



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE ELEMENTOS MINERALES
EN DOS ESPECIES DE MONO SARAGUATO (*Alouatta
palliata* y *A. pigra*) EN CAUTIVERIO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

P R E S E N T A

KAROLA GABRIELA ABARCA HERNÁNDEZ

ASESORES

MVZ MPA DrC CARLOS GUTIÉRREZ OLVERA
MVZ M en C MARIANO SÁNCHEZ TROCINO



MÉXICO, D.F. 2010.



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.

*“Al final conservaremos solo aquello que amamos.
Amaremos solo aquello que entendemos.
Entenderemos solo aquello a lo que fuimos enseñados.”*

Baba Dioum; SENEGAL.

CONTENIDO

1. RESÚMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1 CARÁCTERÍSTICAS DEL GÉNERO <i>Alouatta</i>	3
2.1.1 Taxonomía y distribución.....	3
2.1.2 Características generales	3
2.1.3 Comportamiento alimenticio	4
2.1.4 Aparato digestivo	6
2.2 <i>Alouatta palliata</i>	7
2.3 <i>Alouatta pigra</i>	7
2.4 ELEMENTOS MINERALES	8
3. ANTECEDENTES	10
3.1 ESTUDIOS DE NUTRICIÓN EN VIDA LIBRE EN EL GÉNERO <i>Alouatta</i>	10
3.2 ESTUDIOS DE NUTRICIÓN EN CAUTIVERIO DEL GÉNERO <i>Alouatta</i>	11
3.3 ESTUDIOS DE ELEMENTOS MINERALES EN PRIMATES	12
4. JUSTIFICACIÓN	15
5. OBJETIVOS	16
5.1 OBJETIVO GENERAL	16
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
6. HIPÓTESIS	17
7. MATERIAL Y MÉTODOS	18
7.1 GRUPO DE ESTUDIO	18
7.2 INSTALACIONES	19
7.3 DIETA	21
7.4 MUESTREO	22
7.5 PREPARACIÓN DE MUESTRAS Y DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIONES MINERALES	24
7.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.....	24
8. RESULTADOS	26
8.1 CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS MINERALES EN LA DIETA.....	26

8.2 CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS MINERALES EN PELO Y HECES DE MONOS SARAGUATOS	26
8.2.1 Calcio (Ca)	26
8.2.2 Magnesio (Mg)	27
8.2.3 Sodio (Na)	27
8.2.4 Potasio (K)	28
8.2.5 Cobre (Cu)	28
8.2.6 Zinc (Zn)	28
8.2.7 Hierro (Fe)	29
8.2.8 Selenio (Se)	29
8.3 ANÁLISIS DE VARIANZA	30
9. DISCUSIÓN	32
9.1 CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS MINERALES EN LA DIETA, PELO Y HECES DE MONOS SARAGUATOS	32
9.1.1 Calcio (Ca)	32
9.1.2 Magnesio (Mg)	33
9.1.3 Sodio (Na)	33
9.1.4 Potasio (K)	34
9.1.5 Cobre (Cu)	34
9.1.6 Zinc (Zn)	35
9.1.7 Hierro (Fe)	36
9.1.8 Selenio (Se)	36
9.2 DIFERENCIAS DE LAS CONCENTRACIONES MINERALES ENTRE ESPECIES Y TROPAS	37
9.2.1 <i>Alouatta palliata</i> contra <i>A. pigra</i>	37
9.2.2 Chapultepec contra San Juan de Aragón	38
10. CONCLUSIONES	39
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
12. CUADROS	53
13. FIGURAS	65
14. IMÁGENES	67
15. ANEXOS	69

ANEXO I. APORTE DE ELEMENTOS MINERALES EN g/kg DE MS EN DIETAS DE MONOS SARAGUATOS (<i>Alouatta spp</i>) Y PRIMATES EN GENERAL REPORTADAS POR OTROS AUTORES	69
ANEXO II. CONCENTRACIONES DE ELEMENTOS MINERALES EN $\mu\text{g/g}$ EN PELO DE PRIMATES REPORTADAS POR OTROS AUTORES.....	69
ANEXO III. CONCENTRACIONES DE ELEMENTOS MINERALES EN ppm EN HECES DE PRIMATES REPORTADAS POR OTROS AUTORES	70

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Monos saraguatos (<i>Alouatta</i> spp) alojados en la DGZVS.	53
Cuadro 2. Ingredientes de la dieta del Zoológico de Chapultepec	53
Cuadro 3. Ingredientes del suplemento del Zoológico de Chapultepec	54
Cuadro 4. Ingredientes de la dieta del Zoológico de Aragón	56
Cuadro 5. Ingredientes del suplemento del Zoológico de Aragón	56
Cuadro 6. Aporte mineral total en g/kg de MS en las dietas ofrecidas a los monos saraguatos (<i>Alouatta</i> spp) alojados en la DGZVS	56
Cuadro 7. Concentraciones promedio \pm desviación estándar de calcio (Ca) en pelo (mg/g) y heces (mg/g) de monos saraguatos (<i>A. palliata</i> y <i>A.pigra</i>) alojados en la DGZVS.....	57
Cuadro 8. Concentraciones promedio \pm desviación estándar de magnesio (Mg) en pelo (mg/g) y heces (mg/g) de monos saraguatos (<i>A. palliata</i> y <i>A.pigra</i>) alojados en la DGZVS.....	58
Cuadro 9. Concentraciones promedio \pm desviación estándar de sodio (Na) en pelo (mg/g) y heces (mg/g) de monos saraguatos (<i>A. palliata</i> y <i>A.pigra</i>) alojados en la DGZVS.....	59
Cuadro 10. Concentraciones promedio \pm desviación estándar de potasio (K) en pelo (mg/g) y heces (mg/g) de monos saraguatos (<i>A. palliata</i> y <i>A.pigra</i>) alojados en la DGZVS.....	60
Cuadro 11. Concentraciones promedio \pm desviación estándar de cobre (Cu) en pelo (mg/g) y heces (mg/g) de monos saraguatos (<i>A. palliata</i> y <i>A.pigra</i>) alojados en la DGZVS.....	61
Cuadro 12. Concentraciones promedio \pm desviación estándar de zinc (Zn) en pelo (mg/g) y heces (mg/g) de monos saraguatos (<i>A. palliata</i> y <i>A.pigra</i>) alojados en la DGZVS.....	62
Cuadro 13. Concentraciones promedio \pm desviación estándar de hierro (Fe) en pelo (mg/g) y heces (mg/g) de monos saraguatos (<i>A. palliata</i> y <i>A.pigra</i>) alojados en la DGZVS.....	63
Cuadro 14. Concentraciones promedio \pm desviación estándar de selenio (Se) en pelo (μ g/g) y heces (mg/g) de monos saraguatos (<i>A. palliata</i> y <i>A.pigra</i>) alojados en la DGZVS.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del aparato digestivo de <i>Alouatta</i> spp.	65
Figura 2. Instalaciones de la tropa de monos saraguatos (<i>Alouatta</i> spp) alojados en el Zoológico de Chapultepec.	65
Figura 3. Instalaciones de la tropa de monos saraguatos (<i>Alouatta</i> spp) alojados en el Zoológico de San Juan de Aragón	66

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. <i>A. palliata</i> “Willy”	67
Imagen 2. <i>A. palliata</i> “Gelasio”	67
Imagen 3. <i>A. palliata</i> “Sasil-ha”.	67
Imagen 4. <i>A. palliata</i> “Je-lipe”	67
Imagen 5. <i>A. pigra</i> “Ozomatli”	67
Imagen 6. <i>A. pigra</i> “Mingo”.	67
Imagen 7. <i>A. palliata</i> “Moncho”.	68
Imagen 8. <i>A. pigra</i> “Yutzil”	68
Imagen 9 <i>A. pigra</i> “Kiniche”	68
Imagen 10. <i>A. pigra</i> “Sundoritz”.	68
Imagen 11. Plato con ingredientes ofrecidos en el Zoológico de Chapultepec..	68
Imagen 10. Plato con ingredientes ofrecidos en el Zoológico de San Juan de Aragón.....	68

1. RESÚMEN

ABARCA HERNÁNDEZ, KAROLA GABRIELA. Análisis comparativo de elementos minerales en dos especies de mono saraguato (*Alouatta palliata* y *A. pigra*) en cautiverio. (Bajo la dirección de: MVZ MPA DrC Carlos Gutiérrez Olvera y MVZ M en C Mariano Sánchez Trocino).

Los elementos minerales son un grupo de nutrientes que cumplen funciones esenciales para el organismo. Para el desarrollo de esta investigación se determinaron las concentraciones de calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe), y selenio (Se) mediante técnicas de espectrometría y colorimetría. Los sujetos de estudio fueron 5 monos saraguatos de manto (*A. palliata*) y 5 monos saraguatos negros (*A. pigra*), ambas especies nativas de México y catalogadas en peligro de extinción, alojados en dos zoológicos de la Ciudad de México. Las concentraciones de Ca, Cu, Mg, K y Na en pelo presentaron diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) entre especies, teniendo una mayor concentración de estos elementos los individuos de la especie *A. pigra*. Las concentraciones de Cu, Fe y Zn entre las heces de los monos presentaron diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) entre grupos por zoológico, siendo mayor la concentración encontrada en los individuos albergados en el Zoológico de Chapultepec. Es importante verificar la biodisponibilidad y consumo de los elementos minerales ofrecidos, ya que el exceso o la deficiencia de algunos de éstos, puede conducir a patologías en los individuos. Es necesario realizar más estudios de concentraciones minerales en este género de primates que permitan diseñar estrategias de conservación de la especie basadas en sus requerimientos nutricionales.

Palabras clave: primates, saraguatos, *Alouatta palliata*, *Alouatta pigra*, elementos minerales, pelo, heces.

2. INTRODUCCIÓN

La nutrición animal es una ciencia que se va ampliando día a día, ya que no sólo pretende desarrollar nuevos productos que satisfagan las necesidades de alimentación, sino ingredientes que incorporen a las dietas los nutrientes necesarios para prevenir y tratar enfermedades que pueden ser ocasionadas por deficiencias o excesos de los mismos.¹

Los estudios realizados en nutrición de fauna silvestre se han enfocado principalmente en caracterizar los ingredientes consumidos y los hábitos alimenticios de los individuos en vida libre.²

En la actualidad los zoológicos modernos son una fuente viable de conocimiento científico relevante para el manejo y conservación de las especies.³ El estudio de la nutrición en individuos cautivos, tiene como objetivo conocer sus necesidades nutricionales, fisiología digestiva y comportamiento trófico, con la finalidad de proporcionar dietas adecuadas al estado fisiológico del individuo; ya que mediante la alimentación se promueve la salud, el desarrollo correcto, la longevidad y el potencial reproductivo de los mismos.^{2, 3}

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL GÉNERO *Alouatta*

2.1.1 *Taxonomía y distribución*

Los monos del género *Alouatta* pertenecen al orden de los Primates y se encuentran en el suborden Haplorrhini, infraorden Simiiformes, parvorden Platyrrhini, familia Atelidae y subfamilia Mycetinae.^{4, 5} Actualmente se reconocen doce especies: *A. arctoidea*, *A. belzebul*, *A. caraya*, *A. coibensis*, *A. fusca*, *A. guariba*, *A. macconelli*, *A. nigerrima*, *A. palliata*, *A. pigra*, *A. sara* y *A. seniculus*. En México únicamente se encuentran las especies *A. palliata* y *A. pigra*.^{6, 7, 8, 9}

Los monos saraguatos o aulladores se distribuyen desde el sureste de México hasta el norte de Argentina, en altitudes de 0 a 3,200 msnm.⁹ Es la especie de primate neotropical con el rango más amplio de ecosistemas habitados, dentro de los cuales se encuentran bosques tropicales perennifolios y caducifolios, vegetación riparia, selva media subcaducifolia, vegetación secundaria y pastizal.^{7, 10, 11, 12} Además es un género de primate fácilmente adaptable a condiciones ecológicas extremas.^{13, 14, 15, 16, 17}

2.1.2 *Características generales*

Los miembros del género *Alouatta* son los primates más grandes de la región neotropical, llegan a medir de 55.9 a 91.5 cm de largo corporal; poseen una cola prensil de 58.8 a 91.5 cm, la cual es utilizada como medio de sujeción durante la locomoción y el forrajeo.^{9, 18, 19, 20} El peso corporal varía de 4 a 10 kg en los individuos adultos.^{19, 20, 21}

Estos primates tienen un aumento de tamaño en los cartílagos hioideo y tiroideo, los cuales forman una cámara de resonancia que actúa como amplificador de los sonidos característicos del género.^{18, 20, 22}

Las hembras alcanzan la madurez sexual en promedio a los 3 años de edad, mientras que los machos a los 4 años.^{23, 24} El ciclo estral tiene una duración de 11 a 24 días, sin embargo la actividad reproductiva con el macho únicamente se presenta de dos a cuatro días.²⁰ Este género posee especies monotocas y su gestación dura de 180 a 194 días.^{20, 24} Las crías son destetadas entre los 10 y 15 meses de edad.²⁰

Los grupos sociales o tropas de los monos saraguatos se componen de adultos de ambos sexos entre 3 hasta 44 individuos.¹⁹ La disponibilidad de alimento es un factor importante para el crecimiento poblacional y composición grupal de los monos aulladores.²⁵

La actividad diaria de estos primates está distribuida en períodos de: alimentación (21% del tiempo), locomoción (20% del tiempo) y descanso (59% del tiempo).^{9, 18, 23, 24}

2.1.3 Comportamiento alimenticio

El mono saraguato es un primate herbívoro, particularmente folívoro-frugívoro.^{10, 18, 20, 25} Su dieta se basa en un 48-85% de hojas, 42-65% de fruta y 4-10% de flores.^{10, 18, 26, 27, 28}

Los monos aulladores en vida libre se alimentan dos veces al día, entre las 7:00 y 10:00 de la mañana y de 3:00 a 6:00 de la tarde; consumiendo el 15% de su peso corporal en base húmeda.^{13, 24} Las necesidades de agua son cubiertas

con el consumo de frutos y hojas; aunque también la obtienen de cisternas en las oquedades de los árboles.¹³

El género *Alouatta* es muy selectivo, se alimenta de géneros arbóreos tales como *Brosimum spp*, *Ficus spp*, *Paullinia spp*, *Ceiba spp*, *Cynometra spp* y *Gliricida spp*, con las cuales cubre el 75% de su alimentación.^{10, 18, 29, 30, 31} Las especies pertenecientes al género *Ficus* son las más consumidas por los saraguatos, siendo éstas principalmente *F. pertusa* (amezquite), *F. máxima* (amate), *F. insipida* (amate blanco) y *F. yoponensis* (higuerón negro).^{10, 18, 32, 33} Otras especies frecuentemente consumidas son *Mastichodendron camiri* (capire), *Protium copal* (copal) y *Brosimum alicastrum* (ramón).^{10, 15, 31, 33, 34, 35}

El forrajeo presentado por los saraguatos tiene como finalidad el maximizar la ingesta de nutrientes.^{10, 18, 28, 29, 36} De acuerdo con Welker, el factor más importante para la selección de alimento en los aulladores es el contenido de proteína, el cual se encuentra de manera abundante en las hojas de los árboles.^{20,}
³⁷ Sin embargo, este tipo de primates también elige sus alimentos de acuerdo al contenido de otros nutrientes.^{18, 25, 38, 39} La diversidad del consumo de hojas también se debe al contenido de compuestos secundarios de las plantas, así al ingerir diferentes especies de hojas diluyen el efecto tóxico de ciertas sustancias presentes en éstas, tales como taninos y alcaloides.^{10, 18, 31, 36, 38}

Las frutas, tales como zapote, higos maduros de *Ficus insipida* y frutos inmaduros de *Cecropia eximia*, son un aporte energético importante para estos primates, debido al alto contenido de azúcares presentes en las mismas.³⁹

Las hojas de los árboles son fuente importante de elementos inorgánicos para los monos saraguatos. Las hojas maduras aportan principalmente cobre, las hojas inmaduras fósforo y sodio, y ambas hierro y manganeso.³⁹

2.1.4 Aparato Digestivo

El género *Alouatta* presenta adaptaciones anatómicas y fisiológicas del aparato digestivo para optimizar la digestión de los alimentos ingeridos.^{20, 40}

La cavidad oral de los monos saraguatos se caracteriza por tener incisivos pequeños y caninos grandes.^{20, 41, 42} Los premolares y molares presentan coronas altas, cúspides angulosas y afiladas, además de una superficie de oclusión amplia.^{20, 41, 42} La fórmula dentaria temporal es $2(I\ 2/2, C\ 1/1, P\ 2/2, M\ 2/2)=28$, y la permanente es $2(I\ 2/2, C\ 1/1, P\ 3/3, M\ 3/3)=36$.⁴³

Los monos aulladores poseen un estómago simple, un contenido estomacal de pH menor a 4.5; un intestino delgado corto (117-126 cm), un ciego pequeño (11-18 cm) y un colon grande (43-46 cm); éstos últimos tienen un pH de 6.8 y son las principales cámaras de fermentación del alimento fibroso (Figura 1).^{18, 26, 38, 40, 44, 45, 46}

Los monos saraguatos obtienen sus requerimientos energéticos diarios (26 a 36%) a partir de los ácidos grasos volátiles (AGV) producto de la fermentación microbiana que sufren hojas y frutos en el ciego y colon, por lo que, la cantidad de energía obtenida depende de la cantidad de forraje que consuman.^{18, 20, 26, 38, 40, 47, 49, 50, 51}

2.2 *Alouatta palliata*

Los monos saraguatos de manto (*A. palliata*) son una de las tres especies de primates mexicanos.^{6, 7} Se distribuyen desde el sur de México hasta el norte de Perú, habitando en el territorio nacional el sur de Veracruz, este de Oaxaca, oeste de Tabasco y noroeste de Chiapas.^{6, 7, 16, 52, 53}

Dentro de esta especie se han reconocido tres subespecies: *palliata palliata*, *palliata mexicana* y *palliata ecuatorialis*.¹³ Se caracterizan por presentar un pelaje de tono café claro en los costados. El hueso hioides es más pequeño que el de otras especies de aulladores.^{13, 54}

Debido a la fragmentación del hábitat, la caza y captura para comercio de pieles, alimentación y venta ilegal como animal de compañía, esta especie se encuentra catalogada en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 en la Categoría 2 como especie en peligro de extinción, en el Apéndice I o grave peligro de extinción de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES por sus siglas en inglés) y en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (IUCN por sus siglas en inglés) como amenazada.^{55, 56, 57}

2.3 *Alouatta pigra*

Los saraguatos negros (*A. pigra*) son los individuos del género *Alouatta* que se encuentran en el hábitat más restringido, el cual abarca desde el sureste de México al centro de Guatemala y Belice. En el territorio mexicano habitan el este de Tabasco, este y noroeste de Chiapas, Campeche, Quintana Roo y el sureste

de Yucatán. En algunas zonas pueden localizarse en simpatria con *A. palliata*.^{6, 9, 58, 59, 60}

Esta especie se caracteriza por tener el pelaje completamente negro, largo en la cabeza, hombros y costados.^{20, 59} Es la especie de mayor tamaño, los machos pesan entre 8 y 11.4 kg y las hembras hasta 6.4 kg, llegan a medir de 110 a 130 cm de longitud.^{20, 59}

Las tropas de *A. pigra* son pequeñas, ya que se componen únicamente de 4 a 12 individuos.^{20, 59, 61, 62} Los saraguatos negros prefieren habitar lugares extensos, ribereños y zonas estacionalmente inundadas.¹⁰

Al igual que los aulladores de manto, las amenazas para los aulladores negros son la fragmentación del hábitat, la caza y captura, lo que los cataloga en la NOM-059-ECOL-2001 en la Categoría 2 como especie en peligro de extinción, en el Apéndice I o grave peligro de extinción de CITES y en la Lista Roja de la IUCN como en peligro de extinción.^{55, 56, 57}

2.4 ELEMENTOS MINERALES

El término mineral designa a los elementos inorgánicos presentes en el alimento. Estos son requeridos por los seres vivos para llevar a cabo funciones de vital importancia.^{63, 64, 65} Los tejidos de los seres vivos se componen en mayor o menor medida de elementos minerales.⁶⁴ Se considera que más de 18 elementos minerales son esenciales para los mamíferos, entre macrominerales y microminerales.⁶⁵

Los elementos minerales cumplen ciertas funciones en el organismo, dentro de las cuales destacan el ser componentes de órganos, tejidos y líquidos, así

como el ser cofactores/catalizadores en sistemas enzimáticos y hormonales.^{63, 64,}
65, 66

Si bien los elementos minerales son esenciales para la vida, en ciertas ocasiones, dependiendo de la concentración en la que se encuentren, pueden ser tóxicos.⁶⁶ Cada elemento posee una curva biológica de dosis/respuesta, la cual identifica un límite de concentraciones que abarca tres áreas: concentraciones bajas o deficiencias, concentraciones óptimas y concentraciones excesivas o tóxicas.⁶⁵ Las ingestas con las que se manifiestan estas fases son variables entre cada mineral, y pueden estar afectadas por la cantidad de otros elementos.⁶⁵

Las interacciones entre minerales son numerosas y muy diversas; éstas pueden ser de tipo antagónico, en la cual la presencia de un mineral reduce el transporte o eficacia de otro, o sinérgico, donde los dos minerales actúan de manera complementaria.⁶⁵

3. ANTECEDENTES

3.1 ESTUDIOS DE NUTRICIÓN EN VIDA LIBRE EN EL GÉNERO

Alouatta

El género *Alouatta* es de los primates neotropicales más estudiados, principalmente *A. palliata* y *A. caraya*, sin embargo, la mayoría de los estudios se han enfocado a la conservación *in situ*, demografía, reproducción, vocalización, aspectos genéticos, adaptaciones ecológicas, patrones de actividad, hábitos alimenticios e ingredientes de la dieta.^{9, 50}

Los estudios nutricionales realizados en saraguatos de vida libre se han realizado desde la década de los 70's. Estos se han enfocado principalmente a la caracterización y cuantificación de ingredientes consumidos, aporte nutricional de la dieta, necesidades energéticas de los monos, tasa de pasaje del alimento y digestibilidad de la dieta.^{26, 33, 48, 67, 68,} Al ser animales fermentadores, las investigaciones han girado en torno a la concentración y digestibilidad de la fibra, así como a la actividad fermentativa y rangos de producción y absorción de ácidos grasos volátiles.^{49, 51}

En 1979 Nagy y Milton analizaron la concentración y digestibilidad de los elementos minerales de dos tipos de dieta para saraguatos de manto (*A. palliata*).⁶⁹ En este trabajo se encontró que los monos asimilan del 30 al 40% de potasio (K), sodio (Na) y cloro (Cl) presentes en las frutas, mientras que asimilan del 50 al 65% de estos mismos electrolitos presentes en las hojas. Además se observó que esta especie asimila del 3 al 15% de calcio (Ca), magnesio (Mg),

fósforo (P) y hierro (Fe) presentes en las frutas, y del 1 al 22% de estos elementos presentes en las hojas.⁶⁹

3.2 ESTUDIOS DE NUTRICIÓN EN CAUTIVERIO DEL GÉNERO

Alouatta

Los monos aulladores son considerados los primates más difíciles de mantener en cautiverio debido a su alta selectividad en cuanto al consumo de hojas. Los primates folívoros en cautiverio son comúnmente alimentados con dietas similares a las de los primates frugívoros, aumentando así la incidencia de desordenes gastrointestinales y mortalidad neonatal.^{19, 20, 35}

En cautiverio la mayoría de los ejemplares de saraguatos presentan una longevidad disminuida, debido a trastornos gastrointestinales ocasionados por dietas con bajo contenido de fibra, cambios repentinos de la dieta, disbiosis, diarreas mecánicas asociadas a una dieta inadecuada, mala higiene y manejos incorrectos que conllevan a una inmuno depresión.^{70, 71, 72}

Debido a estas dificultades en cautiverio, los estudios de nutrición *ex situ* en estas especies son escasos. Estos estudios han determinado el consumo de alimento, la calidad, digestibilidad y aporte nutricional de las dietas, y la tasa de pasaje en el tubo gastrointestinal.^{13, 46, 73, 74} Nidasio caracterizó la dieta ofrecida en cautiverio y evaluó diversos parámetros hematológicos, tales como hematocrito, hemoglobina y vitaminas liposolubles, encontrados en saraguatos negros (*A. pigra*).³⁵

3.3 ESTUDIOS DE ELEMENTOS MINERALES EN PRIMATES

Ciertos estudios de minerales en primates no humanos han servido de base para explicar las necesidades de consumo en humanos.⁷⁵ En dichos trabajos se ha observado que los alimentos consumidos por primates no humanos en vida libre presentan cantidades moderadas a elevadas de elementos minerales, esto en comparación con los alimentos consumidos por los primates humanos (Anexo I).⁷⁵

Existen pocas investigaciones donde se determina la cantidad de elementos minerales presentes en muestras biológicas de primates no humanos (Anexos II y III). En 2000, Crissey *et al* determinaron la cantidad de aluminio (Al), bario (Ba), calcio (Ca), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), potasio (K), magnesio (Mg), sodio (Na), fósforo (P), azufre (S), sílice (Si) y zinc (Zn) en el suero sanguíneo de primates antropoides albergados en cuatro zoológicos diferentes de los Estados Unidos.⁷⁶ En este estudio, encontraron que los gorilas (*Gorilla gorilla*) son los primates con mayor concentración de fósforo (P) en suero, además encontraron que los valores de sodio (Na) y zinc (Zn) se encuentran en mayor concentración en el suero sanguíneo de los primates no humanos comparados con la concentración sérica encontrada en humanos.⁷⁶ Sánchez-Trocino determinó la cantidad de cobre (Cu), hierro (Fe), selenio (Se) y zinc (Zn) en dieta, sangre completa, pelo y heces de mono verde de java (*Macaca fascicularis*) y mono Rhesus (*Macaca mulatta*) en cautiverio alimentados únicamente con alimento comercial.⁷⁷ En esta investigación se reporta que el pelo es un tejido confiable para la determinación del estatus de zinc (Zn), cobre (Cu) y selenio (Se) en el

organismo, no así para el hierro (Fe) (Anexos II y III).⁷⁷ En 2009 Crawford *et al* reportaron la concentración de elementos minerales en suero de lémures rufo blanco y negro (*Varecia variegata*) en cuativerio.⁷⁸ En este estudio reportaron que el hierro (Fe), cobre (Cu) y potasio (K) se encuentran en valores mucho más elevados que en otros lémures de vida libre e inclusive en concentraciones consideradas tóxicas en animales domésticos, mientras que en el magnesio (Mg) y sodio (Na) ocurre lo contrario, reportándose valores menores a los encontrados en mamíferos en general.⁷⁸

En monos saraguatos (*Alouatta* spp) se ha reportado la cantidad de elementos minerales aportados por la dieta en vida libre, encontrándose que *Alouatta pigra* consume ingredientes con altas concentraciones de calcio (Ca), magnesio (Mg), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), fósforo (P) y sodio (Na).³⁹ En un estudio con *Alouatta palliata* en libertad, se encontró que esta especie asimila eficientemente el calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg) y cobre (Cu) ingeridos (Anexo I).⁶⁹

La determinación de la concentración de elementos minerales en muestras biológicas de monos saraguatos, se ha llevado a cabo en *Alouatta palliata mexicana* y *A. caraya*, ambos en condiciones de vida libre en México y Argentina respectivamente.^{79, 80} En el caso de *A. palliata mexicana*, lo que más llama la atención es la presencia de azufre (S) y cadmio (Cd) en suero sanguíneo, éste último encontrado en valores tóxicos para el organismo.⁷⁹ En las muestras de suero de *A. caraya* los valores de los elementos minerales fueron similares a los encontrados por Crissey *et al* en *A. palliata mexicana*; sin embargo, resalta la concentración de fósforo (P) la cual es superior al promedio reportado. Schmidt *et al*

también observaron que el único elemento que presentó diferencia entre las concentraciones séricas entre hembras y machos de *A. caraya*, es el cobre (Cu).⁸⁰

4. JUSTIFICACIÓN

Los elementos minerales participan en el adecuado funcionamiento del organismo, como componentes estructurales de órganos y tejidos, cofactores o activadores en sistemas enzimáticos y hormonales, reguladores en la replicación y diferenciación celular, y elementos esenciales para el desarrollo de procesos fisiológicos como la reproducción, por lo que es de gran importancia familiarizarse con las concentraciones de estos micronutrientes en los alimentos ofrecidos y en ciertas muestras biológicas de los animales. Esto ayudará a conocer la utilización y el aprovechamiento de los elementos minerales aportados en la dieta de los individuos en cautiverio, y permitirá salvaguardar a los animales tomando las medidas correctivas necesarias en el caso de aportes excesivos o deficientes de estos nutrientes, antes de la presentación de consecuencias irreversibles en los individuos.

Existe poca información acerca de las concentraciones de estos elementos en pelo o heces de monos saraguatos (*Alouatta* spp), por lo que la presente investigación aportará nuevos datos en los que se puedan apoyar futuras investigaciones en el tema. El conocer el estado mineral de este tipo de muestras será de gran importancia, ya que representa la utilización de técnicas no invasivas fácilmente obtenibles tanto en cautiverio como en vida libre.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar las concentraciones de algunos elementos minerales en muestras de alimento, pelo y heces de mono saraguato de manto (*Alouatta palliata*) y mono saraguato negro (*Alouatta pigra*) en cautiverio.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las concentraciones de calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe), y selenio (Se) presentes en la dieta de monos saraguatos de manto (*Alouatta palliata*) y monos saraguatos negros (*Alouatta pigra*) mantenidos en cautiverio.

- Determinar las concentraciones de calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe), y selenio (Se) presentes en el pelo de monos saraguatos de manto (*Alouatta palliata*) y monos saraguatos negros (*Alouatta pigra*) mantenidos en cautiverio.

- Determinar las concentraciones de calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe), y selenio (Se) presentes en las heces de monos saraguatos de manto (*Alouatta palliata*) y monos saraguatos negros (*Alouatta pigra*) mantenidos en cautiverio.

6. HIPÓTESIS

a) Las concentraciones de elementos minerales en pelo y heces de *Alouatta palliata* son diferentes ($P < 0.05$) a las presentes en *Alouatta pigra*.

b) Las concentraciones de elementos minerales en pelo y heces de la tropa de saraguatos (*Alouatta* spp) albergados en el Zoológico de Chapultepec "Alfonso L. Herrera" son diferentes ($P < 0.05$) a las del grupo albergado en el Zoológico de San Juan de Aragón, debido a que la dieta y el manejo alimenticio es diferente.

7. MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en las instalaciones de los Zoológicos de Chapultepec “Alfonso L. Herrera” y San Juan de Aragón, pertenecientes a la Dirección General de Zoológicos y Vida Silvestre (DGZVS) de la Ciudad de México, Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal.

La Ciudad de México se encuentra a una altura aproximada de 2240 msnm, cuenta con clima templado y temperaturas que oscilan entre los 8 y 25 °C. El Zoológico de Chapultepec “Alfonso L. Herrera” se localiza al norponiente de la ciudad (19°25'25.23”N 99°11'21.96”O) en la Primera Sección del Bosque de Chapultepec en la Delegación Miguel Hidalgo.⁸¹ El Zoológico de San Juan de Aragón se ubica al nororiente de la ciudad (19°27'38.38”N 99°05'02.11”O) en el Bosque de San Juan de Aragón en la Delegación Gustavo A. Madero.⁸²

7.1 GRUPO DE ESTUDIO

Se tomó como sujetos de estudio a la población de *Aloutta palliata* y *Alouatta pigra* de ambos zoológicos. Al ser un estudio de oportunidad, el criterio de inclusión aplicado fue la utilización de ejemplares clínicamente sanos, de acuerdo a lo reportado por los Médicos Veterinarios responsables de estos individuos. Mientras que el criterio de exclusión fue el de no utilizar individuos en edad infantil, por tal motivo no fueron utilizados cuatro individuos del zoológico de San Juan de Aragón.

Los monos utilizados se mantuvieron en las tropas o grupos ya establecidas por el plan de manejo de saraguatos de cada uno de los zoológicos. En total se

utilizaron diez individuos, ocho machos y dos hembras (Cuadro 1 e Imágenes 1-10).

7.2 INSTALACIONES

Los monos saraguatos (*Alouatta* spp) del zoológico de Chapultepec pertenecen a la exhibición del Bioma Bosque Tropical, dentro del cual poseen instalaciones divididas en (Figura 2):

a) Exhibidor: de 5.73 m de largo, 3.44 m de ancho y 3.75 m de alto, con piso de tierra y techo de malla ciclónica cubierto por un domo de acrílico. Tres de sus paredes son de cemento (una de las cuales tiene comunicación con las casas de noche a través de una puerta tipo guillotina) y una es de vidrio, orientada hacia el pasillo del público. Como ambientación tiene una charca artificial, troncos y una hamaca de yute.

b) Asoleaderos: ubicados en el área interna de manejo. Existen dos asoleaderos de 2.8 m de largo, 2.8 m de ancho y 2.5 m de alto, cuentan con paredes fabricadas con malla ciclónica y tienen piso de cemento. Los animales salen diariamente a éstos desde las 9:00 a las 15:00 horas, sin existir rotación de los individuos. Ambos asoleaderos poseen hamacas de yute, perchas y tarimas de madera.

c) Casas de noche: ubicadas detrás del exhibidor, con comunicación a éste y los asoleaderos mediante puertas tipo guillotina. Tienen cuatro dormitorios, uno de 2.1 m de ancho y 2.5 de largo, dos cuartos de 1.13 m de ancho y 1.96 m de largo, y el último es de 1.2 de ancho y 1.8 de largo, todos tienen una altura de 2.5 m, y están contruidos de cemento. En el interior se encuentran bebederos de

cemento, hamacas de yute y tarimas de madera. Se encuentran iluminados con focos de luz roja para proveer de calor por las noches. En estas habitaciones la humedad varía entre 90 y 95% y la temperatura oscila entre los 20 y 25 °C.

El área establecida para la tropa de monos saraguatos (*Alouatta* spp) del Zoológico San Juan de Aragón se distribuye de la siguiente manera (Figura 3):

a) Exhibidor: de tipo vitrina, con 3.74 m de altura y 11.94 m de largo, dividido en dos áreas (5.95 m de largo y 3.67 m ancho) mediante malla ciclónica y acrílico, comunicadas por una puerta tipo palanca. Se encuentra ambientado con cuerdas, troncos, hamacas de yute y dos repisas de madera en alto en los que se colocan los comederos. Dentro de esta área se tienen un bebedero automático y un pequeño estanque de cemento. El techo es de malla ciclónica y acrílico, una parte de éste es corredizo. El suelo se encuentra cubierto por una alfombra de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y además cada área del exhibidor posee 7 árboles del género *Ficus* (*Ficus nítida* y *Ficus benjamina*), los cuales se cambian cada semana ya que son consumidos por los monos.

b) Casas de noche: ubicadas detrás del exhibidor (comunicadas a este por puertas tipo guillotina) y unidas a un pasillo de servicio. Se tienen cuatro áreas de 2.86 m de ancho, 2.39 m de largo y 2.6 m de alto, con piso y techo de cemento. Poseen hamacas de yute y repisas de madera. Dichas áreas están iluminados con un foco de luz roja para proporcionar calor. El microclima de las casa tiene una humedad que varía entre 90 y 95% y una temperatura que oscila entre los 20 y 25 °C.

7.3 DIETA

La dieta ofrecida a todos los monos saraguatos (*Alouatta* spp) del Zoológico de Chapultepec consiste en ingredientes vegetales crudos y productos comerciales (Cuadro 2 e Imagen 11). Los ingredientes vegetales se pesan, se lavan, se cortan en trozos de aproximadamente 5 cm³ y se colocan en un recipiente de plástico para mezclarlos con las croquetas previamente desmoronadas.

Los animales son alimentados diariamente a las 09:00 horas en los asoleaderos y exhibidor, y a las 16:00 horas en las casas de noche. El alimento es distribuido equitativamente en comederos de acero inoxidable colgados en la parte superior de los albergues. La alfalfa fresca es colocada en manojos en la parte superior de los asoleaderos y el exhibidor, para que los monos puedan realizar la conducta de forrajeo. Los individuos reciben diariamente un suplemento vitamínico y mineral en forma de bolos, elaborados con cereal infantil y yogurt cremoso natural (Cuadro 3).

La dieta ofrecida a todos los monos saraguatos del Zoológico San Juan de Aragón se compone de ingredientes vegetales y productos comerciales (Cuadro 4 e Imagen 12). Los ingredientes vegetales se lavan y parte de ellos se someten a cocción durante 40 minutos; todos se cortan en trozos de aproximadamente 5 a 10 cm³, se pesan y se mezclan con los vegetales crudos cortados en trozos de aproximadamente 3 cm³.

Los animales son alimentados tres veces al día. A las 9:00 de la mañana se proporciona la tercera parte de los ingredientes cocidos, la mitad de la ración de

las frutas y toda la ración de croquetas, el alimento es distribuido equitativamente en comederos de acero inoxidable colocados dentro del exhibidor. A las 12:00 horas se ofrece toda la alfalfa y la lechuga, y a las 16:00 horas se coloca dentro de las casas de noche el resto de la ración de ingredientes cocidos y el resto de las frutas. Dos veces por semana los individuos reciben un suplemento vitamínico y mineral en forma de bolos elaborados con cereal infantil y yogurt cremoso natural (Cuadro 5). Además de estos ingredientes, los animales consumen hojas *ad libitum* de dos especies de árbol Ficus (*Ficus nítida* y *F. benjamina*) y pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) que se encuentran dentro del exhibidor. Cada siete días los árboles Ficus son retirados para introducir árboles con hojas nuevas.

7.4 MUESTREO

La fase de muestreo fue realizada los meses de mayo, junio y julio de 2007. Se realizaron tres muestreos por individuo. La toma de muestras se realizó una vez al mes durante tres meses, realizándose cada vez entre las 9:00 y 10:00. En cada muestreo se colectó 5 g de heces frescas y 1 g de pelo.

Los ejemplares del Zoológico de Chapultepec fueron contenidos químicamente con anestesia disociativa de acción ultracorta (clorhidrato de ketamina) según el protocolo de anestesia del área médica del Zoológico. Los ejemplares del Zoológico de San Juan de Aragón fueron contenidos físicamente. El método de contención fue elegido y realizado por el personal Médico Veterinario responsable de los monos saraguatos de cada zoológico, ya que se aprovechó el muestreo mensual rutinario al que estaban siendo sometidos todos los individuos.

Las muestras de heces fueron obtenidas directamente del individuo mediante asa rectal o por toma directa del piso del albergue, procurando tomar únicamente la parte aérea. Se identificaron y almacenaron en bolsas de polietileno, debidamente identificadas, en congelación a -8°C hasta su posterior procesamiento en el Laboratorio de Toxicología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica (DNAB) de la FMVZ-UNAM. Las muestras fueron deshidratadas en un horno seco a 50°C hasta alcanzar peso constante y se almacenaron en bolsas de polietileno a temperatura ambiente hasta ser analizadas.

El pelo fue recortado con tijeras de acero inoxidable de la parte lateral del abdomen de cada individuo, procurando realizar el corte lo más cercano a la piel. Éste fue identificado y almacenado en bolsas de polietileno para su transporte. En el Laboratorio de Toxicología del DNAB-FMVZ-UNAM fue lavado con jabón Extran[®] MERCK[®] libre de fosfatos al 5% y agua desmineralizada, para después ser deshidratado en un horno seco a 50°C hasta alcanzar peso constante. Cada muestra se almacenó en sobres de papel a temperatura ambiente hasta su posterior análisis.

Además de las muestras de los monos, se obtuvieron 500 g de cada ingrediente de la dieta, los cuales fueron deshidratados en un horno seco a 50°C hasta alcanzar peso constante, y almacenados en bolsas de polietileno a temperatura ambiente hasta su posterior análisis.

7.5 PREPARACIÓN DE MUESTRAS Y DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIONES MINERALES

La preparación de muestras y la determinación de concentraciones minerales se realizaron en el Laboratorio de Toxicología del DNAB-FMVZ-UNAM.

Las muestras de pelo, heces e ingredientes fueron sometidas a una digestión ácida abierta. A 400 mg de muestra se les agregó 2 ml de ácido nítrico (HNO_3) y 1 ml de ácido perclórico (HClO_4).^{83, 84, 85, 86, 87, 88, 89} Posteriormente se dejaron enfriar las muestras y se les agregó agua desmineralizada hasta alcanzar un volumen de 10 ml, para ser almacenadas en recipientes de nalgeno tapados hasta sus determinaciones.

Las concentraciones de Ca, Mg, Fe, Cu y Zn se determinaron mediante la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica (EAA). Las concentraciones de Na y K se determinaron mediante la técnica de Espectrometría de Emisión Atómica (EEA). Ambas determinaciones se obtuvieron con un equipo de la marca Perkin Elmer[®] modelo 3110 y se establecieron las condiciones adecuadas de conformidad con las especificaciones del fabricante.⁸⁴ La concentración de Se fue determinada mediante el método de generación de hidruros acoplado al EAA, utilizando un equipo de la marca Perkin Elmer[®] AAnalyst modelo 100 y un generador de hidruros de la marca Perkin Elmer[®] MHS 10, se establecieron las condiciones adecuadas de conformidad con las especificaciones del fabricante.⁸⁴

7.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Se determinaron las concentraciones de elementos minerales en cada ingrediente de la dieta y en cada muestra orgánica de los individuos. Se evaluó la

variación del contenido de elementos minerales en pelo y heces a través del tiempo mediante una transformación polinomial de factores. Se compararon las concentraciones de elementos minerales obtenidas por cada tipo de muestra entre las tropas de los zoológicos (Chapultepec vs Aragón) y entre especies (*A. palliata* vs *A. pigra*) a través de un análisis de varianzas (ANOVA). El análisis estadístico se realizó con el programa JMP 7.0 de SAS Institute Inc, 2007.

8. RESULTADOS

8.1 CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS MINERALES EN LA DIETA

Los valores de los elementos minerales (Ca, Mg, Na, K, Cu, Zn, Fe, y Se) aportados en las dietas proporcionadas a los monos saraguatos (*Alouatta* spp) alojados en la DGZVS se reportan en el Cuadro 6.

8.2 CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS MINERALES EN PELO Y HECES DE MONOS SARAGUATOS.

Los resultados obtenidos en las determinaciones de los elementos minerales (Ca, Mg, Na, K, Cu, Zn, Fe, y Se) para cada una de las muestras de los monos alojados en los Zoológicos Chapultepec y San Juan de Aragón son presentados en los apartados siguientes.

8.2.1 Calcio (Ca)

Las concentraciones de Ca encontradas en pelo y heces de monos saraguatos de manto (*A. palliata*) y en los monos saraguatos negros (*A. pigra*) alojados en la DGZVS se muestran en el Cuadro 7.

Los valores obtenidos en pelo muestran que existe una tendencia de disminución en la concentración del elemento a través del tiempo únicamente en los animales de la especie *A. palliata* del zoológico de Chapultepec, mientras que se aumenta en la especie *A. pigra* de ambos zoológicos y en la especie *A. palliata* en Aragón. La concentración del mineral en heces tiende a disminuir en ambas especies del zoológico de Chapultepec y a incrementar en ambas especies del zoológico de Aragón.

8.2.2 Magnesio (Mg)

Las concentraciones del Mg encontradas en pelo y heces de monos saraguatos de manto (*A. palliata*) y en los monos saraguatos negros (*A. pigra*) alojados en la DGZVS se muestran en el Cuadro 8.

La transformación polinomial de los valores del elemento en pelo muestra que existe una tendencia de disminución a través del tiempo en todos los animales del zoológico de Chapultepec y la especie *A. palliata* de Aragón, mientras que la tendencia en la especie *A. pigra* en el zoológico de Aragón es a aumentar. La concentración del mineral en heces tiende a incrementarse en ambas especies en ambos zoológicos.

8.2.3 Sodio (Na)

Las concentraciones del Na encontradas en pelo y heces de monos saraguatos de manto (*A. palliata*) y en los monos saraguatos negros (*A. pigra*) alojados en la DGZVS se muestran en el Cuadro 9.

La transformación polinomial de los valores del elemento obtenidos en pelo muestra que existe una tendencia de disminución a través del tiempo en los animales del zoológico de Chapultepec y la especie *A. palliata* de Aragón, mientras que la tendencia en la especie *A. pigra* en Aragón es de aumento. La concentración del mineral en heces mostró una tendencia de incremento en ambas especies del zoológico de Aragón y en la especie *A. palliata* en el zoológico de Chapultepec, mientras que se mantiene estable en la especie *A. pigra* del zoológico de Chapultepec.

8.2.4 Potasio (K)

Las concentraciones del K encontradas en pelo y heces de monos saraguatos de manto (*A. palliata*) y en los monos saraguatos negros (*A. pigra*) alojados en la DGZVS se muestran en el Cuadro 10.

La transformación polinomial de los valores obtenidos en pelo mostró una tendencia de aumento en la concentración del elemento a través del tiempo en ambas especies en ambos zoológicos. La concentración del mineral en heces tiende a incrementarse en ambas especies en ambos zoológicos.

8.2.5 Cobre (Cu)

Las concentraciones de Cu encontradas en pelo y heces de monos saraguatos de manto (*A. palliata*) y en los monos saraguatos negros (*A. pigra*) alojados en la DGZVS se muestran en el Cuadro 11.

La transformación polinomial de los valores obtenidos en pelo muestra que existió una tendencia de aumento a través del tiempo en ambas especies de monos en ambos zoológicos. La concentración del mineral en heces tiende a disminuir en la especie *A. pigra* de ambos zoológicos y en la especie *A. palliata* del zoológico de Aragón, mientras que en la especie *A. palliata* del zoológico de Chapultepec tiende a aumentar.

8.2.6 Zinc (Zn)

Las concentraciones de Zn encontradas en pelo y heces de monos saraguatos de manto (*A. palliata*) y en los monos saraguatos negros (*A. pigra*) alojados en la DGZVS se muestran en el Cuadro 12.

La transformación polinomial de los valores obtenidos en pelo muestra que existe una tendencia de disminución en la concentración del elemento a través del tiempo en la especie *A. palliata* de ambos zoológicos y en la especie *A. pigra* de Aragón, mientras que en la especie *A. pigra* de Chapultepec tiende a aumentar. La concentración del mineral en heces tendió a incrementar en ambas especies del zoológico de Chapultepec, y a disminuir en ambas especies del zoológico de Aragón.

8.2.7 Hierro (Fe)

Las concentraciones de Fe encontradas en pelo y heces de monos saraguatos de manto (*A. palliata*) y en los monos saraguatos negros (*A. pigra*) alojados en la DGZVS se muestran en el Cuadro 13.

La transformación polinomial de los valores obtenidos en el pelo mostró una tendencia de disminución en la concentración del elemento a través del tiempo en los animales del zoológico de Aragón y la especie *A. palliata* de Chapultepec; así mismo se observó una tendencia a incrementarse en la especie *A. pigra* en Chapultepec. La concentración del mineral en heces tendió a incrementar en ambas especies del zoológico de Chapultepec y en la especie *A. palliata* de Aragón, mientras que en la especie *A. pigra* de Aragón disminuyó a lo largo del tiempo.

8.2.8 Selenio (Se)

La concentración del Se encontradas en pelo y heces de monos saraguatos de manto (*A. palliata*) y en los monos saraguatos negros (*A. pigra*) alojados en la DGZVS se muestran en el Cuadro 14.

La transformación polinomial de los valores obtenidos en pelo muestra una tendencia de disminución a través del tiempo en los animales del zoológico de Aragón y en la especie *A. pigra* de Chapultepec, mientras que en la especie *A. palliata* de Chapultepec tiende a aumentar. La concentración del mineral en heces tendió a incrementarse en la especie *A. palliata* en ambos zoológicos, y a disminuir en la especie *A. pigra* en ambos zoológicos.

8.3 ANÁLISIS DE VARIANZA

Se realizó un análisis de varianza para cada uno de los minerales determinados en pelo y heces de monos saraguatos de manto (*A. palliata*) y negro (*A. pigra*) de ambos zoológicos (Chapultepec y Aragón).

Se encontró diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) entre especies en pelo en los valores de calcio en el muestreo 2 y 3 ($P = 0.002$ y $P = 0.001$ respectivamente), de cobre en el muestreo 3 ($P = 0.022$), y de magnesio, potasio y sodio en el muestreo 2 ($P = 0.011$, $P = 0.014$ y $P = 0.034$ respectivamente), siendo siempre mayores las concentraciones encontradas en los monos saraguatos negros (*A. pigra*). Así mismo se encontraron diferencias estadísticamente significativas en heces en los valores de calcio en el muestreo 2 ($P = 0.010$) y de cobre en el 3 ($P = 0.024$), siendo mayor en ambos casos la concentración en los monos saraguatos de manto (*A. palliata*).

Se observó diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) entre zoológicos en heces en los valores de cobre ($P = 0.035$, $P = 0.000$ y $P = 0.003$) y zinc ($P = 0.003$, $P = 0.000$ y $P = 0.000$) en los tres muestreos, y de hierro en el muestreo 3 ($P = 0.035$), siendo siempre mayores las concentraciones de los monos alojados en

el Zoológico de Chapultepec. Además se encontraron diferencias en pelo en los valores de potasio en el muestreo 2 ($P=0.036$), de sodio y magnesio en el muestreo 3 ($P=0.004$ y $P=0.005$ respectivamente), y de hierro en los tres muestreos ($P=0.000$, $P=0.040$ y $P=0.016$ respectivamente), siendo mayor la concentración en los monos del Zoológico de San Juan de Aragón.

Se observó diferencia estadísticamente significativa ($P<0.05$) entre zoológicos en el aporte de elementos minerales en la dieta en los valores de hierro ($P=0.000$), magnesio ($P=0.000$), potasio ($P=0.000$) y sodio ($P=0.000$), siendo mayor la concentración en los ingredientes del Zoológico de San Juan de Aragón, mientras que el aporte de calcio fue mayor en el Zoológico de Chapultepec ($P=0.000$).

9. DISCUSIÓN

9.1 CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS MINERALES EN LA DIETA PELO Y HECES DE MONOS SARAGUATOS

Los valores de los elementos minerales aportados en las dietas para monos saraguatos (*Alouatta* spp) ofrecidas en ambos zoológicos fueron comparados con los valores recomendados por el NRC⁹⁰ para primates no humanos, sin embargo, hay que señalar que estas recomendaciones son emitidas para primates en general. Aunado a esto se realizó una comparación con los valores de aportes reportados en dietas de monos saraguatos (*Alouatta* spp) en vida libre (Anexo I).^{39, 69, 75, 90}

Los valores de las concentraciones minerales encontrados en pelo y heces en este estudio representan el primer reporte para monos de éste género (*Alouatta* spp), por lo que algunas comparaciones fueron realizadas con reportes de macacos (*Macaca mulatta* y *M. fascicularis*) (Anexos II y III).

9.1.1 Calcio (Ca)

La concentración del Ca que aporta la dieta ofrecida a los monos saraguatos (*Alouatta* spp) del zoológico de Chapultepec contiene 4.17 g menos que la recomendada por el NRC⁹⁰, 5.47 g menos que lo reportado por Silver y Ostro³⁹, 9.57 g menos que lo encontrado por Nagy y Milton⁴⁸ y 5.1 g menos que la dietas de vida libre estudiadas por Milton.⁷⁵ La concentración del Ca que aporta la dieta de monos saraguatos (*Alouatta* spp) del zoológico de San Juan de Aragón contiene 5.56 g menos que la recomendada por el NRC⁹⁰, 6.86 g menos que lo

reportado por Silver y Ostro³⁹, 6.94 g menos que la dietas de vida libre estudiadas por Milton⁷⁵ y 10.96 g menos que lo reportado por Nagy y Milton.⁴⁸

Actualmente no existen reportes de valores de Ca en pelo y heces de monos saraguatos (*Alouatta* spp) ni en otros primates. Si se comparan los resultados de éste estudio con los valores de Ca en otro herbívoro postgástrico como el equino, los valores se encuentran disminuidos.⁹¹

9.1.2 Magnesio (Mg)

El aporte de Mg de la dieta del Zoológico de Chapultepec se encuentra en los rangos recomendados por el NRC para primates en general⁹⁰; sin embargo, al observar los valores reportados en dietas de animales en vida libre se observan cifras disminuidas en 2.36 g³⁹, 3.22 g⁴⁸ y 3.32 g⁷⁵. El aporte de Mg de la dieta del Zoológico de San Juan de Aragón se encuentra en el rango recomendado por el NRC⁹⁰, pero posee 2.02 g menos que la dieta descrita por Silver y Ostro³⁹, 3.22 g menos que la reportada por Nagy y Milton⁴⁸ y 3.32 g menos que la dieta estudiada por Milton.⁷⁵

Hasta la fecha no existen reportes de valores de Mg en pelo y heces de monos saraguatos (*Alouatta* spp). Comparados con los valores de Mg en pelo de equinos, los valores encontrados en estos monos se encuentran disminuidos.⁹¹

9.1.3 Sodio (Na)

La concentración del Na aportado por la dieta ofrecida a los monos saraguatos (*Alouatta* spp) en el zoológico de Chapultepec es 0.61 g menor que la recomendación del NRC⁹⁰, 0.47 g mayor que lo descrito por Nagy y Milton⁴⁸, 0.14 g menos que las dietas estudiadas por Milton⁷⁵ y 0.67 g mayor que lo reportado

por Silver y Ostro³⁹. La concentración del Na aportado por la dieta ofrecida a los monos saraguatos (*Alouatta* spp) en el zoológico de San Juan de Aragón es 0.8 g menor que la recomendación del NRC⁹⁰, 0.47 g menos que lo descrito por Nagy y Milton⁴⁸, 0.8 g menos que las dietas estudiadas por Milton.⁷⁵ y 0.48 g mayor que lo reportado por Silver y Ostro³⁹

Hasta la fecha no existen reportes de valores de Na en pelo y heces de monos saraguatos (*Alouatta* spp) ni en otros primates. Comparados con los valores de Na en pelo de equinos, los valores encontrados en estos monos se encuentran disminuidos.⁹¹

9.1.4 Potasio (K)

El aporte en el zoológico de Chapultepec del K se encuentra aumentado 6.75 g en comparación con la recomendación del NRC⁹⁰, pero disminuido en 12.95 g en comparación a lo reportado por Nagy y Milton⁴⁸ y 17.75 g en comparación con lo descrito por Milton⁷⁵. El aporte en el zoológico de San Juan de Aragón del K se encuentra aumentado 10.32 g en comparación con la recomendación del NRC⁹⁰, y disminuido en 9.38 g en comparación a lo reportado por Nagy y Milton⁴⁸ y 14.18 g en comparación con lo descrito por Milton.⁷⁵

Hasta la fecha no existen reportes de valores de K en pelo y heces de monos saraguatos (*Alouatta* spp). Comparados con los valores de K en pelo de equinos, los valores encontrados en estos monos se encuentran disminuidos.⁹¹

9.1.5 Cobre (Cu)

La concentración del Cu en la dieta del zoológico de Chapultepec se encuentra 15.39 g disminuida con respecto a lo reportado por Milton⁷⁵ mientras

que en comparación a lo recomendado por el NRC y lo reportado en dietas de *A. palliata* y *A. pigra* en vida libre, los valores se encuentran en rango.^{39, 48, 90} La concentración del Cu en la dieta del zoológico de San Juan de Aragón se encuentra 15.39 g disminuida con respecto a lo reportado por Milton⁷⁵ mientras que en comparación a lo recomendado por el NRC y lo reportado en dietas de *A. palliata* y *A. pigra* en vida libre, los valores se encuentran en rango.^{39, 48, 90}

Los valores de Cu en pelo y heces de saraguatos comparados con los reportados en macacos se encuentran disminuidos.⁷⁷

9.1.6 Zinc (Zn)

El aporte de Zn en la dieta de monos saraguatos (*Alouatta* spp) del zoológico de Chapultepec se encuentra en el rango proporcionado por el NRC y un reporte de *A. pigra* en vida libre.^{39, 90} El aporte de Zn en la dieta de monos saraguatos (*Alouatta* spp) del zoológico de San Juan de Aragón se encuentra en el rango proporcionado por el NRC y un reporte de *A. pigra* en vida libre.^{39, 90}

Hasta la fecha no existen reportes de valores de Zn en pelo y heces de monos saraguatos (*Alouatta* spp). Comparados con los valores de Zn en pelo de mono rhesus (*Macaca mulatta*) y mono verde de java (*M. fascicularis*), los valores encontrados en los monos saraguatos (*Alouatta* spp) se encuentran en rango.⁷⁷ Comparados con los valores de Zn en heces de mono rhesus (*M. mulatta*) y mono verde de java (*M. fascicularis*), los valores encontrados en los monos saraguatos (*Alouatta* spp) se encuentran disminuidos.⁷⁷ Esta diferencia se puede deber al tipo de alojamiento. La malla galvanizada de los albergues, al entrar en contacto con la

orina de los primates puede liberar sulfato de zinc que al ser lamido por los animales, aumenta las concentraciones tanto en sangre como en pelo.⁷⁷

9.1.7 Hierro (Fe)

Las concentraciones del Fe aportadas por la dieta del zoológico de Chapultepec y del zoológico de San Juan de Aragón se encuentran en los rangos recomendados por el NRC y los reportes de vida libre.^{39, 48, 75, 90}

Hasta la fecha no existen reportes de valores de Fe en pelo y heces de monos saraguatos (*Alouatta* spp). Comparados con los valores de Fe en pelo de mono rhesus (*Macaca mulatta*) y mono verde de java (*M. fascicularis*), los valores de los monos saraguatos (*Alouatta* spp) se encuentran disminuidos⁷⁷ Sin embargo, se sabe que el hierro no se almacena comúnmente en el pelo.

Comparados con los valores de Fe en heces de mono rhesus (*M. mulatta*) y mono verde de java (*M. fascicularis*), los valores encontrados en los monos saraguatos (*Alouatta* spp) se encuentran disminuidos.⁷⁷ Debido a que el Fe es un mineral cuya absorción es regulada en las células epiteliales del intestino delgado, las concentraciones encontradas en las heces corresponderán a las del Fe no absorbido.⁶⁵

9.1.8 Selenio (Se)

La concentración de Se aportado en la dieta del zoológico de Chapultepec, así como en la del zoológico de San Juan de Aragón se encontraron disminuidos del rango recomendado por el NRC⁹⁰. Este elemento no ha sido reportado en otras dietas de monos saraguatos (*Alouatta* spp).

Comparados con los valores de Se en pelo de mono rhesus (*Macaca mulatta*) y mono verde de java (*M. fascicularis*), los valores encontrados en los monos saraguatos (*Alouatta* spp) se encontraron disminuidos.⁷⁷ Ésta diferencia puede ser atribuida al deficiente aporte dietario que reciben los saraguatos.

Por su parte, las concentraciones de Se en heces de los monos saraguatos (*Alouatta* sp.) con respecto a las de mono rhesus (*M. mulatta*) y mono verde de java (*M. fascicularis*), se encontraron disminuidas, atribuible también al aporte deficiente.⁷⁷

9.2 DIFERENCIAS DE LAS CONCENTRACIONES MINERALES ENTRE ESPECIES Y TROPAS

9.2.1 *Alouatta palliata* contra *A. pigra*.

Se ha observado en diferentes especies, incluido el humano, que la coloración del pelo involucra la deposición de ciertos minerales dependiendo el tipo de melanina que éste posea.⁹² A mayor concentración de melanina mayor concentración de ciertos elementos, esto se hace evidente en este estudio ya que los animales con pelo más oscuro (*A. pigra*) son los que presentaron una mayor concentración de Ca, Cu, Mg, K y Na. Es importante mencionar que la deposición de elementos también está relacionada con condiciones atmosféricas tales como las horas luz que reciben los individuos, por lo que, y a pesar de no haber medido esta variable, podría atribuirse a ésta el que la diferencia entre especies no fue consistente en todos los muestreos.⁹²

9.2.2 Chapultepec contra San Juan de Aragón

En el caso de las diferencias encontradas en las concentraciones de Cu, Fe y Zn en heces, estas pudieron deberse a la presentación de la dieta ya que en el Zoológico de Chapultepec los ingredientes de la dieta se ofrecen crudos, mientras que en el Zoológico de San Juan de Aragón se ofrecen cocidos. Los alimentos crudos pueden contener algunas moléculas quelantes, como oxalatos y fitatos, las cuales evitan la absorción de ciertos minerales y por lo tanto aumentan su deposición en heces.⁶⁴

La diferencia entre las concentraciones de Fe, Mg, K y Na en el pelo de las dos tropas del estudio (Chapultepec y Aragón), se debe a que en el Zoológico de San Juan de Aragón predominan los monos saraguatos negros (*A. pigra*), y como se mencionó anteriormente, a mayor concentración de melanina mayor deposición de ciertos elementos.⁹²

10. CONCLUSIONES

- En el presente trabajo se encontró que existen diferencias en la concentración de ciertos elementos minerales entre los monos de las especies *Aloutta pigra* y *A. palliata*, mostrando que los monos con pelo más oscuro (*A. pigra*) tienden a depositar más elementos minerales en él. Es importante realizar más investigaciones para confirmar esta conclusión.
- Los ingredientes y la presentación de éstos son importantes en la deposición y excreción de los elementos minerales. Los animales presentaron diferentes concentraciones de minerales en pelo y heces en los diferentes zoológicos, es posible que esto se deba a la cocción que se realiza de algunos ingredientes en San Juan de Aragón en contraste con la posible presencia de quelantes, tales como fitatos y oxalatos, en los ingredientes crudos que se ofrecen en Chapultepec.
- Las especies animales con las que se trabajó en este estudio pertenecen a colecciones patrimonio de la nación, además que por su grave peligro de extinción el número de individuos en cautiverio es muy reducido. Por estos motivos, este estudio es un trabajo de oportunidad, y se tuvo que ajustar al número de monos con los que se contaba en el momento de muestreo, lo cual influyó en el reducido número de muestras. Se recomienda que para otros estudios, y únicamente si es posible, el número de muestras sea mayor.
- Es necesario realizar más estudios sobre la concentración mineral en diversos tejidos de este género de primates, ya que son muy pocos los datos que

se tienen sobre estos en la literatura internacional, existiendo así una carencia en los parámetros que pudieran considerarse normales, con los cuales se ayudaría a mejorar la calidad de vida en el cautiverio.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Church DC, Pond WG, Pond KR. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. México: Limusa Wiley; 2004.
2. Robins C. Wildlife feeding and nutrition. 2da edición. Canadá: Academic Press Inc.; 1993.
3. Allen ME. Nutrition, Introduction. In: Kleiman, ed. Wild mammals in captivity principles and techniques. 1a edición. EUA: The University of Chicago Press; 1996: 107-128.
4. Grooves PC. Primate Taxonomy. EUA: Smithsonian Institution Press; 2001.
5. Ceballos G, Arroyo-Cabrales J, Medellín RA. Lista sistemática de las especies. En: Ceballos G, Oliva G, coords. Los mamíferos silvestres de México. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Fondo de Cultura Económica; 2005: 84.
6. Reid FA. A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico. EUA: Oxford University Press; 1997.
7. Navarro-Fernández, Pozo C, Escobedo-Cabrera E. Afinidad ecológica y distribución actual de primates (Cebidae) en Campeche, México. Rev Biol Trop 2003; 51 (2).
8. Cortes-Ortiz L, Birmingham E. Molecular systematics and biogeography of the Neotropical monkey genus *Alouatta*. Mol Phylogen and Evol 2003; 26 (1): 64-81.
9. Crockett CM. Conservation Biology of the genus *Alouatta*. Int J Primatology 1998; 19 (3): 549-578.

- 10.** Silver CS, Ostro LET, Yeaguer CP, Horwich R. Feeding ecology of the Black Howler Monkey (*Alouatta pigra*) in Northern Belize. Am J Primatology 1998; 45: 263-279.
- 11.** Serio-Silva JC. Comportamiento de monos aulladores (*Alouatta palliata*) durante las primeras semanas de vida. Memorias del XIII Simposio sobre Fauna Silvestre Gral. MV Manuel Cabrera Valtierra; 1996; México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM; 1996: 390-400.
- 12.** Barrueta RT, Estrada A, Pozo C, Calmé S. Reconocimiento demográfico de *Alouatta pigra* y *Ateles geoffroyi* en la reserva El Tormento, Campeche, México. Neotropical Primates 2003; 11 (3): 165-169.
- 13.** Espinosa GF. Calidad y asimilación de nutrientes de la dieta silvestre del mono aullador (*Alouatta palliata mexicana*) bajo condiciones de cautiverio (tesis de licenciatura). México: FES Cuautitlán, UNAM; 2005.
- 14.** Veà y Azcarate. Sociología de *Alouatta palliata* en hábitat fragmentado: implicaciones para la conservación. En: Centro de Estudios Filosóficos, Políticos y Sociales Vicente Lombardo Toledano, eds. Primates: Evolución, Cultura y Diversidad. México: Centro de Estudios Filosóficos, Políticos y Sociales Vicente Lombardo Toledano; 2002: 175-195.
- 15.** Muñoz D, Estrada A, Naranjo E. Monos aulladores (*Alouatta palliata*) en una plantación de cacao (*Theobroma cacao*) en Tabasco, México: aspectos de la ecología alimentaria. Universidad y Ciencia 2005; 11: 35-44.
- 16.** Cristóbal AJ, Veà JJ, Asensio N, Rodríguez LE. Biogeographical and floristic predictors of the presence and abundance of mantled howlers (*Alouatta palliata*

mexicana) in rain forests fragments at Los Tuxtlas, México. Am J Primatology 2005; 67: 209-222.

17. Behie A, Pavelka M. The short-term effects of a hurricane on the diet and activity of black howlers (*Alouatta pigra*) in Monkey River, Belize. Folia. Primatol. 2005; 76: 1-9.

18. Milton, K. The foraging strategy of howler monkeys. 1a edición. EUA: Columbia University Press; 1980.

19. Rodríguez, LE. *Alouatta palliata* (mono aullador, mono zambo, saraguato). En: González Soriano E, Dirzo R, Vogt RC. eds. Historia Natural de los Tuxtlas. México: Instituto de Ecología, UNAM; 1997: 611-616.

20. Kinzey WG. *Alouatta*. In: Kinzey WG. ed. New World Primates: Ecology, Evolution and Behavior. EUA: Walter de Gruyter; 1997: 174-185.

21. Milton K, May ML. Body weight, diet and home range area in primates. Nature 1976; 259 (5543): 459-462.

22. Ott, JM. Other Primates Excluding Great Apes. In: Fowler ME, Millar RE. eds. Zoo and Wild Animal Medicine. 5ª edición. EUA: Saunders; 2003: 346-380.

23. Strier KB. Primate behavioural ecology. EUA: Allyn and Bacon; 2005.

24. Montenegro, SN. Manejo del mono saraguato en cautiverio (tesis de licenciatura). México: FES Cuautitlán, UNAM; 1988

25. Milton, K. Dietary Quality and Demographic Regulation in a Howler Monkey Population. In: Leigh EG, Stanley Rand Jr A, Windsor DM. eds. The ecology of a tropical forest: Seasonal Rhythms and Long-term Changes. EUA: Smithsonian Institution Press; 1985: 273-290.

- 26.** Milton, K. Food choice and digestive strategies of two sympatric primate species. *The American Naturalist* 1981; 117 (4): 496-505.
- 27.** Pavelka MS, Houston KK. Diet and activity in black howler monkeys (*Alouatta pigra*) in Southern Belize: does degree frugivory influence activity level? *Primates* 2004; 45: 105-111.
- 28.** Pozo MG, Serio-Silva JC. Comportamiento alimentario de monos aulladores negros (*Alouatta pigra* Lawrence, Cebidae) en hábitat fragmentado en Balancán, Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 2006; 22 (3): 53-66.
- 29.** García del Valle Y, Muñoz D, Magaña AM, Estrada A, Franco B. Uso de plantas como alimento por monos aulladores, *Alouatta palliata*, en el Parque Yumká, Tabasco, México. *Neotropical Primates* 2001; 9 (3): 112-118.
- 30.** Fuentes E, Estrada A, Franco B, Magaña M, Decena Y, Muñoz D, García Y. Reporte preliminar sobre el uso de recursos alimenticios por una tropa de monos aulladores, *Alouatta palliata*, en el Parque La Venta, Tabasco, México. *Neotropical Primates* 2003; 11 (1): 24-29.
- 31.** González H, Estrada A, Ortiz T. Consistencias y variaciones en el uso de recursos alimentarios utilizados por una tropa de monos aulladores (*Alouatta palliata*) y deterioro del hábitat en los Tuxtlas, Veracruz, México. *Universidad y Ciencia* 2001; 17 (33): 27-36.
- 32.** Milton K, Windsor DM, Morrison DW, Estribi MA. Fruiting phenologies of two neotropical *Ficus* species. *Ecology* 1982; 63 (3): 752-762.
- 33.** Estrada A, Solano SJ, Ortiz MT, Coates-Estrada R. Feeding and general activity patterns of a howlers monkey (*Alouatta palliata*) troop living in a forest fragment at Los Tuxtlas, Mexico. *Am J Primatology* 1999; 48: 167-183.

- 34.** Domínguez-Domínguez L, Rodríguez-Luna E, Morales-Mávil J, Pérez MC, González ZA. Variación en la dieta de un grupo de monos *Alouatta palliata mexicana* en semilibertad. Memorias del XV Simposio sobre Fauna Silvestre Gral. MV Manuel Cabrera Valtierra; 1997; México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM; 1997: 162-173.
- 35.** Nidasio de la Cerda, G. Caracterización de la dieta y su contribución en el establecimiento de parámetros de nutrientes sanguíneos para el mono saraguate (*Alouatta pigra*) cautivo en el Zoológico Nacional "La Aurora" (tesis de licenciatura). Guatemala: FMVZ, Universidad de San Carlos; sin año.
- 36.** Milton, K. Factors influencing leaf choice by howler monkeys: A test of some hypothesis of food selection by generalist herbivores. *The American Naturalist* 1979; 114 (3): 362-378.
- 37.** Welker BJ, König W, Pietsch M, Adams RP. Feeding selectivity by mantled howler monkeys (*Alouatta palliata*) in relation to leaf secondary chemistry in *Hymenaea courbaril*. *J Chem Ecol* 2007; 33: 1186-1196.
- 38.** Milton, K. Behavioral Adaptations to Leaf-eating by the Mantled Howler Monkey (*Alouatta palliata*). In: Montgomery GG. ed. *The ecology of arboreal folivores*. EUA: Smithsonian Institution Press; 1978: 561-574.
- 39.** Silver CS, Ostro LET, Yeager CP, Dierenfeld ES. Phytochemical and mineral components of foods consumed by black howler monkeys (*Alouatta pigra*) at two sites in Belize. *Zoo Biology* 2000; 19: 95-109.
- 40.** Lambert JE. Primate digestion: interactions among anatomy, physiology, and feeding ecology. *Evolutionary Anthropology* 1998; 7 (1): 8-20.

41. Teaford MF, Glander KE. Dental Microwear and diet in a Wild Population of Mantled Howling Monkeys (*Alouatta palliata*). In: Norconk Marilyn A, Rosenberger Alfred L, Garber Paul A. Adaptive Radiations of Neotropical Primates. EUA: Plenum; 1996: 433-449.
42. Kay RF, Hylander WL. The Dental Structure of Mammalian Folivores with Special Reference to Primates and Phalangerioidea (Marsupialia). En: Montgomery. ed. The ecology of arboreal folivores. EUA: Washington; 1978: 173-191.
43. Swindler D. Primate Dentition: An Introduction to the Teeth of Non-human Primates. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2002: 37-121.
44. Hladik CM, Chivers DJ. Foods and the digestive system. In: Chivers DJ, Langer P. eds. The Digestive System in Mammals: Food, Form and Function. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 1994: 65-71.
45. Milton K, Van Soest PJ, Robertson JB. Digestive Efficiencies of Wild Howler Monkeys. *Physiological Ecology* 1980; 53 (4): 402-409.
46. Chrissey SD, Oftedal OT, Currier JA, Rudran R. Gastro-intestinal tract capacity, food passage rates and the possible role of fiber in diets fed to captive red howler monkeys (*Alouatta seniculus*) in Venezuela. *Proceedings of the American Association of Zoo Veterinarians* 1990; 81-86.
47. Milton, K. Pectic substances in Neotropical Plant Parts. *Biotropica* 1991; 23 (1): 90-92.
48. Nagy KA, Milton K. Energy metabolism and food consumption by wild howler monkeys (*Alouatta palliata*). *Ecology* 1979; 60 (3): 475-480.

- 49.** Milton K, McBee R. Rates of fermentative digestion in the howler monkey, *Alouatta palliata* (Primates: Ceboidea). *Comp Bioch and Phys* 1983; 74 (1): 29-31.
- 50.** Edwards MS, Crissey SD, Oftedal OT. Leaf-eating primates: nutrition and dietary husbandry. AZA: Nutrition Advisory Group Handbook 1997; 7.
- 51.** Edwards MS, Ullrey DE. Effect of dietary fiber concentration on apparent digestibility and digesta passage in non-human primates II. Hindgut and foregut fermentating folivores. *Zoo Biology* 1999; 18: 537-549.
- 52.** Aranda M. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. 1º edición. México: CONABIO, Inst. de Ecología A.C.; 2000.
- 53.** Beacham W. Beacham's Guide to Int Endangered Species. EUA: Beacham Publishing; 1998: 320-326.
- 54.** Glander, KE. *Alouatta palliata*. In: Janzen, DH. Ed. Costa Rican Natural History. EUA: University of Chicago Press; 1983: 448-449.
- 55.** NOM-059-ECOL-2001. Norma Oficial Mexicana, Protección Ambiental - Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de especies en riesgo. Anexo normativo II. En línea desde el 6 de marzo de 2002. Consultada en agosto de 2010. Disponible en URL: <http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Pages/normasoficialesmexicanasvigentes.aspx>
- 56.** CITES. Apéndices I, II y III. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. En línea desde junio de 2001. Consultado en agosto de 2010. Disponible en URL: <http://www.cites.org/eng/disc/species.shtml>

- 57.** IUCN Red List (Version 2009.1). The World Conservation Union. IUCN Red List for Threatened Species. Consultada en agosto de 2010. Disponible en URL: <http://www.iucnredlist.org>
- 58.** Rylands AB, Grooves CP, Mittermeier RS, Cortés-Ortíz L, Hines J. Taxonomy and Distributions of Mesoamerican Primates. In: Estrada A, Garber A, Pavelka M, Luecke L. eds. New Perspectives in the Study of Mesoamerican Primates: Distribution, Ecology, Behavior and Conservation. EUA: Springer; 2005: 29-79.
- 59.** Rangel NA. Estudio de la conducta social del mono aullador negro (*Alouatta pigra*) en el estado de Campeche, México. (tesis de doctorado). España: Universidad de Barcelona; 2006.
- 60.** Horwich RH, Johnson ED. Geographical distribution of the black howler (*Alouatta pigra*) in Central America. *Primates* 1986; 27 (1): 53-62.
- 61.** Van BS, Estrada A. Demographic features of *Alouatta pigra* populations in extensive and fragmented forest. In: Estrada A, Garber A, Pavelka M, Luecke L. eds. New perspectives in the study of Mesoamerican Primates: Distribution, Ecology, Behavior and Conservation. EUA: Springer; 2005: 121-142.
- 62.** Ostro LET, Silver SC, Koontz FW, Horwich RH, Brockett RC. Shifts in social structure of black howler (*Alouatta pigra*) groups associated with natural and experimental variation in population density. *Int J Primatology* 2001; 22: 733-748.
- 63.** McDowell LR. Minerals in animal and human nutrition. Academic Press Inc.; 1992.
- 64.** Underwood EJ, Suttle NF. The mineral nutrition of livestock. 3° edición. UK: CABI Publishing; 1999.

- 65.** Gross KL, Wedekind KJ, Cowell CS, et al. Nutrientes. En: Nutrición Clínica en Pequeños Animales. Hand MS, Thatcher CD, Remillard RL, Roudebush P, eds. 4° edición. Argentina: Editorial Inter-Médica S.A.I.C.I.; 2000.
- 66.** Barboza P, Parker K, Hume I. Integrative Wildlife Nutrition. EUA: Springer; 2009.
- 67.** Urquiza HTR. Aporte nutricional de frutos de *Ficus perforata* (pulpa, semillas y materia animal) consumidos por monos aulladores (*Alouatta palliata mexicana*) (tesis de licenciatura). México: Facultad de Ciencias, UNAM; 2001.
- 68.** Serio-Silva, JC. Calidad del alimento consumido por *Alouatta palliata* en condiciones de semilibertad (tesis de maestría). México: Universidad Veracruzana; 1996.
- 69.** Nagy KA, Milton K. Aspects of dietary quality, nutrient assimilation and water balance in wild howler monkeys (*Alouatta palliata*). *Oecologia* 1979; 39: 249-258.
- 70.** Duarte QA, Estrada A. Primates as pets in Mexico City: An assesment of the species involved, source of origin and general aspects of treatment. *Am J Prim* 2003; 61: 53-60.
- 71.** Crissey S, Pribyl L. A review of nutritional deficiencies and toxicities in captive New World Primates. *Int Zoo Yb* 2000; 37: 355-360.
- 72.** Oftedal TO, Whiten A, Southgate DA, Van Soest P. The nutritional consequences of foraging in primates: the relationship of nutrient intakes to nutrient requirements [and discussion]. *Phil Trans: Biol Sci* 1991; 334 (1270): 161-170.
- 73.** Ramírez SD. Estimación del consumo de materia seca promedio, digestibilidad aparente, tasa de pasaje y aporte nutricional de la dieta del mono saraguato

(*Alouatta* spp) ofrecida en el Zoológico San Juan de Aragón. (tesis de licenciatura) México: FMVZ-UNAM; 2007.

74. Anaya LM. Evaluación del aporte nutricional, digestibilidad, tasa de pasaje y estimación de consumo de materia seca de la dieta de mono saraguato (*Alouatta* spp) en el Zoológico de Chapultepec. (tesis de licenciatura) México: FMVZ-UNAM; 2007.

75. Milton K. Micronutrient intakes of wild primates: are humans different? *Comp Bioch and Physi* 2003; 136: 47-59.

76. Crissey S, Slifka K, Barr J, Bowen P, et al. Circulating nutrition parameters in captive apes at four zoos. In: *The Apes: challenges for the 21st century*, Chapter II Captivity: Nutrition, The Primate Department of the Chicago Zoological Society, eds.EUA: Brookfield Zoo; 2000: 180-185.

77. Sánchez-Trocino M. Análisis comparativo de minerales (Cu, Fe, Se, Zn) en alimento comercial, sangre, pelo y heces de mono rhesus (*Macaca mulatta*) y mono verde de java (*Macaca fascicularis*) en cautiverio (tesis de licenciatura) México: FMVZ-UNAM; 2004.

78. Crawford G, Puschenr B, Dierenfeld E, Dunker F. Survey of minerals and fat-soluble vitamins in captive black and white ruffed lemurs (*Varecia variegata*). *J Zoo Wildlife Med* 2009; 40 (4):632-638.

79. Crissey S, Serio-Silva JC, Meehan T, Slifka K, et al. Nutritional status of free-ranging mexican howler monkeys (*Alouatta palliata mexicana*) in Veracruz, Mexico: serum chemistry; lipoprotein profile; vitamins D, A, and E; carotenoids; and minerals. *Zoo Biol* 2003; 22: 239-251.

- 80.** Schmidt D, Kowalewski M, Ellersieck M, Zunino G, et al. Serum nutritional profiles of free-ranging *Alouatta caraya* in northern Argentina: lipoproteins; amino acids; vitamins A, D, and E; carotenoids; and minerals. *Int J Prim* 2007; 28.
- 81.** Dirección General de Zoológicos de la Ciudad de México. Zoológico de Chapultepec "Alfonso L. Herrera" 80 aniversario. Libro conmemorativo. México: Consejo Nacional de la Fauna; 2003.
- 82.** Zoológico San Juan de Aragón. Dirección General de Zoológicos y Vida Silvestre. Consultada en agosto de 2010. Disponible en URL: <http://www.sanjuandearagon.df.gob.mx/ubicacion/index.php>
- 83.** CEM Corporation. Operation Manual Microwave Digestion System MDS-2000. EUA: CEM-Corp.; 1999.
- 84.** Perkin-Elmer Co. Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrometry. EUA: Norwalk (CO), The Perkin-Elmer Co.; 1993.
- 85.** Hilderbrand DC, White DH. Trace-element analysis in hair: an evaluation. *Clinical Chemistry* 1974; 20 (2): 148-151.
- 86.** Deeming SB, Weber CW. Hair analysis of trace minerals in human subjects as influenced by age, sex and contraceptive drugs 1-3. *The Am J Clinical Nutrition* 1978; 31: 1175-1180.
- 87.** Crisman MV, Carmer DK, Lessard P, Les WB. A survey of whole blood selenium concentrations of horses in Virginia and Maryland. *J Equine Vet Science* 1994; 14 (5): 256-261.
- 88.** Tejada de Hernández I. Control de Calidad y Análisis de Alimentos para animales. México: Sistema de Educación Continua en Producción Animal; 1992.

- 89.** AOAC. Official Methods of Analysis of the AOAC International. 14th edition. EUA: AOAC; 1984.
- 90.** National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Nonhuman primates. EUA: The National Academy Press; 2003.
- 91.** Galaviz GCM. Determinación del perfil mineral en leche, pelo y sangre de yeguas recién paridas y la concentración de estos elementos en pelo de sus potros. (tesis de Licenciatura). México: FMVZ-UNAM; 2010.
- 92.** Christodoulopoulos G, Roubies N, Karatzias H, Papasteriadis A. Selenium concentration in blood and hair of Holstein dairy cows. Biol Trace Elem Res 2003; 91 (2): 145-150.

12. CUADROS

Cuadro 1. Monos saraguatos (*Alouatta* spp) alojados en la DGZVS

Individuo No.	Especie	Identificación	Sexo	Edad (años)	Peso (Kg)	Zoológico
1	<i>A. palliata</i>	Willy	Macho	10	5.7	Chapultepec
2	<i>A. palliata</i>	Gelasio	Macho	3	6.7	Chapultepec
3	<i>A. palliata</i>	Sasil-ha	Hembra	4	4.3	Chapultepec
4	<i>A. palliata</i>	Jelipe	Macho	3	6.6	Chapultepec
5	<i>A. pigra</i>	Ozomatli	Macho	6	8.5	Chapultepec
6	<i>A. pigra</i>	Mingo	Macho	4	8.5	Chapultepec
7	<i>A. palliata</i>	Moncho	Macho	9	7.3	Aragón
8	<i>A. pigra</i>	Yutzil	Macho	4	7.1	Aragón
9	<i>A. pigra</i>	Kiniche	Macho	3	7.3	Aragón
10	<i>A. pigra</i>	Sundoritz	Hembra	4	5.5	Aragón

Cuadro 2. Ingredientes de la dieta del Zoológico de Chapultepec

Ingrediente	Descripción	Kilogramos en base húmeda/día
Alfalfa	Fresca	2.000
Croqueta comercial	Mazuri® Leaf Eater	1.000
Lechuga orejona	Cruda	1.400
Manzana roja	Cruda, con cáscara	0.400
Naranja	Cruda, sin cáscara	0.400
Papaya Maradol	Cruda	0.400
Plátano Tabasco	Crudo, sin cáscara	0.400
Sandía roja	Cruda, sin cáscara	0.400
TOTAL		6.400 kg

Cuadro 3. Ingredientes del suplemento del Zoológico de Chapultepec

Ingrediente	Cantidad ofrecida en base húmeda/día	Aporte mineral y vitamínico
Cereal infantil Gerber® de arroz	0.300 kg	Fe, Zn, Cu, Ca, P, Mg, vit. C, vit. D, ácido fólico, niacina, tiamina, vit. B6, vit. B12, vit. A, vit. E.
Cereal infantil Gerber® de 4 cereales	0.300 kg	Fe, Zn, Ca, P, Mg, vit. C, ácido fólico, niacina, tiamina, vit. B6, vit. B12, vit. A, vit. E.
Yogurt cremoso natural Yoplait de Nestlé®	1.000 kg	
Eternal de Roche®	1 cápsula	Acetato de dl- α -tocoferol
Cevalín® adulto	3 tabletas	Ácido ascórbico
Levadura de cerveza	4 tabletas	Tiamina, riboflavina, niacina
Centrum®	1.5 tableta	Vit. A, β -caroteno, vit. C, vit. D, vit. E, vit. K, tiamina, riboflavina, niacinamida, vit. B6, ácido fólico, vit. B12, biotina, ácido pantoténico, Ca, Fe, P, I, Mg, Zn, Cu, Mn, Cr, Mb, Cl, K, B, Ni, Si, Sn, V, luteína.
Sinuberase® bacilos lácticos	1 tableta	

Cuadro 4. Ingredientes de la dieta del Zoológico de San Juan de Aragón

Ingrediente	Descripción	Kilogramos en base húmeda/día
Alfalfa	Fresca	1.000 kg
Croqueta comercial	Mazuri® Leaf Eater	0.180 kg
Guayaba	Cruda	0.300 kg
Manzana roja	Cruda, con cáscara	0.300 kg
Pera	Cruda	0.300 kg
Plátano Tabasco	Crudo	0.400 kg
Uva globo	Cruda	0.100 kg
Acelga	Cocida	0.200 kg
Brócoli	Cocido	0.260 kg
Calabaza italiana	Cocida	0.260 kg
Chayote	Cocido	0.260 kg
Chícharo	Cocido	0.100 kg
Ejote	Cocido	0.260 kg
Espinaca	Cocida	0.200 kg
Lechuga orejona	Cruda	0.500 kg
Papa alpha	Cocida	0.260 kg
Zanahoria	Cocida	0.280 kg
Arroz	Cocido	0.200 kg
		TOTAL 5.360 kg

Ingrediente	Cantidad ofrecida en base húmeda dos días/semana	Aporte mineral y vitamínico
-------------	--	-----------------------------

Cuadro 5. Ingredientes del suplemento del Zoológico de San Juan de Aragón

Cereal infantil Gerber® de arroz	0.080 kg	Fe, Zn, Cu, Ca, P, Mg, vit. C, vit. D, ácido fólico, niacina, tiamina, vit. B6, vit. B12, vit. A, vit. E.
Cereal infantil Gerber® de 4 cereales	0.080 kg	Fe, Zn, Ca, P, Mg, vit. C, ácido fólico, niacina, tiamina, vit. B6, vit. B12, vit. A, vit. E.
Yogurt cremoso natural Yoplait de Nestlé®	0.350 kg	
Centrum® infantil	1 tableta	Vit. A, β-caroteno, vit. C, vit. D, vit. E, vit. K, tiamina, riboflavina, niacinamida, vit. B6, ácido fólico, vit. B12, biotina, ácido pantoténico, Ca, Fe, P, I, Mg, Zn, Cu, Mn, Cr, Mb, Cl, K, B, Ni, Si, Sn, V, luteína.

Cuadro 6. Aporte mineral total en g/kg de MS en las dietas ofrecidas a los monos saraguatos (*Alouatta spp*) alojados en la DGZVS

Elemento	Zoológico de Chapultepec	Zoológico San Juan de Aragón
Calcio	3.83	2.44
Magnesio	1.18	1.52
Sodio	1.39	1.20
Potasio	10.75	14.32
Cobre	0.004	0.003
Zinc	0.07	0.05
Hierro	0.08	0.06
Selenio	0.0005	0.0006

Cuadro 7. Concentraciones promedio \pm desviación estándar de calcio (Ca) en pelo (mg/g) y heces (mg/g) de monos saraguatos (*A. palliata* y *A. pigra*) alojados en la DGZVS

Grupo de estudio	PELO			HECES		
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3
<i>A. pigra</i> de Chapultepec (n=2)	0.58 \pm 0.07	0.7 \pm 0.08	0.76 \pm 0.12	9.58 \pm 5.29	7.28 \pm 1.31	7.25 \pm 3.18
<i>A. palliata</i> de Chapultepec (n=4)	0.41 \pm 0.23	0.33 \pm 0.07	0.32 \pm 0.1	6.74 \pm 1.06	10.65 \pm 2.67	6.33 \pm 1.68
<i>A. palliata</i> de Aragón* (n=1)	0.34	0.34	0.48	2.51	10.27	6.88
<i>A. pigra</i> de Aragón (n=3)	0.51 \pm 0.08	0.73 \pm 0.24	0.65 \pm 0.03	5.06 \pm 0.81	5.96 \pm 1.49	6.15 \pm 3.13

* En Aragón solo existe un individuo de la especie *A. palliata*, por tal motivo no se presenta desviación estándar.

Cuadro 8. Concentraciones promedio \pm desviación estándar de magnesio (Mg) en pelo (mg/g) y heces (mg/g) de monos saraguatos (*A. palliata* y *A. pigra*) alojados en la DGZVS

Grupo de estudio	PELO			HECES		
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3
<i>A. pigra</i> de Chapultepec (n=2)	0.26 \pm 0.18	0.17 \pm 0.01	0.16 \pm 0.04	4.19 \pm 3.06	4.26 \pm 0.23	4.57 \pm 0.21
<i>A. palliata</i> de Chapultepec (n=4)	0.12 \pm 0.12	0.11 \pm 0.04	0.06 \pm 0.05	2.36 \pm 0.53	4.43 \pm 0.7	3.44 \pm 0.68
<i>A. palliata</i> de Aragón* (n=1)	0.29	0.1	0.25	1.90	5.46	3.83
<i>A. pigra</i> de Aragón (n=3)	0.18 \pm 0.01	0.24 \pm 0.06	0.23 \pm 0.03	3.97 \pm 0.84	4.85 \pm 0.83	4.41 \pm 1.60

* En Aragón solo existe un individuo de la especie *A. palliata*, por tal motivo no se presenta desviación estándar.

Cuadro 9. Concentraciones promedio \pm desviación estándar de sodio (Na) en pelo (mg/g) y heces (mg/g) de monos saraguatos (*A. palliata* y *A. pigra*) alojados en la DGZVS

Grupo de estudio	PELO			HECES		
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3
<i>A. pigra</i> de Chapultepec (n=2)	1.05 \pm 1.31	0.50 \pm 0.44	0.31 \pm 0.22	1.11 \pm 0.29	1.05 \pm 0.33	1.1 \pm 0.13
<i>A. palliata</i> de Chapultepec (n=4)	0.44 \pm 0.37	0.19 \pm 0.04	0.14 \pm 0.06	1.04 \pm 0.09	0.62 \pm 0.08	1.2 \pm 0.31
<i>A. palliata</i> de Aragón* (n=1)	0.63	0.20	0.52	0.81	4.73	2.23
<i>A. pigra</i> de Aragón (n=3)	0.38 \pm 0.10	0.61 \pm 0.32	0.48 \pm 0.03	0.94 \pm 0.49	0.48 \pm 0.44	1.96 \pm 1.15

* En Aragón solo existe un individuo de la especie *A. palliata*, por tal motivo no se presenta desviación estándar.

Cuadro 10. Concentraciones promedio \pm desviación estándar de potasio (K) en pelo (mg/g) y heces (mg/g) de monos saraguatos (*A. palliata* y *A. pigra*) alojados en la DGZVS

Grupo de estudio	PELO			HECES		
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3
<i>A. pigra</i> de Chapultepec (n=2)	0.59	0.34	0.9	13.67	17.4	15.44
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	0.54	0.14	0.85	8.76	1.68	2.32
<i>A. palliata</i> de Chapultepec (n=4)	0.19	0.14	0.26	9.61	16.94	15.96
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	0.13	0.03	0.15	0.69	1.17	2.74
<i>A. palliata</i> de Aragón* (n=1)	0.16	0.16	1.18	14.03	23.17	16.3
<i>A. pigra</i> de Aragón (n=3)	0.32	0.77	0.89	14.3	10.49	16.82
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	0.04	0.28	0.2	1.6	4.47	2.54

* En Aragón solo existe un individuo de la especie *A. palliata*, por tal motivo no se presenta desviación estándar.

Cuadro 11. Concentraciones promedio \pm desviación estándar de cobre (Cu) en pelo ($\mu\text{g/g}$) y heces ($\mu\text{g/g}$) de monos saraguatos (*A. palliata* y *A. pigra*) alojados en la DGZVS

Grupo de estudio	PELO			HECES		
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3
<i>A. pigra</i> de Chapultepec (n=2)	4.44	2.88	5.79	26.56	25.32	18.4
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	3.42	0.07	0.07	11.76	3.69	8.1
<i>A. palliata</i> de Chapultepec (n=4)	3.33	2.77	4.68	29.21	31.06	36.03
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	1.57	2.18	0.76	8.69	2.17	4.38
<i>A. palliata</i> de Aragón* (n=1)	4.53	3.59	3.74	15.9	10.4	8.19
<i>A. pigra</i> de Aragón (n=3)	2.37	2.91	6.61	17.49	8.12	7.24
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	0.56	1.25	1.54	1.14	6.49	2.98

* En Aragón solo existe un individuo de la especie *A. palliata*, por tal motivo no se presenta desviación estándar.

Cuadro 12. Concentraciones promedio \pm desviación estándar de zinc (Zn) en pelo (mg/g) y heces (mg/g) de monos saraguatos (*A. palliata* y *A. pigra*) alojados en la DGZVS

Grupo de estudio	PELO			HECES		
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3
<i>A. pigra</i> de Chapultepec (n=2)	0.17 \pm 0.09	0.22 \pm 0.04	0.24 \pm 0.03	0.57 \pm 0.24	0.57 \pm 0.08	0.69 \pm 0.08
<i>A. palliata</i> de Chapultepec (n=4)	0.22 \pm 0.04	0.26 \pm 0.02	0.2 \pm 0.03	0.43 \pm 0.02	0.7 \pm 0.09	0.65 \pm 0.03
<i>A. palliata</i> de Aragón* (n=1)	0.2	0.26	0.16	0.2	0.1	0.05
<i>A. pigra</i> de Aragón (n=3)	0.24 \pm 0.05	0.25 \pm 0.02	0.21 \pm 0.001	0.17 \pm 0.08	0.15 \pm 0.02	0.07 \pm 0.05

* En Aragón solo existe un individuo de la especie *A. palliata*, por tal motivo no se presenta desviación estándar.

Cuadro 13. Concentraciones promedio \pm desviación estándar de hierro (Fe) en pelo (mg/g) y heces (mg/g) de monos saraguatos (*A. palliata* y *A. pigra*) alojados en la DGZVS

Grupo de estudio	PELO			HECES		
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3
<i>A. pigra</i> de Chapultepec (n=2)	0.04 \pm 0.009	0.05 \pm 0.0007	0.05 \pm 0.008	0.66 \pm 0.55	0.77 \pm 0.06	0.7 \pm 0.09
<i>A. palliata</i> de Chapultepec (n=4)	0.06 \pm 0.02	0.04 \pm 0.009	0.04 \pm 0.01	0.33 \pm 0.01	0.74 \pm 0.19	0.62 \pm 0.01
<i>A. palliata</i> de Aragón* (n=1)	0.13	0.07	0.08	0.49	0.6	0.58
<i>A. pigra</i> de Aragón (n=3)	0.18 \pm 0.05	0.18 \pm 0.19	0.08 \pm 0.02	0.7 \pm 0.34	0.73 \pm 0.23	0.52 \pm 0.09

* En Aragón solo existe un individuo de la especie *A. palliata*, por tal motivo no se presenta desviación estándar.

Cuadro 14. Concentraciones promedio \pm desviación estándar de selenio (Se) en pelo ($\mu\text{g/g}$) y heces (mg/g) de monos saraguatos (*A. palliata* y *A. pigra*) alojados en la DGZVS

Grupo de estudio	PELO			HECES		
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3
<i>A. pigra</i> de Chapultepec (n=2)	0.38	0.32	0.14	0.77	1.1	0.71
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	0.14	0.17	0.2	0.66	0.2	0.25
<i>A. palliata</i> de Chapultepec (n=4)	0.14	0.38	0.31	0.34	0.8	0.74
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	0.14	0.3	0.49	0.18	0.17	0.08
<i>A. palliata</i> de Aragón* (n=1)	0.52	0.1	0.17	0.41	0.69	0.61
<i>A. pigra</i> de Aragón (n=3)	0.65	0.65	0.29	0.57	0.87	0.51
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	0.53	0.23	0.28	0.11	0.29	0.05

* En Aragón solo existe un individuo de la especie *A. palliata*, por tal motivo no se presenta desviación estándar.

13. FIGURAS

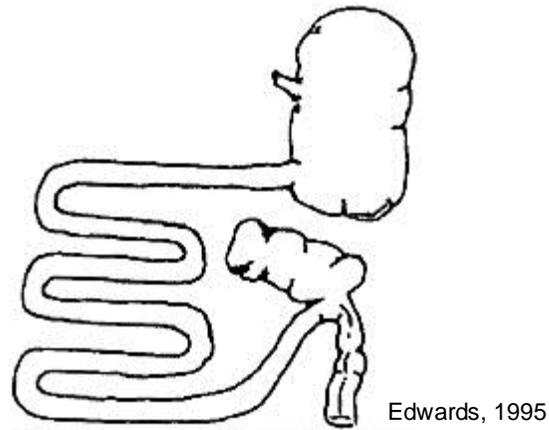


Figura 1. Esquema del aparato digestivo de *Alouatta* spp.⁹¹

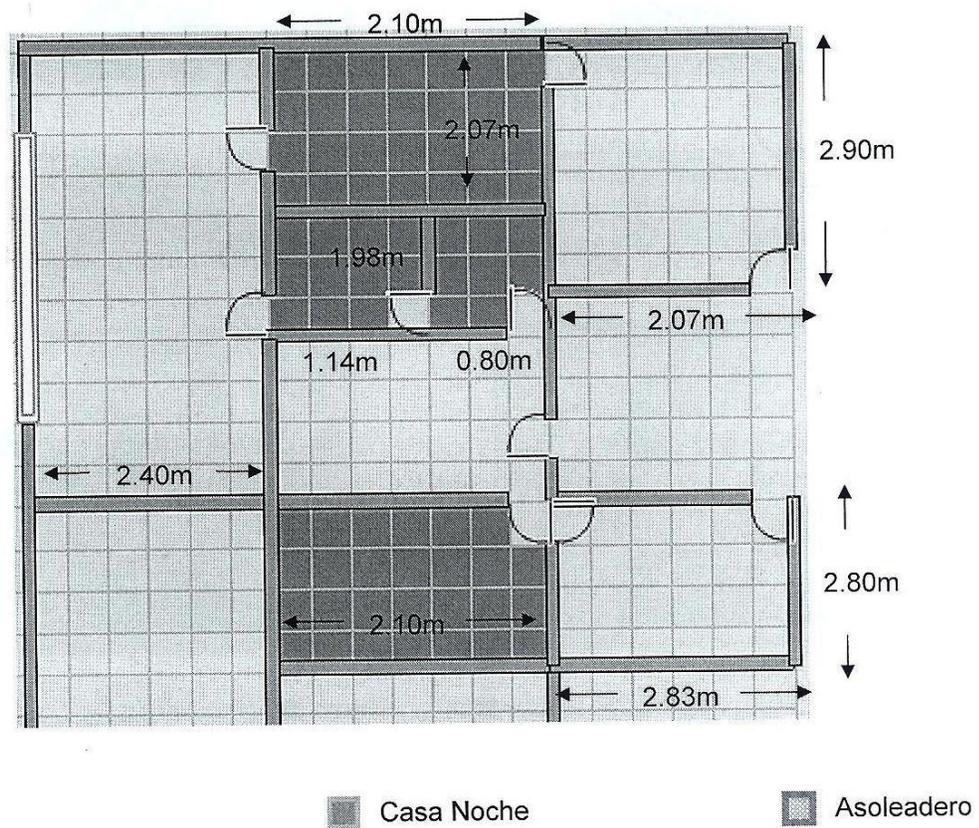


Figura 2. Instalaciones de la tropa de monos saraguatos (*Alouatta* spp) alojados en el Zoológico de Chapultepec.⁷⁴

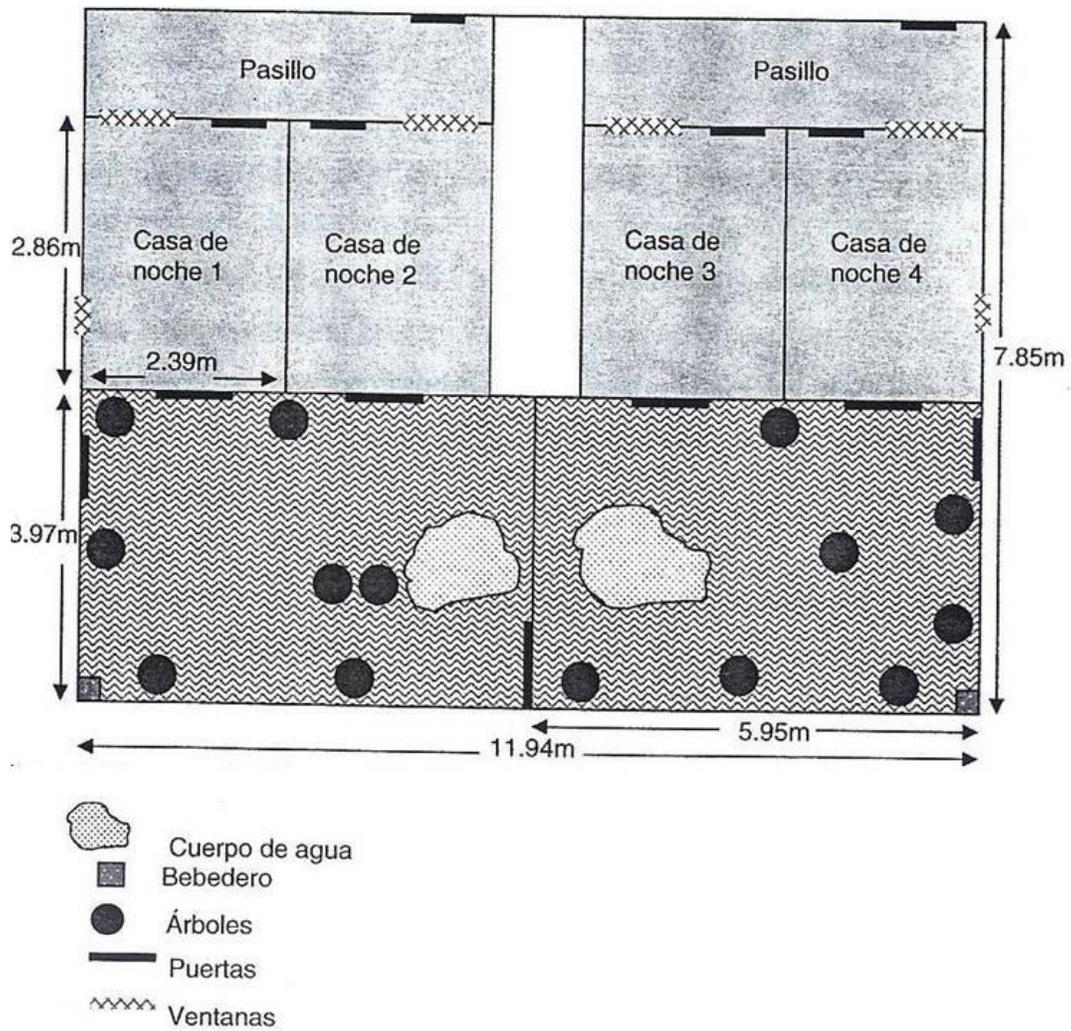


Figura 3. Instalaciones de la tropa de monos saraguatos (*Alouatta* spp) alojados en el Zoológico de San Juan de Aragón.⁷³

14. IMÁGENES



Imagen 1. *A. palliata* "Willy"
FOTOGRAFÍA: ABARCA HERNÁNDEZ



Imagen 2. *A. palliata* "Gelasio"
FOTOGRAFÍA: ABARCA HERNÁNDEZ



Imagen 3. *A. palliata* "Sasil-ha"
FOTOGRAFÍA: ABARCA HERNÁNDEZ



Imagen 4. *A. palliata* "Jelipe"
FOTOGRAFÍA: ABARCA HERNÁNDEZ



Imagen 5. *A. pigra* "Ozomatli"
FOTOGRAFÍA: ABARCA HERNÁNDEZ



Imagen 6. *A. pigra* "Mingo"
FOTOGRAFÍA: ABARCA HERNÁNDEZ



Imagen 7. *A. palliata* "Moncho"
FOTOGRAFÍA: RAMÍREZ SALDÍVAR



Imagen 8. *A. pigra* "Yutzil"
FOTOGRAFÍA: RAMÍREZ SALDÍVAR



Imagen 9. *A. pigra* "Kiniche"
FOTOGRAFÍA: RAMÍREZ SALDÍVAR



Imagen 10. *A. pigra* "Sundoritz"
FOTOGRAFÍA: RAMÍREZ SALDÍVAR



Imagen 11. Plato con ingredientes
ofrecidos en el Zoológico de
Chapultepec
FOTOGRAFÍA: ABARCA HERNÁNDEZ



Imagen 12. Plato con ingredientes
ofrecidos en el Zoológico de San
Juan de Aragón
FOTOGRAFÍA: ABARCA HERNÁNDEZ

15. ANEXOS

Anexo I. Aportes de elementos minerales en g/kg de MS en dietas de monos saraguatos (*Alouatta* spp) y primates en general reportados por otros autores

Elemento mineral	<i>Alouatta pigra</i> en vida libre ³⁹	<i>Alouatta palliata</i> en vida libre ⁴⁸	Primates en general ⁷⁵	Primates en general ⁹²
Ca	9.3	13.4	8.93	8
P	2.32	2.1	2.2	6
Mg	3.54	4.4	4.5	0.8
Na	0.72	1.86	1.53	2
K	NSD	23.7	28.5	4
Cu	0.0118	0.0009	15.4	0.02
Zn	0.258	NSD	NSD	0.1
Fe	0.108	0.085	0.09	0.1
Se	---	---	---	0.003

Anexo II. Concentraciones de elementos minerales en µg/g en pelo de primates reportadas por otros autores

Elemento mineral	<i>Macaca fascicularis</i> en cautiverio ⁷⁷	<i>Macaca mulatta</i> en cautiverio ⁷⁷
Cu	10.69	14.30
Zn	219.09	200.29
Fe	77.08	363.62
Se	0.4	0.63

Anexo III. Concentraciones de elementos minerales en ppm en heces de primates reportadas por otros autores

Elemento mineral	<i>Macaca fascicularis</i> en cautiverio ⁷⁷	<i>Macaca mulatta</i> en cautiverio ⁷⁷
Cu	89.92	67.31
Zn	691.95	434.54
Fe	4797.00	4995.00
Se	0.46	0.48