



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**“MANEJO REPRODUCTIVO DE ELEFANTAS ASIÁTICAS  
(*Elephas maximus*) EN EL ZOOLOGICO DE  
FORT WORTH (TEXAS; USA)”**

**INFORME FINAL DEL TRABAJO PROFESIONAL  
EN EL EXTRANJERO EN LA MODALIDAD DE  
FAUNA SILVESTRE**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

**P R E S E N T A**

**LUISÁNGELA GARCÍA RANGEL**

**TUTORA:**

**MVZ. ESP. BERENICE PORTILLO LÓPEZ**



**MÉXICO, D.F.**

**2007**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



“For in the end, we will only conserve what we love. We will love only what we understand. We will understand only what we are taught.”

“Al final conservaremos sólo aquello que amamos. Amaremos sólo aquello que entendamos. Entenderemos sólo aquello a los que fuimos enseñados.”

**Baba Dioum**

“The world is as delicate and as complicated as a spider’s web. If you touch one thread you send shudders running through all the other threads. We are not just touching the web, we are tearing great holes in it.”

“El mundo es tan delicado y tan complicado como una telaraña. Si tocas una sola fibra mandas temblores que correrán a lo largo de todas las demás fibras. Nosotros no sólo tocamos la telaraña, estamos haciendo grandes hoyos en ella”.

**Gerald Durrell**

“Sólo cuando el último árbol esté muerto, el último río envenenado y el último pez atrapado, te darás cuenta que no puedes comer dinero.”

**Sabiduría indoamericana**

### III

GRACIAS Señor por darme esta vida, por todas las oportunidades y obstáculos, por darme la dicha de tratar de mejorar cada día y gracias más que nada por mi familia, amigos, compañeros y personas que han hecho posible este logro.

A mis padres tengo tanto que agradecerles que empiezo por agradecerles la vida misma y el amor con el cual siempre me han guiado desde que tengo memoria. Mush gracias por todos los consejos que tarde o temprano usaré, por desvelarte conmigo sin saber por qué, por ayudarme con mi persona y enseñarme a llegar hasta donde fuera necesario (¡tu me hiciste vaga!), Chato gracias por enseñarme a ser responsable desde el elephant-elefante (se quedó en el transistor), hasta la impresión de este trabajo; por darme una de las armas más poderosas, la educación profesional; por darme la oportunidad de descubrir mi potencial de respetar, querer y convivir con otras culturas (desde Neeti hasta Shannon pasando por Katka) y a sentirme orgullosísima de mí país a cada instante. A los dos por siempre creer en mí en cuanto locura se me iba ocurriendo ya fuera una obra de teatro, un viaje para ir a escalar ¡o un negocio de tacos!.

Papino y Mamina, son los pilares que junto con Tana me han hecho llegar hasta este momento, que más que una meta sé que es el principio del camino. Lo bueno que soy... es su culpa; mis muchos defectos, esos son culpa mía pero poco a poco espero vayan desapareciendo. Los amo.

Pu' gracias por tu cariño y por enseñarme a defender. Porque cuando he pedido una mano de ayuda me la has concedido siempre, no sé por qué pero sigue así, ¡te quiero mucho y un abrazote!

Familia García, gracias por el apoyo y cariño que se siente cada vez que nos reunimos, estemos lejos o cerca.

Familia Rangel, gracias por estar en los momentos más importantes. Ante todo cuenten conmigo.

Familia Reyes, gracias por el cariño y por hacerme sentir parte de la familia desde el primer día en Chapultepec, por aguantarme en casa y por todo el esfuerzo que nos han brindado. ¡Los quiero mucho!

Mujo p.h. por dónde empiezo a agradecerte? (pachis) Hace 3.5 años que le he agradecido Al que todo lo ve por haberme mandado a un compañero que me quisiera tal cual, me respetara, me siguiera el ritmo, me aguantara las altas y bajas, que confiara siempre en mí y que nunca me frenara en ninguno de mis objetivos. ¡Salí debiendo! Gracias por esperar pacientemente mi regreso de Fort Worth; por todas las idas y vueltas por la ciudad que requirió este trabajo, tu compañía fue y sigue siendo esencial; porque al igual que con mis padres en lugar de frenarme siempre escucho una frase de aliento; por aventarte a hacer algo pa' nosotros cada fin de semana y por todo lo que falta... ¡Manguj'! (ya me apure).

Gamberros, mi personalidad se pulió estando a su lado. Con ustedes he compartido la experiencia de cuidar y respetar la vida a cada segundo, la escalada en roca fue la base para una unión que se va añejando año con año. Saben que sin ustedes mi vida hubiera estado incompleta y mi tesis también, gracias Guerej', Duende, Fuffy, Isma, Jason, Vera, V'y, Paty, Al.

Gisele, falsa al fin y al cabo, estás a la mitad de los escaladores y los veterinarios, pero en las dos facetas tienes mi total cariño. Gracias por todos los consejos.

## IV

Mims, comadre. Gracias por los cinco años en la FMVZ que hicieron una amistad como pocas.

Chaz, Chux, Richo, Gally, Paty, Nans, Debbs, Adri, ¿qué hubiera sido la FMVZ sin ustedes?

Techan, Aletz me tardé, pero ahora sí puedo decir que ¡los Olincos lo logramos!

Nor', Rebeca, Chalis: ¡Desde el último pañal hasta la última arruga! Las adoro y millones de gracias por el oído prestado por tantos años y por la confianza que nunca se perderá.

Al Zoológico de Fort Worth, gracias por su total confianza y por abrirle las puertas por primera vez a una estudiante mexicana. Me enseñaron cosas invaluable que cambiaron mi manera de ver la vida y la profesión.

Al Zoológico Los Coyotes, a todos que me recibieron con los brazos abiertos y que no los han cerrado, gracias a cada uno por el tiempo dedicado a enseñarme los primeros pininos de la profesión, dentro y fuera del trabajo. A todo el personal por brindarme su amistad, ya vieron que mis pasos me siguen llevando a este lugar.

Bere, gracias por tu interés, tu tiempo, tu apoyo y confianza.

A la FMVZ por cobijarme durante 5 años seguidos, por sus excelentes profesores y por seguirse esforzando para tener mejores Médicos Veterinarios Zootecnistas en el país.

A la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México por todas la oportunidades que brinda a sus estudiantes para seguir creciendo y lograr el objetivo de ser mejores profesionistas cada día.

¡Gooya, Universidad!

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 <u>IMPORTANCIA DE ZOOLOGICOS</u> .....	1
1.2 <u>FORT WORTH ZOO</u> .....	1
1.2.1 CONSERVACIÓN DE FAUNA SILVESTRE .....	2
<b>2. OBJETIVO GENERAL</b> .....	4
2.1 <u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u> .....	4
<b>3. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO PROFESIONAL EN EL EXTRANJERO</b> ..	4
3.1 <u>HORARIOS</u> .....	5
3.2 <u>DEPARTAMENTO DE SALUD ANIMAL</u> .....	5
3.3 <u>PERSONAL</u> .....	5
<b>4. ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE EL TRABAJO PROFESIONAL</b> ..	6
4.1 <u>MEDICINA PREVENTIVA</u> .....	7
4.1.1 CUARENTENA .....	7
4.1.2 INMUNOPROFILAXIS .....	8
4.1.3 HIGIENE .....	8
4.1.4 DISEÑO DE INSTALACIONES .....	9
4.1.5 ENRIQUECIMIENTO Y ENTRENAMIENTO .....	9
4.1.6 VIGILANCIA NUTRICIONAL .....	9
4.2 <u>EXÁMENES MÉDICOS DE RUTINA</u> .....	10
4.3 <u>PROGRAMAS DE CÓMPUTO</u> .....	13
4.4 <u>PATOLOGÍA Y DIAGNÓSTICO</u> .....	14
4.4.1 LABORATORIO DE PATOLOGÍA .....	14
4.4.2 PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO .....	16
4.5 <u>MANEJO CLÍNICO – HOSPITAL</u> .....	18
4.5.1 TERAPÉUTICA Y TRATAMIENTOS .....	18
4.5.2 CIRUGÍAS .....	24
4.6 <u>NECROPSIAS</u> .....	28
4.7 <u>CUIDADO DIARIO Y ENTRENAMIENTO</u> .....	31
4.7.1 ENTRENAMIENTO .....	33
4.8 <u>CONTENCIONES</u> .....	34

4.8.1	CONTENCIÓN POR ENTRENAMIENTO .....	35
4.8.2	CONTENCIÓN FÍSICA .....	36
4.8.3	CONTENCIÓN QUÍMICA .....	39
4.9	<u>DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN</u> .....	42
4.9.1	CAMBIO DE DIETA .....	45
4.9.2	LABORATORIO DE NUTRICIÓN .....	46
<b>5.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>47</b>
<b>6.</b>	<b>RESUMEN TRABAJO FINAL “MANEJO REPRODUCTIVO DE ELEFANTAS ASIÁTICAS (<i>Elephas maximus</i>) EN EL ZOOLOGICO DE FORT WORTH (TEXAS; USA)”</b> .....	<b>48</b>
6.1	<u>INTRODUCCIÓN</u> .....	49
6.1.1	ESPECIES .....	51
6.1.1.1	LEGALIDAD Y POBLACIONES .....	53
6.1.1.2	FUNDACIÓN INTERNACIONAL DE ELEFANTES Y FORT WORTH ZOO .....	56
6.2	<u>ANTECEDENTES</u> .....	57
6.2.1	ESTRUCTURA SOCIAL .....	57
6.2.2	DESCRIPCIÓN DEL TRACTO REPRODUCTOR .....	58
6.2.3	EDAD REPRODUCTIVA .....	60
6.2.4	CICLO REPRODUCTIVO Y GESTACIÓN .....	61
6.2.4.1	HORMONAS INVOLUCRADAS EN EL CICLO ESTRAL DEL ELEFANTE .....	61
6.2.4.1.a	Estrógenos .....	62
6.2.4.1.b	Progestágenos .....	63
6.2.4.1.c	Hormona Luteinizante (LH) .....	64
6.2.4.1.d	Hormona Folículo Estimulante (FSH) e Inhibina .....	65
6.2.4.2	CICLO ESTRAL DEL ELEFANTE .....	66
6.2.4.3	GESTACIÓN Y PARTO .....	69
6.2.5	HEMBRAS ACÍCLICAS Y PATOLOGÍAS MÁS FRECUENTES .....	71
6.2.6	MÉTODOS DE MEDICIÓN DE HORMONAS MÁS UTILIZADOS EN ELEFANTES .....	72

## VII

6.2.6.1	MÉTODOS INVASIVOS .....	72
6.2.6.1.1	Radioinmunoanálisis (RIA) .....	73
6.2.6.1.2	Inmunoanálisis Ligado a Enzimas (ELISA) .....	73
6.2.6.2	MÉTODOS NO INVASIVOS .....	74
6.3	<u>OBJETIVO</u> .....	76
6.3.1	OBJETIVO ESPECÍFICO .....	76
6.4	<u>JUSTIFICACIÓN</u> .....	76
6.5	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	77
6.5.1	SUJETOS DE ESTUDIO Y MANEJO .....	77
6.5.1.1	MANEJO .....	78
6.5.2	TOMA DE MUESTRAS .....	80
6.5.3	MEDICIÓN DE LH Y PROGESTERONA EN SANGRE DEL REBAÑO ALBERGADO EN FORT WORTH ZOO .....	82
6.5.3.1	MEDICIÓN DE PROGESTERONA CON RADIOINMUNOANÁLISIS (RIA) .....	82
6.5.3.2	MEDICIÓN DE HORMONA LUTEINIZANTE CON INMUNOANÁLISIS LIGADO A ENZIMAS (ELISA) .....	83
6.6	<u>RESULTADOS</u> .....	84
6.6.1	NIVELES DE PROGESTERONA Y LONGITUD DE LOS CICLOS REPRODUCTIVOS EN HEMBRAS DE FWZ .....	84
6.7	<u>DISCUSIÓN</u> .....	85
6.7.1	CICLOS REPRODUCTIVOS EN HEMBRAS DE FWZ .....	85
6.7.2	GRÁFICAS .....	87
6.7.3	INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO EN LA REPRODUCCIÓN .....	89
6.7.4	PROBLEMAS A ENFRENTAR CON LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL.....	93
6.8	<u>CONCLUSIÓN</u> .....	94
6.9	<u>COMENTARIO FINAL</u> .....	94
7.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	95



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 IMPORTANCIA DE ZOOLOGICOS

A principios del siglo XXI no se tomaban en cuenta las necesidades de los animales silvestres en cautiverio. Fue hasta mediados de los años sesenta cuando se adquirió conciencia de la extinción masiva de las especies y los zoológicos se transformaron.<sup>(1)</sup> En la actualidad los zoológicos se están transformando y las especies silvestres se mantienen en albergues adaptados y/o diseñados para cada especie, teniendo como prioridad el bienestar animal.

Aunque los zoológicos siguen siendo centros de diversión y cultura para los visitantes, cumplen al mismo tiempo con un papel educativo (enfaticando la educación ambiental), científico y de investigación, además de convertirse en centros de conservación para las especies que albergan.<sup>(2)</sup>

Lo anterior es posible ya que en los zoológicos se cuenta con equipos de trabajo multidisciplinarios. Estos se encargan de la protección y cuidado de las especies, estudiando e investigando su biología y reproducción.

### 1.2 FORT WORTH ZOO



El zoológico de Fort Worth es un zoológico cosmopolita ya que se exhiben especies de diferentes partes del mundo, y están clasificadas por la región, país o continente que habitan en vida libre.

Localizado a 3.2 kilómetros del centro de la ciudad, en la zona de Forest Park, el zoológico de 27.2 hectáreas es el más antiguo del estado de Texas, EEUU.

Su historia comienza en 1909, cuando tres comisionarios de Fort Worth le compraron a un carnaval que pasaba por la ciudad, un caimán, un coyote, un león, dos oseznos, un guajolote y varios conejos. Estos animales se albergaron a un lado del río Trinidad, pero al poco tiempo una inundación destruyó estos exhibidores y fue entonces cuando el pueblo de Fort Worth se organizó para restablecer el zoológico. Se donaron serpientes, lobos, venados y un cebú. Para evitar otro percance se escogió un lugar en Forest Park y se empezaron a recibir especies diversas desde 1910.

En 1939 se formó la Fort Worth Zoological Association, una organización sin fines de lucro.

Poco a poco se fueron inaugurando el acuario, un albergue de primates, de aves tropicales y su reconocido Herpetario. El zoológico pronto comenzó a ser reconocido mundialmente por sus logros en programas de reproducción, conservación e investigación. Se privatizó en Octubre de 1991, cuando la Asociación asumió la administración del zoológico de manos de la Ciudad de Fort Worth. La siguiente década, la Asociación recaudó 80 millones de dólares para renovar y mejorar doce nuevos exhibidores.

En 1998 se abrió el Burnett Animal Health Science Center (Centro Burnett de Ciencias de la Salud Animal), el cual se compone del Hospital Veterinario y del Laboratorio de Investigación Nutricional.

En 2001, el Departamento de Nutrición del zoológico se expandió de nuevo con el Centro de Servicios de Nutrición Animal, incrementando así la eficacia de la elaboración de dietas para los ejemplares.<sup>(3)</sup>

### **1.2.1 CONSERVACIÓN DE FAUNA SILVESTRE**

EL Zoológico de Fort Worth es conocido internacionalmente por su trabajo de conservación. Más de catorce directores de manejo animal, coordinadores de área, nutriólogos y veterinarios en el zoológico participan activamente en proyectos de investigación para la conservación y ocupan más de treinta posiciones directivas a nivel nacional en la Asociación de Zoológicos y Acuarios de América (AZA).

Miembros del personal son Directores y Miembros de la Mesa Directiva de seis organizaciones de conservación, nacionales e internacionales, incluyendo: *Turtle Survival Alliance*, *International Elephant Foundation*, *International Rhino Foundation* e *International Iguana Foundation*.

El Zoológico de Fort Worth (FWZ) es una de las instituciones con programas multifacéticos enfocados en la conservación de estas especies. Forma parte del Plan de Supervivencia de Especie (Species Survival Plan) de los Bongos

(*Tragelaphus euryceros*), Leones africanos (*Panthera leo*) y Elefantes africanos (*Elephas maximus*).

Dentro de sus instalaciones se creó la Fundación dedicada a la conservación de las cinco especies de rinocerontes que existen: Rinoceronte blanco (*Ceratotherium simum*), Rinoceronte negro (*Diceros bicornis*), Rinoceronte de Java (*Rhinoceros sondaicus*), Rinoceronte de Sumatra (*Dicerorhinus sumatrensis*), Rinoceronte asiático (*Rhinoceros unicornis*). Así como la fundación de la alianza para la supervivencia de Tortugas, la cual rescató a miles de tortugas amenazadas, colocándolas en colonias alrededor del mundo. En cuanto a la Iguana jamaicana (*Cyclura collei*), 39 ejemplares se reintrodujeron exitosamente a su hábitat natural.

Estos programas abarcan diversas investigaciones entre las cuales destaca el aspecto nutricional. Y actividades como la educación pública, la reintroducción de especies y el trabajo de campo.

El Departamento de Nutrición coordina y supervisa la colección, muestreo, análisis y colección de datos de animales de vida libre para que en un futuro cercano se elaboren dietas apropiadas para animales jóvenes y adultos en cautiverio. Los proyectos también están orientados en investigaciones para obtener estimados reales de las poblaciones en vida libre y de manera conjunta, brindar educación pública acerca de las especies en peligro de extinción en sus lugares de origen (por ejemplo Namibia- Leones (*Panthera leo*), Kenya- Bongos (*Tragelaphus euryceros*) y Puerto Rico- Sapo de cresta de Puerto Rico (*Peltophryne lemur*), para que sus pobladores ayuden y tengan conciencia de la importancia en la conservación de estos animales.

Gracias a su apoyo y como reconocimiento por su colaboración en los programas de conservación y recuperación de especies en peligro de extinción (particularmente la Iguana jamaicana (*Cyclura collei*), el Zoológico de Fort Worth fue galardonado con el Premio Internacional de Conservación, otorgado por la AZA en 2002. <sup>(3)</sup>

## **2. OBJETIVO GENERAL**

Obtener mayor experiencia práctica y conocimiento médico y clínico en el área de Fauna Silvestre al participar en procedimientos médicos bajo supervisión e instrucción de Médicos Veterinarios.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- ♣ Desarrollar habilidades en cuanto al manejo de los animales de zoológico que abarquen: Medicina Preventiva, Protocolos de Inmovilización y Contención, Cuidado y Manejo diario de los animales, Estructura y Elementos de Diseño de los exhibidores, Necropsias, Colección de muestras, Emergencias, Tratamientos, Cirugía y Rehabilitación.
- ♣ Aprender y practicar las técnicas de diagnóstico mediante el manejo de diversos aparatos médicos.
- ♣ Aprender el empleo de los programas de cómputo utilizados para llevar una base de datos de una colección.
- ♣ Adquirir información actual y de vanguardia al familiarizarme con la literatura que en este zoológico se consulta.
- ♣ Desarrollar, investigar y documentar un proyecto que deberá ser presentado al personal Médico Veterinario al concluir la estancia y programa.

### **3. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO PROFESIONAL EN EL EXTRANJERO**

El Trabajo Profesional en el Extranjero se realizó en el FWZ del 5 de septiembre al 5 de diciembre del año 2005, formando parte del Programa para Estudiantes de Veterinaria de esta institución. Dicho programa está diseñado para brindar una vasta experiencia en la Medicina clínica de animales de zoológico. Además de la medicina y cirugía de animales silvestres, el estudiante participa en revisiones de literatura, recopilación de datos para los registros médicos y cualquier otro proyecto o investigación que se esté llevando a cabo en el departamento.

### **3.1 HORARIOS**

El calendario se organizó de manera que abarcara diversas actividades en diferentes departamentos del zoológico. Los horarios de trabajo fueron de 7:30 de la mañana a 5 de la tarde, de Domingo a Jueves, trabajando directamente con el personal del Departamento de Salud Animal. La tarde del jueves se dedicó a un repaso de literatura médica.

Los domingos fueron días de rotación por otros departamentos del zoológico.

### **3.2 DEPARTAMENTO DE SALUD ANIMAL**

El Departamento de Salud Animal se compone de un hospital de 4,572 metros cuadrados con divisiones para cuarentena y hospitalización. El hospital cuenta con un extenso equipo para el tratamiento y diagnóstico médico como son radiografías, electrocardiogramas y endoscopías. Cuando se necesita una Resonancia Magnética y/o una Tomografía Computarizada, algunos hospitales locales de Medicina Humana prestan sus servicios en horarios especiales.

### **3.3 PERSONAL**

Tres Médicos Veterinarios se hacen cargo de los 3,000 animales que alberga el zoológico. La Dra. Nancy Lung (Encargada del Departamento de Salud Animal), Dra. A.J. Marlar (Asistente Veterinaria), quien es especialista en Oftalmología y el Dr. Shannon Ferrell (Clínico Veterinario Asociado), especialista en Medicina y Cirugía de Aves. Además de los tres Médicos Veterinarios, el personal del hospital está formado por tres Técnicos Veterinarios, dos guarda animales, una persona encargada de los registros médicos y voluntarios. Así mismo, Médicos Cirujanos y Veterinarios Especialistas son consultados para brindar un cuidado óptimo a la colección de animales.

También se cuenta con tres Nutriólogos que son responsables de los aspectos de nutrición animal y que están activamente involucrados en diversas investigaciones multi-institucionales.

#### **4. ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE EL TRABAJO PROFESIONAL**

La jornada laboral comienza con una junta con el personal del hospital (médicos, técnicos veterinarios y guarda animales). En esta se tratan diversos temas como son: las actividades programadas para ese día (estableciendo un horario y duración aproximada para cada una según su grado de importancia), los avances en los ejemplares que se encontraban hospitalizados o en cuarentena (historias clínicas y tratamientos que se darán), manejos programados dentro y fuera del hospital, temas administrativos referentes al personal del zoológico, además de las actividades que se lleven a cabo para el público visitante.

A lo largo del día se realizan los manejos programados y los casos de emergencia que se vayan presentando. Por la tarde se actualiza el historial clínico, ingresando la información correspondiente en el programa de cómputo MEDARKS (Medical Animal Record Keeping System).

Conforme se fueron solicitando se realizaron las pruebas de diagnóstico pertinentes para cada caso clínico, así como los exámenes en el laboratorio de patología.

Para cada manejo se utilizó el tipo de contención más adecuado dependiendo de la especie a tratar y de la urgencia del manejo. En el FWZ se utilizan los tres tipos de contención: por entrenamiento, física y química.

En cuanto al área de nutrición y al programa de entrenamiento, las decisiones, cambios y actualizaciones son tratados de manera conjunta por médicos veterinarios, etólogos, guarda animales y nutriólogos, en reuniones semanales.

Para estas dos áreas se establecieron horarios y fechas para trabajar directamente con los responsables.

A continuación se describirán las actividades que se llevaron a cabo en cada área para que, de esta manera, se cumplieran los objetivos antes mencionados.

## **4.1 MEDICINA PREVENTIVA**

Dentro de la medicina de fauna silvestre existen dos grandes divisiones: medicina poblacional y medicina individual, aunque lo más importante en ambas es la prevención de enfermedades y está relacionada directamente con el manejo animal.<sup>(4)</sup>

La Medicina Preventiva incluye todas las actividades y técnicas que promueven la resistencia a las enfermedades. Para lograrlo es necesario un programa orientado a evitar traumatismos, intoxicaciones, enfermedades nutricionales y enfermedades infecciosas. Abarca áreas como lo son la higiene, la inmunoprofilaxis, la cuarentena, la vigilancia nutricional, el diseño de instalaciones y el enriquecimiento animal y del comportamiento, las cuales tienen una sola meta en común, la salud animal.

### **4.1.1 CUARENTENA**

Parte de las instalaciones del hospital de FWZ están conformadas por el área de cuarentena. Esta se divide en Área de retención pequeña, mediana y grande, mientras sea mayor el tamaño de la especie, más amplias serán las jaulas. Cada una está diseñada con puertas de guillotina para que los animales sean movidos a otra sección (un asoleadero) mientras se hace la limpieza diaria.

Para la mayoría de los animales la cuarentena en el FWZ tiene una duración aproximada de treinta a sesenta días, excepto para primates, los cuales se detienen un mínimo de noventa días ya que hay ejemplares que salen positivos a la prueba de tuberculina hasta los sesenta días o más de haber estado expuestos a la prueba antes mencionada o a alguna de las Micobacterias causantes de tuberculosis (*M. avium*, *M. bovis* y *M. tuberculosis*).

A todos los animales recién llegados se les practicó un examen físico, se tomó muestra de sangre, guardando el suero de cada animal, muestras de heces para descartar enfermedades parasitarias y si era requerido, se aplicaron las vacunas pertinentes.



#### 4.1.2 INMUNOPROFILAXIS

La Inmunoprofilaxis es la prevención de enfermedades mediante la administración de vacunas, bacterinas y sueros hiperinmunes.<sup>(5)</sup> La vacunación es esencial en un zoológico dada la susceptibilidad de las especies a las enfermedades infecciosas.

El protocolo de vacunación del zoológico de Fort Worth se divide para animales neonatos y adultos.

Neonatos Felinos se vacunan contra Panleucopenia Felina, Rinotraqueítis Felina, Calicivirus Felino y Rabia. Adultos Cánidos contra Distemper, Adenovirus, Leptospirosis, Parvovirus y Rabia. Adultos Primates contra Tétanos, Influenza y Rabia.

Durante el Trabajo Profesional se siguió el protocolo para neonatos félicos y se vacunaron subcutáneamente cinco crías de León Africano (*Panthera leo*) y una cría de Jaguar (*Panthera onca*)(Imagen 1) a las seis semanas de edad. Se utilizó contención física en ambos casos.

Los Bonobos (*Pan paniscus*), Chimpancés (*Pan troglodytes*) y Lobo Rojo (*Canis rufus*) (Imagen 2) se vacunaron intramuscularmente contra rabia mientras estaban bajo el efecto de la anestesia de su examen médico de rutina, siguiendo el protocolo de vacunación antes mencionado.



Imagen 1. Vacunación a Jaguar (*Panthera onca*).



Imagen 2. Vacunación a Lobo Rojo (*Canis rufus*).

#### 4.1.3 HIGIENE

La limpieza y desinfección del espacio que ocupan las especies en cautiverio es de suma importancia ya que elimina la mayor cantidad de agentes patógenos con los cuales pudieran entrar en contacto, y es el principio de una adecuada Medicina Preventiva.

Los desinfectantes que se utilizan son agentes químicos, detergentes catiónicos (cloruro de benzalconio y cloruro de n-equil demetil bencil amonio) como líquidos desinfectantes para la limpieza de las diferentes instalaciones en los zoológicos, ya que tiene actividad viricida, bactericida, control de hongos y mohos en superficies rígidas.<sup>(6)</sup>

#### **4.1.4 DISEÑO DE INSTALACIONES**

Todo zoológico debe estar diseñado pensando en el bienestar animal y acondicionado para realizar las actividades de medicina preventiva y medicina clínica.

Los albergues cuentan con casas de noche y están adaptados a las necesidades de cada especie. Las puertas se abren y cierran desde el exterior por medio de palancas y algunas se pueden usar eléctrica y manualmente, como en el caso de las casas de noche de grandes primates. Cada puerta y palanca están señalada con un número o letra que hace más sencillo su identificación desde el exterior, y ayuda a evitar errores en caso de que una persona no familiarizada con esa sección este realizando las actividades correspondientes.

Cada sección cuenta con desagüe, inclinación hacia el mismo, piso de cemento, tarimas, troncos y ventilación. Este diseño facilita la limpieza diaria de los albergues y casas de noche.

#### **4.1.5 ENRIQUECIMIENTO Y ENTRENAMIENTO**

Esta rama forma parte de la Medicina Preventiva ya que facilita la observación de los ejemplares al interactuar con ellos y proveerlos de una salud física y psicológica. Está a cargo de personal especializado en etología en cautiverio. Forma parte de un programa del que posteriormente se hablará con mayor amplitud. (Página 31)

#### **4.1.6 VIGILANCIA NUTRICIONAL**

Aunque forma parte también de la Medicina Preventiva, ésta área compete al Departamento de Nutrición, el cual se desarrollará en otro apartado. (Página 42)

## 4.2 EXÁMENES MÉDICOS DE RUTINA

Estos exámenes clínicos están calendarizados por especie e individuo. Están basados en el estado de salud que el animal haya presentado en el pasado y en los reportes que brinden los coordinadores y guarda animales de cada área.

A lo largo de los tres meses de estancia se tenían previstos los exámenes de Bonobos (*Pan paniscus*), Chimpancés (*Pan troglodytes*), Lobo rojo (*Canis rufus*), Puercoespín de cola prensil (*Coendou prehensilis*) (Imagen 3 y 4), Caimán del Mississippi (*Alligator mississippiensis*), cría de León africano (*Panthera leo*) (Imagen 5), Nutria de río (*Lutra canadensis*) (Imagen 6). En estos manejos se emplearon diferentes métodos de contención, aunque en todos los casos la anestesia inhalada (Isoflurano) fue la que se utilizó hasta el final del procedimiento.



Imagen 3. *Coendou prehensilis* con anestesia inhalada, con electrodos en extremidades anteriores y posteriores para la realización de electrocardiograma.

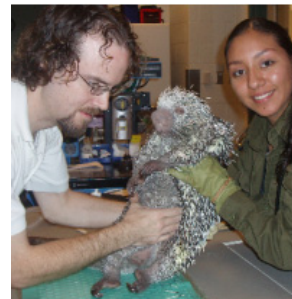


Imagen 4. Examen médico de rutina a *C. prehensilis*.



Imagen 5. Examen médico de rutina a cría de *Panthera leo*. Toma de frecuencia cardiaca

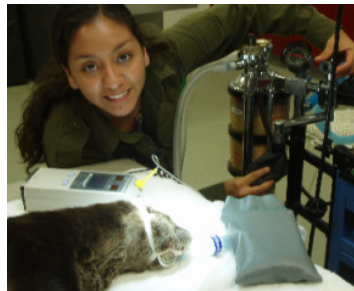


Imagen 6. Examen médico de rutina a *Lutra canadensis*. Respiración controlada con bolsa Ambu conectada al oxígeno de la máquina de anestesia, para recuperación de anestesia inhalada.

Durante los exámenes se practicó la toma de muestras sanguíneas, la administración de vacunas, y la revisión de los diferentes aparatos y sistemas. Se ayudó en la toma de placas radiográficas y ultrasonidos de rutina.

Se tuvo oportunidad de colocar catéter intravenoso a dos ejemplares de Chimpancé (*Pan troglodytes*) y tomar sus muestras sanguíneas. Así como la administración de la prueba de tuberculina en párpados a Bonobos (*Pan paniscus*) y Chimpancés (*Pan troglodytes*).

A continuación se describirá el caso de un Chimpancé al cual se le practicó un examen médico de rutina:

**Chimpancé macho (*Pan troglodytes*).**

Edad: 15 años      Peso: 70kg

- Historia Clínica: Se realizó examen médico de rutina. Hace cinco años presentó infección auditiva en oído izquierdo con buena recuperación.

Se anestesió con Tiletamina-Zolazepam (3mg/kg) y Ketamina (2mg/kg). El ejemplar está entrenado para recibir inyecciones intramusculares en la región externa de los brazos (músculos bíceps y tríceps), por parte de su guarda animal. La administración fue exitosa. Se colocó catéter intravenoso en el antebrazo (vena cubital superficial o basilisca) para mantener una vía permeable.

- Examen Físico:

1. Se encontraron varios trozos de paja dentro del conducto auditivo izquierdo y olor desagradable.
2. El conducto auditivo derecho presentó una obstrucción parcial por crecimiento de un pólipo.

- Pruebas de Diagnóstico Rutinarias para Primates: Radiografías de tórax, abdomen y cráneo, toma de muestras sanguíneas para Hemograma y Química Sanguínea, prueba de tuberculina en párpados (Imagen 7) (*Mycobacterium avium* en párpado izquierdo (Imagen 8) y *Mycobacterium bovis* en párpado derecho) y electrocardiograma. (Imagen 10)

En las radiografías se observó la silueta hepática con una disminución ligera de tamaño al compararlo con el de los otros Chimpancés (*Pan troglodytes*), por lo que se decidió realizar una biopsia hepática.

- Procedimiento: El ejemplar se intubó para mantener las vías respiratorias abiertas y se mantuvo la anestesia con Isoflurano 1.5%. Se brindó terapia de líquidos de mantenimiento o sostén (Cloruro de Sodio a 0.9%, 400ml/hora IV) ya que el manejo tuvo una duración de 4 horas y para mantener una vía permeable, se administró intramuscularmente la vacuna contra la rabia y se hizo limpieza dental.

1. Se extrajeron, con ayuda de un otoscopio y pinzas, alrededor de 8 trozos de paja de tamaño similar (5 cm) del conducto auditivo externo izquierdo (Imagen 11 y 12), el cual era demasiado profundo. Se hicieron lavados con Clorhexidina diluida en solución salina estéril (30% de Clorhexidina por 70% de solución salina estéril).
2. Se hizo lavado de conducto auditivo derecho con Clorhexidina diluida en solución salina estéril (30% de Clorhexidina por 70% de solución salina estéril).
3. Se realizó una prueba de coagulación haciendo una pequeña incisión en la mucosa bucal (Imagen 13), la herida no presentó problemas de coagulación, por lo que se realizó biopsia hepática guiada por ultrasonido (Imagen 14) y se mandó al laboratorio. El ejemplar se recuperó de la anestesia dentro de su albergue. (Imagen 15)

- Diagnóstico:

1. Problema conductual. En el pasado presentó una infección auditiva y los guarda animales reportan que desde ese tiempo escoge paja para introducirla en el conducto auditivo.
2. Pólipo. Se confirmó pólipo benigno con los resultados de la biopsia.
3. No se encontraron alteraciones en la biopsia de hígado.

- Tratamiento: 1) Cefalexina. 20 mg/kg PO, cada 12 horas por 7 días acompañado de alimento.

2) Suplemento vitamínico PO, una vez al día con los alimentos.

3) En cuanto al problema de etología se continuará con el programa de enriquecimiento animal.



Imagen 7. Aplicación de prueba de tuberculina en párpados.

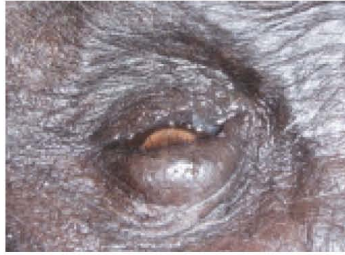


Imagen 8. Párpado izquierdo con *M. avium*



Imagen 9. Comparación de párpado normal sin prueba.



Imagen 10. *Pan troglodytes* en decúbito dorsal con electrodos en tórax, miembros anteriores y posteriores, listo para electrocardiograma de rutina.



Imagen 11. Extracción de paja con ayuda de un otoscopio y pinzas.



Imagen 12. Trozos de paja de tamaño similar extraídos del conducto auditivo.



Imagen 13. Prueba de coagulación mediante una pequeña incisión en la mucosa del labio inferior.



Imagen 14. Biopsia hepática guiada con ultrasonido.



Imagen 15. Recuperación en albergue.

### 4.3 PROGRAMAS DE CÓMPUTO

El programa de Cómputo que se maneja en el Departamento de Salud Animal es MEDARKS (Medical Animal Record Keeping System). Dentro del cual se tiene la información de los individuos que forman parte de la colección del zoológico de Fort Worth. En él se llevan los registros como las altas, bajas, historia clínica de cada ejemplar, seguimiento de casos y actualizaciones. Cada individuo posee un número de identificación individual, en caso de no conocerlo se puede buscar su expediente por medio de la especie (ya sea nombre común o científico) y aparece

una lista de los ejemplares que posee el zoológico. Si se está tratando con un ejemplar que forma parte de una población o no se diferencia a simple vista, se puede leer el chip que cada individuo tiene.

El programa se va actualizando día a día conforme se presentan los casos.

Como pasante de Médico Veterinario, se escribía la información de los casos de interés en los que se estuvo presente, así como los reportes de las necropsias realizadas. Teniendo libre acceso al mismo todo el tiempo.

#### **4.4 PATOLOGÍA Y DIAGNÓSTICO**

El Departamento de Salud Animal cuenta con un pequeño Laboratorio de Patología. Los encargados son los Técnicos Veterinarios presentes. A continuación se describirán los procedimientos efectuados.

##### **4.4.1 LABORATORIO DE PATOLOGÍA**

En todos los manejos de cuarentena, exámenes médicos de rutina y emergencias se tomaron muestras de sangre.

Se practicó la toma de muestras de sangre en las siguientes especies: MARSUPIALES: Canguro rojo (*Macropus rufus*) (Imagen 16); MAMÍFEROS: Puma (*Puma concolor*), Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), Cabra común (*Capra hircus*), Gacela cuello de jirafa (*Litocranius walleri*), Chimpancés (*Pan troglodytes*), Bonobos (*Pan paniscus*), Elefante asiático (*Elephas maximus*) (Imagen 17), Jirafa reticulada (*Giraffa camelopardalis*) (Imagen 18) y Rinoceronte negro (*Diceros bicornis*); REPTILES: Tortuga patas rojas (*Geochelone carbonaria*), Tortuga estrella (*Geochelone elegans*), Tortuga de caja (*Terrapene carolina*), Cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*), Iguana jamaicana (*Cyclura collei*) (Imagen 19), Iguana azul de Gran Caimán (*Cyclura lewisi*) (Imagen 20 y 21), Boa común (*Boa constrictor*); AVES: Grulla coronada del oeste (*Balaerica pavonina*), Grulla coronada del este (*Balaerica regulorum*), Flamingo americano (*Phoenicopterus ruber*), Flamingo chileno (*Phoenicopterus chilensis*), Periquito australiano (*Melopsittacus undulatus*), Ibis espátula o Garza paleta (*Ajaja ajaja*), Correcaminos norteño (*Geococcyx californianus*).



Imagen 16



Imagen 17

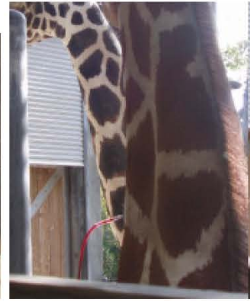


Imagen 18



Imagen 19



Imagen 20



Imagen 21

Toma de muestra sanguínea a: **16.** Canguro rojo (*Macropus rufus*) vena caudal o coccígea. **17.** Elefante asiático (*Elephas maximus*) vena auricular. **18.** Jirafa reticulada (*Giraffa camelopardalis*), vena yugular. **19.** Iguana jamaicana (*Cyclura collei*), vena coccígea. **20 y 21.** Iguana azul de Gran Caimán (*Cyclura lewisi*), vena coccígea.

Las pruebas que se corren en el laboratorio son el microhematocrito y la Proteína Total. La sangre completa se observa al microscopio para diferenciar alguna anomalía en las células como esquizocitos, cuerpos de Heinz, neutrófilos tóxicos o eosinófilos. Las muestras sin anticoagulante se centrifugan y el suero se guarda en el banco que se tiene de cada especie.

La sangre completa, plasma y la orina se envían al laboratorio local para obtener Hemograma, Bioquímica sanguínea y urianálisis. Los resultados llegan por correo electrónico al siguiente día.

Las heces y orina se obtienen de los albergues, los guarda animales son los encargados de traer las muestras al hospital.

Con las heces se realiza la técnica de flotación, ya que con esta se pueden observar ooquistes de protozoarios y huevos de parásitos.<sup>(7)</sup>

Las muestras para histopatología también se mandan a laboratorios especializados con los cuales el zoológico ya tiene tiempo trabajando conjuntamente.



Otra de las actividades que se realizan en el laboratorio es la observación de citologías, raspados e improntas de tejidos o lesiones que los animales presentaron. Para esto se utilizaron las tinciones de Gram y Diff Quick.

La mayoría de los tejidos provenían del área de necropsias, y en algunos casos no fueron necesarias las tinciones, ejemplo de estos son las muestras de aletas, piel, branquias y escamas que se tomaron a las diferentes especies de peces. Se logró diagnosticar la enfermedad parasitaria causada por *Uronema spp*, la cual presentaban los ejemplares en el tanque de cuarentena. Los peces afectados fueron: Pez mariposa de manchas y bandas (*Chaetodon punctatofasciatus*), Pez mariposa de bandas de cobre (*Chelmon rostratus*), Pez mariposa dorado (*Chaetodon semilarvatus*) y Pez antías (*Serranocirhitus latus*). El parásito se detectó finalmente en el Pez mariposa de bandas de cobre ya que las muestras se colectaron pocos minutos después de su muerte, lo cual no fue posible con los otros peces ya que se entregaron horas después de morir.

#### **4.4.2 PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO**

Las pruebas de diagnóstico disponibles en el hospital son radiografías, ultrasonidos y endoscopías. A lo largo del Trabajo Profesional se ayudó a la realización e interpretación de dichas pruebas.

Las radiografías se tomaban como primera prueba en todos los casos, siendo de gran ayuda para diagnosticar y evaluar el progreso de fracturas.

Se tomaron radiografías en los exámenes médicos de rutina para descartar cualquier anomalía y para guardarlas como punto de comparación al tratar ejemplares de la misma especie en un futuro.

En el caso de una hembra de Serpiente aurífer (*Biothriechis aurifer*), se valoró su sistema reproductor al presentar un aumento de tamaño en el último tercio de su cuerpo. Se utilizó sulfato de bario como medio de contraste para descartar obstrucciones o anomalías en el sistema digestivo.

Los ultrasonidos se utilizaron para observar con mayor precisión algunos órganos afectados. Continuando con el caso de la Serpiente aurifer, por medio del ultrasonido se observaron estructuras sugerentes a embriones.

El ultrasonido también fue una herramienta muy útil en la toma de muestras, tal es el caso de una biopsia hepática en un macho Chimpancé (*Pan troglodytes*). Se realizó ya que en la radiografía de rutina se observó una ligera disminución en cuanto al tamaño de su hígado, al compararlo con otros ejemplares de la misma especie. La biopsia no mostró alteraciones.

Se practicaron Endoscopías exploratorias en las siguientes especies:

1. Cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*). Se sujetó para administrar Tiletamina-Zolazepam IM y posteriormente fue intubado para administrar Isoflurano. (Imagen 22) La endoscopia se realizó por vía oral para revisión del Sistema Digestivo ya que presentó anorexia y vómito. No se encontró ninguna anomalía. Se administró oxígeno por medio de la máquina de anestesia con respiración controlada para su recuperación. (Imagen 23)



Imagen 22. Intubación de *Crocodylus acutus*.



Imagen 23. *C. acutus* saliendo de anestesia inhalada. Respiración controlada.

2. Tortuga lagarto (*Chelydra serpentina*). Tras la administración de Tiletamina-Zolazepam IM e intubación para administración de Sevoflurano para mantenimiento de anestesia, el endoscopio se introdujo por una incisión en la zona inguinal para explorar la cavidad celómica. Se observaron los pulmones, intestinos, una porción del hígado y bazo. Los órganos no presentaron ninguna anomalía.
3. Boa común (*Boa constrictor*). Se sujetó y administró Tiletamina-Zolazepam IM, una vez anestesiado se intubó y administró Isoflurano durante el

procedimiento. Se introdujo el endoscopio por medio de una incisión cercana a la herida que presentaba en el segundo tercio del cuerpo. Se observaron abundantes membranas blanquecinas que únicamente permitieron ver una pequeña sección de hígado y pulmones en aparentes buenas condiciones. No se encontró conexión de la herida con la cavidad celómica por causa de la misma.

#### **4.5 MANEJO CLÍNICO- HOSPITAL**

La medicina clínica es definida como el estudio de la enfermedad por examen directo del paciente vivo, y es la misma que se utiliza la mayoría de las veces en los zoológicos.<sup>(8)</sup>

##### **4.5.1 TERAPÉUTICA Y TRATAMIENTOS**

Debido a la diversidad de especies la manera de brindar tratamiento fue diferente. Las técnicas conocidas (tanto para animales domésticos como para especies exóticas) se van adaptando según los requerimientos al momento de la práctica y del equipo con el que se cuente. En la mayoría de los casos se contaba con un médico veterinario, un técnico veterinario y del estudiante practicante.

Durante la estancia dentro del hospital se presentaron casos de emergencia. Algunos animales llegaron en estado de choque, tal fue el caso de los siguientes ejemplares:

1. Flamingo chileno (*Phoenicopterus chilensis*). Llegó al hospital en estado de choque con ortopnea y a la oscultación se escucharon crepitaciones en sacos aéreos y campos pulmonares. Se intubó, brindó terapia de líquidos (Dextrosa a 50% con Cloruro de sodio al 0.9%) y antibiótico (Cefazolina) por vía intravenosa en vena medial metatarsiana. Pasados 45 minutos reaccionó a la terapia. Más tarde presentó un segundo paro respiratorio y se decidió no tratar ya que presentaba daño neurológico.
2. Perrito de las praderas (*Cynomys ludovicianus*). Llegó en estado de choque presentando neumonía y con antecedentes de cardiopatía y obesidad. Se brindó terapia de líquidos por vía intraperitoneal (Solución de Ringer con

lactato, Dextrosa a 50% y Dexametasona) y subcutánea, así como antibiótico (Enrofloxacina) diluido en los fluidos y por vía subcutánea. Se decidió practicar la eutanasia al ejemplar debido al mal pronóstico de la patología, aunado a esto, ejemplares de esta especie no pueden ser reintroducidos a su colonia ya que son rechazados y agredidos hasta causarles la muerte. Se practicó la eutanasia con sobredosis de Pentobarbital Sódico por vía intracardíaca, anestesiando previamente con Tiletamina-Zolazepam.

3. Gallina de seda (*Gallus domesticus*). El ejemplar macho murió al llegar al hospital. La hembra llegó en estado de choque y se administró por vía intraósea terapia de líquidos (Solución de Ringer con lactato y Dextrosa a 50%) y antibiótico (Enrofloxacina y Cefazolina) por vía intramuscular. Se intentó hacer una transfusión por vía intraósea pero no fue posible la obtención de sangre del ejemplar donador. El ejemplar murió después de 24 horas de ser recibido.

Como parte de los tratamientos se administra terapia de líquidos de mantenimiento. Esta se brindó por vía subcutánea a las siguientes especies: AVES: Flamingo americano (*Phoenicopterus ruber*) y Flamingo chileno (*Phoenicopterus chilensis*); REPTILES: Boa común (*Boa constrictor*) y Víbora de cascabel (*Crotalus spp*), e intraperitoneal a Tortuga lagarto (*Chelydra serpentina*).

Se practicó la colocación de catéter IV en Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), Flamingo americano (*Phoenicopterus ruber*) y Chimpancé (*Pan troglodytes*); la inyección intracardíaca en Perrito de las praderas (*Cynomys ludovicianus*) y la toma de muestra de sangre intracardíaca en Boa común (*Boa constrictor*).

Durante la anestesia se mantuvieron las vías respiratorias abiertas para proporcionar oxígeno por medio de un tubo endotraqueal. Se practicó la intubación endotraqueal en MAMÍFEROS: Lobo rojo (*Canis rufus*) y Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*); MARSUPIALES: Canguro rojo (*Macropus rufus*);

REPTILES: Cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) y AVES: Flamingo americano (*Phoenicopterus ruber*).

Los tratamientos de los animales hospitalizados se llevaban a cabo por los técnicos veterinarios, a los cuales se ayudó por la mañanas y tardes. Para este fin se utilizó la contención física y se practicaron las vías de administración de los medicamentos, siendo las más utilizadas:

ORAL- Flamingo americano (*Phoenicopterus ruber*) y chileno (*Phoenicopterus chilensis*), SUBCUTÁNEA- Flamingos (*Phoenicopterus ruber* y *Phoenicopterus chilensis*), Paloma común (*Columba livia*), Guajolote norteño (*Meleagris gallopavo*), Correcaminos norteño (*Geococcyx californianus*), Gallina de seda (*Gallus domesticus*), Codorniz azul (*Callipepla squamata*), Boa común (*Boa constrictor*), Víbora arborícola de Sri Lanka (*Trimeresurus trigonocephalus*), Crótalo de ceniza (*Trimeresurus puniceus*) y Armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcintus*), INTRAMUSCULAR- Tortuga lagarto (*Chelydra serpentina*), Culebra de cuatro patas (*Diploglossus monotropis*), Boa común (*Boa constrictor*), Cabra común (*Capra hircus*) y Flamingo chileno (*Phoenicopterus chilensis*) y TÓPICA- Rana mono (*Pyllomedusa sauvagi*), Boa común (*Boa constrictor*) y Armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcintus*), Flamingo chileno (*Phoenicopterus chilensis*), Guajolote norteño (*Meleagris gallopavo*), Correcaminos norteño (*Geococcyx californianus*) y Grulla coronada del oeste (*Balearica pavonina*).

A continuación se describirán dos casos clínicos:

**Especie: Boa común (*Boa constrictor*)**

Edad: 9 años      Peso: 7kg

- Historia Clínica: En enero de 2005 presentó un absceso en el segundo tercio del cuerpo y fue reportada al hospital. Se debridó el absceso, dejando una herida abierta de 4 cm que tenía una profundidad de 6 cm (Imagen 24). El absceso se limpió constantemente por tres meses. El tratamiento que se le dio fueron lavados con Clorhexidina (30%) diluida en solución salina (70%) cada tercer día. Se dejó descansar al ejemplar para observar si la herida cicatrizaba por sí sola. A mediados de junio se inició un tratamiento de Cefazolina. 20mg/kg SC, cada 24

horas por catorce días y lavados de yodo (20%) diluido en Solución salina (80%) cada tercer día.

La herida continuó aumentando de tamaño, generando una pérdida de continuidad entre la piel y el músculo. No presentó olor desagradable y el músculo formaba una capa de fibrina día a día.

### Septiembre

- Procedimiento: Resección de la piel que cubría la herida con electrocauterizador, los márgenes de la herida se encontraban necrosados. Se indujo con Isoflurano al 5% como anestésico y manteniendo en un 2% a lo largo del procedimiento.

- Examen Físico: Se encontró una herida de 1cm de diámetro por medio centímetro de profundidad con contenido caseoso, era imposible llegar a ella antes de retirar la piel.

- Tratamiento: 1) Se hizo un lavado a presión con Clorhexidina y Solución salina.

2) Se aplicó Sulfadiazina de plata en crema, se colocaron gasas y se cubrió con venda. Lavado diario con Clorhexidina y administración tópica de Sulfadiazina de plata. Ceftazidina. 20 mg/kg SC, cada 72 horas.

### Octubre

- Procedimiento: Se anestesió con Tiletamina-Zolazepam (4mg/kg) IM para su posterior intubación y administración de Isoflurano (1.5% para mantenimiento de anestesia).

- Pruebas de Diagnóstico: Muestra de sangre (intracardíaca) para Hemograma y Química sanguínea, endoscopía exploratoria de cavidad celómica.

Se observó la presencia de membranas blanquecinas que impidieron una vista clara de los órganos. Se observó una pequeña sección de hígado y pulmones sin ninguna anomalía.

Se mandó una muestra de fibrina y tejido para cultivo bacteriano, a la semana se recibieron los resultados indicando la presencia de *Pseudomona spp.*

- Tratamiento: Equipo improvisado para succión de herida (se utilizaron esponjas de tamaño similar al de la herida, con una manguera conectada a un sistema de succión eléctrico) (Imagen 24 y 25), simulando la técnica de cicatrización asistida

por vacío. Esta técnica promueve el tejido de granulación al ejercer una presión negativa, esto mejora y acorta el tiempo de cicatrización.

Se mantuvo funcionando por ocho horas diarias durante el día, haciendo lavados posteriormente con una solución preparada de Tricide-Neo®<sup>1</sup> y polvo de Kanamicina, la esponja se humedeció con esta solución. Se inspeccionó diariamente removiendo la fibrina formada con ayuda de pinzas (Imagen 26). La herida se dejó ventilar por las noches. El procedimiento se repitió por dos semanas.

- Diagnóstico: Herida infectada por *Pseudomona spp.* (Imagen 27)

### Noviembre

- Examen físico: Se anestesió con Tiletamina-Zolazepam (4mg/kg) IM para observar la herida con el ejemplar completamente relajado. Se decidió practicar la eutanasia al no haber mejoría y continuar aumentando de tamaño la herida.

- Eutanasia: Pentobarbital sódico. 3ml por vía intracardiaca.

- Resultados a la necropsia: La herida estaba a punto de tener conexión con cavidad celómica. Hepatitis crónica, inflamación renal, abundantes cuerpos grasos, abundante líquido transparente alrededor de intestinos y membranas blanquecinas cubriendo los órganos.



Imagen 24

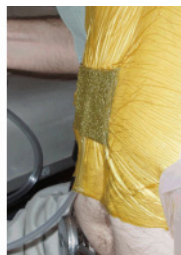


Imagen 25



Imagen 26

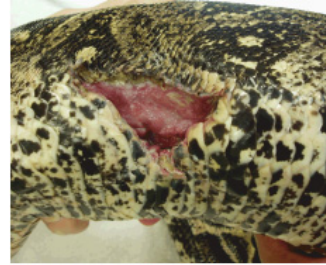


Imagen 27

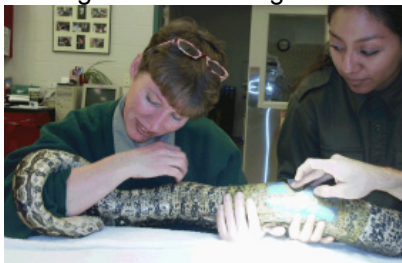


Imagen 28

**24 y 25.** Equipo de succión adaptado. **26.** Revisión después de succión y tratamiento con Tricide-Neo® y Kanamicina. **27.** Herida abierta de *Boa constrictor* infectada por *Pseudomona spp.* **28.** *Boa constrictor* sin anestesia y completamente tranquila antes de curación.

<sup>1</sup> Producto utilizado para infecciones superficiales en los peces (causadas por bacterias gram positivas y negativas). Esta sustancia es un potencializador de antibióticos, facilita la entrada de los antibióticos al interior de los organismos y ocasiona el colapso osmótico de la bacteria al crear hoyos en la pared celular de las mismas.<sup>(9)</sup>

**Especie: Correcaminos norteno (*Geococcyx californianus*)**

Edad: un año      Peso: 253g

- Historia Clínica: Se encontró en su albergue con fractura expuesta de tarsometatarso. Se calcula que estuvo con esta lesión 12 horas aproximadamente. Fue llevado al hospital.

- Examen Físico: Ejemplar alerta, con dolor por fractura expuesta de tarsometatarso izquierdo, herida sin piel de 5-7mm de largo. Fractura transversa, función vascular y neuronal intactas.

- Diagnóstico: Fractura transversa expuesta de tarsometatarso izquierdo en parte distal. Se espera recuperación rápida ya que se trata de un ejemplar joven.

- Pruebas de Diagnóstico: Radiografías (Proyecciones Craneo-Caudal y Medio-Lateral). Muestra de sangre para Hemograma y Química Sanguínea.

- Procedimiento: Sujeción para inducción con anestesia inhalada, Isoflurano (4%) y para mantenimiento (2-3%). Se colocaron fijadores externos tipo I (unilateral) de cuatro clavos y se sellaron los bordes de la herida con Duoderm®, un gel coloidal hidroactivo que provee un ambiente humectado y estéril a las heridas, promoviendo la generación de tejido nuevo. Se vendó la herida y se administró Butorfanol 3mg/kg IM. Dosis postoperatoria única.

- Pruebas de Diagnóstico: Se tomaron radiografías semanalmente para observar el avance de la fractura.

- Tratamiento: 1) Itraconazole. 0.10ml de suspensión PO una vez al día por 30 días.

2) Cefazolina. 80mg/kg SC, cada 12 horas por 10 días.

3) Enrofloxacin. 8mg/kg SC, cada 12 horas por 10 días.

4) Solución de Ringer con Lactato. 3ml SC cada 12 horas por 10 días.

Los fluidos se administraron con los antibióticos en la misma jeringa.

- Resultado: A la quinta semana después de la fractura, las radiografías mostraron calcificación parcial, (Imagen 29) se formó hueso en la región medial de la fractura. Se retiró el fijador más proximal para que el hueso tuviera movilidad y de esta manera activara el crecimiento de tejido. (Imagen 30)



Se retiraron los dos fijadores restantes a las 7 semanas de haberse fracturado. (Imagen 31) Presentó laxitud Cráneo-Caudal a la palpación. (Imagen 32) El ejemplar apoyó ambos miembros y presentó buena locomoción, se mantuvo en observación dentro del hospital por tres semanas más, llegando a las diez semanas post fractura. Mientras tanto cada día se dejó unos minutos fuera de su jaula para que su actividad física aumentara paulatinamente.



Imagen 29

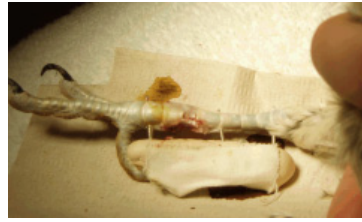


Imagen 30

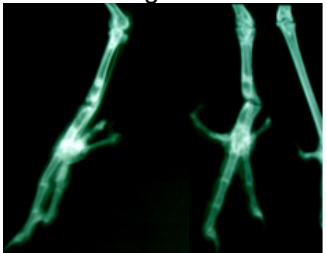


Imagen 31



Imagen 32

**29.** Radiografías a la quinta semana con calcificación parcial. **30.** Fijador externo unilateral en tarsometatarso izquierdo por fractura expuesta, se removió el clavo más proximal para que hubiera movilidad. **31.** Radiografías a la séptima semana, se observa formación de callo óseo. **32.** Cicatrización de tejido blando siete semanas después de que el ejemplar presentara fractura expuesta.

#### 4.5.2 CIRUGÍAS

Se brindó asistencia quirúrgica en las siguientes especies participando como primer ayudante en el primero, segundo y cuarto caso, y como cirujano en el caso número tres.

1. Canguro rojo (*Macropus rufus*). Reconstrucción de marsupio. La hembra nació con la bolsa marsupial en forma de "V". Se removieron los bordes para su posterior unión por medio de puntos separados.



Imagen 33



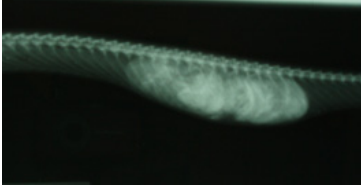
Imagen 34



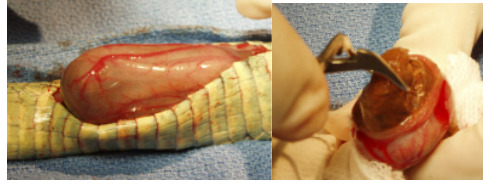
Imagen 35

**33.** Limpieza de marsupio y toma de muestra sanguínea. **34.** Cirugía reconstructiva de marsupio. **35.** Sujeción de *M. rufus* durante la recuperación de anestesia.

2. Víbora arborícola de Sri Lanka (*Trimeresurus trigonocephalus*). Remoción de masa sólida en intestino grueso. A pesar del volumen de la masa se comprobó que el contenido era materia fecal con pelo de presas (Tricobezoa).



36. Radiografía de tricobezoa en intestino.



37. Masa en intestino.



38. *T. trigonocephalus* después de la cirugía.

3. Rata común (*Rattus rattus*). Orquiectomía para mantenerlo como mascota.
4. Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). Se describirá el caso a continuación:

**Especie: Cría de Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*), macho.**

#### Septiembre

Edad: un mes    Peso aproximado: 15kg

- Historia clínica: Guarda animales reportaron que la cría se asustó al momento en que ellos entraron a dejar alimento a la madre. La cría se impactó con el hocico contra el muro del establo al hacer un movimiento de huida, provocando una lesión que le impidió mantener la cabeza erguida.
- Examen físico: La cría presentaba la cabeza a la altura de la cruz en posición recta. (Imagen 39)
- Diagnóstico Presuntivo: Posible lesión de vértebras (fractura, listesis) o músculos a nivel de tercera, cuarta y quinta cervical.
- Tratamiento: 1) Dexametasona. 5mg/kg IM, cada 24 horas por cinco días. El medicamento se administró por inyección remota (dardo).
- Resultado: Después de una semana la cría pudo mantener erguida la cabeza, con una mejoría de un 80%.

#### Octubre

Edad: dos meses    Peso: 20 kg

- Historia Clínica: Se reportó al hospital que la cría dejó de apoyar el miembro posterior derecho y probablemente presentaba lesión de tendones en miembro posterior izquierdo.

- Examen físico: La cría presentaba una claudicación grado IV (se mantenía en tres extremidades), la extremidad posterior derecha presentó movimiento pendulante en la zona tibial. El miembro posterior izquierdo se apoyaba en la zona metacarpo-falángica.
  - Procedimiento: Se administró Tiletamina-Zolazepam (1mg/kg) y Xilacina (1.5mg/kg) IM por inyección remota.
  - Pruebas de Diagnóstico: Radiografías, proyecciones Cráneo-Caudal y Medio-Lateral. (Imagen 40)
  - Diagnóstico: Fractura transversal de tibia derecha. En las radiografías no se observó ninguna anomalía ósea en miembro posterior izquierdo, aunque por la hiperextensión que presentaba era muy posible una lesión en los tendones flexor digital superficial y/o flexor digital profundo. La extremidad que más preocupó fue la izquierda ya que el tratamiento de tendones no era posible al haber fractura en la otra extremidad.
  - Tratamiento: Colocación de férula en miembro fracturado. (Imagen 41) En casos anteriores se observó que si se inmovilizan ambos miembros posteriores, aumenta el riesgo de lesionar los miembros anteriores, al apoyar la mayor parte de su peso en ellos.
  - Procedimiento: Veinticuatro horas después se administró nuevamente Tiletamina-Zolapam y Xilacina por inyección remota. Se intubó y mantuvo la anestesia con sevofluorano. Se realizó la cirugía con ayuda de un especialista en ortopedia equina. Se colocó un Aparato de Fijación esquelética externa (AFEE) tipo II. (Imagen 42-44) Al colocarse el último clavo se fisuró el hueso por lo que se retiró el AFEE y se inmovilizó la extremidad con una férula de yeso. (Imagen 45)
  - Tratamiento: 1) Vitamina E. 5 UI/kg IM, dosis única.  
2) Cefazolina. 30mg/kg IM, cada 12 horas por 7 días.  
3) Butorfanol. 6mg/kg IM. La dosis se fue disminuyendo paulatinamente día a día a 4mg/kg y 2.5mg/kg.
- Dos días después se decidió inmovilizar la extremidad izquierda y se colocó una férula por 48 horas. (Imagen 46) Al no tener dolor apoyó bien ambos miembros.

Al tercer día el ejemplar se movió bruscamente dando saltos por el establo, por lo que se administró Haloperidol 0.5mg/kg PO cada 24 horas para tranquilizarlo. (Imagen 47)

- Resultados: Se programó retirar la férula al quinto día. Se revisó la extremidad derecha y se observaron úlceras en el borde del yeso. (Imagen 48) Se retiró el yeso y se encontraron úlceras a lo largo de toda la extremidad, (Imagen 49) con estas lesiones era imposible volver a inmovilizar el miembro fracturado. Se revisó el miembro izquierdo encontrándolo dorsalmente flexible. Se decidió practicar la eutanasia ya que las posibilidades de recuperación eran nulas al no apoyar los miembros posteriores. Se realizó con Pentobarbital sódico 3ml IV (260mg/ml).

- Resultados a la necropsia: Se confirmó fractura de tibia derecha y ruptura de tendones flexor digital superficial y flexor digital profundo del miembro izquierdo, así como fusión de las cervicales 3 y 4 por traumatismo.

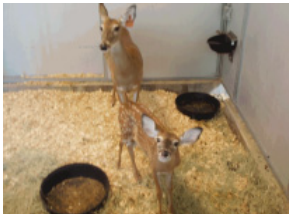


Imagen 39

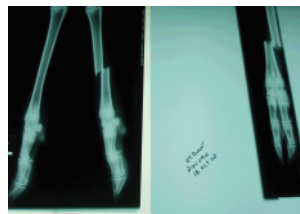


Imagen 40



Imagen 41

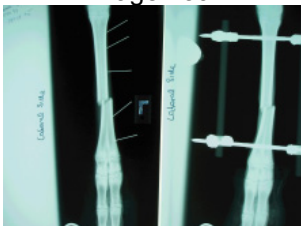


Imagen 42



Imagen 43

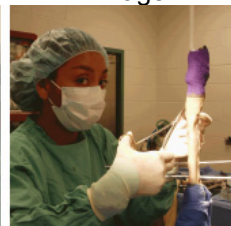


Imagen 44



Imagen 45



Imagen 46

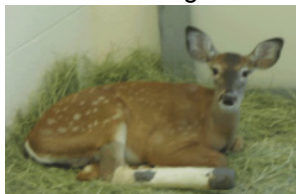


Imagen 47



Imagen 48



Imagen 49

**39.** Cría y madre de *Odocoileus virginianus*. **40.** Radiografías Mediolateral y Craneocaudal de tibia derecha fracturada. **41.** Colocación de férula en miembro fracturado. **42.** Radiografías Craneocaudales mostrando las agujas para la correcta colocación de los clavos con respecto a la fractura (izq) y fractura alineada con dos clavos (der). **43.** Cirugía ortopédica, colocación de clavos para fijación esquelética externa. **44.** Primer ayudante, sutura de piel. **45.** Avance de fractura de tibia a los 5 días de la cirugía, inmovilizada con férula de yeso. **46.** Ambos miembros posteriores inmovilizados. **47.** Cría de *O. virginianus* bajo efectos de Haloperidol. **48.** Ulceraciones en miembro posterior derecho en el borde del yeso. **49.** Al remover el yeso se observaron ulceraciones a lo largo de la extremidad fracturada.

#### **4.6 NECROPSIAS**

A todos aquellos animales que forman parte de una colección y mueren, se les debe realizar una necropsia para determinar cuál fue la causa de su muerte y descartar cualquier enfermedad infecciosa. Las necropsias incluyen la evaluación macroscópica e histopatológica de los órganos y tejidos. Así como estudios virales, bacterianos o fungales de los tejidos que presenten anomalías y que lo requieran. Se deben conservar tejidos en formol para cualquier valoración futura.

Un examen patológico profundo, por ende, da lugar a la evaluación de los programas médicos, nutricionales y de manejo animal. Es de suma importancia ya que con ayuda de los resultados obtenidos se puede salvaguardar la salud del resto de la colección y del personal del zoológico.

Es recomendable conservar información acerca de diferencias anatómicas en ejemplares de la misma o de diferente especie, ya que puede ser de gran utilidad en el diagnóstico y tratamiento de casos clínicos futuros.<sup>(10)</sup>

Dentro del Departamento de Salud Animal existe un área de necropsias e incinerador que se encuentran alejados de las demás áreas del hospital.

Las necropsias por lo general se llevaron a cabo por las tardes. En caso de observarse cambios macroscópicos en los órganos y tejidos se proseguía a la colección de muestras y más tarde se informaba al Médico Veterinario a cargo. Si el ejemplar era sospechoso de enfermedad viral o bacteriana se colectaron porciones de tejido en bolsas de plástico previamente identificadas para su refrigeración y posterior envío a un laboratorio. De otra manera si el caso lo ameritaba, se tomaban muestras de los tejidos afectados para su conservación en formol al 10%. Si era requerido se tomaban muestras de tejidos, improntas o citologías para su observación directa al microscopio. Las necropsias realizadas se reportan en el cuadro 1.

<b>Nombre de Especie</b>	<b>Hallazgos o resultados a la necropsia</b>
Elefante asiático (feto) <i>Elephas maximus</i>	Feto abortado a la mitad de la gestación, presentó autólisis y hemorragias en placenta. Los resultados indicaron atelectasia fetal difusa.
Venado cola blanca <i>Odocoileus virginianus</i>	Eutanasia. No respondió satisfactoriamente al tratamiento por fractura de tibia derecha y lesión en tendones de extremidades posteriores. Se confirmó fractura transversal de tibia derecha, ruptura de tendones en miembro pélvico izquierdo y lesión en tercera y cuarta cervical.
Cordón azul común <i>Uraeginthus angolensis</i>	Traumatismo en hígado. Sin diagnóstico.
Loro mulga <i>Psephotus varius</i>	Traumatismo craneoencefálico.
Loro pecho escarlata <i>Neophema splendida</i>	Muerte súbita. Presentó decoloración en bordes del hígado. Sin diagnóstico.
Cría de pato brasileño <i>Amazonetta brasiliensis</i>	Se ahogo. Se encontró dentro de la charca de su exhibidor. Presentó líquido en pulmones y tráquea.
Cisne de cuello negro <i>Cygnus atratus</i>	Ruptura de bazo. Hígado y bazo friables con decoloración. Riñones pálidos. Enteritis hemorrágica en serosas. Animal obeso. Posible virus, diagnóstico abierto.
Serpiente tailandesa corredora de bandas <i>Argyrogena fasciolatus</i>	No se encontraron lesiones. Sin diagnóstico.
Gorrión doméstico <i>Passer domesticus</i>	Decapitación por presunta predación, condición corporal pobre. Muestras fecales para descartar parasitosis.
Estornino de pico grueso <i>Scissirostrum dubium</i>	Historia clínica de problemas respiratorios. Pequeños nódulos blanquecinos en cavidad celómica y dentro de ventrículo. Decoloración en superficie de parénquima hepático. Diagnóstico: Aspergilosis.
Sapo de cresta de Puerto Rico <i>Peltophryne lemur</i>	Anorexia. No se encontró contenido alguno en tracto Gastrointestinal. Edema en cavidad celómica. No se encontraron cuerpos grasos.
Cría de flamingo chileno <i>Phoenicopterus chilensis</i>	Disfunción metabólica secundaria a obstrucción intestinal. Historia clínica de diarrea, deshidratación y constipación. Se encontró un tumor firme con contenido alimenticio obstruyendo unión ileocecal, intestino grueso distendido y esplenomegalia. Citología de tumor firme y contenido intestinal sin anomalías.
Flamingo americano <i>Phoenicopterus ruber</i>	Eutanasia. Historia clínica de tendinitis en ambos miembros posteriores, sin respuesta a tratamiento. Ruptura de tendón en miembro pélvico derecho.
Correcaminos nortero <i>Geococcyx californianus</i>	Trauma provocado por agresión de compañeros de albergue. Heridas y hematomas en parte dorsal del cuerpo. Hemorragia pulmonar.

Cuadro 1. Necropsias y Reporte de Resultados realizados en el FWZ durante el Trabajo Profesional en el Extranjero.

Nombre de Especie	Hallazgos o resultados a la necropsia
Flamingo chileno <i>Phoenicopterus chilensis</i>	Historia clínica de problemas respiratorios. Se encontraron placas fungales en sacos aéreos, principalmente en periferia de pericardio. Nódulos blanquecinos en parénquima hepático. Pulmones con aspecto granular y contenido bacteriano. Diagnóstico: Aspergilosis.
Tortuga lagarto <i>Chelydra serpentina</i> (Imagen 50)	Eutanasia. Historia clínica de parálisis en miembros posteriores, debilidad y anorexia. Endoscopía exploratoria sin resultados. No hubo mejoría a tratamiento esteroideal. A la necropsia no se observó ninguna lesión ni anormalidad.
Perrito de las praderas <i>Cynomys ludovicianus</i>	Eutanasia. Historia clínica de cardiopatía, problemas respiratorios y obesidad. Edema en pulmones y tráquea.
Gallina de seda <i>Gallus domesticus</i> (Imágenes 51 y 52)	Historia clínica de dos ejemplares en choque, sangre de consistencia líquida. Hepatomegalia con coloración anaranjada y hemorragias multifocales. Efusión pericárdica. Esplenomegalia. Riñones pálidos. Lesiones hemorrágicas en banda en intestinos y páncreas. Pulmones edematosos. Diferencial: Hepatitis por Cuerpos de Inclusión, Riñones e Hígado Graso. Diagnóstico abierto.
Boa común <i>Boa constrictor</i>	Eutanasia. Herida sin mejoría en segundo tercio del cuerpo con posible conexión a cavidad celómica. Hepatitis crónica posiblemente por larga terapia de antibióticos. Superficie hepática rugosa, riñones aumentados de tamaño, abundantes membranas blanquecinas a lo largo del cuerpo y abundantes cuerpos grasos.
Pez mariposa de manchas y bandas <i>Chaetodon punctatofasciatus</i>	Muerte súbita. Decoloración en piel. Sin hallazgos en citología de branquias, piel y aletas. Diagnóstico: Uronemiasis
Pez mariposa rayado <i>Chaetodon fasciatus</i> .	Parasitosis. Riñones pálidos e hígado friable. La citología de branquias y piel demostró la presencia de huevos de parásito.
Pez antías <i>Serranocirrhitis latus</i>	Muerte súbita. Decoloración en piel. Sin hallazgos en citología de branquias, piel y aletas. Diagnóstico: Uronemiasis.
Pez mariposa dorado ( <i>Chaetodon semilarvatus</i> )	Muerte súbita. Hemorragias petequiales en recto. Hígado friable y riñones pálidos. Diagnóstico: Uronemiasis.
Pez gato de cabeza aplanada <i>Pylodictis olivaris</i> (Imagen 53)	Eutanasia. Severas heridas en todo el cuerpo, principalmente en cabeza, aleta caudal y dorsal por presunta predación. Sin hallazgos en citología de aletas y branquias.

Cuadro 1. Necropsias y Reporte de Resultados realizados en el FWZ durante el Trabajo Profesional en el Extranjero.

Nombre de Especie	Hallazgos o resultados a la necropsia
Pez mariposa de cola amarilla <i>Chaetodon xanthurus</i>	Parasitosis. La citología de branquias mostró parásitos ciliados.
Pez arlequín de colmillos <i>Choerodon fasciatus</i>	Muerte súbita. Hemorragia en ojos, cavidad bucal y ano. Masa en cavidad cercana al recto. Riñones e hígado pálidos. Sin hallazgos en citología de branquias, piel y aletas. Sin diagnóstico.
Pez mariposa de banda cobriza <i>Chelmon rostratus</i>	Muerte súbita por parasitosis. Decoloración en piel. Colección de tejidos en formol. La citología de aletas, branquias y piel demostró parasitosis por <i>Uronema spp.</i>

Cuadro 1. Necropsias y Reporte de resultados realizados en el FWZ durante el Trabajo Profesional en el Extranjero.



50. Necropsia *Chelydra serpentina*.



51. Necropsia de *Gallus domesticus* y recolección de tejidos.



52. Lesiones de *Gallus domesticus*.



53. *Pyloodictis olivaris* con lesiones por predación.

#### 4.7 CUIDADO DIARIO Y ENTRENAMIENTO

Los días en que los animales vivían en exhibidores de concreto y barrotes han quedado atrás, dando paso a exhibidores más naturales e interactivos que permiten a los animales tener más opciones de escoger su espacio dentro de su medio ambiente. Esto hace que la observación sea más difícil ya que limita el acceso físico y visual en estos nuevos hábitats.<sup>(11)</sup>

Para combatir los obstáculos visuales, muchos zoológicos han adoptado programas de entrenamiento. Estos son llevados a cabo por los guarda animales, quienes son la base de estos programas.



Los guarda animales apoyan en programas de enriquecimiento ambiental, en las contenciones, mantienen la higiene de los albergues y alimentan a los animales.<sup>(1)</sup> Son las personas que más conocen los exhibidores, las casas de noche y las restricciones en su área de trabajo.<sup>(11)</sup>

El mantenimiento de un buen programa médico en un zoológico está basado en un personal de guarda animales calificado y dedicado.<sup>(12)</sup>

Cada domingo se hicieron rotaciones en cada área. El trabajo consistió en el traslado de los animales de la casa de noche al albergue, la limpieza y desinfección de las casas de noche, brindar la alimentación y en el caso de Bonobos (*Pan paniscus*) y Gibones (*Hylobates spp*), dar Enriquecimiento animal/ambiental de tipo alimenticio y ocupacional.

Se practicó el manejo y cuidado diario de las siguientes especies, bajo supervisión de los guarda animales de cada área.

- \*Texas Wild! <sup>2</sup>: Cabra común (*Capra hircus*), Caballos (*Equus caballus*), Toro (*Bos taurus*), Cerdos (*Sus scrofa*), Zarigüeya (*Didelphis virginiana*), Ocelote (*Leopardus pardalis*), Oso pardo (*Ursus arctos*), Armadillo de nueve bandas (*Dasyops novemcintus*).

- Herpetario: Falso Gavial (*Tomistoma schlegelii*), Víbora de Gabón (*Bitis gabonica*), Monitor (*Varanus becani*), Camaleón de Parson (*Calumma parsonii*), Tortuga de espalda diamante (*Malaclemys terrapin*).

- Mundo de Primates: Bonobos (*Pan paniscus*), Chimpancés (*Pan troglodytes*), Orangutanes (*Pongo pygmaeus*), Gibones (*Hylobates spp*).

- Departamento de Aves: Crías de Flamingo chileno (*Phoenicopterus chilensis*), Guacamaya escarlata (*Ara macao*), Guacamaya jacinta (*Anodorhynchus hyacinthinus*), Carroñero Rey (*Sarcoramphus papa*), Águila Arpía (*Harpia harpyja*).

---

<sup>2</sup> \*Texas Wild! es un área del FWZ la cual alberga ejemplares que habitan el estado de Texas.

#### 4.7.1 ENTRENAMIENTO

El entrenamiento es una técnica basada en principios científicos comprobados. Abarca el condicionamiento operante y clásico, los cuales explican por qué los animales se comportan como lo hacen y cómo es que aprenden durante el programa de entrenamiento. <sup>(13)</sup>

Los entrenamientos en el zoológico de Fort Worth se basan en el refuerzo positivo. Se comienza con ayuda de un entrenador profesional (el Coordinador de entrenamiento animal), cuyo trabajo es enseñar a los guarda animales como aproximarse y comenzar un entrenamiento, supervisar el avance de las sesiones y comunicarse con Médicos Veterinarios y guarda animales para formar un equipo de trabajo sólido que comparta ideas y metas a corto y largo plazo. <sup>(12)</sup>

Las sesiones de entrenamiento que se observaron fueron aleatorias, ya que cada guarda animal tenía un horario diferente. La duración de cada sesión fue de 15 minutos aproximadamente. En cada una se llamaba al animal para que se acercara, se daba el comando u orden, se esperaba la ejecución por parte del animal y se le reforzaba positivamente según se fuera avanzando en la sesión. Al término de la misma se reiteraba, con la voz del entrenador como estímulo puente para recibir un refuerzo positivo mayor, el buen trabajo realizado.

Se formó parte como presencia extraña ante el animal para desensibilizarlo. Esto es de utilidad en caso de requerirse, durante un manejo, la asistencia de alguna persona con la cual el animal no esté familiarizado. Se observaron sesiones de entrenamiento en Gorila de tierras bajas hembra y macho (*Gorilla gorilla*) para presentar extremidades y partes del cuerpo, permitir que los entrenadores los tocaran y practicasen la simulación de inyección intramuscular con el objetivo de desensibilizar esta acción. Su refuerzo positivo fueron trozos de frutas.

El entrenamiento para dos ejemplares de Pelicano blanco (*Pelecanus erythrorhynchos*) estaba iniciando, consistió en salir del agua, caminar y tocar un objetivo (target o blanco), reforzando positivamente con pescado (Imagen 54).



**54.** Pelícanos blancos (*Pelecanus erythrorhynchos*) durante su sesión de entrenamiento. Después de salir del agua y tocar el target u objetivo reciben su refuerzo positivo (recompensa).

Animales entrenados para entrar y salir de sus jaulas mientras se limpia su albergue son: Guacamaya jacinta (*Anodorhynchus hyacinthinus*) y Guacamaya escarlata (*Ara macao*). Su refuerzo positivo son muestras de afecto como caricias.

Ejemplares de la sección “*Outrich*” están entrenados para entrar y salir de sus jaulas para ser transportados a varios destinos, en su mayoría escuelas primarias y secundarias del estado de Texas. Esta sección tiene como objetivo enfatizar la educación ambiental y la conservación de las especies en peligro de extinción. Las salidas están calendarizadas. Estas especies son: Lechuzón o Búho de anteojos (*Pulsatrix perspicillata*), se coloca en percha y se refuerza positivamente con pollo crudo; Guacamaya escarlata (*Ara macao*), además de entrar y salir se está enseñando a repetir palabras de saludo y despedida; Puercoespín de cola prensil (*Coendou prehensils*), al salir se le refuerza positivamente con caricias al igual que al ejemplar de Armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcintus*).

#### **4.8 CONTENCIONES**

Una vez que se ha hecho un diagnóstico, el tratamiento de enfermedades en fauna silvestre es similar a la de los animales domésticos, sólo que la administración de tratamientos y los métodos de contención son diferentes. La contención es el control o inmovilización de un animal de modo que sea posible su examen o tratamiento.<sup>(14)</sup>

Para realizar un manejo en cualquier especie silvestre se realiza una contención, teniendo en cuenta la especie y el procedimiento que se quiere llevar a cabo.

Para seleccionar la técnica de contención se deben considerar entre otros, los siguientes puntos:

1. Que sea segura para el personal involucrado en el procedimiento,
2. Que sea segura para el animal,
3. Que permita llevar a cabo el procedimiento y
4. Que permita la observación del ejemplar hasta su completa recuperación.<sup>(15)</sup>

El personal que participa en la captura o manejo tiene que estar informado del proceso completo y estar atento a las conductas y habilidades físicas del animal. Esto es esencial para asegurar la seguridad tanto del animal como del personal.<sup>10</sup>

Los tipos de contención son tres: Contención por entrenamiento, contenciones físicas y contenciones químicas.

#### **4.8.1 CONTENCIÓN POR ENTRENAMIENTO**

En el pasado la sujeción manual para procedimientos médicos en fauna silvestre requería de inmovilización química, o de contención física con ayuda de instrumentos de sometimiento, para poder tener un contacto directo con los ejemplares. Recientemente se han hecho avances muy importantes en programas de condicionamiento y han cambiado la manera de pensar de lo que se puede lograr con procedimientos médicos tan invasivos como inyecciones intramusculares, flebotomía, ultrasonidos rectales y exámenes generales, entre otros procedimientos.<sup>(16)</sup>

En el zoológico de Fort Worth (FWZ) los entrenadores son los guarda animales, que utilizan el refuerzo positivo, aunque en algunos casos pueden llegar a utilizar el reforzamiento negativo (por ejemplo un tiempo fuera en donde no se le presta atención al animal durante la sesión). El Coordinador de entrenamientos va midiendo el avance y éxito de las sesiones para lograr y mantener la conducta deseada.<sup>(12)</sup>

Estos son los procedimientos en los que se utilizó el entrenamiento en FWZ. Los guarda animales son en todos los casos el entrenador primario.

- ♣ Chimpancés (*Pan troglodytes*), Bonobos (*Pan paniscus*) y Gorilas de tierras bajas (*Gorilla gorilla*). Ingestión de medicamento o vitamínicos por vía oral, como refuerzo positivo jugos o frutas de su preferencia.
- ♣ Chimpancés (*Pan troglodytes*), Bonobos (*Pan paniscus*) y Orangután (*Pongo pygmaeus*). Por medio de una técnica de desensibilización, estos ejemplares presentaron sus extremidades y aceptaron la aplicación intramuscular de anestésicos.
- ♣ Rinoceronte negro (*Diceros bicornis*). El ejemplar adquirió diversas posiciones y se mantuvo estático, entre ellas decúbito lateral. El refuerzo positivo fue el cepillado como caricia. Se tomó muestra de sangre de extremidad posterior.
- ♣ Elefante asiático (*Elephas maximus*). Los ejemplares adquirieron la posición decúbito lateral con comandos vocales, sin necesidad de reforzarlos positivamente, para tomar muestra de sangre de las venas auriculares (Imagen 55).



**55.** *E. maximus* en decúbito lateral durante la toma de muestra sanguínea por parte de uno de sus guarda animales.

- ♣ Gato cerval (*Leptailurus serval*). Comandos vocales para subir a la mesa y quedarse quieto. Reforzando positivamente con pollo cocido. Se tomaron radiografías.
- ♣ Jirafa (*Giraffa camelopardalis*). Entrada a jaula de contención, recibiendo el refuerzo positivo inmediatamente (hojas de su misma alimentación). Se tomó muestra de sangre de la vena yugular.

#### **4.8.2 CONTENCIÓN FÍSICA**

La mayoría de los animales de zoológico resienten el ser manejados y más si se hace manualmente. El luchar con un animal para administrar un medicamento, o dar un tratamiento, puede causar más daño que el beneficio del tratamiento en sí.<sup>(12)</sup>

La contención física se recomienda en algunas especies para una manipulación menor u observación rápida y cercana. Algunos procedimientos pueden realizarse en animales no anestesiados que estén confinados, incluyendo exámenes físicos limitados, administración de inyecciones, colección de muestras sanguíneas, corte de pezuñas y administración de medicamentos tópicos, entre otros.<sup>(10)</sup>

En la mayoría de los casos en el FWZ, la contención física es un instrumento más de trabajo al momento de dar tratamientos consecutivos que no requieran la inmovilización por tiempo prolongado. Tal es el caso de exámenes físicos, inyecciones intramusculares, limpieza de heridas seguida de administración de medicamentos tópicos, curación de heridas superficiales, alimentación forzada, administración de medicamento por vía subcutánea, administración de medicamento por vía oral y toma de muestras sanguíneas. Se utilizaron guantes de exploración (de látex), hisopos y abatelenguas para la administración de medicamentos tópicos. Las aves se contuvieron con ayuda de toallas o franelas y los peces dentro de una red en su mismo tanque, los demás animales se manejaron únicamente con las manos.

Se trató a las siguientes especies: MAMÍFEROS: cría de Jaguar (*Panthera onca*), crías de León (*Panthera leo*), Gacela Cuello de jirafa (*Litocranius walleri*), Cabra común (*Capra hircus*), Cabra ibex o hispánica (*Capra ibex*), Armadillo de nueve bandas (*Dasybus novemcintus*); AVES: Aguila arpía (*Harpia harpyja*), Correcaminos norteño (*Geococcyx californianus*), Periquito australiano (*Melopsittacus undulatus*), Codorniz (*Coturnix coturnix*), Flamingo chileno (*Phoenicopterus chilensis*), Flamingo americano (*Phoenicopterus ruber*), Grulla coronada del oeste (*Balearica pavonina*), Grulla coronada del este (*Balearica regulorum*), Gallina de seda (*Gallus domesticus*), Paloma común (*Columba livia*), Ibis espátula o Garza paleta (*Ajaja ajaja*), Guajolote norteño (*Meleagris gallopavo*); REPTILES: Boa común (*Boa constrictor*), Culebra de cuatro patas (*Diploglossus monotropis*), Tortuga lagarto (*Chelydra serpentina*), Iguana jamaicana (*Cyclura*

*collei*), Rana mono vientre manchado (*Pyllomedusa sauvagi*); PECES: Pez ángel (*Pomacanthus anularis*) y Pez antías (*Serranocirrhitis latus*).

En el caso de un ejemplar de Caimán del Mississippi (*Alligator mississippiensis*) se necesitaron diez personas aproximadamente para sujetarlo e inmovilizarlo físicamente, no requirió ningún anestésico. Sus extremidades y hocico se sujetaron con cinta adhesiva plateada y cinta canela. El ejemplar se mantuvo en cuarentena y el manejo tuvo lugar antes de ser ingresado a la colección, por lo que se tomaron muestras de sangre, radiografías, examen físico general e inserción de microchip para su posterior identificación.

En algunos casos la contención física es un paso a seguir antes de la contención química. Estos ejemplares se contuvieron unos instantes para administrarles anestésico intramuscular o anestésico inhalado. La contención se hizo con ayuda de guantes de carnaza, redes, tubos de plástico transparentes (en el caso de las serpientes), laza perros, franelas, toallas y bozales.

REPTILES: Víbora Matabuey, Cascabel muda o Cuaima (*Lachesis muta*), Tortuga lagarto (*Chelydra serpentina*), Tortuga patas rojas (*Geochelone carbonaria*), Víbora de cascabel (*Crotalus spp*), Víbora arborícola de Sri Lanka (*Trimeresurus trigonocephalus*), Serpiente de cascabel atigrada (*Crotalus tigris*) (Imagen 56), Serpiente aurífero (*Bothriechis aurifer*), Crótalo de ceniza (*Trimeresurus puniceus*); MAMÍFEROS: Lobo rojo (*Canis rufus*), Rata común (*Rattus rattus*), Perrito de las praderas (*Cynomys ludovicianus*) y Cabra común (*Capra hircus*) (Imagen 57); MARSUPIALES: Canguro rojo (*Macropus rufus*); MONOTREMAS: Puercoespín de cola prensil (*Coendou prehensilis*).



Imagen 56

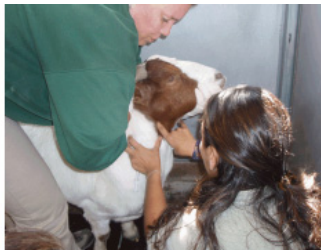


Imagen 57

**56.** *Crotalus tigris*, se contuvo físicamente para administrar anestésico intramuscular y posteriormente anestesia inhalada  
**57.** *Capra hircus* contenida físicamente para administrar anestésico por vía intravenosa.

### 4.8.3 CONTENCIÓN QUÍMICA

No todos los animales se pueden contener físicamente o por entrenamiento, existen especies que por sus características de presas o depredadores, tienden a ser más nerviosas y agresivas. La contención química se utiliza para exámenes físicos, aplicación de fármacos, toma de muestra de sangre y procedimientos prolongados.

Los anestésicos generales, tranquilizantes, opiáceos, disociativos y sedantes más utilizados en el zoológico de FW se mencionan en el cuadro número dos.

<b>Efecto</b>	<b>Principio activo</b>	<b>Antagonista</b>	<b>Comentario</b>
Barbitúrico	Pentobarbital sódico	Ninguno	Únicamente para eutanasia
Sedante Hipnótico	Xilacina	Yohimbina, Tolazolina	Alfa 2 adrenérgico
Sedante Hipnótico	Medetomidina	Atipemazol	Alfa 2 adrenérgico
Disociativo	Ketamina	Ninguno	
Disociativo	Tiletamina	Ninguno	Combinada con Zolazepam
Tranquilizante	Midazolam	Flumazenil	
Tranquilizante	Zolazepam	Flumazenil	Combinada con Tiletamina
Tranquilizante	Haloperidol	Ninguno	Droga neuroléptica, antagonista de la dopamina.
Narcótico	Carfentanil	Naltrexona	Naloxona como antagonista para humanos
Opioide sintético	Butorfanol	Ninguno	Se usa también como antagonista de opiáceos
Anestésico general inhalado	Isoflurano, Sevoflurano	Ninguno	Todos los ejemplares se mantienen con estos agentes hasta el final de los manejos.

Cuadro 2. Anestésicos, tranquilizantes, opiáceos, disociativos y sedantes utilizados con mayor frecuencia en el FWZ.

Las dosis varían dependiendo la especie, su tamaño y peso. La dosificación se basa en ejemplares similares tratados con anterioridad y en varias referencias bibliográficas (por ejemplo *Exotic Animal Formulary* de James Carpenter).<sup>(17)</sup>



Cuando se va a utilizar cualquiera de estas drogas, siempre se lleva el Botiquín de Primeros Auxilios (sobretudo en el uso de narcóticos, dada su toxicidad), un tanque de Oxígeno y un transporte de motor que pueda circular dentro y fuera del zoológico, en caso de accidentes o emergencias.

En el zoológico de Fort Worth se sigue estrictamente un protocolo para el uso de narcóticos, el cual indica las restricciones de seguridad que deben ser tomadas, el aviso al personal y el uso de los mismos únicamente por el personal calificado.

Se utiliza la dosis necesaria de anestésico para lograr el efecto deseado. Se busca que el animal se mantenga anestesiado hasta minutos después que es intubado para administrar anestesia inhalada como Isoflurano y Sevoflurano hasta el término del manejo. Estas drogas inhalantes deprimen al SNC, tienen efectos de vasodilatación, y relajación muscular, disminuyen la frecuencia respiratoria y cardíaca e incrementan la circulación cerebral. Son seguras ya que su efecto se disminuye rápidamente al retirarlo ya que es sustituido por oxígeno.

No todos los ejemplares se contuvieron físicamente. Fue necesario el uso de inyección remota por parte de los Médicos Veterinarios en: Ocelote (*Leopardus pardalis*) (Tiletamina-Zolazepam 3mg/kg y Xilacina 1.5mg/kg), Chimpancé (*Pan troglodytes*, parte de la dosis que no pudo ser aplicado IM por entrenamiento) (Tiletamina-Zolazepam 3mg/kg y Xilacina 0.5mg/kg), Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) (Tiletamina-Zolazepam 1mg/kg y Xilacina 1.5mg/kg), Antílope Bongo (*Tragelaphus euryceros*) (Fentanil 0.07mg/kg) y Nutria de río (*Lutra canadensis*) (Medetomidina 80mcg/kg, Ketamina 5mg/kg y Midazolam 0.3mg/kg).

Se practicó con equipo Tel-Inject y Rifle con tanque de CO<sub>2</sub> (sólo para casos de emergencia). Se disparó hacia una zona segura con la imagen de un animal de tamaño similar al de un Venado cola blanca adulto (Imagen 58).



58. Práctica con equipo Tel-Inject.

Los dardos que se utilizan solamente para esta práctica son de 3 y 5ml, se llenan con agua corriente para que la práctica sea correcta y lo más realista posible. Los disparos se realizaron a una distancia de cinco a seis metros. Se practicó con ambos equipos en diferentes días y por sesiones de hora y media cada uno. El clima fue diferente en ambas ocasiones.

Se realizaron disparos con cerbatana de pistola con bomba de aire a las siguientes especies:

- ♣ Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*): (Butorfanol 6mg/kg) después de cirugía ortopédica por fractura de tibia.
- ♣ Puma (*Puma concolor*): (Tolazolina-Zolazepam 4mg/kg y Xilacina 1.5mg/kg) como anestésico para muestra de sangre.
- ♣ Antílope Bongo (*Tragelaphus euryceros*): (Naloxona 10mg/kg) como antagonista narcótico, para disminuir la redosificación que el ejemplar presentó varias horas después de que el manejo terminó.
- Para la anestesia de peces se utiliza el anestésico Tricaín Metanosulfonato (MS-222). Dependiendo de la dosis es efectivo como sedante, como anestésico para cirugías o para eutanasia. Este compuesto es un ácido y debe neutralizarse con bicarbonato de sodio. El rango que se utiliza va de 50 a 100 mg del polvo de anestésico por litro de agua fresca. Se comienza con una concentración baja y se va aumentando hasta lograr el efecto deseado.
- Para realizar una eutanasia los rangos van de 1,000 hasta 10,000 mg/L, retirando al pez del anestésico pasados diez minutos de que cesó su respiración.<sup>(18)</sup>

Nombre común y científico	MOTIVO DE MANEJO
Pez mariposa de nariz alargada. <i>Forciper flavissimus</i> (Imagen 59)	Presentó exoftalmia por embolismo gaseoso. "Enfermedad de burbuja de gas" Se succionó el aire puncionando con jeringa insulínica. Se administró antibiótico IM (Enrofloxacina).
Pez mariposa de banda cobriza <i>Chelmon rostratus</i>	Impronta de mucosa de piel y biopsias de aletas y branquias para su observación al microscopio. Varios ejemplares que compartían el tanque de cuarentena murieron. No hubo hallazgos.
Pez gato de cabeza aplanada <i>Pylodictus olivaris</i>	Eutanasia. Presentó heridas severas por depredación en cabeza, aleta dorsal y caudal.

Cuadro 3. Manejos de peces con el anestésico MS-222 en el FWZ durante el Trabajo Profesional en el Extranjero.



Imagen 59. Colocación de manguera en cavidad bucal de *Forciper flavissimus* para realizar la respiración controlada con y sin anestésico durante el procedimiento para corregir exoftalmia.

Los peces se mantienen húmedos, sobre una esponja mojada, a lo largo del procedimiento y se va alternando la administración del anestésico con agua fresca a través de una sonda por medio de respiración artificial. (Imagen 59)

Al terminar el procedimiento, el pez es depositado en agua fresca (del mismo tanque del que se retiró) hasta que se recupera completamente de la anestesia.

#### 4.9 DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN

La nutrición se describe como el proceso en el cual se adquieren y procesan porciones del medio ambiente químico externo, para el funcionamiento continuo del metabolismo interno.<sup>(19)</sup>

El conocimiento de la nutrición de animales exóticos es básico para entender la productividad y supervivencia de cualquier población, ya sea en vida libre o en cautiverio.<sup>(19)</sup>

La fisiología del medioambiente, la ecología de fauna silvestre y su manejo, la biología de la conservación, el manejo y la extensión de las selvas o bosques, a menudo implementan o brindan información valiosa de la nutrición de la fauna

silvestre en vida libre,<sup>(20)</sup> por lo que es importante tomarlas en cuenta en un programa de vigilancia nutricional para las especies en cautiverio.

Para la formulación de dietas, el Departamento de Nutrición del Zoológico de Fort Worth considera los siguientes puntos:

- ♣ Información de animales en vida libre- ¿Qué comen en su hábitat natural?
- ♣ Morfología del Tracto Digestivo:
  - a) Tipo de alimento que consumen: si son omnívoros, herbívoros, aves piscívoras, carnívoros, etc.
  - b) ¿Dónde se realiza su digestión? (estómago, colon, ciego)
  - c) Estructuras orales (desde edentados a carnívoros)
  - d) Ecología microbiana presente en el sistema digestivo
- ♣ Requerimientos conocidos de animales domésticos. Se utiliza información de animales domésticos parecidos (ej. Nutria - Gatos).
- ♣ Requerimientos específicos de especie (por ejemplo las vitaminas y/o minerales que sí adquieren en vida libre).
- ♣ Estrategias de alimentación (terrestre, arborícola, acuática),
- ♣ Estado de salud de los ejemplares (peso promedio de la especie, problemas de obesidad, diabetes, dentadura pobre, recuperación de cirugías, anorexia, problemas renales, etc.).
- ♣ Estado Fisiológico: Edad (crías, adultos, seniles) y Etapa Reproductiva.
- ♣ Consideraciones de Manejo (Disponibilidad de alimento e ingredientes que se incluyen en el enriquecimiento o para medicar oralmente).

Para brindar una dieta a un animal se considera: la presentación de la dieta (alimento seco, en gel, fresco, pellets, congelado, de lata, etc., dando una alimentación variada y mezclada para no dar la opción de escoger ingredientes), la manera en que se consume (en grupos o individualmente), y la medición del alimento consumido. Como éstos, muchos otros factores se deben considerar al evaluar una dieta. Las decisiones se toman cuidadosamente y con la contribución del personal de distintas áreas del zoológico, incluyendo nutriólogos.

Se laboró por una semana con el personal de este departamento, rotando por las áreas que lo conforman. Tres días se trabajó en el área donde se reciben y procesan los alimentos, desde la entrega de las dietas, elaboración de las mismas, hasta la preparación para el siguiente día. Se dedicó un día al área administrativa y de planeación de dietas y un día más en el laboratorio. A continuación se describen las actividades.

Dentro del Departamento de Nutrición se ayudó a la elaboración de dietas que consta de tres actividades, divididas en tres días:

- ♣ Día uno: Pesar las materias primas (frutas, vegetales y pellets)
- ♣ Día dos: Cortar las materias primas en diferentes tamaños, dependiendo las especies a las que se les presenta. (Imagen 60)
- ♣ Día tres: Reunir los ingredientes que conforman cada dieta. (Imagen 61)



Imagen 60



Imagen 61

**60.** Materia prima ya cortada el día anterior. **61.** Reunión y pesaje de alimentos para la dieta de cada ejemplar.

De esta manera la dieta está lista un día antes de que se presente al animal. La dieta se va colocando en un contenedor de plástico o en una bolsa, ambos previamente etiquetados. En la etiqueta aparece el área, la especie, el número de ejemplares a los cuales va destinada y la cantidad de alimento que se envía (en gramos).

Las dietas que incluyen pescado o carne se realizan en el menor tiempo posible y un día antes de ser presentadas. Se mantienen a temperatura ambiente únicamente el tiempo necesario para ser pesados. No es necesario cortar el pescado. La carne viene empaquetada, molida y preparada para animales de zoológico, la preparación consiste en un balance adecuado de calcio y fósforo (2:1) para evitar el hiperparatiroidismo nutricional secundario.

Cada contenedor se clasifica por área y se van almacenando en bolsas grandes de estraza dentro de los refrigeradores, donde permanecen hasta la mañana siguiente.

La repartición de alimento es la primera actividad que se realiza en el departamento. Se hacen dos recorridos, uno hacia la parte norte del zoológico y otro hacia el sur. Dos vehículos de motor salen al mismo tiempo una vez que tienen todas las dietas. Parte del recorrido consta en recolectar los contenedores (vacíos y limpios) del día anterior, que son depositados fuera de las áreas, en un lugar destinado para realizar este intercambio.

El personal que labora en este departamento no tiene contacto físico con el resto de las áreas que conforman el zoológico. En caso de que se presente alguna enfermedad dentro del espacio que ocupan los animales, esta no se propagará al área de nutrición, que aunque físicamente no está dentro de las instalaciones del zoológico, todo el alimento que se procesa sí. Por esta razón la comunicación se mantiene vía correo electrónico y en juntas semanales con el Departamento de Salud Animal y con los Coordinadores de cada área.

#### **4.9.1 CAMBIO DE DIETA**

Con asesoría de los nutriólogos se realizó un cambio de dieta de dos ejemplares de Coatí mundi (*Nasua nasua*), basando la dieta en la energía requerida por cada individuo para su mantenimiento. Se cambiaron algunos ingredientes debido al poco interés que demostraban por la dieta anterior. Para esto se obtuvo el porcentaje de inclusión de cada ingrediente con respecto al peso total de la dieta, sustituyendo los necesarios con base al porcentaje, sin tomar en cuenta los gramos de cada uno (por ejemplo, la dieta es de 500 gramos totales por día, cada ingrediente representa un porcentaje. Si se tiene un 10% de manzana no aceptada, se sustituye ese 10% de manzana por el nuevo ingrediente).

Se evaluaron los valores de cada nuevo ingrediente con base en Proteína Cruda, Fibra Cruda, Estrato Etéreo, Vitaminas y porcentaje de agua, utilizando un

programa de cómputo interno, en el cual se tienen los datos de todos los ingredientes que se ocupan en el zoológico de Fort Worth, y bibliografía especializada en nutrición de animales de zoológico. Dependiendo el peso de cada ejemplar, se obtuvieron los requerimientos energéticos de cada individuo, para tener un 100% de energía requerida en la nueva dieta. Se calculó lo consumido en una semana, dividiéndolo entre siete para saber la ración diaria de alimento.

#### 4.9.2 LABORATORIO DE NUTRICIÓN

En el laboratorio de nutrición, situado dentro del edificio del Departamento de Salud Animal, se colaboró durante un día en una investigación llevada a cabo recopilando muestras de diferentes especies de pescado para medir los minerales que contienen. Estas muestras vienen de varios zoológicos y reservas de la Unión Americana. La investigación trata de la relación que existe entre la nutrición y la reproducción en vida libre y en cautiverio de especies piscívoras.

Los pescados se someten a un proceso de deshidratación para su posterior pulverizado. (Imagen 62) Se trabaja con un gramo de cada muestra, añadiendo ácido nítrico. (Imagen 63)



Imagen 62.



Imagen 63.

**62.** Muestras pulverizadas en bolsas y un gramo de cada una en los contenedores para Microondas. **63.** Mezcla de ácido nítrico y muestra de pescado.

Esta mezcla se coloca en un Microondas especializado para acelerar la digestión y hacerlo soluble (MARS –Microwave Accelerated Digestive System®). Una vez procesado y vertido en tubos de ensaye, se sitúa en un espectómetro (Inductively Coupled Plasma Spectrometer – ICP®) que, con ayuda de un programa de cómputo, mide los minerales que contiene. Los resultados se obtienen a manera de gráficas, que coinciden o no con valores ya conocidos. Se guardan en una

base de datos para su futura evaluación. Esta investigación continúa y se espera se concluya en 2006.

Dentro del laboratorio, también se llevo a cabo la elaboración de alimento para Renacuajos de Sapo de cresta de Puerto Rico (*Peltophryne lemur*). Se utilizaron diversos alimentos comerciales, los cuales se trituraron, mezclaron e hicieron pasta para formar pequeñas bolas de alimento. Estas bolas se refrigeraron y antes de presentarse a los renacuajos, se cubrieron con ácido ascórbico en polvo. Esta dieta se realizó como alimento temporal, ya que los renacuajos viajarían dos días después a Puerto Rico para su reintroducción.



## **5. BIBLIOGRAFÍA**

1. Dirección General de Zoológicos de la Ciudad de México. Manual de Inducción para Trabajadores. Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. México, 2004: 1-6.
2. Miller Eric R. Zoo Veterinarians, Doctors On The Ark?. Animal Welfare Forum. Journal of American Veterinary Medical Association 1992; 200: 642-647.
3. Ryan Patrik A. Fort Worth Zoo Souvenir Book. Streamline Creative Ltd, 2003.
4. Albert W. Franzman. Population Medicine. En: Fowler Murray E. Zoo and Wild Animal Medicine Current Therapy. PART 1. General Information: Chapter 2.: Wildlife Medicine. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1986: 7-11.
5. Blood D.C., Studdert V.P. Diccionario de Veterinaria. México: McGraw-Hill Interamericana, 1994; Volumen I: 582-585.
6. García Delgado G., Rodríguez Cuellar C. Procedimientos de control sobre microorganismos. En: Manual de Prácticas de Laboratorio de Bacteriología y Micología Veterinarias. Departamento de Microbiología e Inmunología. Facultad de

Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México, 1999: 21-29.

7. Departamento de Parasitología. Técnicas Coproparasitológicas. En: Manual de Parasitología. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México, 1999: 18-21.

8. Blood D.C., Studdert V.P. Diccionario de Veterinaria. México: McGraw-Hill Interamericana, 1994; Volumen II: 672.

9. Tricide-Neo. Immersion bath for Ulcer Disease. [página en internet]. USA. [Revisado el 3 de marzo de 2005] Disponible en: [http:// www.tricide-neo.com](http://www.tricide-neo.com)

10. Calle P Paul. Zoo Animals: Preventive Medicine, Clinical care programs. En: The Merk Veterinary Manual. Ninth Edition. USA: Merial Limited, 2005: 1659-1664.

11. Stark Beth et al. Animal Behavior Management is not just for keepers: The role of the zoo veterinarian in an Animal Behavior Management Program. 2002 Proceedings American Association Of Zoo Veterinarians; USA. Toledo (OH): Toledo Zoo, 2002: 53-58.

12. Fort Worth Zoo's Behavioral Management Program: Animal training philosophies. USA: Fort Worth Zoo, 2002: 1-2.

13. Ramirez Ken. Animal Training, an overlooked science: bringing training out of the closet. John G. 2002 Proceedings American Association of Zoo Veterinarians; USA. Chicago (IL): Shedd Aquarium, 2002: 40-44.

14. Blood D.C., Studdert V.P. Diccionario de Veterinaria. México: McGraw-Hill Interamericana, 1994; Volumen I: 234.

15. Fowler, Murray E. Restraint. En: Fowler Murray E. Zoo and Wild Animal Medicine Current Therapy. PART 1. General Information: Chapter 6. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1986: 37-50.
16. Suedmeyer Wm. Kirk. Conditioning Programs for transabdominal ultrasound gestational monitoring in an eastern black rhinoceros (*Diceros bicornis michaeli*), African elephant (*Loxodonta africana*), African lion (*Panthera leo*) and Bornean orangutan (*Pongo pygmaeus pygmaeus*). 2002 Proceedings American Association Of Zoo Veterinarians; USA. Kansas City (MO): The Kansas City Zoo, 2002: 50-52.
17. Carpenter James W. Exotic Animal Formulary. Third edition. USA: Elsevier Saunders, 2005.
18. Francis-Floyd, Ruth. Fish: FDA- Approved drugs. En: The Merk Veterinary Manual. Ninth Edition. USA: Merial Limited, 2005: 1485-1486.
19. Robbins, Charles T. Wildlife Feeding and Nutrition: Introduction. USA: Academic Press, 1993: 4-20.
20. Kleinman G. et al. Wild Mammals in captivity, Principles and Techniques. USA: University of Chicago Press, 1996: 72-78.

## RESUMEN

**GARCÍA RANGEL LUISÁNGELA. “Manejo Reproductivo de Elefantas Asiáticas (*Elephas maximus*) en el zoológico de Fort Worth (Texas; USA)” (bajo la dirección de: MVZ. ESP. Berenice Portillo López)**

El presente trabajo está enfocado a la descripción del ciclo reproductivo del Elefante (*Elephas maximus* y *Loxodonta africana* comparten similitudes fisiológicas, en cuanto a *Loxodonta cyclotis*, poco se sabe acerca de su ciclo reproductivo) y a las alternativas que actualmente existen para lograr mantener las poblaciones existentes de *Loxodonta africana* y *Elephas maximus* en cautiverio. Ejemplificando con los métodos utilizados en el zoológico de Fort Worth con un rebaño de Elefantes Asiáticos (*Elephas maximus*) y los resultados obtenidos en los meses de abril a noviembre de 2005.

## **“MANEJO REPRODUCTIVO DE ELEFANTAS ASIÁTICAS (*Elephas maximus*) EN EL ZOOLOGICO DE FORT WORTH (TEXAS; USA)”**

### **6.1 INTRODUCCIÓN**

Actualmente se conocen 1.7 a 1.8 millones de especies de fauna y flora en el planeta. De estas se declaran extintas a 784, y a 65 más sólo se les puede encontrar en cautiverio o cultivo. De acuerdo con la Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN), de las 40,177 especies evaluadas en su Lista Roja, 16,119 se encuentran amenazadas con la extinción.<sup>(1)</sup>

La especie humana es la principal causante de estas cifras, directa o indirectamente, con la destrucción de hábitats, la introducción de especies invasoras, la cosecha insostenible, la caza excesiva, la contaminación, las enfermedades y como consecuencia del abuso al planeta, la amenaza de un cambio climático.<sup>(2)</sup>

Dentro de las especies amenazadas se encuentran los Elefantes, cuyas poblaciones en cautiverio y en vida libre siguen disminuyendo. Por esta razón es urgente mantener e incrementar sus poblaciones antes de que sea demasiado tarde.

Los Elefantes fueron traídos a América hace 200 años y casi de inmediato ganaron fama. Debido a su popularidad se han convertido en la imagen principal en los programas de conservación de especies a nivel mundial,<sup>(3,4)</sup> no en vano ya que las especies están amenazadas y en peligro de extinción.

El crecimiento de las poblaciones humanas, la pérdida de su hábitat, la mortalidad durante su captura y el contrabando de productos animales son las principales amenazas para las poblaciones remanentes en vida libre. <sup>(5,6,7)</sup>

Ya que estas poblaciones continúan disminuyendo en Asia y África, existe un gran interés en mantener el número de animales en cautiverio. Esta situación tampoco es tranquilizante, ya que el número de elefantes también está disminuyendo en zoológicos, santuarios y circos. Aunque estas especies tienen una larga historia en cautiverio, los nacimientos han sido mínimos y la mayoría han sido capturados de vida libre.

Las poblaciones en América del Norte del Elefante africano de sabana (*Loxodonta africana*) y de Elefante asiático (*Elephas maximus*) en cautiverio no son sostenibles por sí mismas. <sup>(8,9)</sup> En general, la reproducción ha sido rara y no logra mantener una población constante, ya que aunado a esto, la mortalidad entre juveniles ha aumentado. <sup>(10)</sup>

Es difícil tener un número exacto de la población cautiva de Elefantes en el mundo, aproximadamente hay 320 animales dentro de Europa y Estados Unidos de Norteamérica. En 1997, Heistermann *et al.* reportaron un número total de 33 nacimientos en quince años (de 1982 a 1997), de lo cuales 17 seguían vivos para este año. <sup>(11)</sup>

Esto quiere decir que sin la importación de ejemplares o un incremento drástico en la natalidad, en cincuenta años (a partir del año 2000) la población de Elefante asiático en América del Norte bajará hasta únicamente 10 elefantes o menos, considerándose demográficamente extinto. <sup>(8)</sup> Aunque viven más de 65 años en cautiverio, se consideran reproductivamente seniles a los 36 años aproximadamente. <sup>(8)</sup>

Para la población de Elefantes africanos la situación es más prometedora ya que las poblaciones en vida libre son diez veces mayores a las del Asiático, y aunque la posibilidad de importar más animales existe, es muy elevada en costos y muy estresante para los ejemplares. <sup>(9)</sup>

Su historia en cautiverio es relativamente joven comparada con la del Elefante asiático. Tiene mayor potencial para mantenerse por sí misma sin más importaciones gracias al gran número de hembras en edad reproductiva, esto si la reproducción y sobrevivencia juvenil aumenta significativamente en los siguientes diez años. Si esto no ocurre, su destino es muy similar al del Elefante Asiático en los próximos cincuenta años. <sup>(9)</sup>

### 6.1.1 ESPECIES

Los Elefantes son miembros del orden PROBOSCIDEA (llamada así por la fusión de su nariz con el labio superior, la trompa) y de la familia ELEFANTIDAE.

Actualmente se considera que existen tres especies de Elefantes: una especie asiática y dos africanas. Aunque son tres especies y pertenecen a géneros diferentes comparten similitudes en cuanto a tamaño, apariencia, fisiología y comportamiento social. Cuentan con 56 cromosomas.

Las especies y subespecies conocidas actualmente son:

#### ELEFANTE ASIÁTICO (*Elephas maximus*)

*E. maximus maximus* – Elefante de Sri Lanka

*E. maximus indicus* – Elefante de India

*E. maximus sumatranus* – Elefante de Sumatra (el más pequeño)

*E. maximus hirsutus* – Elefante de Malasia

(12, 3)

#### ELEFANTE AFRICANO DE BOSQUE O PIGMEO (*Loxodonta cyclotis*)

Años atrás se creía que el elefante de bosque era una subespecie de *Loxodonta africana* adaptada a su hábitat (*Loxodonta africana cyclotis*). Al utilizar un sistema de identificación de DNA para rastrear la procedencia de marfil ilegal, se descubrió una diferencia genética de un 58% entre *Loxodonta africana* y la tercera especie de elefantes, *Loxodonta cyclotis*. <sup>(13,14,15)</sup>

ELEFANTE AFRICANO DE SABANA O ARBUSTO (*Loxodonta africana*)

*L. africana africana* - Elefante de Arbusto de África del Sur

*L. africana knochenaueri* - Elefante de Arbusto de África del Este

*L. africana oxyotis* - Elefante de Arbusto de África del Oeste

(4)

En el cuadro 1 se mencionan las diferencias más relevantes entre las especies de probóscidos.

	<i>Elephas maximus</i>	<i>Loxodonta africana</i>	<i>Loxodonta cyclotis</i>
Peso:	3- 5.5 toneladas	4- 6.5 toneladas	4 toneladas
Altura:	7-12 pies (2.4-3 metros)	8-14 pies (3-3.3 metros)	8 pies (3 metros) máximo
Mayor altura:	Punta de la cabeza	Punta de los hombros	Punta de los hombros
Estructura corporal:			Más delgados que las otras especies.
Dorso:	Redondo, elíptico	Cóncavo	Cóncavo
Cráneo:	Dos prominencias	Una prominencia redonda	Una prominencia redonda, el maxilar inferior es más largo y su cara es más delgada.
Orejas	Pequeñas y rectangulares.	Largas, de forma similar al continente africano.	Más redondas y pequeñas que el elefante de Sabana.
Trompa:	La punta posee una proyección prensil a manera de dedo.	La punta posee dos proyecciones prensiles a manera de dedo.	
Colmillos:	Algunos machos poseen colmillos muy largos. Las hembras presentan pequeños colmillos que no son perceptibles fuera del labio superior.	En ambos sexos son perceptibles, en los machos son más pesados y largos.	Ambos sexos los presentan, tienen un tono rosado, son rectos, delgados y apuntan hacia abajo.

Cuadro 1. Comparación de las tres especies de Elefantes. (7)



	<i>Elephas maximus</i>	<i>Loxodonta africana</i>	<i>Loxodonta cyclotis</i>
Piel:	Ligeramente arrugada con pelo a lo largo de todo el cuerpo, más abundante en la cabeza.	Profundamente arrugada con pelo esparcido en todo el cuerpo.	Más oscura que los elefantes de Sabana.
Pies:	5 uñas dactilares en miembros anteriores y 4 en posteriores.	4 uñas dactilares en miembros anteriores y 3 en posteriores.	5 uñas dactilares en miembros anteriores y 4 en posteriores.
Hábitat:	Bosques del sudeste Asiático.	Pastizales y chaparrales de África.	Bosques Equatoriales del centro y oeste de África.
Hábitos alimenticios:	Ramoneador de árboles/arbustos	Forrajero	Ramoneador-árboles/arbustos
Vida social:	Grupos de familias de hembras. Los machos son solitarios o forman pequeños grupos de jóvenes.	Grupos de familias de hembras. Los machos son solitarios o forman pequeños grupos de jóvenes.	Su sociedad es similar a las otras especies, pero sus grupos familiares son mucho más pequeños.
Gestación:	659 días +-30 días	659+-30 días	659+-30 días
Intervalo entre Partos:	3-5 años	3-5 años	3-5 años
Clasificación y Estado de Poblaciones:	En Peligro por la pérdida de hábitat. CITES I. Quedan 30,000 ejemplares aproximadamente	En Peligro/ Amenazado por la caza ilegal y la pérdida de hábitat. CITES I y II. Se calculan 500,000 animales.	Actualmente no están clasificados ya que se consideran dentro de la población de Elefantes de Savana, siendo una tercera parte: 100,000.

Cuadro 1. Comparación de las Tres Especies de Elefantes. <sup>(7)</sup>

### 6.1.1.1 LEGALIDAD Y POBLACIONES

La Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN) es la red de conservación mundial más grande y más importante, su misión es asegurar que cualquier uso que se le dé a los recursos naturales sea ecológicamente sustentable. Cuenta con una Lista de Especies Amenazadas, la cual clasifica a las especies de acuerdo a su riesgo

de extinción, con el objetivo de identificar a las especies cuya conservación requiere mayor atención. Las categorías de amenaza de la Lista Roja de la UICN son las siguientes, comenzando con la categoría más grave:

- \* Extinta, Extinto en estado silvestre, en peligro crítico, en peligro de extinción, Vulnerable, Casi Amenazado, Preocupación Menor, Datos Insuficientes y No Evaluado. <sup>(2)</sup>

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITES- Convention on International Trade in Endangered Species) es un acuerdo que regula el comercio internacional de animales amenazados o en peligro de extinción (vivos o muertos), partes de animales y plantas. Ya que no es un acuerdo para la conservación, no prohíbe la matanza de especies amenazadas ni requiere que las naciones protejan el hábitat.

Bajo CITES, cada especie protegida se asigna a una de tres categorías o apéndices. Aquellas en el Apéndice I se encuentran en peligro de extinción, su comercio sólo se autoriza bajo circunstancias excepcionales. Especies en el Apéndice II no se encuentran actualmente en peligro de extinción, pero su comercio debe controlarse con el fin de evitar su sobreexplotación. Su comercio se prohíbe si amenaza la supervivencia de la especie. El Apéndice III es la categoría de menor vulnerabilidad, se incluyen especies que están protegidas al menos en un país, el cual solicita el apoyo internacional para controlar su comercio. <sup>(16)</sup>

## ELEFANTE ASIÁTICO

Las poblaciones de Elefante asiático (*Elephas maximus*) (Imagen 1) están en el Apéndice I de CITES. <sup>(17)</sup> De acuerdo con la Lista Roja de la IUCN, se clasifica como en Peligro de extinción\*. <sup>(2)</sup> Sus poblaciones viven en bosques tropicales fragmentados de India, Nepal, Bhutan, Bangladesh, Myanmar, Sri Lanka, Burma,

---

\* Se consideran en **Peligro de Extinción** las especies en peligro de desaparición, cuya sobrevivencia es improbable si los factores desencadenantes permanecen activos. Tienen un muy alto grado de riesgo de extinción.

Tailandia, Cambodia, Laos, Vietnam, China (extintos en vida libre), Malasia, Indonesia, Borneo y Nepal. <sup>(4)</sup>

El Grupo Especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies de la IUCN estima que hay aproximadamente de 38,000 a 51,000 Elefantes asiáticos. El último estimado en Junio del 2003 está por debajo de 30,000 animales en vida libre.

La población mundial de elefantes de Asia en cautiverio es de 412 en 147 instituciones. <sup>(18)</sup> En Estados Unidos de Norteamérica para el año 2000 se reportó una población de 285 elefantes asiáticos en diferentes instituciones privadas, en zoológicos AZA (American Zoological Association), zoológicos no AZA y circos, de estos 46 son machos y 8 de ellos están castrados. <sup>(19)</sup> Olson y Wiese <sup>(9)</sup> mencionan un total de 241 hembras, cambiando la cifra total a 287 elefantes asiáticos.

#### ELEFANTE DE SABANA O ARBUSTO

Las poblaciones de *Loxodonta africana* (Imagen 2) de Botswana, Namibia, Sudáfrica y Zimbabwe se encuentran en el Apéndice II. Las poblaciones restantes del Elefante africano (*Loxodonta africana*) están clasificadas en el Apéndice I de CITES <sup>(17)</sup> y en Peligro de extinción para la IUCN. <sup>(2)</sup>

Se estima que hay entre 300,000 y 500,000 Elefantes africanos. La población mundial de Elefantes africanos en cautiverio es de aproximadamente 905 en 107 instituciones. <sup>(18)</sup> En el año 2000 la literatura reporta cifras de 240 <sup>(19)</sup> -246 <sup>(9)</sup> ejemplares que están albergados en Estados Unidos de Norteamérica en zoológicos AZA, zoológicos que no pertenecen a AZA, circos e instituciones privadas. Se reportaron 210 <sup>(19)</sup> ó 211 <sup>(9)</sup> hembras (una de ellas con menos de 10 años de edad), y 30 <sup>(19)</sup> ó 35 <sup>(9)</sup> machos, 2 <sup>(19)</sup> ó 3 <sup>(9)</sup> de ellos castrados.

A principios de siglo se intentó el amansamiento del Elefante africano en Gangalana-Bodio, Zaire con 100 ejemplares, quedan 4 que no son tan confiables. A pesar de esto existe una propuesta para proveer elefantes de transporte a los turistas del Parque Nacional de Garamba. En Botswana también son utilizados por los turistas. <sup>(20)</sup>

## ELEFANTE DE BOSQUE

Una tercera parte de los Elefantes africanos, esto es menos de 100,000, son Elefantes de bosque (*Loxodonta cyclotis*) (Imagen 3). Actualmente se está llevando a cabo un estudio del estado poblacional de esta especie patrocinado por varias fundaciones.<sup>(15)</sup>

Se teme aún más por estas poblaciones ya que al considerarse como una especie diferente no ha sido tomada en cuenta dentro de los tratados, por lo que existe la posibilidad de que ocurra una caza indiscriminada para obtener su marfil.

Aunado a esto, el marfil rosado y duro del Elefante de bosque se cotiza a precios muy elevados por los contrabandistas, los cuales son difíciles de atrapar al cubrirse por el bosque. La tala inmoderada y el crecimiento de las poblaciones humanas también representan un peligro para el hábitat de esta especie.<sup>(15)</sup>



Imagen 1. *Elephas maximus*. Fuente: <http://www.animaltrek.com/mammals/elephant>



Imagen 2. *Loxodonta africana*. Fuente: <http://www.south-african-game-reserves.com>



Imagen 3. *Loxodonta cyclotis*. Fuente: [www.blueplanetbiomes.org](http://www.blueplanetbiomes.org)

### 6.1.1.2 FUNDACIÓN INTERNACIONAL DE ELEFANTES Y FORT WORTH ZOO

La Fundación Internacional de Elefantes (IEF) fue establecida en 1998 después de que un grupo de individuos se afilió con una variedad de organizaciones internacionales, incluyendo instituciones de zoológicos con y sin fines de lucro, universidades, circos e instituciones independientes, reuniéndose en el zoológico de Fort Worth para discutir el rumbo actual de la conservación de elefantes. El Director de FWZ funge como presidente de dicha fundación. Como una organización sin fines de lucro dedicada a este propósito, solicitó donaciones para asignar fondos a proyectos de conservación e investigación de elefantes, a lo largo del mundo. Con costos mínimos para su administración, IEF tiene la

capacidad de donar más del 95% de su presupuesto directamente a proyectos de elefantes.

Para asegurar la reproducción exitosa en cautiverio, hay una necesidad enorme para entender la reproducción de los elefantes y asegurarse que el medio ambiente y el manejo de esta especie sea el correcto, y así tener las condiciones óptimas para su salud, comportamiento y reproducción. Miembros del FWZ son parte de diversas investigaciones enfocadas a estas necesidades. <sup>(21)</sup>

## **6. 2 ANTECEDENTES**

### **6. 2. 1 ESTRUCTURA SOCIAL**

Los elefantes son animales que viven en grupos jerárquicos grandes y complejos que se caracterizan por ser matriarcados. <sup>(22)</sup> Las manadas de elefantes están gobernadas por la hembra más grande en tamaño y edad, la matriarca. <sup>(23)</sup> Ellas exigen respeto y son reconocidas como líderes, protegen y dirigen a las crías, mantienen el orden y la armonía en el grupo y reaccionan con coraje y agresión cuando algún peligro amenaza. <sup>(22)</sup> Son indispensables para la supervivencia de los elefantes por sus conocimientos de los recursos naturales y la coordinación de la manada para defenderse. <sup>(23)</sup>

Las manadas varían en número, alcanzando hasta los 30 individuos. Están formadas por hembras de todas las edades, crías y machos juveniles (quienes abandonan la manada al alcanzar la pubertad). <sup>(22,23,24)</sup> El alma o centro del grupo en la manada es la unión familiar que consiste en dos o tres hembras de mayor edad, con sus respectivas crías, este grupo se mantiene siempre unido, incluso en manadas muy grandes que migran. <sup>(22)</sup> Cada individuo mantiene un estado jerárquico y un rol bien definido, desde las hembras líderes que siguen en jerarquía a la matriarca, hasta las crías que son protegidas por todo el rebaño. <sup>(22,23)</sup> Si bien los elefantes se benefician de esta sociedad, también se puede generar la competencia cuando los recursos son escasos. Existen factores ambientales que pueden alterar el orden y los beneficios de cooperación en la manada ya que contribuyen a interacciones agresivas. <sup>(23)</sup>

El cautiverio libera a los elefantes de muchos factores ambientales que generan tanto competencia como cooperación, a pesar de esto algunas conductas son muy similares a las de sus semejantes en estado salvaje. <sup>(19)</sup>

## **6. 2. 2 DESCRIPCIÓN DEL TRACTO REPRODUCTOR**

FEMENINO: No existen diferencias en cuanto a forma o tamaño del sistema urogenital entre elefantas asiáticas y africanas.

El tracto reproductor femenino es extremadamente largo, con una distancia de 2.5 metros desde la vulva hasta el ovario, es el de mayor longitud de todos los mamíferos terrestres. <sup>(28)</sup> Comienza con el canal urogenital o vestíbulo, que mide entre 1.0 a 1.4 metros. (Imagen 4)

Es una estructura tubular que comienza en la vulva, localizada entre las extremidades posteriores. Corre verticalmente hasta la altura de la cola y luego se curva horizontal y cranealmente hacia su fin, creando un saco de 20 a 40 centímetros. La uretra y la vagina tienen su apertura en este saco, conocido como vestíbulo, el cual está situado encima de la pelvis. <sup>(27)</sup> Es en esta zona donde se deposita el eyaculado en una monta natural. <sup>(28)</sup>

- ♣ El clítoris está integrado a la pared muscular de la parte vertical del vestíbulo y alcanza una longitud de 0.6 a 0.8 metros, mientras que el glande del clítoris mide de 7 a 12 centímetros y está situado cerca de la apertura externa del vestíbulo. <sup>(27)</sup>
- ♣ La uretra es una estructura bien definida con un esfínter interno muy fuerte. Su longitud va de 8 a 11 centímetros y su diámetro entre 3 a 4 centímetros. La parte caudal de los uréteres está integrada a la pared de la vejiga y son fácilmente detectados por ultrasonido. <sup>(27)</sup> El himen y el punto de contacto entre el vestíbulo y la vagina están muy próximos al orificio uretral. <sup>(12)</sup>
- ♣ La vagina se caracteriza por varios dobleces longitudinales, mide aproximadamente 30 x 15 x 10 centímetros y sirve como lugar de depósito para el semen. Durante la gestación, la vagina toma la función de una barrera mecánica contra infecciones ya que se llena con moco vaginal espeso. <sup>(27,28)</sup> La apertura vaginal mide menos de un centímetro de diámetro, <sup>(28)</sup> tan sólo 0.4 x

0.2 centímetros,<sup>(27)</sup> siendo más pequeña en nulíparas <sup>(28)</sup> y está en medio de dos sacos o bolsas ciegas. <sup>(27)</sup> El himen usualmente posee un orificio pequeño por el cual atraviesa el esperma para llegar a la vagina, cérvix y útero. <sup>(25)</sup> Varias hembras nulíparas presentan una estructura similar al himen que no se rompe al momento de copular,<sup>(27)</sup> sino hasta que se presenta el parto. <sup>(25)</sup>

- ♣ El volumen del cérvix es de 9 x 7 x 5 centímetros y una longitud relativamente corta de 15 centímetros.
- ♣ El útero mide de 0.8 a 1.5 metros de largo y se caracteriza por un cuerpo muy pequeño de 5 a 10 centímetros. <sup>(27)</sup> El útero es bicornual <sup>(25)</sup> y ambos cuernos uterinos corren paralelamente unos 0.5 a 0.7 metros hasta que se bifurcan. Generalmente el endometrio está bien definido y puede alcanzar un diámetro de 12 a 45 milímetros. <sup>(27)</sup> Los elefantes tienen una placentación zonal. <sup>(27,25)</sup>
- ♣ Los oviductos tienen una longitud de 10 centímetros, son importantes al momento de localizar los ovarios dentro de la cavidad abdominal.
- ♣ Los ovarios son relativamente pequeños y miden 7 x 5 x 2.5 centímetros en adultos. Se pueden detectar por ultrasonido a los 3 ó 4 años de edad, tienen circunvoluciones en su superficie. No hay folículos o cuerpos lúteos visibles hasta la pubertad. Los cuerpos lúteos derivados de la ovulación son grandes (más de 25 milímetros), prominentes en la corteza ovárica y el número total va de 0 a 10 en cada ovario, con mayor número a mediados y finales de la gestación. A pesar de esto, sólo hay un cuerpo lúteo grande producido por la gestación en Elefantes asiáticos,<sup>(27)</sup> mientras que en africanos se reportan múltiples cuerpos lúteos pequeños. <sup>(28)</sup>

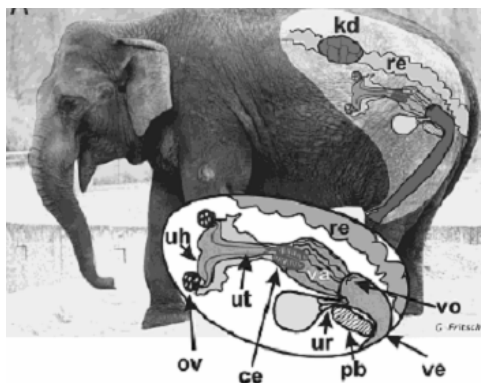


Imagen 4. Diagrama esquemático del Tracto Urogenital de la elefanta. kd:riñón, re:recto, ov:ovario, uh:cuerno uterino, ut:cuerpo uterino, ce:cérvix, va:vagina, ur:uretra, vo:orificio vaginal, ve:vestíbulo, pb:hueso pélvico. Fuente: Hildebrandt, 2000.<sup>(28)</sup>



MASCULINO: Es difícil distinguir entre sexos a los elefantes africanos,<sup>(25)</sup> ya que los testículos en todas las especies son intraabdominales,<sup>(12,25)</sup> se localizan caudoventralmente con relación a los riñones.<sup>(12)</sup> Presentan vesículas seminales y próstata (cerca del cuello de la vejiga) y las glándulas bulbouretrales (cerca de la base del pene) adicionales a la glándula ampular. No presentan un epidídimo como tal, en su lugar el conducto deferente está modificado, alargándose caudalmente para formar la glándula de ámpula, la cual también alberga semen para la eyaculación.<sup>(25)</sup> El pene erecto tiene una longitud de 1.5 m aproximadamente y adapta una forma de S. Cuentan con un tendón y músculos elevadores que levantan la vulva y ayudan a la penetración en el momento de la cópula.<sup>(12)</sup>

El semen del Elefante asiático (*E. maximus*) y del Elefante africano (*L. africana*) difiere en los componentes de sus membranas, actualmente se continúan las investigaciones. En 1998 se descubrió que el DMSO (Dimetilsulfóxido, un solvente comercial derivado de los árboles, es un efectivo sistema de transporte oxigenado, soluble en agua y aceite), tiene un efecto protector que mantiene su viabilidad después de recolectarlo, no siendo necesario para el semen de Elefantes africanos (*L. africana*).<sup>(26,27)</sup>

### **6. 2. 3 EDAD REPRODUCTIVA**

De acuerdo a información limitada, las hembras en cautiverio alcanzan la pubertad algunos años antes que en estado salvaje. Se ha observado el primer incremento de progestágenos durante la fase lútea entre los 7 y 8 años de edad,<sup>(29)</sup> aunque existen reportes de madurez sexual desde los seis años.<sup>(12)</sup> Por esta razón se recomienda empezar a tomar muestras de sangre u orina desde los 4 ó 5 años de edad para evaluación reproductiva.<sup>(29)</sup>

Hembras africanas en cautiverio se han reproducido entre los 10 y 20 años (la hembra reproductora más vieja reportada fue de 24 años de edad), mientras que en vida libre se reproducen entre los veinte y treinta años de edad.<sup>(9)</sup> Brown et al.<sup>(28)</sup> también reportan que en vida libre se pueden reproducir en sus 40 hasta 50 años de edad. Hildebrandt et al.<sup>(27)</sup> mencionan una edad reproductora, en

cautiverio, de hembras asiáticas nulíparas de 18 a 30 años, observando varias hembras que empezaron a ciclar a los cuatro años de edad.

Aproximadamente 30% de la población de elefantas asiáticas en cautiverio tienen menos de 30 años. <sup>(28)</sup> Para las hembras africanas en cautiverio la situación mejora ya que el 70% se encuentra entre los 10 y 30 años. <sup>(9)</sup> A pesar de esto sólo un tercio de las hembras en este grupo de edad son manejadas por el Programa de Supervivencia de Especies (SSP por sus iniciales en inglés).

Los machos se consideran maduros sexualmente de los 9 a 10 años, aunque son difíciles de manejar en cautiverio desde los 7 años. <sup>(12)</sup> En estado salvaje los machos abandonan la manada al alcanzar la pubertad a los 14-16 años. <sup>(30)</sup>

En estudios demográficos los elefantes (hembras y machos) se dividen en tres categorías:

Pre reproductores: 0-10 años; Reproductores: 11-35 años y No reproductores: 36-65 años para asiáticos <sup>(8)</sup> y 36-50 para africanos. <sup>(9)</sup>

#### **6.2.4 CICLO REPRODUCTIVO Y GESTACIÓN**

En la última década ha habido avances importantes en cuanto a la identificación de las hormonas circulantes durante el ciclo estral del elefante. A pesar de esto aún quedan muchas dudas por resolver. A continuación se describirá el ciclo y los perfiles hormonales hasta ahora conocidos.

##### **6.2.4.1 HORMONAS INVOLUCRADAS EN EL CICLO ESTRAL DEL ELEFANTE**

Las hormonas adquirieron su nombre del griego que significa “excitar”, son moléculas orgánicas que actúan como mensajeros al ser transportadas o difundidas por el torrente sanguíneo, donde ejercen un efecto específico sobre algún órgano o tejido blanco. Son secretadas por tejidos epiteliales especializados para su secreción, las glándulas. Con excepción de las prostaglandinas (de origen ácido graso), son esteroides, péptidos o proteínas y derivados de aminoácidos. <sup>(31)</sup>

El colesterol es el principal pilar de la construcción de los esteroides, entre los

cuales se encuentran las hormonas sexuales femeninas, el estrógeno y la progesterona.<sup>(32)</sup>

El lóbulo anterior de la glándula hipófisis o pituitaria es la fuente de la Hormona Folículo Estimulante (FSH), Hormona Luteinizante (LH) y Prolactina entre otras. Estas son hormonas gonadotrópicas de origen peptídico.<sup>(33)</sup>

#### **6.2.4.1.a Estrógenos**

Al medir el estrógeno en el elefante no se encontró un patrón regular o dominante por las cantidades tan pequeñas encontradas en ambas especies. Los niveles fueron extremadamente variables, la designación de un incremento pre-ovulatorio no se reportó ni tampoco relación alguna con la progesterona.<sup>(34,35,36)</sup> Incluso durante la gestación, el estradiol libre se mantuvo muy bajo y sin cambios.<sup>(34)</sup>

En 1992, Czezkala et al.<sup>(37)</sup> realizó una investigación que constó de dos estudios, uno con estradiol-17 $\beta$  tritiado y el segundo con estradiol-17 $\beta$  no marcado, ambos disueltos en suero autólogo estéril para inyectarlos vía IV a dos ejemplares. En dichos estudios se tomaron muestras de suero a intervalos cortos de tiempo y se recolectaron orina y heces por 24 horas. No se detectó marcador radioactivo en heces ya que el tiempo de obtención de muestras fue muy corto para ser excretado por esta vía en el elefante. Los análisis demostraron que en el elefante, el estradiol libre circulante se convierte rápidamente a formas conjugadas en el suero desde los primeros cinco minutos, al igual que en orina.<sup>(37)</sup>

Es posible que los ovarios de los elefantes secreten metabolitos de estrógeno en vez de estradiol.<sup>(29)</sup> Se han reportado incrementos máximos de los niveles de estradiol un día antes de cada pico de LH (de los cuales se hablará posteriormente) en promedio, disminuyendo notablemente después, aunque varía considerablemente entre individuos.<sup>(38)</sup>

Aún así no hay evidencia clara de actividad cíclica estrogénica en los elefantes, ya que las mediciones de estrógeno siguen sin demostrar la existencia de las dos ondas de actividad folicular cíclica que se menciona más adelante (página 67), ni de relación entre los incrementos de estradiol con las otras hormonas. Es por esto que la medición de estrógeno en sangre, heces y orina no tiene un valor práctico

para el monitoreo de la función ovárica, por lo menos hasta que se defina un patrón claro y cíclico.

#### **6.2.4.1.b Progestágenos**

En el elefante, fue hasta los años ochenta que por medio de mediciones de progesterona en sangre se reconoció la longitud verdadera de su ciclo estral, Hess et al. <sup>(34)</sup> en el Elefante asiático y Plotka et al. <sup>(39)</sup> en el Elefante africano. A partir de ese momento varios estudios han monitoreado esta hormona, dando como resultado un ciclo estral con duración de 13-17 semanas. <sup>(11,23,34,35,36,38,40,41,42)</sup> mientras que Hodges et al. <sup>(43)</sup> plantea dos ciclos ováricos, uno pre-ovulatorio con duración de cinco semanas y un post-ovulatorio de 10 semanas, dando en general una duración similar a la antes mencionada. Kapustin <sup>(44)</sup> a su vez habla de dos tipos de ciclos, un ciclo corto no-lúteo y otro ciclo estral de actividad lútea. Esta duración resulta en 3 a 4 ciclos reproductivos por año. La sincronía estral no es algo que suceda, <sup>(30)</sup> aunque se ha reportado por períodos cortos en cautiverio. <sup>(29)</sup> En vida libre debido a la larga gestación y al anestro lactacional, las hembras reproductivamente sanas son sexualmente receptivas sólo de dos a seis días cada tres a nueve años. <sup>(30)</sup>

Otro factor que hace a los elefantes únicos es que el progestágeno circulante de mayor cantidad e importancia no es la progesterona, sino los metabolitos pregnanos 5 $\alpha$ -reducidos, <sup>(11,36,43)</sup> en todas las etapas del ciclo ovárico y en la gestación, tanto en africanos (*Loxodonta africana*) <sup>(11,36,43)</sup> como en asiáticos (*Elephas maximus*). <sup>(36)</sup>

Los progestágenos circulantes más abundantes son 5 $\alpha$ -pregnano-3,20 diuno (5 $\alpha$ -DHP) y 5 $\alpha$ -pregnano-3-ol-20 uno o 3 $\alpha$ -hidroxi-5 $\alpha$ -pregnano-20-uno (5 $\alpha$ -P-3-OH), <sup>(11,36,43)</sup> fueron detectables junto con la progesterona en todos los cuerpos lúteos, conteniéndose y biosintetizándose por los mismos. Por medio de Cromatografía Líquida de Alta Presión (HPLC) e Inmunoensayo Enzimático (EIA) se determinó una reactividad cruzada en tejido lúteo y circulación, del 100% para

los progestágenos 5 $\alpha$ -reducidos ya mencionados, mientras que para la progesterona fue de un 43%.<sup>(43)</sup> En otro estudio utilizando EIA las concentraciones de 5 $\alpha$ -DHP en suero fueron veinte veces más altas que las de progesterona y mostraron una fase lútea más pronunciada que la progesterona inmunoreactiva. Los niveles de 5 $\alpha$ -P-3-OH fueron determinados por HPLC, siendo treinta veces mayores que las de 5 $\alpha$ -DHP en orina, siendo este segundo no específico en orina ya que no mostró un patrón cíclico.<sup>(11)</sup>

Por lo tanto, es probable que por medio de la medición de estos progestágenos se obtengan resultados de mayor exactitud y/o que estén más relacionados con la función lútea, que las mediciones hechas de progesterona (en sangre, orina y heces).

Basándose en perfiles de progestágenos se han observado cuerpos lúteos de elefantes que son funcionales durante ciclos sin concepción por aproximadamente 10 semanas.<sup>(36)</sup> Se han encontrado múltiples cuerpos lúteos (de dos hasta 42) en ovarios de elefantas gestantes y no gestantes. Describiéndose como luteinizados, con ruptura folicular y sin ella y como cuerpos lúteos accesorios.<sup>(36)</sup> Esto podría explicar por qué anteriormente, los niveles de progestágenos inmunoreactivos no se correlacionaron con su tamaño o masa.<sup>(43)</sup> Como conclusión, los ciclos ováricos, con o sin concepción, se asocian con la formación de múltiples estructuras lúteas, durante la ovulación y también durante el resto del ciclo de progestágenos. Estos cuerpos lúteos son formados en cada ciclo y probablemente persisten estructuralmente, aunque no funcionalmente, en ciclos subsecuentes.

#### **6.2.4.1.c Hormona Luteinizante (LH)**

En el elefante se encontraron dos picos de LH, con un intervalo de tiempo establecido de tres semanas, durante la fase no-lútea o folicular.<sup>(38,44)</sup> Este fenómeno ocurre tanto en elefantes asiáticos como en africanos, siendo de mayor magnitud en asiáticos. Para la detección de estos picos es necesaria la colección diaria de sangre<sup>(38)</sup> ya que los niveles de LH permanecen elevados por poco más de un día, ya sea antes o después de la concentración máxima de LH

(aproximadamente 28 horas en total).<sup>(44)</sup> Estas ondas o picos son cualitativa y cuantitativamente similares,<sup>(38,44)</sup> aunque sólo el segundo induce a la ovulación. Por esta razón se clasificaron en dos categorías:

Los picos de LH en suero seguidos de actividad lútea (varias semanas con niveles de progesterona y progestágenos elevados), se designan como picos ovulatorios, abreviados como ovLH.<sup>(44)</sup> Este pico induce la ovulación<sup>(38)</sup> y la formación de cuerpo lúteo.<sup>(29)</sup>

Al contrario, los picos de LH que no son precedidos inmediatamente con niveles elevados de progesterona y progestágenos, fueron designados como anovulatorios, con la abreviatura anLH.

El pico ovLH ocurre 18 a 23 días después del anLH<sup>(38,44)</sup> por lo tanto la progesterona en suero se mantiene en niveles basales durante tres semanas después del pico anLH.

Aún no se tiene respuesta del por qué del pico anLH. Se cree que pudiera iniciar el desarrollo folicular hasta que un folículo maduro pueda ser ovulado tres semanas después por el pico ovLH.<sup>(44)</sup> Otras teorías son que prepare el tracto genital para la concepción con tres semanas de anterioridad; que las hembras produzcan compuestos que no conocemos que atraigan el interés de los machos, ya que estudios en su comportamiento indican que en efecto, los machos se interesan semanas antes de aparearse.<sup>(44)</sup> Existen anécdotas de hembras, en cautiverio y en vida libre, que muestran un “estro falso” que incrementa el interés de los machos tres semanas antes del “estro verdadero” o concepción. Esto podría servir como advertencia de fertilidad para atraer a los machos y asegurarse de que estén disponibles cuando ocurra la ovulación. El mecanismo en que los machos detectan la etapa preovulatoria es por medio de feromonas en la orina de las hembras.<sup>(38)</sup>

#### **6.2.4.1.d Hormona Folículo Estimulante (FSH) e Inhibina**

En otras especies las concentraciones de FSH se elevan junto con el pico pre-ovulatorio de LH, teniendo un segundo incremento antes de la ovulación. En el

elefante no ocurre lo mismo. Brown et al., <sup>(35)</sup> describen un patrón cíclico de FSH inmunoreactiva de 12 a 14 semanas, con niveles bajos durante la fase folicular tardía y la fase lútea temprana, seguido de un período largo de niveles altos (unas 7 a 8 semanas) durante la fase lútea tardía (al final) y la fase folicular temprana, disminuyendo progresivamente durante esta última fase. <sup>(29,35,38)</sup>

En cuanto a la inhibina, sus concentraciones se relacionan inversamente a las de FSH <sup>(36)</sup> aumentando durante la fase folicular tardía-fase lútea temprana, manteniéndose baja durante la mayor parte de la fase lútea. <sup>(35)</sup> Estos patrones son similares a los que se han observado en las yeguas, aunque no así su relación de ambas hormonas con la LH. <sup>(38)</sup> Existen dos teorías en cuanto al patrón de secreción de la FSH en el elefante, estas son que se recluten o alisten folículos funcionales durante las últimas semanas de la fase no lútea o folicular para que posteriormente se dé la ovulación (como en la yegua), <sup>(29)</sup> o que se secrete así para mantener las ondas de desarrollo folicular durante la fase no lútea, <sup>(45)</sup> y que aparentemente son ciclos foliculares que ocurren cada tres semanas. <sup>(35)</sup>

#### **6.2.4.2. CICLO ESTRAL DEL ELEFANTE**

La longitud total del ciclo estral se calculó del primer incremento significativo de progesterona en un ciclo hasta el incremento observado en el siguiente ciclo. <sup>(11,28,34,35,40)</sup> Generalizando los tiempos que la literatura cita se puede dar como estimado un ciclo estral de 12 a 16 semanas de longitud. El ciclo consiste en dos fases, la fase lútea que va de 8 a 12 semanas y la fase no lútea, interlútea o folicular que tiene una duración de 4 a 6 semanas. A pesar de que Hodges <sup>(43)</sup> nombra como preovulatoria a la fase lútea y como postovulatoria a la fase folicular, sus tiempos se aproximan a los antes mencionados (9 a 10 semanas la preovulatoria y 5 semanas la postovulatoria), dando un total de 14 a 15 semanas, entrando en el rango establecido. En el cuadro 2 se muestran los diferentes tiempos del ciclo estral del Elefante mencionados en la literatura.

	<b>LONGITUD TOTAL (semanas)</b>	<b>FASE LÚTEA (semanas)</b>	<b>FASE FOLICULAR (semanas)</b>
Hess et al. 1983	16.3	10.5	5.1
Plotka, 1988	14.7	10.6	4.2
Brown et al 1991	13.2	9.8	3.6
Czekala, 1992	15	10	4 – 5
Olsen et al., 1994	15.1	10.5	4.6
Brown, Lehnhardt, 1995	16	11	5
Kapustin et al , 1996	13.5	8.5	5
Heistermann et al., 1997	14.1	9.1	5
Hodges, 1998	15 -16	8 -11	4 – 6
Brown et al., 1999	16	11	5
Graham et al., 2002	12 -16	8	4 – 6
Leong et al., 2003	15	8 -11	6 – 8
Fowler et al., 2003	16	9	6 – 8
Brown, Göritz, 2004	15	10	5

Cuadro 2. Resumen de estudios que describen la longitud del ciclo estral en número de semanas del Elefante (*Loxodonta africana* y *Elephas maximus*) por medio de mediciones de progesterona y progestágenos.

Como se mencionó anteriormente las concentraciones de FSH empiezan a aumentar de un período inter-lúteo temprano <sup>(36)</sup> o fase no lútea <sup>(29)</sup> para alcanzar un nivel elevado durante la fase lútea tardía, estimulando ondas de desarrollo folicular <sup>(29,36)</sup> que culminan en picos distintos de LH. Si el patrón es acertado, el crecimiento folicular sugiere que es correcto llamar a la fase no lútea, fase folicular.

En un estudio ultrasonográfico del ciclo estral de hembras de Elefante africano de Sabana (*Loxodonta africana*) se observaron dos ondas de crecimiento folicular, durante el período no-lúteo o fase folicular. Las ondas son sucesivas y con tres semanas de duración cada una. <sup>(45)</sup> Por lo que la fase folicular se divide en dos fases más, la anovulatoria y la ovulatoria, cada una con duración de 20 días, que es el período entre cada pico de LH. La fase folicular anovulatoria comienza 20 días antes del primer pico anLH, terminando el día de dicho pico. La fase folicular ovulatoria comienza 24 horas después del pico anLH y termina 24 horas después del pico ovLH. <sup>(45)</sup>



Existe un período de niveles estrogénicos elevados en el que dos ondas discretas se asocian con las ondas foliculares (que pueden o no ser percibidas). Estas elevaciones de estrógeno desencadenan un pico de LH durante la fase folicular temprana (aproximadamente 1-2 semanas después de la disminución de progestágenos), probablemente iniciando la transformación de estructuras foliculares. <sup>(29,36)</sup> Esta onda consiste en múltiples folículos que, o no alcanzan el tamaño del folículo de Graaf y no ovulan, sufriendo una regresión después del primer pico de LH (anLH) <sup>(29)</sup> o, que eventualmente se transformarán en cuerpos lúteos accesorios. <sup>(36)</sup> Este período es el considerado como fase folicular anovulatoria.

En la ausencia de un incremento de progestágenos ocurre otra onda folicular, culminando en el segundo pico de LH, aproximadamente tres semanas después del primero. <sup>(36)</sup> Este pico se asocia con la formación de un folículo grande y dominante que ovula 24 horas después del pico ovLH, <sup>(29)</sup> o a la ovulación de varios folículos, y posiblemente a la formación de uno o más cuerpos lúteos accesorios. <sup>(36)</sup> Esta segunda onda es considerada como la fase folicular ovulatoria.

Los cuerpos lúteos accesorios del primer pico LH (anLH) se activan esteroideogénicamente antes del pico ovLH, y producen un incremento pre-ovulatorio de los progestágenos <sup>(29)</sup> que podría ser necesario para la ovulación del folículo de Graaf. <sup>(29,36)</sup> También es posible que el folículo de Graaf sea el que secreta estas primeras cantidades de progestágenos días antes de la ovulación. <sup>(29)</sup> Después de la ovulación se ha observado una sola disminución de 1 ó 2 días en los niveles de progesterona durante la primera semana de la fase lútea. <sup>(38)</sup> Esta disminución constituye una transición entre la actividad de los cuerpos lúteos accesorios y la actividad de los cuerpos lúteos nuevos, formados después de la ovulación. Se sugiere que el incremento inicial en la progesterona sea de origen folicular, con el segundo incremento resultando en la ovulación. <sup>(38)</sup>

Por lo tanto la progesterona va en aumento junto con la maduración de los cuerpos lúteos accesorios, seguidos una semana después de su comienzo por el incremento gradual de FSH, que alcanza su pico al final de la fase lútea.

A lo largo del ciclo, la inhibina de origen folicular se relaciona inversamente a la secreción de FSH, probablemente controlando su secreción.

Aún no se han establecido los eventos ováricos a lo largo del ciclo por tener datos incompletos y confusos de las secreciones de estrógeno y gonadotropinas. <sup>(36)</sup>

#### **6.2.4.3 GESTACIÓN Y PARTO**

La gestación del elefante tiene una duración de 22 meses, <sup>(12,40)</sup> 92.4 semanas en promedio. <sup>(40)</sup>

Desde 1983, Hess <sup>(34)</sup> menciona que la gestación se indicó con una secreción de progesterona continua después de 12 semanas de la fase lútea, y observó niveles elevados (600-1500 pg/ml) durante el primer año y durante los primeros meses de gestación. Esto se confirmó por Olsen <sup>(40)</sup> y Brown y Lenhardt, <sup>(41)</sup> quienes mencionan que las concentraciones de progesterona permanecen elevadas durante la gestación. En el Elefante africano de sabana (*Loxodonta africana*) se reporta un cuerpo lúteo con una vida media que persiste hasta el final de la gestación, y parece estar activo entre los 3 y 5 meses de gestación. <sup>(36)</sup> El mantenimiento de los progestágenos durante la gestación temprana sugiere que la concepción resulta en la prolongación de la función secretoria de origen esteroide. <sup>(36)</sup>

Otra manera de saber si una hembra está gestante es por una sola muestra de sangre y la medición ya sea de Prolactina <sup>(36,41,29)</sup> o de Relaxina (con niveles máximos de 10 ng/ml ó 10,000 pg/ml) <sup>(29)</sup> en elefantes asiáticos. <sup>(29)</sup> Estas hormonas aumentan considerablemente (hasta 100 veces más) después de las 20 semanas de gestación. <sup>(41,29)</sup> Aunque no se sabe el origen de la prolactina (se cree que es de origen placentario), <sup>(29)</sup> esta incrementa de los 4 a los 6 meses de gestación <sup>(36)</sup> con niveles máximos de 1,100 ng/ml. <sup>(46)</sup>

Una herramienta más para el diagnóstico de gestación es un cambio en el radio de y  $17\alpha$ -hidroxiprogesterona ( $17\alpha$ OHP): progesterona en hembras gestantes, comparado con ciclos sin concepción. El radio que indica gestación es de  $\leq 0.7$  entre las 2 y 7 semanas después de la ovulación. <sup>(29,36)</sup>

Aunque no se tiene claro el significado fisiológico de estas observaciones, el potencial práctico de diagnóstico en tres semanas, al contrario de 3-5 meses es muy considerable.

El embrión puede ser detectado a las 8 a 9 semanas por medio de un ultrasonido transrectal del útero. Y pueden observarse porciones del feto durante la última mitad de la gestación realizando ultrasonidos transabdominales. <sup>(25)</sup> Por otra parte el sexo del feto puede ser determinado midiendo la testosterona de la hembra gestante a las 60 semanas de gestación, siendo más elevados cuando la cría es macho. <sup>(29)</sup>

El nacimiento puede predecirse por una disminución dramática de progesterona que ocurre de 2-5 días antes del parto. <sup>(34,40,29,36)</sup> Existe otra leve disminución durante la segunda mitad de la gestación. <sup>(34)</sup>

Las concentraciones de progesterona pueden <sup>(40,41)</sup> o no ser mayores que aquellas observadas durante el ciclo normal en hembras no gestantes. <sup>(40)</sup> Se recomienda un monitoreo diario de esta hormona, por lo menos durante el último mes de gestación para determinar distocias u otros problemas de nacimiento y así disminuir la mortalidad del neonato y de la hembra. Si las concentraciones caen a niveles no lúteos o basales, se deben sospechar problemas con la gestación si el nacimiento no ocurre a los pocos días. <sup>(29)</sup>

Por su parte la concentración de estrógeno se mantiene constante antes del nacimiento y solamente disminuye significativamente después del parto. <sup>(34)</sup> Los niveles de LH y FSH no se elevan por encima de los niveles de hembras no gestantes. <sup>(41)</sup>

Los niveles de progestágenos permanecen bajos o no detectables por 45-46 semanas durante la lactancia, <sup>(40)</sup> indicando un anestro lactacional de 12 semanas aproximadamente. <sup>(41)</sup> El ciclo se reinicia con el destete. <sup>(29)</sup> La prolactina está

envuelta en el inicio y mantenimiento de la producción de leche, pero sus concentraciones no se mantienen elevadas durante el período lactacional como se observa durante la gestación. <sup>(41)</sup> Por último, el cortisol en suero y orina se mantiene bajo durante la gestación e incrementa mucho el día del nacimiento, manteniéndose así por algunas semanas. <sup>(29)</sup>

### **6.2.5 HEMBRAS ACÍCLICAS Y PATOLOGÍAS MÁS FRECUENTES**

Desde poco menos de una década se ha reconocido que existen demasiadas hembras que no están ciclando. <sup>(46,47)</sup> La progesterona en ellas permanece en niveles base, no presentan actividad ovárica, se les llama hembras de línea plana o “flatliners” en inglés. La causa de este fenómeno es incierta. Se ha descartado que sea por un manejo inadecuado ya que por lo general sólo una o dos hembras de un rebaño son acíclicas. <sup>(29,23)</sup> Y más importante aún, las hembras acíclicas son las de mayor jerarquía, y se ocupan de mantener al resto del grupo disciplinado. Es por esto que es de suma importancia entender cómo los factores sociales y físicos afectan los procesos fisiológicos, como lo es la reproducción. <sup>(23)</sup>

Se calcula que 17% de elefantes asiáticos y 26% de elefantes africanos en cautiverio no están ciclando, siendo que se encuentran dentro de edades reproductivas (alrededor de 20-28 años). <sup>(29)</sup>

Entre las posibles causas más comunes que se han observado se encuentran la hiperprolactinemia, causante de galactorrea, que indica un problema endócrino y de infertilidad en mujeres. <sup>(29)</sup> Las patologías más frecuentes son los quistes en folículos ováricos <sup>(27,46)</sup> (definidos como estructuras alargadas y anovulatorias que persisten en la ausencia de un cuerpo lúteo, y ya sea que permanezcan en el ovario por períodos largos de tiempo, o sufran una regresión sólo para ser reemplazados por un nuevo quiste), <sup>(46)</sup> tumores uterinos y quistes endometriales. <sup>(27)</sup> Aunque existen otras patologías como quistes vestibulares, pólipos vestibulares y quistes en oviductos, estos no se relacionan con la salud reproductiva de las elefantas. <sup>(27)</sup> La incidencia de estas patologías es mayor para elefantes africanos en cautiverio (15%) que en libertad (<1%), y aunque no se

tienen datos en cuanto a los elefantes asiáticos en libertad, en cautiverio es del 5%.<sup>(27)</sup>

Se han intentado dar tratamientos que se utilizan para otras especies con Hormona Liberadora de Gonadotropinas (GnRH), Gonadotropina Coriónica Humana (hCG) para luteinizar los quistes, inducir el estro y reproducir, pero no han sido exitosos ya que las hembras permanecen acíclicas.<sup>(46)</sup>

Parece ser que hay una ventana de 10 a 15 años de un ciclo estral normal a una caída en la salud reproductiva, sobretodo en hembras nulíparas.<sup>(27)</sup> En estado salvaje la mayoría de la hembras están gestantes o en período lactacional.<sup>(23,48)</sup>

Por esta razón son receptivas sexualmente sólo 2 a 6 días cada 3 a 9 años y experimentan muy pocos ciclos reproductivos en su vida.<sup>(48)</sup> En cautiverio las hembras están alcanzando la madurez sexual a muy temprana edad (aprox 4 años). Al no reproducirse, podrían haber ovulado a los doce años la misma cantidad de óvulos que una hembra en vida libre durante toda su vida. En el estudio de Freeman et al.<sup>(23)</sup> se concluyó que la edad de la hembra no es tan importante como lo son el tiempo que permanece una hembra sin reproducirse en determinada instalación, el tiempo que ha permanecido con sus semejantes y/o el lugar que la hembra ocupa dentro de la estructura social del grupo.

## **6.2.6 MÉTODOS DE MEDICIÓN DE HORMONAS MÁS UTILIZADOS EN ELEFANTES**

### **6.2.6.1 MÉTODOS INVASIVOS**

La ciclicidad ovárica del elefante se ha monitoreado utilizando las siguientes técnicas: Radioinmunoensayo (RIA),<sup>(23,34,35,38,40,41,44,46)</sup> Inmunoensayo Enzimático (EIA),<sup>(11,43,42,28)</sup> Cromatografía Líquida de Alta Presión (HPCL)<sup>(43)</sup> e Inmunoensayo o Inmunoanálisis Ligado a Enzimas (ELISA).<sup>(49)</sup> Estos ensayos se han utilizado invasivamente, ya que es necesaria la colección de sangre para trabajar con el suero del ejemplar. Los individuos que han sido muestreados están entrenados para este propósito y en ningún momento se ha requerido administrar

anestésicos de ningún tipo. Los lugares de venopunción son las orejas y las extremidades posteriores. <sup>(11,23,28,34,35,38,40,41,42,43,44,46,49)</sup>

#### **6.2.6.1.1 Radioinmunoanálisis (RIA)**

Esta técnica es una herramienta para medir esteroides utilizando anticuerpos mono o policlonales que permiten detectar hormonas a concentraciones picomolares. En ella una concentración de antígeno marcado se incuba con una cantidad constante de antisuero, por lo que la concentración de los sitios de unión de antígeno con el anticuerpo es limitada. Por ejemplo, sólo el 50% de la concentración total del trazador (o antígeno marcado) se puede unir al anticuerpo. Al momento de añadir un antígeno no marcado (la muestra obtenida para su estudio), este compite con el trazador marcado por el número de sitios de unión limitados y constantes en el anticuerpo. De esta manera la cantidad de trazador unido al anticuerpo disminuiría al tiempo que la concentración de antígeno no marcado aumenta. Esto se puede medir separando la unión antígeno-anticuerpo y el trazador libre y contando ya sea la fracción unida, la fracción libre o ambas. Se utiliza una curva estándar o de calibración con cantidades mayores o aumentadas del antígeno conocido, por medio de esta curva la cantidad de antígeno no marcado (de la muestra de estudio) se puede calcular. Las 4 necesidades para llevar a cabo un Radioinmunoensayo son: el antisuero de la sustancia que se quiere medir; la forma radioactiva marcada de la sustancia; un método que permita la separación del anticuerpo trazado unido, del trazador no unido y del material estándar no marcado, o sea la muestra a estudiar o medir. <sup>(50)</sup>

#### **6.2.6.1.2 Inmunoanálisis Ligado a Enzimas (ELISA)**

También se utiliza la técnica de ELISA, método sándwich para la medición de LH. Esta técnica utiliza un anticuerpo específico al fondo del tubo, después se agrega la muestra problema o suero. Si la muestra contiene antígeno se produce la reacción antígeno-anticuerpo. El pozo es lavado para retirar cualquier residuo no fijado. Posteriormente se agrega el conjugado, que son anticuerpos marcados con una enzima, éste también se fija al mismo complejo antígeno-anticuerpo. El pozo

es lavado para retirar cualquier residuo no fijado. Por último se agrega el substrato que cambia de color con la enzima del conjugado. Este cambio de color indica una respuesta positiva. La prueba es cualitativa y altamente específica, sin embargo puede volverse cuantitativa al medir la intensidad del color por medio de un espectrofotómetro <sup>(51)</sup> (las soluciones absorben luz de una determinada longitud de onda, el espectrofotómetro mide la luz emitida de dicha solución) <sup>(32)</sup> o por un lector de microplatos utilizando filtros de referencia que dan valores de absorbencia, los cuales se convierten a ng/ml usando un logaritmo natural. <sup>(49)</sup>

### **6.2.6.2 MÉTODOS NO INVASIVOS**

Los métodos no invasivos nos permiten obtener muestras de orina, heces y saliva para estudios hormonales, entre otros, sin la cooperación del animal. Aunque debido a las diferencias entre especies, las técnicas no invasivas deben ser validadas y desarrolladas para cada especie por separado, ya que la ruta de excreción hormonal varía.

En el caso de los elefantes, la mayoría de los machos son manejados indirectamente y al no estar entrenados (la mayoría son muy agresivos) no es posible la obtención de muestras de sangre, a menos que el ejemplar se encuentre anestesiado. Lo mismo ocurre con hembras sin entrenamiento. Existen otros métodos no invasivos para este tipo de casos, los metabolitos hormonales de los elefantes machos y hembras se pueden medir en heces y orina como una alternativa. Para este propósito se han utilizado los siguientes métodos: Cromatografía Líquida de Alta Presión (HPCL),<sup>(43)</sup> Ensayo por Quimioluminiscencia y la Cromatografía de Gases/ Espectrometría de Masas (GC/MS). <sup>(52)</sup> Los niveles de progesterona son demasiado bajos en orina y heces. <sup>(41)</sup> En vez de esta, los metabolitos 5 $\alpha$ -DHP y 5 $\alpha$ -P-3-OH predominan, siendo mayores los niveles del último en heces, mientras que 5 $\alpha$ -DHP es casi insignificante en orina para Elefantes africanos. <sup>(11)</sup> Así mismo se encontró que 17 $\alpha$ -OHP, 5 $\beta$ -pregnanetriol es abundante en orina y en heces, siendo el metabolito de elección para el monitoreo no invasivo en Elefantes asiáticos. <sup>(53)</sup>

Por otra parte, se ha observado que los machos reconocen el estado reproductivo de las hembras por medio de compuestos volátiles (feromonas) en orina. En Alemania se está utilizando la técnica de Microextracción Fase Sólida en combinación con la Cromatografía de Gases-Espectrometría de Masas para investigar compuestos volátiles en la orina de elefantes durante su ciclo ovárico y la relación de éstos con la actividad lútea. La misma técnica es usada para analizar dos esteroides  $5\alpha$ -androst-2-en-17 y -17-uno, específicos de la fase lútea y por medio de estos predecir el momento del parto. En este estudio se midieron niveles de  $5\alpha$ -P3 OH en sangre. Ambos metabolitos disminuyeron hasta niveles basales días antes del parto. <sup>(52)</sup>



### **6.3 OBJETIVO**

Evaluar el ciclo reproductivo de la elefanta para utilizarlo como una herramienta importante en las técnicas de reproducción asistida.

#### **6.3.1 OBJETIVO ESPECÍFICO**

1. Conocer la salud reproductiva de las hembras de Elefante asiático (*E. maximus*) del zoológico de Fort Worth.
2. Determinar los ciclos reproductivos de las hembras de Elefante asiático (*E. maximus*) del zoológico de Fort Worth para saber cuáles están ovulando.
3. Establecer el tiempo correcto para la reproducción, ya sea a corto o a largo plazo.

### **6.4 JUSTIFICACIÓN**

Como ya se mencionó la población de elefantes en cautiverio no es capaz de mantenerse por sí misma por varias razones, entre las cuales destacan las siguientes:

1. La población está alcanzando edades no reproductivas en cautiverio.
2. Los nacimientos han sido raros y la mortalidad juvenil ha sido alta.
3. Los individuos en edad reproductiva no muestran interés en aparearse.
4. No hay suficientes machos reproductores.
5. El transporte de animales es caro y estresante.
6. El semen de algunos elefantes adultos no es de buena calidad.
7. Algunas hembras presentan problemas de infertilidad por patologías en el tracto reproductor que evitan la concepción.
8. La ciclicidad de algunas hembras se ve afectada resultando en niveles de progesterona y LH que no muestran incrementos, por lo tanto presentan una ausencia de ciclo (hembras aciclicas).<sup>(8,29,42,49)</sup>

Por todas estas razones es de suma importancia estar seguros del estado de salud reproductivo de hembras y machos para poder resolver las patologías que pudieran presentar. En caso de estar sanos es necesario monitorear los ciclos

para así programar reproducciones exitosas, ya sea por monta natural o por Inseminación Artificial y de esta manera mejorar el manejo reproductivo de los elefantes en cautiverio y aumentar la población existente.

## 6.5 MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.5.1 SUJETOS DE ESTUDIO Y MANEJO

El zoológico de Fort Worth cuenta con cinco hembras y dos machos de Elefante asiático (*Elephas maximus*).

Las hembras son: Rasha (32 años) (por la poca pigmentación de su trompa, los bordes de las orejas y parte de su cara se le podría considerar un elefante blanco o semialbino, aunque se deben tomar en cuenta otros factores como la docilidad que facilita su entrenamiento, la forma de las orejas y de la cola y el color de ojos), Kimbo (35 años), Blue Bonnet (7 años), Babe (38 años), y Angel (15 años). (Imagen 5)

Los machos son: Groucho (35 años) y Casey (20 años aproximadamente).



Imagen 5. De izquierda a derecha: Rasha, Kimbo, Blue Bonnet, Babe y Angel.

Este rebaño también sigue con la estructura social que presentan las especies en vida libre, teniendo como matriarca o “vaca dominante” a Babe. En jerarquía le sigue Angel y a pesar de que Kimbo es la hembra de mayor tamaño muestra desinterés hacia las demás hembras. Rasha es madre de Blue Bonnet, quien tiene 7 años.

Groucho tiene mayor afinidad con Babe y se ha dado la monta natural dos veces. Con las demás hembras se muestra desinteresado o agresivo. (Imagen 6)



Imagen 6. Groucho, macho de 35 años albergado en el zoológico de Fort Worth, Texas, EEUU.

En Noviembre de 2005 se adquirió otro macho, Casey, proveniente del Centro de Conservación de Elefantes Ringling Brothers de Florida, es más joven que Groucho.

Este rebaño forma parte del Programa de Supervivencia de Especies (SPP). Actualmente se está midiendo la Progesterona y la Hormona Luteinizante para obtener los perfiles reproductivos y la longitud de sus ciclos. De esta manera se dará seguimiento al estado de salud reproductivo de cada una y se espera reproducirlas a corto y largo plazo.

#### **6.5.1.1 MANEJO**

En el zoológico de Fort Worth son cuatro los guarda animales responsables del área de elefantes. Realizan su rutina de trabajo juntos o en pareja si es necesario. Es muy recomendable que siempre estén presentes dos guarda animales al trabajar con los elefantes por precaución en caso de que un elefante se salga de control. <sup>(7)</sup>

Trabajan con las hembras en contacto directo y con comandos vocales. El entrenamiento se basa en refuerzo negativo (el animal evita cierto estímulo, en este caso un comando vocal negativo o “regaño”), esto no es común ya que las ordenes son repetidas y efectuadas día con día sin contratiempo alguno. Otros comandos vocales también son respondidos correctamente aunque no sean tan continuos, como el presentar las extremidades para permitir el recorte y cuidado de la suela y uñas (que se realiza cuando los guarda animales lo consideran

necesario), la examinación de la trompa u otra parte del cuerpo. Cada guarda animal siempre tiene a la mano un bastón con punta, en caso de ser necesario se utiliza como castigo si un ejemplar no obedece.

Todos los elefantes se bañan diariamente mientras permanecen encadenados desde la noche anterior (Imágenes 7, 8 y 9). En caso de que el clima sea muy frío permanecen dentro del establo hasta estar completamente secos.



Imagen 7. Terminando el baño. De izquierda a derecha Rasha, Blue Bonnet y Kimbo.



Imagen 8. Babe durante su baño, levantando el miembro posterior derecho bajo comando.

Al terminar el baño se da la orden de colocarse en decúbito lateral para la toma de muestras de sangre. Después las hembras forman una hilera y salen al exhibidor tomadas de la cola con la trompa. Al salir se reparte una porción de alfalfa achicalada a cada una y esperan la orden para empezar a comer. (Imagen 10)



Imagen 9. Kimbo siendo desencadenada.



Imagen 10. En el exhibidor después de recibir la orden para empezar a comer.

Los machos se mantienen en establos separados y se manejan en contacto protegido, esto quiere decir que son manejados a través de alguna barrera o protección, por ejemplo barrotes de acero o jaulas de compresión, restringiendo al animal sólo si es necesario. <sup>(12)</sup> Después del baño se van alternando para salir al

exhibidor en la mañana. Ingresan al establo alrededor del medio día para que las hembras puedan salir.

Su alimentación se basa en un concentrado comercial (Mazuri®) para elefantes y rinocerontes, además de verduras como lechuga y zanahoria, y fruta, principalmente manzana.

### **6.5.2 TOMA DE MUESTRAS**

Todas las hembras están entrenadas para obedecer comandos vocales y permitir la toma de muestra sanguínea de las orejas. Por lo general se utilizan las venas auriculares mediales y caudales. Se obtienen 9ml de sangre de cada ejemplar en 3 tubos vacutainer sin anticoagulante. Los resultados obtenidos de la medición de progesterona en suero de las Elefantas asiáticas en FWZ, son de un total de 140 muestras, 28 muestras de cada hembra. Cada elefanta se muestreó una vez por semana para la medición de progesterona (cinco hembras nos dan cinco muestras a la semana).

Una vez obtenidas se espera una hora antes de centrifugar. El suero se mantiene a  $-20^{\circ}\text{C}$  (criopreservación) por dos horas y posteriormente se envía 1.25ml de suero al investigador.

Para la medición de LH se obtienen muestras diariamente por un mes, comenzando en el momento en que los progestágenos disminuyen considerablemente (concentraciones de 500 pg/ml disminuyen a 80 pg/ml) al inicio de la fase folicular.

Se centrifugan después de una hora de su obtención (3,000 rpm por 10 minutos) y el suero se mantiene a  $-20^{\circ}\text{C}$  (criopreservación). (Imagen 11) Una vez completadas las cuatro semanas, se mandan todas las muestras. En este caso se esperó aproximadamente 6 meses para recolectar las muestras de suero de todas las elefantas. Por lo que dichos resultados no se tuvieron para el presente trabajo.



Imagen 11. Criopreservación de suero de las Elefantas asiáticas (*E. maximus*) albergadas en FWZ.

En el caso de Babe se estuvo midiendo la prolactina y la progesterona circulante para evaluar el desarrollo de la gestación.

Durante la estancia en el zoológico de Fort Worth se tomaron muestras de sangre durante los meses de septiembre a noviembre de 2005. Semanalmente durante la fase lútea (cada martes) y diariamente para la fase folicular, dependiendo la etapa del ciclo en que se encontraran las hembras de Elefante asiático (*Elephas maximus*). Actualmente (2006) se está realizando una prueba de ELISA para la detección de LH de manera cualitativa. Las imágenes 12 a 17 muestran la secuencia de toma de muestra sanguínea.



Imagen 12. *E. maximus* obedeciendo comando para posicionarse en decúbito lateral.

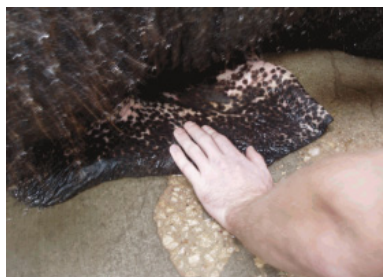


Imagen 13. Revisión de venas auriculares en cara externa de la oreja.



Imagen 14. Llenado de tubo vacutainer sin anticoagulante.



Imagen 15. Ejerciendo presión para retirar la aguja de la vena.



Imagen 16. Termino de toma de muestras sanguíneas a *E. maximus* n.p. Angel.



Imagen 17. Dentro del laboratorio de patología con muestras tomadas.

### 6.5.3 MEDICIÓN DE LH Y PROGESTERONA EN SANGRE DEL REBAÑO ALBERGADO EN FORT WORTH ZOO.

El rango de las concentraciones en las que se basan en FWZ son las establecidas en el cuadro 3 obtenidas de Brown y Schmitt, 1999. Los resultados obtenidos se manejan en pg/ml para que las concentraciones se observen con más claridad en las gráficas.

	Fase lútea	Fase folicular
Progesterona	Se considera fase lútea cuando las concentraciones exceden 50 pg/ml por más de 2 semanas.	Se considera fase folicular cuando las concentraciones base de <80 pg/ml se mantienen por 5 días o más.
LH	Concentraciones base 1500 ±800 pg/ml.	anLH: 14700± 1300 pg/ml ovLH: 16500 ± 1000 pg/ml
Prolactina	El promedio durante el ciclo es de 4800± 600 pg/ml con picos ocasionales de 15000 pg/ml.	
Estradiol	Sin patrón consistente. El promedio es 12.8± 4.6 pg/ml con picos de hasta 50 pg/ml.	

Cuadro 3. Concentraciones reportadas por Brown y Schmitt en 1999.

	HEMBRAS NO GESTANTES	HEMBRAS GESTANTES
Progesterona	1000pg/ml El pico máximo.	Las concentraciones exceden las de la fase lútea teniendo picos de 1,500-2,000pg/ml.
LH	anLH: 16500 pg/ml ovLH: 15000 pg/ml	Sin cambios
FSH	11000 - 38000 pg/ml	Sin cambios
Inhibina	400 -1600 pg/ml	Sin cambios

Cuadro 4. Concentraciones reportadas por Brown en 2000 y Brown et al. 2004. Las concentraciones de progesterona y LH de hembras no gestantes son muy cercanas a las del cuadro 3.

#### 6.5.3.1 MEDICIÓN DE PROGESTERONA CON RADIOINMUNOANÁLISIS (RIA).

En el zoológico de FW las muestras para la medición de progesterona se mandan con el Dr. Dennis Schmitt, en el estado de Ohio, EEUU y son analizadas mediante la técnica RIA.

Se utiliza un kit <sup>125</sup>IRIA en fase sólida para la determinación de progesterona en suero de elefante (Diagnostic Product Corporation®, Los Angeles, CA), con una sensibilidad de 30 pg/ml ó 0.03 ng/ml. El antisuero tiene una reacción cruzada de un 100% con la progesterona, 43.8% con 5α-pregnano-3β-ol-20 uno, 31% con 5β-



pregnano-3 $\alpha$ -ol-20-uno, 16% con 5 $\alpha$ -pregnano-3 $\alpha$ -ol-20-uno y <1% con 5 $\alpha$ -pregnano-3,20-diol y 17 $\alpha$ -hydroxiprogesterona entre otros. Las diluciones seriales de suero son paralelas a la curva estándar. La adición de 0.10, 0.50, 2.0, 10.0, 20.0, y 40.0 ng/ml de progesterona resultó en una recuperación neta de 0.09, 0.38, 2.13, 10.9, 24.7, y 43.0 ng/ml en suero. Los coeficientes de variación intra e interensayo son de <10%.<sup>(47)</sup>

### **6.5.3.2 MEDICIÓN DE HORMONA LUTEINIZANTE CON INMUNOANÁLISIS LIGADO A ENZIMAS (ELISA).**

Para la medición de LH se utiliza la técnica de ELISA. Los 96 pozos se cubren con anticuerpo monoclonal 518B<sub>7</sub> a una concentración específica (Endocrine Technologies®, INC.). Los pozos se lavan con solución buffer gemela al 0.05% y se guardan en bolsas individuales que contienen desecante. Después se añaden 100 $\mu$ l de la muestra desconocida, control de plasma (pools de baja o alta LH), o estándares (eleLH, Ppkoff: 780-50,000 pg/ml ó 0.78-50ng/ml, que es LH purificada de elefante, diluida en plasma de elefante). Se diluyen los estándares en un pool de plasma (<1.1 ng/ml) en vez de en un buffer ya que el plasma de elefante y el suero interfieren con la cinética del ensayo. Las muestras, estándares y controles se incuban a temperatura ambiente por una hora. El contenido se vacía y se lava cinco veces con solución gemela al 0.05%. Se añaden 100 $\mu$ l de un anticuerpo policlonal de LH anti-humano de conejo, conjugado a peroxidasa de rábano picante (propiedad de Endocrine Technologies®, Inc.) y se incuba a temperatura ambiente por una hora. Después de que se lava con solución buffer, se añaden 100 $\mu$ l de substrato de color (tetrametil benzidina -TMB, propiedad de Endocrine Technologies®, Inc.) y se incuban en la oscuridad a temperatura ambiente por veinte minutos. Se añaden 50 $\mu$ l de 2N HCL como solución para detener la reacción. El grado de cambio de color se mide con un lector de microplatos utilizando un filtro de prueba de 450-nm y un filtro de referencia de 570-nm. Los valores de absorción se convierten a ng/ml usando un logaritmo natural y un programa de regresión Excel 97 (Microsoft Corp.)<sup>(49)</sup>

En FWZ sólo se está utilizando como prueba cualitativa. Tanto la Universidad de Davis, en California, EEUU, como el Dr. Schmitt podrían obtener los resultados cuantitativos, aunque esto no ha sido requerido por el zoológico.

## 6.6 RESULTADOS

### 6.6.1 NIVELES DE PROGESTERONA Y LONGITUD DE LOS CICLOS REPRODUCTIVOS EN HEMBRAS DE FWZ

Para las concentraciones de Progesterona en las hembras de Elefante asiático (*Elephas maximus*) del FWZ se tomaron 80 pg/ml como niveles basales hasta niveles máximos de 550 pg/ml para las hembras no gestantes.

Los niveles de progesterona en Babe reportaron un pico de 1,474 pg/ml con duración de una semana a los siete meses de gestación, manteniéndose después entre los 600 a 1,000 pg/ml, siendo rangos normales en hembras gestantes. A los diez meses tuvo una caída a niveles basales por varias semanas, reportando un problema grave que terminó con un aborto a mitad de la gestación. (Figura 1 y 3)

La longitud de los ciclos estrales de Angel, Rasha y Blue Bonnet se muestran en el Cuadro 6 y coinciden con los mencionados en la literatura, no así para Kimbo, la cual tiene una longitud mayor. (Figura 2)

En el Cuadro 5 se muestran los niveles máximos de progesterona en suero de los mismos ejemplares.

HEMBRAS <i>E. maximus</i> en FWZ	FECHA	NIVELES MÁXIMOS DE PROGESTERONA EN SUERO	OBSERVACIONES
BABE	Mayo 3, 2005	1,147 pg/ml	Siete meses de gestación
KIMBO	Junio 28, 2005	271 pg/ml	Fase lútea, semana 8
ANGEL	Julio 19, 2005	549 pg/ml	Fase lútea, semana 3.5
BLUE BONNET	Junio 28, 2007	397 pg/ml	Fase lútea, semana 6
RASHA	Sept. 6, 2007	456 pg/ml	Fase lútea, semana 4

Cuadro 5. Niveles máximos de Progesterona en suero reportados del 26-Abril-2005 al 1°-Noviembre-2005 en las hembras de *Elephas maximus* albergadas en Fort Worth Zoo. Babe presentó una gestación y Kimbo se reporta como hembra irregular.

	FASE LÚTEA	FASE FOLICULAR	LONGITUD TOTAL
KIMBO	14	11	25
ANGEL	9	6	15
BLUE BONNET	10	5	15
RASHA	8-9	5	13-14

CUADRO 6. Longitud en semanas del ciclo estral de hembras no gestantes en FWZ.

## 6.7 DISCUSIÓN:

### 6.7.1 CICLOS REPRODUCTIVOS EN HEMBRAS DE FWZ

Gracias a la medición de Progesterona se conoce la salud reproductiva y los ciclos reproductivos de las elefantas albergadas en Fort Worth Zoo. Al conocer sus ciclos y continuar monitoreando LH, FSH e inhibina se puede establecer la longitud de cada ciclo y la fecha probable de ovulación para calendarizar ya sea la Inseminación artificial o la monta natural.

- ♣ **BABE.** Como ya se mencionó anteriormente, el parto se predice con una baja de progesterona de 2 a 5 días antes del nacimiento. En el caso de Babe se predijo la pérdida del producto ya que al observarse la baja en los niveles de progesterona mucho antes del tiempo esperado, se dejó claro que la gestación no se mantendría. (Figura 3) Aunado a esto la hembra presentó sangrado y fue tratada con antibióticos y suplementos de progesterona por tres semanas, a pesar de esto la hemorragia continuó. Al suspender los tratamientos el feto fue expulsado poco tiempo después, el 19 de septiembre de 2005. Se estimó que el feto estaba a la mitad de la gestación y que aparentemente murió dentro del útero por la maceración de la piel adyacente a la zona umbilical y de la cabeza. Los resultados a la necropsia reportaron autólisis postmortem, hipoxia fetal, atelectasia fetal difusa y hemorragias en la placenta. No se reportó necrosis, inflamación ni infección en ninguno de los tejidos. El aborto se asoció a una luteólisis prematura. Después de cuatro semanas del aborto, los niveles de progesterona comenzaron a elevarse, iniciando un nuevo ciclo estral.
  
- ♣ **RASHA Y BLUE BONNET.** Ambas hembras presentan ciclos reproductivos regulares en cuanto a su longitud y a sus niveles de progesterona en suero

(Figura 5). Pasan la mayor parte del tiempo juntas como madre e hija que son, esto podría explicar la sutil sincronía que se observa en su ciclo. Al sólo tener resultados de poco más de un ciclo de cada una no se puede confirmar una sincronización. Brown <sup>(29)</sup> menciona que se han observado sincronizaciones únicamente por tiempos cortos en hembras allegadas (Figura 7). A pesar de su corta edad Blue Bonnet se empezó a muestrear desde el 2005 para tener información suficiente de su comportamiento y reproducirla cuando alcance la madurez sexual.

- ♣ KIMBO. Para Kimbo los niveles de progesterona son menores en comparación a los de sus compañeras y aunque no se mantienen en niveles basales, la longitud de su fase lútea y fase folicular excede las mencionadas anteriormente. Freeman et al.<sup>(23)</sup> reporta algunas hembras con patrones similares clasificándolas como irregulares, estas hembras exhiben fases foliculares o lúteas extendidas. (Figura 4) Otro punto importante a tomar en cuenta es que Kimbo es la única hembra nulípara (sin contar a Blue Bonnet de 7 años de edad).
- ♣ ANGEL. Su ciclo reproductivo es regular (Figura 6). Kimbo sigue de cerca los altibajos hormonales de Angel haciéndolos coincidir en varios momentos del ciclo, aunque los niveles de progesterona de ambas varían considerablemente. (Figura 8)

Durante el 2006, Casey se apareó con Babe y con Angel. Aún no se sabe si quedaron gestantes ya que se debe esperar hasta su siguiente ciclo para saber si la progesterona se mantiene elevada (para mantener la gestación) o disminuye siguiendo un ciclo reproductivo más.

## 6.7.2 GRÁFICAS

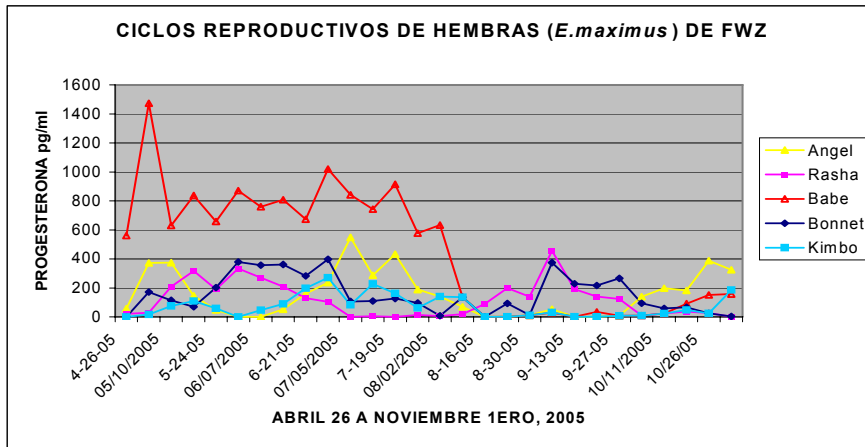


Figura 1. Perfiles de progesterona en sangre determinados con RIA, se aprecia la diferencia en los niveles de progesterona entre las hembras no gestantes en comparación con la hembra gestante (cuyos niveles bajaron abruptamente, a mediados de agosto, concluyendo con en el aborto del feto a la mitad de la gestación, el 8 de septiembre de 2005).

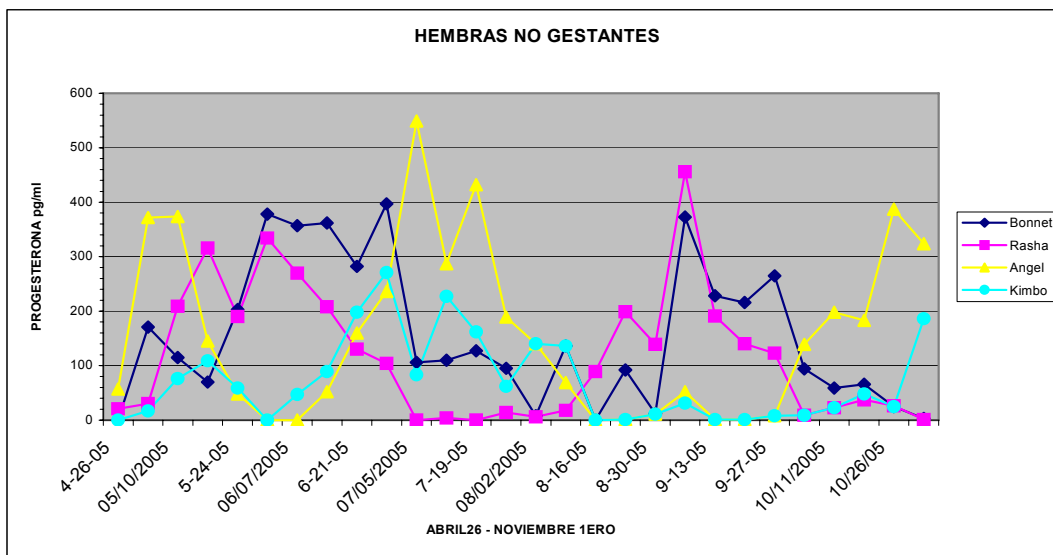


Figura 2. Ciclos estrales de Blue Bonnet, Rasha, Angel y Kimbo. Por medio de la medición de progesterona del 26 de abril al 1ero de noviembre se aprecia un ciclo completo de cada hembra.

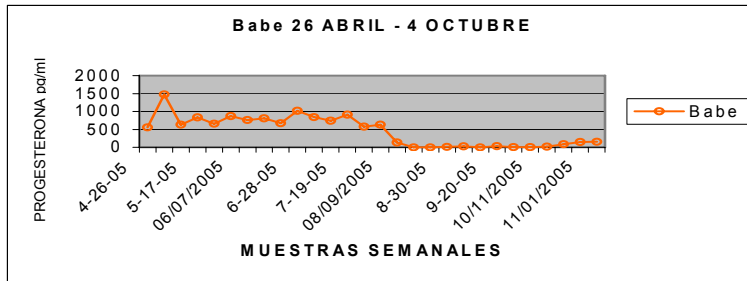


Figura 3. La gráfica muestra el patrón de progesterona elevado que mantienen las hembras gestantes. La disminución tan drástica de progesterona a mitad de la gestación indicó un problema grave. Babe finalmente abortó.

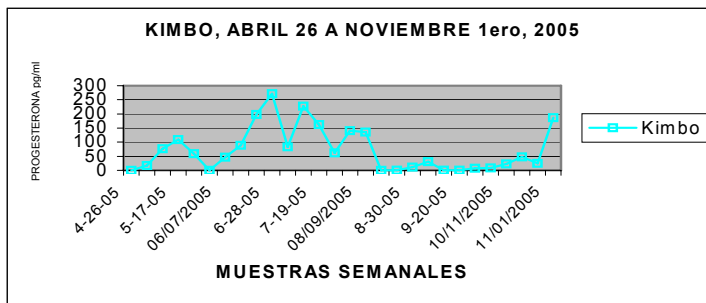


Figura 4. Kimbo presenta niveles más bajos de progesterona en comparación con sus compañeras, así mismo sus fases lútea y folicular están extendidas varias semanas más.

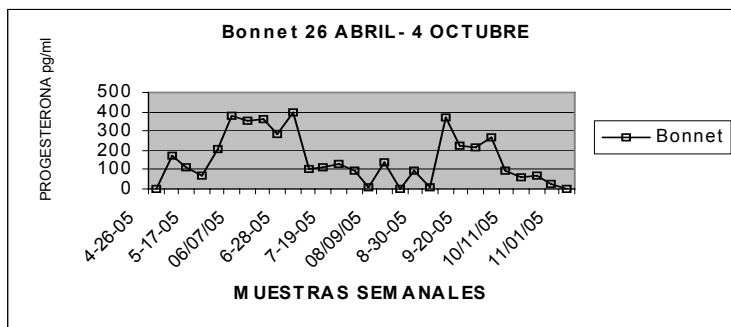
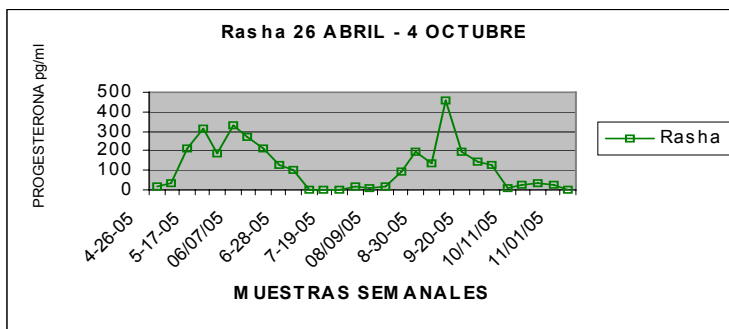


Figura 5. Rasha es madre de Blue Bonnet. La longitud y niveles de progesterona (de sus fases lútea y folicular) coinciden con los citados en el Cuadro 2 y Cuadro 3. (pp. 67 y 82)

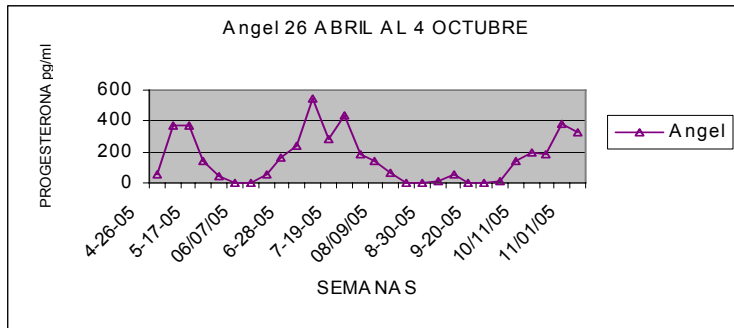


Figura 6. Ciclo estral de Angel. Se considera una hembra regular ya que la longitud de su ciclo y los niveles de progesterona son similares a los mencionados anteriormente en los Cuadros 2 y 3. (pp 67 y 82)

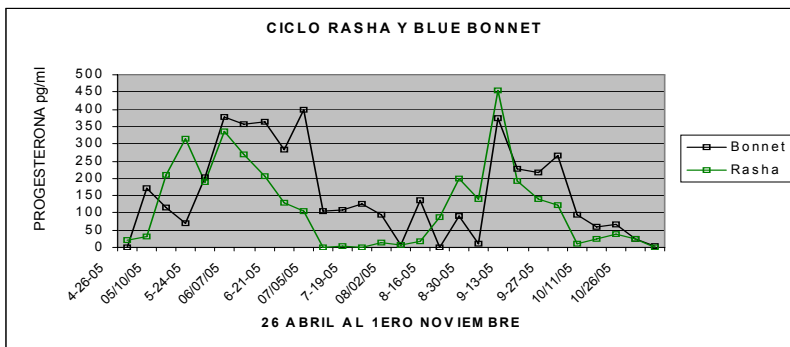


Figura 7. En la gráfica se observa la ligera sincronía entre madre (Rasha) e hija (Blue Bonnet).

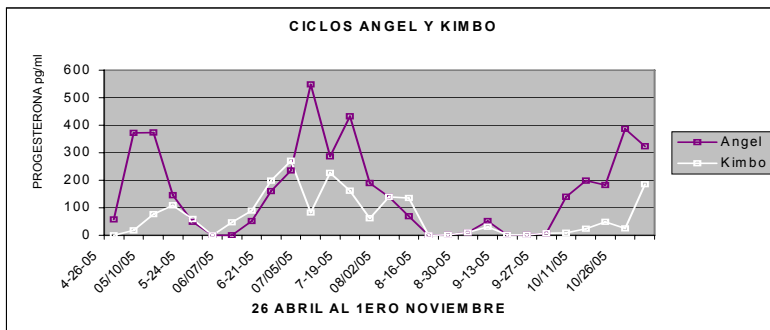


Figura 8. A pesar de que Kimbo y Angel presentan niveles muy diferentes de progesterona, sus ciclos coinciden en varios puntos de aumento y disminución de la misma hormona.

### 6.7.3 INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO EN LA REPRODUCCIÓN.

Los Elefantes son animales que viven en sociedades complejas en vida libre, el cautiverio está afectando su salud psicológica y fisiológica al modificar su comportamiento y estructura social. Actualmente en diversas instalaciones y



zoológicos de EEUU se están monitoreando conjuntamente la estructura social, el manejo en cautiverio y los ciclos reproductivos, así como la respuesta de las hembras a feromonas en la orina de machos, todo esto con el fin de identificar los factores que tienen un impacto en su reproducción. <sup>(54)</sup>

Haciendo una comparación entre las manadas en vida libre y los rebaños en cautiverio existen similitudes y diferencias muy notorias:

- ♣ Los rebaños en cautiverio están formados principalmente por hembras debido a que muy pocas instituciones albergan machos.
- ♣ Estos rebaños no son multigeneracionales, las crías son raras y los grupos son mucho menores (desde 3 hasta 6 individuos por lo general).
- ♣ Aunque la estructura social difiere a la que llevan en vida libre, el estado de jerarquía y dominancia sigue siendo igual de importante para mantener la armonía social, aún sin una matriarca verdadera. <sup>(23)</sup>

Actualmente se están realizando estudios que comparan el temperamento y la posición o rango dominante en hembras cíclicas y acíclicas. Cada individuo se monitorea por medio de respuestas conductuales que reportan sus guarda animales por un período largo de tiempo, ejemplos son la capacidad de reacción a nuevos estímulos, su curiosidad, sociabilidad, exploración, agresión con sus compañeras, obediencia hacia los guarda animales, disciplina y rango de dominancia. Este rango de dominancia se clasificó en escalas del 1 al 5 para dar un lugar a cada individuo dentro del rebaño (1- Más subordinada, 2- Subordinada, 3- En medio, 4- Subdominante, 5- Dominante). <sup>(23)</sup>

Los manejadores de elefantes se refieren a una hembra “dominante”, describiéndola como aquella que se encarga de disciplinar y mantener el orden y la paz en el rebaño. Igual que en vida libre, su gran tamaño y temperamento contribuyen a tener el mayor rango social.

Freeman <sup>(23)</sup> descubrió que las hembras que no están ciclando son las de mayor jerarquía, aquellas que pasan la mayor parte del día reaccionando a los cambios de su medio ambiente, observando y disciplinando a sus compañeras. Las hembras dominantes al no tener la protección de un grupo grande (como lo

tendrían en vida libre) están aún más atentas a la seguridad del grupo, gastando más energía salvaguardando al rebaño que promoviendo su propia reproducción e interesándose en buscar machos disponibles como lo harían en estado salvaje.

La supresión reproductiva es una estrategia natural en vida libre cuando la densidad de población es muy alta, los individuos dominantes utilizan su conducta para inducir estrés y de esta manera suprimir los mecanismos de reproducción de los subordinados o mandan señales químicas de feromonas en la orina. Cuando la supresión ocurre en cautiverio, es un indicativo de una situación social subóptima.<sup>(23)</sup> En animales tan sociales como los elefantes el vivir en poblaciones tan pequeñas tiene un efecto negativo en la reproducción.<sup>(19)</sup>

Esto no ha sucedido en FWZ ya que Babe es la hembra dominante y hasta ahora no ha reportado aciclicidad, aunque ha presentado dos abortos, que se asocian a una luteólisis prematura a mitad de la gestación. Es importante no dejar pasar por alto que un desequilibrio social pudiera ser el factor más importante que esté afectando la reproducción en cautiverio, incluyendo el caso de Babe.

También las interacciones visuales, olfatorias, táctiles y vocalizaciones son de suma importancia. Las hembras de Elefante africano (*L. africana*) utilizan vocalizaciones de baja frecuencia para atraer a los machos<sup>(30)</sup> empezando en el pico anovulatorio de LH. Ya que estas ondas viajan distancias muy largas, las hembras advierten su estado reproductivo y se aseguran que habrá machos presentes al momento de ser receptivas. Durante esta etapa utilizan señales visuales y químicas mientras se acerca la ovulación para escoger pareja.<sup>(55)</sup> Aunque los machos responden al llamado, se sugiere que estas vocalizaciones son señales para las hembras próximas, quienes se vuelven menos sociales al acercarse la ovulación. Se ha observado que las condiciones reproductivas afectan las interacciones entre rangos sociales, las hembras dominantes muestran mayor agresión hacia hembras subordinadas cuando son receptivas. Es probable que las señales de baja frecuencia sean utilizadas para mediar estas interacciones entre hembras de alta y baja jerarquía.<sup>(48)</sup> Las vocalizaciones son acústicamente

diferentes durante el ciclo estral, siendo más frecuentes durante la fase folicular anovulatoria. (30,48,55)

Al no haber machos presentes en la mayoría de las instalaciones que albergan elefantes, las hembras reaccionan con miedo, desconfianza o se rehúsan a ser montadas al presentarles un macho para reproducirse.<sup>(56)</sup> Es posible que la falta de estos estímulos y la falta de competencia juegue un papel importante en el poco interés mostrado.

En FWZ el rebaño es variado y es posible que la presencia de una cría desde hace 7 años haya sido un factor positivo con respecto a las interacciones entre las hembras. Schulte <sup>(19)</sup> habla acerca del fenómeno de “allomothering” en los elefantes. Esta conducta se describe como el cuidado de una cría por parte de una hembra que no es su madre, estas hembras son llamadas “tías” y por lo general llevan una relación estrecha con la madre. En estado salvaje las matriarcas cooperan con las crías de diferentes compañeras y de igual manera las hembras de baja jerarquía pueden mejorar e incrementar sus recursos o recibir ayuda con sus crías como agradecimiento por sus servicios del cuidado de crías de hembras más dominantes. Esta conducta también refuerza conductas de cooperación (que en vida libre son muy marcados entre elefantes) y más importante aún, reduce la agresión que pudiera existir en los rebaños. Por lo tanto, la presencia de Blue Bonnet es muy positiva para este rebaño, las hembras no son agresivas entre sí y se ocupan del cuidado de la hembra menor. (Imagen 18)



Imagen 18. De derecha a izquierda conforme fueron llegando tras un llamado de los guarda animales: Babe (incompleta en foto), Angel, Blue Bonnet (en medio de todo el rebaño).

La presencia indirecta de ambos machos también pudiera estar influyendo positivamente para que sigan patrones más naturales en cuanto a la reproducción. (Imagen 19)



Imagen 19. Contacto protegido de las hembras con Groucho, uno de los machos.

La llegada del segundo macho (Casey) se espera tenga una influencia en Groucho y aumente su interés por las demás hembras al haber competencia. Ambos machos permanecen separados aunque tienen contacto visual y olfativo entre ellos y con las hembras. De acuerdo a los guarda animales las hembras no presentan conductas patológicas. Su agresión está disminuida ya que su tiempo lo ocupan en el cuidado de Blue Bonnet y en captar la atención de los machos. (Imagen 20)



Imagen 20. Blue Bonnet, Rasha y Kimbo preparándose para salir a su exhibidor. Hasta ahora no se han reportado incidentes de desobediencia por parte del rebaño.

#### **6.7.4 PROBLEMAS A ENFRENTAR CON LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL.**

Si bien la Inseminación Artificial es una de las soluciones más prometedoras para el problema que enfrenta la población cautiva de elefantes (*Elephas maximus* y *Loxodonta africana*), no todos los problemas están resueltos. Las principales dificultades son:

- a) No todos los zoológicos e instituciones interesadas en este método se comprometen a seguir con los entrenamientos, con la preparación necesaria del personal y de los animales. La mayoría de las veces los recursos económicos no son suficientes para llevarlos a cabo.
- b) No hay suficiente personal entrenado para realizar la técnica en estas especies, actualmente existen dos grupos principales que la llevan a cabo, el

Dr. Dennis Schmitt en Estados Unidos de América y los doctores Hildebrandt y Göritz en Alemania. El número de machos donadores de esperma de buena calidad es muy bajo.

- c) No existen métodos de criopreservación para esperma de elefantes, una vez desarrollado se podría establecer un banco de esperma de elefante de diferentes países para tener una fuente de genoma disponible. Con esto se aseguraría una buena genética para poblaciones ex situ.

## 6.8 CONCLUSIÓN

1. Los resultados del presente trabajo confirman que el monitoreo hormonal (en este caso de progestágenos y de hormona luteinizante) es una herramienta indispensable para conocer el estado reproductivo de elefantes en cautiverio (*L. africana* y *E. maximus*) y definir las fases de su ciclo estral, aunque sólo se utilice la medición de progestágenos para este propósito. Existe una gran variedad de métodos de medición hormonal disponibles, invasivos y no invasivos, para lograr este propósito.
2. El medio ambiente en el que se desenvuelve este rebaño influye positivamente para la reproducción de la especie en cautiverio ya que presentan el fenómeno de “allomothering”, conductas de cooperación y contacto visual y olfativo entre hembras y machos. Esta estructura social (cuatro hembras, una cría hembra y dos machos reproductores) es ejemplo de una posible solución para otras instituciones que tengan los recursos para obtener condiciones similares.

## 6.9 COMENTARIO FINAL

El éxito de los programas de reproducción de Elefantes en cautiverio (*Elephas maximus* y *Loxodonta africana*) depende del uso de la tecnología adecuada para asesorar su actividad reproductiva. Actualmente existe información disponible para aplicar las técnicas endocrinológicas en estas especies, pero es necesario actuar de inmediato identificando y reproduciendo ejemplares sanos (una buena opción es el seguimiento del ciclo reproductivo hormonal asociado con exámenes ultrasonográficos periódicos).

El futuro de estas y de las demás especies en peligro de extinción está en manos de todos aquellos que con el manejo diario, las investigaciones y sobretodo con el esfuerzo continuo se dedican a incrementar su oportunidad de tener un futuro en el planeta.

## 6.9 BIBLIOGRAFÍA

1. World Conservation Union (UICN). Comunicado de Prensa. Publicación de Lista roja de Especies Amenazadas 2006 de la IUCN (World Conservation Union) Revela que Continúa el Deterioro del Estado de Plantas y animales. Gland, Suiza, 2 de mayo, 2006. [Consultado en junio de 2006]. Página electrónica disponible en <http://www.iucn.org/en/news>
2. The World Conservation Union. About IUCN. 2004 IUCN Red List of Threatened Species. [Consultado en mayo de 2006]. Página electrónica disponible en <http://www.redlist.org>
3. International Elephant Foundation. About elephants: Natural history. [Consultado en abril de 2006]. Página electrónica disponible en <http://www.elephantconservation.org/aboutelephants.html>
4. International Elephant Foundation. About elephants: Current status. [Consultado en abril, 2006]. Página electrónica disponible en <http://www.elephantconservation.org/aboutelephants.html>
5. Brown J.L. Introduction to the special issue on elephant biology. *Zoo Biology* 19, 2000: 297-298.
6. Nashville Zoo at Grassmere. African elephant (*Loxodonta africana*): Elephant conservation. Animal information: Our list of animals. USA: Nashville Zoo at Grassmere, TN. [Consultado en abril de 2006]. Página electrónica disponible en <http://www.nashvillezoo.org/elephants2.htm>
7. American Zoological Association. Elephant Husbandry Resource Guide. Edited by Olson, Deborah. USA, 2003: 1-6.
8. Wiese R. Asian elephants are not self-sustaining in North America. *Zoo Biology* 19, 2000: 299-309.



9. Olson D, Weise R. State of North American African elephant population and projections for the future. *Zoo Biology* 19, 2000: 311-320.
10. Sukumar R, Krishnamurthy V, Wemmer C, Rodden M. Demography of captive Asian elephants (*Elephas maximus*) in southern India. *Zoo Biology* 16, 1997: 263-272.
11. Heistermann M, Trohorsch B, Hodges J. Assessment of ovarian function in the African elephant (*Loxodonta africana*) by measurement of 5 $\alpha$ -reduced progesterone metabolites in serum and urine. *Zoo Biology* 16, 1997: 273-264.
12. Citino S, Norton T, Miller ER. Elephant Notes. En: Fowler M. Addendum of Elephant Medicine And Surgery. University of California, Davis. American College Of Zoological Medicine.
13. Mayell, H. DNA tests show African elephants are two species. *National Geographic News*. August 24, 2001. [Consultado en abril de 2006]. Página electrónica disponible en [http://news.nationalgeographic.com/news/2001/08/0824\\_twoelephants.html](http://news.nationalgeographic.com/news/2001/08/0824_twoelephants.html)
14. Berger LR. Opinion: How do you miss a whole elephant species?. *National Geographic News*. December 17, 2001. [Consultado en abril de 2006]. Página electrónica disponible en [http://news.nationalgeographic.com/news/2110/12/1217\\_leelephant.html](http://news.nationalgeographic.com/news/2110/12/1217_leelephant.html)
15. Benders E-Hyde. African Forest Elephant, 2002. [Consultado en abril de 2006]. Página electrónica disponible en [http://blueplantebiomes.org/african\\_forest\\_elephant.htm](http://blueplantebiomes.org/african_forest_elephant.htm)
16. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. What is CITES? How CITES works? [Consultado en mayo de 2006]. Página electrónica disponible en <http://www.cites.org/eng/disc/how.html> y <http://www.cites.org/eng/disc/what.html>
17. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Appendices I, II y III validados desde junio, 2006. [Consultado en mayo y junio de 2006] Página electrónica disponible en <http://www.cites.org/eng/app/appendices.shtml>

18. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Publicaciones y documentos. Depósitos de documentos de la FAO: Lista Mundial de Vigilancia para la diversidad de los animales domésticos: Parte 3 Los parientes salvajes del ganado doméstico y algunas sugerencias sobre nuevos candidatos: 3.9 Elefantes. Segunda edición. Roma: Editado por Scherf BD. Traducido por Ricardo Alberio, julio de 1997. [Consultado en abril de 2006]. Página electrónica disponible en <http://www.fao.org>
19. Schulte B. Social structure and helping behavior in captive elephants. *Zoo Biology* 19, 2000: 447-459.
20. African Wildlife Foundation. Elephant Conservation. En: African Wildlife Foundation: Wildlives. African animals. [Consultado en abril de 2006]. Página electrónica disponible en <http://www.awf.org>
21. Ryan Patrik A. Asian Falls. En: Fort Worth Zoo Souvenir Book. USA: Streamline Creative Ltd, 2003: 28-29.
22. Gröning K, Saller M. Elephants, A cultural and natural history. Alemania: Könemann, 1999: 80-88.
23. Freeman W, Weiss E, Brown J. Examination of the interrelationships of behavior, dominance status, and ovarian activity in captive Asian and African elephants. *Zoo Biology* 23, 2004: 431-448.
24. Lee Rue III, L. Elephants, A portrait of the animal world. New York: Todtri, 1994: 49-55.
25. Schmitt DL. Part V. Mammal Groups (Proboscidea). En: Fowler ME, Miller RE. *Zoo and Wild Animal Medicine*. Fifth Edition. Philadelphia: W.B. Saunders Co. 2003: 548-549.
26. Graham Laura H. Comunicación personal. México: Agosto, 2006.
27. Hildebrandt TB, Göritz F, Pratt NC, Brown JL, Montali RJ, Schmitt DL *et al.* Ultrasonography of the urogenital tract in elephants (*Loxodonta africana* and *Elephas maximus*): An important tool for assessing female reproduction function. *Zoo Biology* 19, 2000: 321-332.

28. Brown JL, Göritz F, Pratt-Hawkes N, Hermes R, Galloway M, Graham L *et al.* Successful Artificial Insemination of an Asian elephant at the National Zoological Park. *Zoo Biology* 23, 2004: 45-63.
29. Brown Janine L. Reproductive endocrine monitoring of elephants: An essential tool for assisting captive management. *Zoo Biology* 19, 2000: 347-367.
30. Leong KM, Ortolani A, Graham, LH, Savage A. The use of low-frequency vocalizations in African elephant (*Loxodonta africana*) reproductive strategies. *Hormones and Behavior* 43, 2003: 433-443.
31. Curtis Helena. Biología. Unidad 41: Integración y control II: El sistema endócrino. Cuarta edición. México: McGraw-Hill Interamericana, 1991: 851-855.
32. Blood D.C., Studdert V.P. Diccionario de Veterinaria. México: McGraw-Hill Interamericana, 1994; Volumen I: 397.
33. Alexander P, Bahret MJ, Chaves J, Courts G, Skolky, N. El sistema endocrino: Mecanismos de control endocrino. En: Biología. Unidad VII: La Biología Humana: 29. EEUU: Prentice Hall, 1992: 580-584.
34. Hess DL, Schmidt AM, Schmidt MJ. Reproductive cycle of the Asian elephant (*Elephas maximus*) in captivity. *Biology of Reproduction* 28, 1983: 767-773.
35. Brown JL, Citino SB, Bush M, Lehnhardt J, Phillips LG. Cyclic patterns Of Luteinizing Hormone, Follicle-Stimulating Hormone, Inhibin, and Progesterone secretion in the Asian elephant (*Elephas maximus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 22 (1), 1991: 49-57.
36. Hodges JK. Endocrinology of the ovarian cycle and pregnancy in the Asian (*Elephas maximus*) and African (*Loxodonta africana*) elephant. *Animal Reproduction Science* 53, 1998: 3-18.
37. Czekala NM, Roocroft A, Bates M, Allen J, Lasley BL. Estrogen metabolism in the Asian elephant (*Elephas maximus*). *Zoo Biology* 11, 1992: 75-80.
38. Brown JL, Schmitt DL, Bellem A, Graham LH, Lehnhardt J. Hormone secretion in the Asian elephant (*Elephas maximus*): Characterization of ovulatory and anovulatory Luteinizing Hormone surges. *Biology of Reproduction* 61, 1999: 1294-1299.

39. Plotka ED, Seal US, Zarembka FR, Simmons LG, Teare A, Phillips LG *et al.* Ovarian function in the elephant: luteinizing hormone and progesterone cycles in African and Asian elephants. *Biology of Reproduction* 38, 1988: 309-314.
40. Olsen JH, Chen C, Boules MM, Morris SL, Coville BR. Determination of reproductive cyclicity and pregnancy in Asian elephants (*Elephas maximus*) by Rapid Radioimmunoassay of serum progesterone. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 25 (3), 1994: 349-354.
41. Brown JL, Lehnhardt J. Serum and urinary hormones during pregnancy and the peri- and postpartum period in an Asian elephant (*Elephas maximus*). *Zoo Biology* 14, 1995: 555-564.
42. Graham LH, Bolling. Enzyme-immunoassay for the measurement of luteinizing hormone in the serum of African elephants (*Loxodonta africana*). *Zoo Biology* 21, 2002: 403-408.
43. Hodges JK, Heisterman M, Beard A, J. van Aarde R. Concentrations of progesterone and the 5 $\alpha$ -reduced progestins, 5 $\alpha$ -pregnane-3,20-dione and 3 $\alpha$ -hydroxy-5 $\alpha$ -Pregnan-20-One, in luteal tissue and circulating blood and their relationship to luteal function in the African elephant, *Loxodonta africana*. *Biology of Reproduction* 56, 1997: 640-646.
44. Kapustin N, Crister JK, Olson D, Malven PV. Nonluteal estrous cycles of 3-week-duration are initiated by anovulatory Luteinizing Hormone peaks in African elephants. *Biology of Reproduction* 55, 1996: 1147-1154.
45. Hermes R, Olson D, Göritz, Brown JL, Schmitt DL, Hagan D *et al.* Ultrasonography of the estrous cycle in female African elephants (*Loxodonta africana*). *Zoo Biology* 19, 2000: 369-382.
46. Brown JL, Hildebrandt TB, Theison W, Neiffer DL. Endocrine and ultrasound evaluation of a non-cycling African elephant: Identification of an ovarian follicular cyst. *Zoo Biology* 18, 1999: 223-232.
47. Brown JL, Lehnhardt J. Secretory patterns of serum Prolactin in Asian (*Elephas maximus*) and African (*Loxodonta africana*) elephants during different reproductive stages: comparison with concentrations in a non-cycling African elephant. *Zoo Biology* 16, 1997: 149-159.

48. Leong KM, Burks K, Rizkalla CE, Savage A. Effects of reproductive and social context on vocal communication in captive female African elephants (*Loxodonta africana*). *Zoo Biology* 24, 2005: 331-347.
49. Dahl NJ, Olson D, Schmitt DL, Blasko DR, Kristipati RS, Roser JF. Development of an Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) for Luteinizing Hormone (LH) in the Elephant (*Loxodonta africana* and *Elephas maximus*). *Zoo Biology* 23, 2004: 65-78.
50. University of Wisconsin. Principles of Radioimmunoassay and terminology. University of Wisconsin in System Board of Regents, 2003. Maintained by Fritz Wegner. Last updated Friday, May 5, 2000. [Consultado en mayo 2006]. Página electrónica disponible en <http://ink.primate.wisc.edu/~assay/riameth.html>
51. Vega Dehesa, H. Técnica de ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay). En: Secuencia de prácticas y eventos de laboratorio de Inmunología. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México, 1999.
52. Leibniz Institute for Zoo and Wildlife Research. Research: Research Groups: RG4: Reproduction Biology: Non-Invasive Monitoring, 2003. [Consultado en junio 2006]. Página electrónica disponible en <http://www.izw-berlin.de/en/research>
53. Gual Sill F, Pickard AR, Holt WV, Green D. 1999. Preliminary results of non-invasive monitoring of the estrous cycle in female Asian elephants (*Elephas maximus*) through fecal steroid analysis. 1999 Proceedings of American Association of Zoo Veterinarians Annual Conference; Columbus (OH) USA, Kirk Baer Ch, MS Proceedings Editor 1999: 87-92.
54. Smithsonian National Zoological Park: Conservation and Science: Reproductive Science: Survey of the North American Population: Behavioral studies, coming to a zoo near you, 2006. [Consultado en diciembre 2005]. Página electrónica disponible en <http://www.nationalzoo.si.edu/ConservationAndScience/ReproductiveScience/ElephantBreedRepro>

55. Ortolani A, Leong K, Graham L, Savage A. Behavioral Indices of Estrous in a Group of Captive African Elephants (*Loxodonta africana*). *Zoo Biology* 24, 2005: 311-329.
56. Shmidt MJ. Breeding elephants in captivity. En: Fowler ME, Miller RE. *Zoo and Wild Animal Medicine*. Third edition. Philadelphia: W.B. Saunders Co. 1993: 445-448.