importante por su impresionante y atractiva megafauna, ya que grupos de mamíferos de talla pequeña también son diversos en esta zona. En la región Etiópica existen 179 insectívoros y 374 roedores (Cole et al., 1994), estas cifras aumentan hasta 188 y 399 especies respectivamente para todo el continente. Aún más importante es la alta posibilidad de que el número de especies aumente en estos grupos conforme se realicen estudios taxonómicos detallados en géneros tales como *Lemniscomys* (Rodentia), el cual quizás esté representado por más especies de las que actualmente se reconocen (M. D. Carleton., com. pers.). Basta mencionar que a partir de estudios taxonómicos del género *Eliurus*, endémico a la isla de Madagascar, se reconocieron recientemente dos nuevas especies de estos roedores

(Carleton, 1994), lo que demuestra la vital importancia de la labor taxonómica. Sin embargo, para los fines del presente trabajo es poco factible que estos cambios modifiquen mucho los resultados ya que estos muestran las grandes tendencias de los patrones a nivel continental.

### **Especies en Riesgo de Extinción**

La diferencias entre el número de especies que considera cada organismo de conservación se debe primordialmente a que cada una considera diferentes categorías y criterios para asignar un status a una especie. Se ha argumentado en contra de las categorías de conservación utilizadas y a favor de la necesidad de un sistema de clasificación que este basado en la determinación de la probabilidad de extinción sobre un intervalo de tiempo determinado (Mace y Lande, 1991). Recientemente dicho sistema fue adoptado por la UICN (Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN, 1994) pero las listas más completas aún conservan el sistema anterior.

Con los datos disponibles actualmente sobre África es interesante notar que ninguna especie de Rodentia, el orden más diverso de este continente, se encontró contemplada en las categorías de conservación del ESA y de UICN y sólo 5 especies de roedores se encontraron en el apéndice III de CITES. A la vez ninguna especie continental de quiróptero estuvo incluida en las listas de especies en riesgo, contemplandose sólo especies insulares. El Centro Mundial del Monitoreo de la Conservación (WCMC, 1992) reporta que a nivel mundial primates, carnívoros, artiodáctilos, proboscídeos y perissodáctilos son los órdenes más amenazados. Los primeros tres contribuyen con más de la mitad de las especies de la categoría de “en peligro” de la UICN y corresponden únicamente al 14.6% del total mundial de mamíferos. Si a esto aunamos que la mayor diversidad de primates, artiodáctilos y

perissodáctilos se encuentran en África, como se menciona en el inciso anterior, este continente es entonces la región más importante para la conservación de estos megaherbívoros.

Finalmente hay que tomar en cuenta que las “listas rojas” tales como las de UICN son un compendio global de animales amenazados; sin embargo, hay muchas especies que están en peligro ya sea por que no se han descrito (eg., problemas taxonómicos de diferenciación de especies) o porque su estado de conservación no ha sido revisado (WCMC, 1992). Un claro ejemplo es el reportado por Ceballos y Brown (1995) donde se muestra que la diferencia del número de especies amenazadas entre las listas oficiales internacionales y las listas regionales en 6 países es casi el doble. También se piensa que los números de especies amenazadas en las listas internacionales están por debajo de los número reales, aún en grupos bien estudiados como aves y mamíferos, debido a que muchas especies tropicales no han recibido la atención para entrar en dichas listas (Smith, et al., 1993).

### **Patrones de densidad de especies**

Para poder explicar la distribución de estas áreas de mayor diversidad es necesario ubicar primero la escala utilizada para el análisis; es decir, el área que abarca cada cuadro de la retícula. Anderson y Marcus (1993) encontraron que los resultados pueden variar ampliamente dependiendo del tamaño del cuadro que se utiliza para medir la densidad de especies: un mayor cuadro sobrelapa parte del área de distribución de especies previamente no contempladas aumentando así la cifra de especies para dicho cuadro. Debido a esta variación en la riqueza dependiente del tamaño del cuadro es recomendable establecer conclusiones sobre los patrones y no las densidades de especies (Anderson y Marcus, 1993). El presente análisis del continente

africano sirve para revelar patrones regionales y para mostrar las tendencias en la distribución de la riqueza de especies.

Uno de los patrones más claros es la coincidencia de los cuadros más diversos con el este de África que es una región de gran heterogenidad ambiental. Esta región con los cuadros más diversos posee grandes contrastes: en la parte más norteña están las zonas áridas del sur de Etiopía y Sudán; abarca la parte noreste de Zaire, que posee bosque tropical y sabanas húmedas, las montañas Ruwenzori y el lago Albert de Uganda; también comprende las montañas Mitumba, los volcanes Virunga, Kilimanjaro y el Monte Kenia, los lagos Edward, Kivu, Victoria y Tangañica así como la llanura del Serengeti y la estepa Masai, que poseen un tipo de sabana seca y matorral (Kingdon, 1990). Notablemente, dos cuadros de diversidad similar en el oeste de África también coinciden con la región montañosa de Camerún la cual posee también gran heterogenidad orográfica y consecuentemente diferentes zonas de vegetación.

Un patrón similar ya ha sido reportado para el grupo de las aves; también en este caso las áreas de alta diversidad coincidieron con dichas zonas montañosas y la mayor diversidad se encontró igualmente en la región del Lago Victoria (Pomeroy, 1993). Esta congruencia tiene importantes implicaciones para conservación ya que uno de los criterios más utilizados para la elección de sitios destinados a conservación es precisamente el número de especies presentes en dichos sitios y por lo tanto estas zonas serían aptas para la conservación de estos dos grupos de vertebrados. Sin embargo, en otros estudios se ha mostrado que las áreas ricas en especies frecuentemente no coinciden para diferentes taxa y tampoco coinciden con la presencia de especies con distribución restringida; i.e, endémicas (Prendergast et al., 1993; Ceballos y

Brown, 1995). En el caso de África existe poca información a nivel continental de la distribución de la riqueza de especies en otros grupos taxonómicos, pero con la información disponible para el caso de las angiospermas efectivamente la zona con la mayor diversidad de este grupo no coincide con la de aves y mamíferos (Pomeroy, 1993).

En el presente trabajo se encontró una gran congruencia en la distribución de la riqueza total y la distribución de la riqueza de las especies endémicas; sin embargo, esto se debió a que se definieron como endémicas aquellas especies únicas al continente y por lo tanto el nivel de endemismo fue muy alto y los patrones de distribución de estas dos categorías resultaron tan parecidos. El grado de correspondencia entre las áreas de alta diversidad y alta endemidad dependen en gran medida de la escala utilizada, ya que conforme se incrementa el área de estudio es más probable que todo el rango de distribución de la mayoría de las especies se incluya y por lo tanto se les considere endémicas (Ceballos y Rodríguez, en prensa). Por la misma razón en otros estudios (Ceballos y Brown, 1995) en los que se han utilizado distribuciones artificiales, como países, se ha encontrado una baja correspondencia entre alta diversidad y alta endemidad. Bibby et al. (1992) reportan la existencia de 9 áreas de endemismo en mamíferos (excluyendo quirópteros) en África: 5 de estas zonas también aparecen como áreas importantes en el presente trabajo, pero las 4 restantes no coinciden debido a que dicho autor utilizó como definición de endémica a las especies con una distribución restringida a menos de 50,000 Km<sup>2</sup>.

A diferencia de la correspondencia encontrada entre los cuadros con la mayor riqueza y la mayor riqueza de endémicos, los cuadros con la mayor riqueza de especies en peligro no mostró el mismo patrón que las dos anteriores. Esto se debe a que existen diferencias en los

factores que ocasionan estos patrones, mientras que los sitios de alta riqueza y endemidad están relacionados con eventos históricos, biogeográficos y ecológicos, la ubicación de los sitios con elevado número de especies en riesgo depende principalmente de actividades antrópicas que afectan negativamente la distribución de las especies (Ceballos y Rodríguez, en prensa). La mayoría de los cuadros que tienen alto número de especies en alguna categoría de conservación coinciden con la distribución del bosque tropical y muestran un patrón de distribución alrededor de la zona ecuatorial, a diferencia de los cuadros con mayor número de especies que muestran un patrón de distribución sobre el este de África. Existen cuadros que a pesar de tener una riqueza intermedia (103-136 sp) se encontraron dentro del 10% de los cuadros con los valores más altos de especies en riesgo, tal es el caso de la región de Costa de Marfil, Liberia, Guinea y Sierra Leona así como también la zona comprendida por el este de Gabón y la parte central de Congo y Zaire. La coincidencia entre los cuadros con la distribución del bosque tropical puede ser quizás un reflejo del proceso de destrucción de este bioma, un posible indicador de este deterioro es el estado de conservación de un grupo de mamíferos netamente tropical.

Al comparar la composición taxonómica de las especies en peligro por cuadro, el número de especies de primates es el determinante principal de los cuadros con la mayor riqueza de especies amenazadas: el cuadro más diverso de todo el continente posee 228 especies, de ellas 48 están en alguna categoría de conservación y 12 (28%) son especies de primates. Sin embargo, el cuadro con el mayor número de especies amenazadas posee un total de 173 especies, 48 están en alguna lista de conservación y de estas 22 (45%) son primates. En los 6 cuadros ubicados sobre la zona de bosque tropical, que forman parte del 5% de los

cuadros con los valores más altos de riqueza de especies amenazadas, los primates representan entre el 38% y el 45% del total de especies en peligro. Esto, aparte de indicar lo importante de la urgencia de conservación de este grupo puede evidenciar también la posibilidad de que otros grupos más diversos, pero menos conspicuos tales como roedores, insectívoros o quirópteros estén inadecuadamente representados en las listas de conservación.

Es interesante notar también que la serie de cuadros que abarcan la costa mediterránea de África, a pesar de tener una riqueza relativamente baja poseen una mastofauna importante ya que representan la combinación de elementos africanos, elementos del Paleártico y sus propios endémicos a esta región (e.g., *Macaca sylvanus*, algunas especies del género *Gerbillus* y *Elephantulus rozeti*). A esta zona llegan marginalmente algunas especies cuya distribución principal esta en el Paleártico y para algunas esta región podría funcionar como ultimo reducto de su distribución. *Vulpes vulpes*, *Eliomys quercinus*, *Apodemus sylvaticus*, *Plecotus austriacus*, *Barbastella barbastellus*, *Myotis capaccini* y *Pipistrellus pipistrellus* son ejemplos de algunas especies que llegan marginalmente al continente. Un caso especial es el del ciervo rojo *Cervus elaphus*, ya que en la parte noroeste de África se encuentra la subespecie *C.e. barbarus*, que es endémica a la región y se encuentra dentro de las listas de taxa amenazadas.

### **Patrón latitudinal**

El valor negativo obtenido de la correlación para todos los valores de alfa y la latitud demuestra la relación existente entre estas dos variables: mientras la latitud se incrementa la riqueza decrece.

Con el modelo de regresión usado, algunos valores de alfa de la fracción norte del continente quedaron fuera de los límites del 95% de predicción (Figura 8): un valor en el

ecuador posee menos especies que las que predice el modelo para esa latitud; sin embargo, dicho cuadro tiene un área reducida si lo comparamos con los otros cuadros de la misma franja latitudinal (Figura 3). En cambio, dos cuadros de la franja latitudinal comprendida entre los 32° y los 36° latitud norte, tienen valores de alfa más altos que los que predice el modelo, lo cual quizás se deba al aporte de especies del paleártico a estos cuadros. En la fracción sur solo se encontró un valor fuera de los límites de predicción, de manera similar al primer caso este valor representa un cuadro con área reducida y por lo tanto un menor número de especies.

Las marcadas diferencias entre el patrón latitudinal de las fracciones sur y norte del continente pueden deberse a varias razones. Existe una clara diferencia en el cambio latitudinal del área para cada fracción, mientras en el sur hay una disminución del ecuador hacia el sur, en el norte existe un aumento del ecuador hacia el norte. También hay grandes diferencias en la orografía de cada fracción: en la fracción sur la parte este posee una región montañosa, la zona de la Falla Albertina, que coincide con la región de mayor riqueza del continente, 12 de los 17 cuadros con los valores más altos de riqueza están en esta zona. Por el contrario, el norte sólo tiene 5 de estos 17 cuadros y tiene una extensa región desértica que coincide con los cuadros de menor diversidad. Kaufmann (1995) también encontró diferencias entre las fracciones sur y norte del continente americano, las cuales atribuyó tanto al componente biótico (diferencias entre los componentes de cada fracción) como al componente abiótico (diferencias de la silueta de las fracciones norte y sur de América).

Al comparar los resultados con los obtenidos para América por Kaufman (1995) resaltan los valores tan altos de  $R^2$ , tanto para el norte (0.97) como para el sur (0.92), comparados con los correspondientes valores para el continente africano. También en los dos

casos el valor de la pendiente fue mucho más pronunciada para las dos fracciones americanas lo que indica un gradiente latitudinal más acentuado. Desafortunadamente esta autora no menciona la metodología utilizada para ubicar el número de especies por latitud (bandas o cuadros y su amplitud latitudinal), para poder establecer comparaciones con los resultados obtenidos para África.

### **Implicaciones para conservación**

Los patrones observados para África son congruentes con los obtenidos para otras regiones; la mayor diversidad en los trópicos, el gradiente latitudinal de riqueza de especies y la mayor riqueza en regiones con heterogeneidad ambiental ya han sido reportadas en otros trabajos (Owen, 1990; Arita, 1993; Ceballos y Brown, 1995; Kaufman, 1995). Los patrones encontrados tienen importantes implicaciones para la conservación de la mastofauna africana. En primer lugar la alta correspondencia entre las áreas de alta diversidad y alta endemidad facilita la ubicación de posibles áreas protegidas o resaltaría la importancia de las ya decretadas, ya que se protegerían en una misma zona ambos aspectos de la mastofauna africana. Sin embargo, es necesario recordar que la escala de análisis es continental y que la amplitud de los cuadros es muy grande, dentro de los cuadros con la más alta riqueza es necesario evaluar que áreas son las más representativas para conservar dicha riqueza. Una nueva línea de investigación puede derivarse en este sentido a partir de los resultados del presente trabajo, ya que para África no existía ningún análisis de todo un grupo taxonómico para toda la región.

La ubicación de áreas protegidas se hace más compleja por la baja correspondencia encontrada entre las áreas de alta riqueza y riqueza de endémicos, con las áreas de especies amenazadas. Por lo tanto, en el diseño de reservas destinadas a la conservación de los

mamíferos africanos no sólo se deben tomar en cuenta los sitios con alta diversidad y alta riqueza de endémicos, sino también los sitios con alta concentración de especies en peligro (Ceballos y Rodríguez, en prensa). En África, como se mencionó anteriormente, el grupo de los primates es el que determina la ubicación de la áreas con mayor riqueza de especies amenazadas; sin embargo, existen grupos más diversos que están representados por pocas especies en las listas de conservación, como es el caso de los quirópteros, de los cuales no hubo ninguna especie continental contemplada en estas listas. Una revisión del estado de conservación de grupos diversos como insectívoros, roedores y quirópteros podría mostrar nuevas áreas importantes para conservación o corroborar si la zona de bosque tropical es la que requiere de las acciones mas inmediatas.

En África otra zona importante para conservación, a pesar de tener una baja riqueza de especies y baja riqueza de especies amenazadas, es la fracción paleártica del continente. Como se mencionó, los cuadros que cubren toda la costa norte de África poseen una mastofauna muy peculiar que comprende elementos africanos, elementos endémicos a esta zona y elementos cuya distribución principal se encuentra en Eurasia. Este último grupo es importante para África, a pesar de tener una distribución amplia en Eurasia e inclusive para algunas especies representa reductos de su distribución.

Otra de las prioridades de conservación son los elementos africanos que forman parte de la megafauna que caracteriza el continente, muchas de estas especies han sufrido una disminución masiva y han desaparecido de gran parte de su distribución original. El elefante africano, *Loxodonta africana*, es un claro ejemplo de esta pérdida: en 1978 existían alrededor de 1'700,00 elefantes en África, pero hace cinco años se calculaba que existían únicamente

unos 600,000 elefantes silvestres, lo que representa una desaparición de más de la mitad de los individuos de esta especie en tan sólo diez años (Cadieux, 1991). Los elefantes existen aún en 31 países africanos, pero están en peligro en 28 de estos; la principal causa de su declinación es la caza furtiva para obtener los colmillos de estos animales.

Los dos rinocerontes africanos, *Ceratotherium simum* y *Diceros bicornis*, están mas amenazados: la demanda de los cuernos de estas especies para la fabricación de mangos para dagas y como ingrediente de medicinas tradicionales los ha llevado al borde de la desaparición: el número de rinocerontes negros, *D. bicornis*, ha disminuido de 65,000 a 3,800 individuos de 1970 a 1987, y el rinoceronte blanco, *C. simum*, prácticamente no existe fuera de los parques de la provincia de Natal en Sudáfrica (Cadieux, 1991).

También las especies de la megafauna del desierto de El Sahara y Sahel han tenido una gran disminución, entre ellas están el addax, *Addax nasomaculatus*, el oryx cuerno de cimitarra, *Oryx dammah*, y varias especies de gacelas, *Gazella* spp. En 1981 se estimó que existían sólo 1,500 individuos del oryx cuerno de cimitarra en vida silvestre (Newby, 1984) y actualmente ya no hay poblaciones silvestres de esta especie.

Los volcanes Virunga, en la frontera de Zaire, Uganda y Rwanda, así como el Bosque Impenetrable en Uganda forman el último reducto de 738 Km<sup>2</sup> para los últimos 600 gorilas de montaña que existen en vida silvestre. Las guerras civiles, la caza furtiva y la deforestación son las razones principales que han llevado a ese extremo a los gorilas de montaña (Schaller, 1995).

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se encontró que un total de 1,111 mamíferos terrestres han sido registrados para África lo que representó el 24% de todas las especies de mamíferos descritas.

De 80 a 189 especies estuvieron consideradas dentro de las listas de conservación, dependiendo del organismo que realizó la categorización (CITES, UICN y ESA). El orden primates apareció consistentemente como el más amenazado en los tres sistemas de clasificación de especies en peligro y ninguna especie de quiróptero continental estuvo considerada dentro de las listas de conservación a pesar de ser un grupo diverso en África.

Al igual que en otros grupos taxonómicos y en otros continentes, se encontró una relación inversamente proporcional entre la riqueza de especies y la latitud: existe un mayor número de especies de mamíferos en la parte tropical del continente que en los extremos sur y norte de este. Sin embargo, existieron notables diferencias de este gradiente latitudinal entre las fracciones sur y norte del continente: del ecuador hacia la costa del mediterráneo el cambio fue mucho más pronunciado que el descenso gradual encontrado en el sur del continente.

La distribución de las especies de mamíferos terrestres en el continente fue muy heterogénea. La zona con la mayor riqueza de especies y especies endémicas al continente se encontró sobre la parte ecuatorial en el este de África y la zona con la mayor cantidad de especies en peligro se localizó en el centro del continente sobre Camerún y parte de Nigeria. Estos resultados señalan a estas dos áreas como prioritarias para conservación, pero en este sentido existen limitaciones en el tipo de análisis utilizado, ya que se usaron distribuciones históricas y por el tamaño de cuadro utilizado. Sin embargo, los patrones de distribución encontrados son muy útiles ya que proveen la información para ubicar áreas importantes desde una visión continental. Al ser esta la primera contribución para el grupo de los mamíferos con este tipo de análisis, nuevos trabajos pueden derivarse a otra escalas para poder establecer los sitios específicos a proteger.

La conservación del continente africano sólo podrá lograrse con base en un esfuerzo mundial. Muchos países están implicados en la conservación de su fauna como lo demuestran los ejemplos mencionados; la demanda del marfil de los elefantes y de los cuernos de rinoceronte en otros países no africanos los comprometen en la conservación de estas especies, los rangos de distribución de muchas especies abarcan varios países y zonas importantes para conservación se encuentran sobre las fronteras de países africanos. Es necesario realizar estudios en otros grupos taxonómicos, en diferentes escalas y con otros criterios, para ubicar en el continente los sitios de alta diversidad biológica en general. Finalmente, se requiere la integración de esta información con los factores sociales y económicos de la región, de manera que se puedan establecer planes de manejo para la preservación a largo plazo de la biodiversidad presente en cada país africano.

## LITERATURA CITADA

- Anderson, S y L. Marcus. 1993. Effect of quadrat size on measurements of species density. *Journal of Biogeography*, 20:421-428.
- Arita, H.T. 1993. Riqueza de especies de la mastofauna de México. Pags. 109-128. *En*: Medellín R.A. y G. Ceballos (eds.). *Avances en el estudio de los mamíferos de México*. Asociación Mexicana de Mastozoología. México.
- Bibby, C.J., N.J. Collar, M.J. Crosby, M.F. Heath, Ch. Imboden, T.H. Johnson, A.J. Long, A.J. Stattersfield y S.J. Thirdgood. 1992. Putting biodiversity on the map: priorities areas for global conservation. International Council for Bird Preservation. Cambridge, Inglaterra, 90 pp.
- Brown, J.H. 1973. Species diversity of seed-eating desert rodents in sand dune habitats. *Ecology*, 54: 775-787.
- Brown, H.J. y C.A. Gibson. 1983. *Biogeography*. Mosby Co., Missouri, E.U., 643 pp.
- Cadieux, C.L. 1991. *Wildlife extinction*. Stone Wall Press, Inc., Washington, D.C., 259 pp.
- Carleton, M.D. 1994. Systematic studies of Madagascar's endemic rodents (Muroidea: Nesomyinae): revision of the genus *Eliurus*. *American Museum Novitates*, 3087:1-55.
- Ceballos, G. y J.H. Brown. 1995. Global patterns of mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Conservation Biology*, 9:559-568.
- Ceballos, G y P. Rodríguez. 1993. Diversidad y conservación de los mamíferos de México: II. Patrones de endemidad. Pags. 87-108. *En*: Medellín R.A. y G. Ceballos (eds.). *Avances en el estudio de los mamíferos de México*. Asociación Mexicana de Mastozoología. México.
- Ceballos, G. y P. Rodríguez. en prensa. Assessing conservation priorities in a megadiversity country: patterns of mammalian diversity, endemism, and endangerment in Mexico. *Ecological Applications*.
- Cody, M.L. 1986. Diversity, rarity, and conservation in Mediterranean climate regions. Pags. 123-152 *En*: Soulé, M.E. (ed.). *Conservation Biology*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts.

- Cole, F.R., D.M. Reeder y D.E. Wilson. 1994. A synopsis of distribution patterns and the conservation of mammals species. *Journal of Mammalogy*, 75:266-276.
- Comisión de supervivencia de especies de la UICN. 1994. Categorías de las listas rojas de la UICN. Gland, Suiza. 22 pp.
- Crowe, T.M. y A.A. Crowe. 1982. Patterns of distribution, diversity and endemism in Afrotropical birds. *Journal of Zoology*, 198:417-442.
- Currie, D.J. 1991. Energy and large-scale patterns of animal- and plant- species richness. *The American Naturalist*, 137(1):27-49.
- Currie, D.J. and V. Paquin. 1987. Large scale biogeographical patterns of species richness of trees. *Nature*, 329:326-327.
- Dudley, J.P. 1996. Biodiversity in southern Africa, an overview. *Wild Earth*, 6(3):26-30.
- Ehrlich, P.R. y A.H. Ehrlich. 1981. Extinction, The causes and consequences of the disappearance of species. Ballentine Books, Nueva York, E.U. 384 pp.
- Fleming, T.H. 1973. Numbers of mammals species in north and central american forest communities. *Ecology*, 54: 555-563.
- Flessa, K.W. 1975. Area, continental drift and mammalian diversity. *Paleobiology*, 1:180-194.
- Graham, G.L. 1983. Changes in bat species diversity along an elevational gradient up the peruvian Andes. *Journal of Mammalogy*, 64(4):559-571.
- Graves, W. 1990. National Geographic Atlas of the World. National Geographic Society. Washington, D.C., 137 pp.
- Huston, M. 1979. A general hypothesis of species diversity. *The American Naturalist*, 113(1):81-101.
- Jablonsky, D. 1991. Extinctions: a paleontological perspective. *Science*, 253:754-757.
- Janzen, D.H. 1981. The peak in North American Ichneumonid species richness lies between 38° and 42° N. *Ecology*, 62(3):532-537.
- Kaufman, D.M. 1995. Diversity of New World mammals: Universality of the latitudinal gradients of species and bauplans. *Journal of Mammalogy*, 76(2):322-334.

- Kershaw, M., G.M. Mace y P.H. Williams. 1995. Threatened status, rarity and diversity as alternative selection measures for protected areas: a test using Afrotropical antelopes. *Conservation biology*, 9(2):324-334.
- Kingdon, J. 1990. *Island Africa. The evolution of Africa's rare animals and plants.* William Collins Sons and Co., Londres, Inglaterra. 287 pp.
- Letcher, J.A. y P.H. Harvey. 1994. Variation in geographical range size among mammals of the palearctic. *The American Naturalist*, 144(1):30-42.
- MacArthur R.H. y E.O. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography.* Princenton University Press, Princenton, Nueva Jersey, E.U., 203 pp.
- Mace, G.M. y R. Lande. 1991. Assessing extinction threats: toward a reevaluation of IUCN threatened species categories. *Conservation Biology*, 5(2):148-157.
- McCoy, E.D. y E.F. Connor. 1980. Latitudinal gradients in the species diversity of north american mammals. *Evolution*, 34(1): 193-203.
- Meffe, G.K. y C.R. Carroll. 1994. *Principles of Conservation Biology.* Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, E.U. 600 pp.
- Newby, J. 1984. The role of protected areas in saving the Sahel. Pags 130-136 *En: McNeely J.A. y K.R. Miller (eds.). National Parks, Conservation and Development, the role of protected areas in sustaining society.* Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- Mittermeier, R.A. 1988. Primate diversity and the tropical rainforest: Case studies from Brazil and Madagascar and the importance of megadiversity countries. Pags 145-154 *En: E.O. Wilson (ed). Biodiversity.* National Academy press, Washington, D.C.
- Myers, N. 1972. National parks in savannah Africa. *Science*, 178:1255-1263.
- Myers, N. 1988a. Threatened biotas: "Hot spots" in tropical forests. *The Environmentalist*, 8(3): 187-208.
- Myers, N. 1988b. Tropical forests and their species, going, going? *En: Wilson, E.O. (ed). Biodiversity.* National Academic Press, Washington, D.C., E.U
- Owen, J.G. 1990. Patterns of mammalian species richness in relation to temperature, productivity, and variance in elevation. *Journal of Mammalogy*, 73:1-13.

- Pagel, M.D., R.M. May y A.R. Collie. 1991. Ecological aspects of the geographical distribution and diversity of mammalian species. *The American Naturalist*, 137:791-815.
- Pianka, E.R. 1966. Latitudinal gradients in species diversity: a review of concepts. *The American Naturalist*, 100:33-46.
- Pomeroy, D. 1993. Centers of high biodiversity in Africa. *Conservation Biology*, 7(4):901-907.
- Prendergast, J.R., R.M. Quinn, J.H. Lawton, B.C. Eversham y D.W. Gibbons. 1993. Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies. *Nature*, 365:335-337.
- Primack, R.B. 1993. *Essentials of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, E.U. 564 pp.
- Raven, P.H. y E.O. Wilson. 1992. A 50-year plan for biodiversity surveys. *Science*, 258: 1099-1110.
- Rosenzweig, M.L. 1992. Species diversity gradients: we know more and less than we thought. *Journal of Mammalogy*, 73(4):715-730.
- Rosenzweig, M.L. and Z. Abramsky. 1993. How are diversity and productivity related? Pags. 52-65. *En: Ricklefs, R.E. y D. Schluter (eds.). Species diversity in Ecological Communities, historical and geographical perspectives*. The University of Chicago Press, Chicago, E.U.
- Schaller, G.B. 1995. Gentle gorillas, turbulent times. *National Geographic*, 188 (4): 65-68.
- Schluter, D. y R.E. Ricklefs. 1993. Species diversity: an introduction to the problem. Pags 1-10. *En: Ricklefs, R.E. y D. Schluter (eds.). Species diversity in Ecological Communities, historical and geographical perspectives*. The University of Chicago Press, Chicago, E.U.
- Simpson, G.G. 1964. Species density of North American recent mammals. *Systematic Zoology*, 13:57-73.
- Smith, F.D., R.M. May, R. Pellew, T.H. Johnson y K.S. Walter. 1993. Estimating extinction rates. *Nature*, 364:494-496.

- Stevens, G.C. 1989. The latitudinal gradient in geographical range: How so many species coexist in the tropics. *The American Naturalist*, 133(2):240-256.
- Terborgh, J. 1977. Bird species diversity on an Andean elevational gradient. *Ecology*, 58:1007-1019.
- Willig, M.R. y K.W. Selcer. 1989. Bat species density gradients in the New World: a statistical assesment.

## APÉNDICE I

Especies extintas o probablemente extintas en los últimos 500 años, antiguamente presentes en el continente Africano, según Wilson y Reeder (1993) y modificado por Cole, et al. (1994).

Solo especies no localizadas en forma silvestre en los últimos 50 años son incluidas.

Orden/Familia/especie	Distribución	Año de extinción
Orden Chiroptera		
Familia Pteropodidae		
<i>Pteropus subniger</i>	Islas Reunión y Mauricio	
Familia Vespertilionidae		
<i>Kerivoula africana</i>	Tanzania	
Orden Perissodactyla		
Familia Equidae		
<i>Equus quagga</i>	Sudáfrica	1883
Orden Artiodactyla		
Familia Hippopotamidae		
<i>Hexaprotodon madagascariensis</i>	Madagascar	antes de 1600
<i>Hippopotamus lermerei</i>	Madagascar	antes de 1600
Familia Bovidae		
<i>Hippotragus leucophaeus</i>	Sudáfrica	1800
Orden Rodentia		
Familia Muridae		
<i>Leimacomys buettneri</i>	Togo	antes de 1966

## APÉNDICE II

Referencias y fuentes utilizadas para obtener los mapas de distribución.

- Acharya, L. 1992. *Epomophorus wahlbergi*. Mammalian species, 394:1-4.
- Aulagier, S. y M. Thevenot. 1986. Catalogue des mammiferes sauvages du Maroc. Travaux de L'Institut Scientifique, Serie Zoologie N° 41, Rabat, Maroc, 164 pp.
- Boulay, M.C. and C.B. Robbins. 1989. *Epomophorus gambianus*. Mammalian species, 344:1-5.
- Burton, J.A. y B. Pearson. 1987. The Collins guide to the rare mammals of the world. William Collins Sons and Co., Gran Bretaña, 240 pp.
- Carleton, M.D. y B. Robbins. 1985. On the status and affinities of *Hybomys planifrons* (Miller, 1900) (Rodentia: Muridae). Proceedings fo the Biological Society of Washington, 98(4):956-1003.
- Carleton, M.D. y C. Martinez. 1991. Morphometric differentiation among west african populations of the rodent genus *Dasymys* (Muroidea:Murinae), and its taxonomic implications. Proceedings fo the Biological Society of Washington, 104(3):419-435.
- Corbet, G.B. 1978. Mammals of the Palearctic region: a taxonomic review. Cornell University Press, London.
- Dagg, A.I. 1971. *Giraffa camalopardalis*. Mammalian species, 5:1-8.
- Davis, D.H.S. 1974. The distribution of some small southern african mammals. Annals of the Transvaal Museum, 29 (9):135-184.
- Emmons, L. 1975. Ecology and behavior of African rainforest squirrels. Tesis doctoral de la Universidad de Cornell. pag 17.
- Groves, C.P. 1972. *Ceratotherium simum*. Mammalian species, 8:1-6.
- Grubb, P. 1981. *Equus burchelli*. Mammalian species, 157:1-9.
- Haltenorth, T. y D. Helmut. 1980. A field guide to the mammals of Africa including Madagascar. William Collins and Sons Co., Gran Bretaña, 400 pp.
- Jean-Marc Lernoould. 1988. Classification and geographical distribution of guenons: a review. En: Gautier-Hion A., F. Bourliere, J.P. Gautier and J. Kingdon, eds., A

- primate radiation: evolutionary biology of the African guenons. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. pp 54-77.
- Jones, C. 1978. *Dendrohyrax dorsalis*. Mammalian species, 113:1-4.
- Kingdon, J. 1974a. East African mammals. An atlas of Evolution in Africa. Vol II A (Insectivores and bats). University of Chicago Press, Chicago, 341 pp.
- Kingdon, J. 1974b. East African mammals. An atlas of Evolution in Africa. Vol II B (Hares and rodents). University of Chicago Press, Chicago, 369 pp.
- Kingdon, J. 1977. East African mammals. An atlas of Evolution in Africa. Vol III A (Carnivores). University of Chicago Press, Chicago, 476 pp.
- Kingdon, J. 1979. East African mammals. An atlas of Evolution in Africa. Vol III B (Large mammals). University of Chicago Press, Chicago, 436 pp.
- Kingdon, J. 1990. Island Africa. The evolution of Africa's rare animals and plants. William Collins Sons and Co., Londres, Inglaterra. 287 pp.
- Koffler, B.R. 1972. *Meriones crassus*. Mammalian species, 9:1-4.
- Langevin, P. and R.M.R. Barclay. 1990. *Hypsignathus monstrosus*. Mammalian species, 357:1-4.
- Laursen, L. and M. Bekoff. 1978. *Loxodonta africana*. Mammalian species, 92:1-8.
- Oates, J.F. 1988. The distribution of *Cercopithecus* monkeys in West African forests. En: Gautier-Hion A., F. Bourliere, J.P. Gautier and J. Kingdon, eds., A primate radiation: evolutionary biology of the African guenons. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. pp: 78-103.
- Oliver, W.L.R. 1993. Pigs, Peccaries and Hippos. Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN, Suiza, 202 pp.
- O'Shea, J. 1991. *Xerus rutilus*. Mammalian species, 370:1-5.
- Ralls, K. 1973. *Cephalophus maxwellii*. Mammalian species, 31:1-4.
- Ralls, K. 1978. *Tragelaphus eurycerus*. Mammalian species, 111:1-4.
- Raompaey, H.V. and M. Colyn. 1992. *Crossarchus ansorgei*. Mammalian species, 402:1-3.
- von Richter, W. 1974. *Connochaetes gnou*. Mammalian species, 50:1-6.
- Setzer H. W. 1956. Mammals of the Anglo-Egyptian Sudan. Proceedings of the United States National Museum, 106(3377):447-587.

- Shilling D., Singer D. y H. Diller. 1987. Guia de los mamíferos de Europa. Omega, Barcelona, España, 294 pp.
- Skinner, J.D. y R.H.N. Smithers. 1990. The mammals of the southern african subregion. University of Pretoria, Republic of Southafrica, 771 pp.
- Taylor, M.E. 1972. *Ichneumia albicauda*. Mammalian species, 12:1-4.
- Taylor, M.E. 1975. *Herpestes sanguineus*. Mammalian species, 65:1-5.
- Wilson, D.E. y D.M. Reeder (eds.). 1993. Mammal species of the world, a taxonomic and geographic reference. Segunda ed. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 1206 pp
- Yalden, D.W. 1985. *Tachyoryctes macrocephalus*. Mammalian species, 237:1-3.

## APÉNDICE III

### Lista de los mamíferos endémicos a Madagascar

	Nombre común
Orden Insectivora	
Familia Tenrecidae	
Subfamilia Geogalinae	
<i>Geogale aurita</i>	“musaraña-nutria” enana de Madagascar
Subfamilia Orizorictinae	
<i>Limnogale mergulus</i>	tenrec de patas palmeadas o valavonddrano
<i>Microgale brevicaudata</i>	tenrec de cola larga o “tenrec musaraña”
<i>Microgale cowani</i>	“
<i>Microgale dobsoni</i>	“
<i>Microgale dryas</i>	“
<i>Microgale gracilis</i>	“
<i>Microgale longicaudata</i>	“
<i>Microgale parvula</i>	“
<i>Microgale principula</i>	“
<i>Microgale pulla</i>	“
<i>Microgale pusilla</i>	“
<i>Microgale talazaci</i>	“
<i>Microgale thomasi</i>	“
<i>Oryzorictes hova</i>	tenrec del arroz
<i>Oryzorictes talpoides</i>	“
<i>Oryzorictes tetradactylus</i>	“
Subfamilia Tenrecinae	
<i>Echinops telfairi</i>	erizo malagasi enano
<i>Hemicentetes semispinosus</i>	Tenrec listado
<i>Setifer setosus</i>	erizo malagasi gigante
<i>Tenrec ecaudatus</i>	Tenrec
Subfamilia Chrysochloridae	
<i>Chlorotalpa leucorhina</i>	tuza dorada de Madagascar
Familia Soricidae	
Subfamilia Crocidurinae	
<i>Suncus madagascariensis</i>	musaraña almizclera de Madagascar
Orden Chiroptera	
Familia Pteropodidae	
Subfamilia Pteropodinae	
<i>Eidolon dupreanum</i>	murciélago frugívoro
<i>Pteropus rufus</i>	zorro volador de Madagascar
<i>Rousettus madagascariensis</i>	murciélago frugívoro de Rousette

Familia Emballonuridae	
<i>Emballonura atrata</i>	murciélago de cola evainada malagasi
Familia Rhinolophidae	
Subfamilia Hipposiderinae	
<i>Triaenops furculus</i>	murciélago malgasi de triple hoja nasal
Familia Myzopodidae	
<i>Myzopoda aurita</i>	murciélago de pie con disco de succión
Familia Vespertilionidae	
Subfamilia vespertilioninae	
<i>Myotis goudoti</i>	murciélago café de Madagascar
<i>Scotophilus robustus</i>	murciélago amarillo o casero
<i>Scotophilus borbonicus</i>	“
Orden Primates	
Familia Cheirogaleidae	
Subfamilia Cheirogaleinae	
<i>Allocebus trichotis</i>	lemur enano de orejas peludas
<i>Cheirogaleus major</i>	lemur enano mayor
<i>Cheirogaleus medius</i>	lemur enano de cola ancha
<i>Microcebus coquereli</i>	lemur enano de coqurel
<i>Microcebus murinus</i>	ratón-lemur gris
<i>Microcebus rufus</i>	ratón-lemur café
Subfamilia Phanerinae	
<i>Phaner furcifer</i>	lemur con marcado tipo horquilla
Familia Lemuridae	
<i>Eulemur coronatus</i>	lemur coronado
<i>Eulemur fulvus</i>	lemur café
<i>Eulemur macaco</i>	lemur negro
<i>Eulemur mongoz</i>	lemur-mangosta
<i>Eulemur rubriventer</i>	lemur de vientre rojo
<i>Hapalemur aureus</i>	lemur dorado del bambú
<i>Hapalemur griseus</i>	lemur del bambú
<i>Hapalemur simus</i>	lemur del bambú mayor
<i>Lemur catta</i>	Lemur de cola anillada
<i>Varecia variegata</i>	lemur variante (rojo y blanco y negro)
Familia Megaladapidae	
<i>Lepilemur dorsalis</i>	lemur de dorsogris
<i>Lepilemur edwardsi</i>	lemur de edward
<i>Lepilemur leucopus</i>	lemur de pies blancos
<i>Lepilemur microdon</i>	lemur de pies pequeños
<i>Lepilemur mustelinus</i>	lemur-comadreja
<i>Lepilemur ruficaudatus</i>	lemur de cola roja
<i>Lepilemur septentrionalis</i>	<i>lemur norteño</i>
Familia Indridae	
<i>Avahi laniger</i>	lemur peludo

<i>Indri indri</i>	indri o babakoto
<i>Propithecus diadema</i>	sifaka de diadema
<i>Propithecus tattersalli</i>	sifaka de corona dorada
<i>Propithecus verreauxi</i>	sifaka de verreaux
Familia Daubentoniidae	
<i>Daubentonia madagascariensis</i>	Aye-Aye
Orden Carnivora	
Familia Herpestidae	
Subfamilia Galidiinae	
<i>Galidia elegans</i>	mangosta malagasi de cola anillada
<i>Galidictis fasciata</i>	mangosta de rayas anchas
<i>Galadictis grandidieri</i>	“
<i>Mungotictis decemlineata</i>	mangosta de rayas angostas
<i>Salanoia concolor</i>	salano o mangosta malagasi de cola café
Familia Viverridae	
Subfamilia Cryptoproctinae	
<i>Cryptoprocta ferox</i>	fossa
Subfamilia Euplerinae	
<i>Eupleres goudotii</i>	falanouc
<i>Fossa fossana</i>	civeta malagasi
Orden Artiodactyla	
Familia Hippopotamidae	
<i>Hexaprotodon madagascariensis</i>	hipopotamo pigmeo
<i>Hippopotamus lermmerlei</i>	“
Orden Rodentia	
Familia Muridae	
Subfamilia Nesomyinae	
<i>Brachytarsomys albicauda</i>	
<i>Brachyuromys betsileoensis</i>	
<i>Brachyuromys ramirohitra</i>	
<i>Eliurus majori</i>	rata de cola peluda de Madagascar
<i>Eliurus minor</i>	“
<i>Eliurus myoxinus</i>	“
<i>Eliurus penicillatus</i>	“
<i>Eliurus tanala</i>	“
<i>Eliurus webbi</i>	“
<i>Gymnuromys roberti</i>	voalavoanala
<i>Hypogeomys antimena</i>	rata gigante malagasi
<i>Macrotarsomys bastardi</i>	
<i>Macrotarsomys ingens</i>	
<i>Nesomys rufus</i>	