

Instituto de Anatomía Veterinaria de la Universidad de Zürich

Director: Prof. Dr. H. Geyer

**La uña del elefante: Morfología macroscópica y  
microscópica considerando sus cambios  
patológicos**

Tesis de Doctorado de

**Andreas Benz**

Médico Veterinario de  
Schübelbach, SZ

Prof. Dr. Hans Geyer, Referente  
Prof. Dr. Klaus Eulenberger, Correferente  
Zürich 2005

“Las patas de los elefantes, tanto en cautiverio como en campamentos de trabajo, son probablemente, la mayor fuente de problemas médicos, lo que confronta a los veterinarios que trabajan con elefantes”  
(M.J. Schmidt, 1986)

Traducción gratuita al español de:

Biól. Dagmar Gerdes

Para cualquier duda en la traducción favor de consultar la versión original en inglés

## Contenido

<b>1 Resumen.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Summary.....</b>	<b>2</b>
<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>3</b>
<b>3 Introducción y objetivo del estudio.....</b>	<b>4</b>
<b>4 Revisión bibliográfica.....</b>	<b>5</b>
4.1 Definición de las uñas de los elefantes.....	5
4.2 Aspectos generales sobre los elefantes asiáticos y africanos.....	5
4.2.1 Clasificación.....	6
4.2.2 Habitat natural.....	6
4.2.3 Dieta natural.....	7
4.2.4 Elefantes en cautiverio.....	7
4.3 Diferentes aspectos entre las especies concernientes a su apariencia anatómica.....	9
4.4 Anatomía de la pata del elefante.....	12
4.5 Resumen de opiniones sobre la ocurrencia y causas de los problemas de las patas de los elefantes en zoológicos.....	14
4.5.1 Aseveraciones generales.....	14
4.5.2 Breve resumen de las enfermedades más frecuentes en las patas.....	15
<b>5 Material y métodos .....</b>	<b>19</b>
5.1 Investigaciones macroscópicas.....	19
5.1.1 Exámenes macroscópicos generales y mediciones.....	19
5.1.2 Determinación de la tasa de crecimiento del tejido córneo en la pared córnea.....	21
5.1.3 Exungulación de la cápsula córnea.....	22
5.1.4 Comparación de elefantes silvestres y semi-cautivos de ambas especies.....	24
5.1.5 Cuidados en cautiverio en las instituciones participantes.....	24
5.1.6 Análisis estadístico.....	29
5.2 Investigaciones microscópicas.....	29
5.2.1 Material histológico.....	29
5.2.2 Procesamiento del material histológico.....	31
5.2.3 Análisis estadístico.....	33

5.3 Exámenes de la concentración de biotina en el plasma sanguíneo de elefantes con y sin suplementación de biotina.....	34
<b>6 Resultados.....</b>	<b>35</b>
6.1 Exámenes macroscópicos de las patas de elefantes asiáticos y africanos en cautiverio.....	35
6.1.1 La pata.....	35
6.1.2 La uña.....	40
6.1.3 Los segmentos de la uña.....	46
6.1.4 Diferencias macroscópicas entre elefantes en cautiverio y silvestres.....	54
6.1.5 Tasa de crecimiento del tejido córneo en las uñas de diferentes elefantes.....	54
6.2 Hallazgos patológicos en diferentes sistemas de cuidados en cautiverio .....	58
6.3 Anatomía microscópica de la estructura normal de la uña del elefante.....	61
6.3.1 El segmento perioplico.....	61
6.3.2 La corona.....	64
6.3.3 La pared.....	68
6.3.4 El segmento de la suela (de la uña).....	72
6.3.5 El cojinete.....	74
6.3.6 El cojín digital.....	77
6.4 Alteraciones histopatológicas en los diferentes segmentos de la uña.....	78
6.4.1 Resumen de las alteraciones histopatológicas encontradas en todos los segmentos.....	78
6.4.2 Alteraciones específicas de los diferentes segmentos.....	79
6.4.3 Descripción histológica de algunas alteraciones macroscópicas.....	86
6.5 Grosor medido microscópicamente del tejido córneo en diferentes ubicaciones.....	92
6.5.1 Elefante asiático.....	92
6.5.2 Elefante africano.....	95
6.6 Concentración de biotina en el plasma sanguíneo de elefantes con y sin suplementación de biotina.....	95
<b>7 Discusión.....</b>	<b>97</b>
7.1 Material y métodos.....	97

7.2 Examen macroscópico de las patas de los elefantes.....	99
7.2.1 La pata.....	99
7.2.2 La uña.....	100
7.2.3 Los segmentos de la uña.....	102
7.2.4 Comparación de elefantes silvestres y cautivos.....	104
7.2.5 Tasa de crecimiento de la pared córnea.....	105
7.3 Alteraciones patológicas en diferentes sistemas de cuidados en cautiverio.....	106
7.4 Anatomía microscópica de las estructuras corneas normales y algunos datos apropiados.....	108
7.4.1 El segmento perioplico.....	109
7.4.2 El segmento coronario.....	109
7.4.3 El segmento de pared.....	110
7.4.4 El segmento de la suela o planta.....	111
7.4.5 El segmento del cojinete o almohadilla.....	111
7.4.6 El cojín digital.....	112
7.5 Signos de mala calidad córnea.....	114
7.5.1 Alteraciones histopatológicas en los diferentes segmentos córneos.....	114
7.5.2 Evaluación histológica de ciertas alteraciones macroscópicas.....	116
7.6 Grosor del tejido córneo en determinadas ubicaciones...	118
7.7 Concentración de biotina en sangre y su importancia.....	119
7.8 Conclusiones.....	121
<b>8 Apéndice.....</b>	<b>124</b>
<b>9 Bibliografía.....</b>	<b>129</b>
<b>10 Agradecimientos.....</b>	<b>137</b>

## 1 Resumen

Este estudio analiza la morfología macroscópica y microscópica normales de las uñas de los elefantes bajo consideración de cambios patológicos. Se examinan concentraciones de biotina en plasma para establecer valores como base para un posible tratamiento.

Se examinaron macroscópicamente 86 patas de 24 elefantes asiáticos (*Elephas maximus*) y 9 africanos (*Loxodonta africana*) y se estudiaron 727 muestras histológicas de determinadas regiones de las uñas de ambas especies.

La anatomía macroscópica muestra diferencias entre las patas de las dos especies y entre animales silvestres y en cautiverio, además de similitudes con otros ungulados. Un hallazgo importante es el tejido córneo comparativamente delgado de la superficie que soporta el peso en los elefantes de zoológicos (alrededor de 10 mm). La pared córnea crece entre 5 y 8 mm por 28 días, dependiendo de las patas y de la especie. Se aprecian ligeras diferencias histológicas entre las patas y las especies, pero con similitudes con otros ungulados. Se detectó mala calidad en las uñas de elefantes cautivos (por ejemplo, vacuolas en el estrato espinoso, degeneración de la médula de los túbulos córneos) y se detectaron "loci de menor resistencia" en animales cautivos y silvestres (por ejemplo, micro cuarteaduras cerca de las papilas en el segmento del cojinete o almohadilla).

Los cambios patológicos se evalúan y se describen microscópicamente. Sobre la base de las primeras muestras de biotina en plasma (n = 16), se estima que 500 mg de biotina / litro de plasma es el límite aproximado entre animales con o sin suplementación.

El conocimiento de la morfología y la tasa de crecimiento del tejido córneo es esencial para la diagnosis y la terapia. Variaciones en la apariencia de la pata entre especies puede reflejar diferencias en la constitución corporal, orígenes y habitats. Los hallazgos histológicos pueden explicar algunos problemas de las patas, pero también de ellos surgen preguntas sobre la calidad y qué tan correctas son las técnicas actuales de cuidados en cautiverio.

## 2 Summary

This study analyzes the normal macroscopic and microscopic morphology of elephant hooves under consideration of pathological changes. Biotin plasma concentrations are examined to establish values as a basis for possible treatment.

86 feet of 24 Asian (*Elephas maximus*) and 9 African (*Loxodonta africana*) elephants were macroscopically examined and 727 histological samples from defined locations of hooves of both species were studied.

The macroscopic anatomy shows differences between the feet of the two species and between wild and captive animals, but similarities to other ungulates. An important finding is the comparatively thin horn layer of the weight bearing surface in zoo elephants (about 10 mm). The horn wall grows between 5 – 8 mm/28 d, depending on feet and species. Minor differences between the feet and species are seen histologically, but with similarities to other ungulates. Poor horn quality in captive elephants' hooves (e.g. vacuoles in the stratum spinosum, decayed marrows of the horn tubules) and "loci of minor resistance" in captive and wild animals (e.g. micro cracks close to the papillae in the pad segment) are detected.

Pathological changes are assessed and described microscopically. On the basis of initial biotin plasma specimens (n = 16), 500 ng biotin/l plasma is estimated to be the approximate borderline between animals with or without biotin supplementation. Knowledge of morphology and horn growth rates is essential for diagnosis and therapy. Variations in foot appearance between species might reflect differing body builds, origins and habitats. The histological findings might explain some of the foot problems, but also give rise to questions about the quality and correctness of current husbandry techniques.

## Zusammenfassung

Die Arbeit erfasst die normale makroskopische und mikroskopische Morphologie des Zehenendorgans vom Elefanten unter Berücksichtigung von pathologischen Veränderungen. Weiter wurden Biotin-Plasmakonzentrationen untersucht, um Werte als Basis für allfällige Behandlungen zu erhalten.

86 Füße von 24 asiatischen (*Elephas maximus*) und 9 afrikanischen (*Loxodonta africana*) Elefanten wurden makroskopisch erfasst und 727 Gewebeproben von definierten Stellen des Zehendenorgans histologisch untersucht.

Die makroskopische Anatomie zeigt einige Unterschiede zwischen den zwei Arten sowie zwischen Wildtieren und den in Gefangenschaft gehaltenen Elefanten. Dabei bestehen aber einige Parallelen zu anderen Huf- und Klautieren. Ein wichtiger Befund ist die vergleichsweise dünne Hornschicht an Sohle und Ballen der Zooelefanten (ca. 10mm). Die Hornwand wächst zwischen 5-8 mm / 28 Tage, mit geringeren Wachstumsraten an den Hinterfüßen im Vergleich zu den Vorderfüßen und bei den afrikanischen gegenüber den asiatischen Elefanten. Die histologischen Befunde zeigen an verschiedenen Lokalisationen und zwischen den beiden Spezies ebenfalls relativ geringe Unterschiede und vielfach ähnliche Strukturen wie bei anderen Huf- und Klautieren. Pathologische Veränderungen wurden auch mikroskopisch erfasst. Am Zehenendorgan werden schlechte Hornqualität mit Vakuolen im Stratum spinosum und erweiterten Markräumen von Hornröhrchen sowie Schwachstellen, wie Mikrorisse nahe der Papillen im Ballensegment, bei den in Gefangenschaft gehaltenen Elefanten und den Wildtieren beschrieben. Nach ersten Biotinplasmaproben wurde 500 ng Biotin pro Liter Plasma als Grenzwert zwischen Elefanten mit und ohne Biotinbehandlung angenommen.

Die Kenntnis der Morphologie und der Wachstumsraten am Zehenendorgan ist eine wichtige Grundlage zur Diagnostik und Therapie von Schäden. Die Morphologie der Füße ist auch geprägt von Unterschieden des Körperbaus und des Lebensraumes der beiden Elefantenarten. Die histologischen Befunde sind in der Lage, einige der Fussprobleme der Elefanten zu klären, werfen aber auch Fragen zu heutigen Haltungssystemen auf.

### 3 Introducción y objetivos del estudio

Puesto que el elefante es el mamífero terrestre vivo más grande, sus patas son probablemente una de las partes más importantes de su cuerpo. Tienen que cargar un peso enorme. De modo que es muy importante que las uñas tengan buena calidad córnea que puedan sobrellevar las influencias mecánicas y ambientales. Por tanto, es fácil apreciar que el mantenimiento en cautiverio del elefante exige mucho de las instituciones zoológicas. El control y mantenimiento de la buena condición de la uña es buena parte del trabajo de un elefantero en un zoológico.

Ya en 1929, Zimmer había llegado a la conclusión a partir de viejas tradiciones asiáticas, que las enfermedades de la pata son graves e inexorables. Seilkopf (1959) también enfatizó que muchos elefantes cautivos morían o eran sacrificados debido a desórdenes de la uña y Kuntze (1980) también acentuó la importancia de las patas para la salud general de los elefantes. Sin embargo, Mikota *et al.* (1994) reportaron lo poco que aparecen los problemas de patas de elefantes en la literatura, contrario a lo comunes que son en la población cautiva. Esta ocurrencia común en los elefantes asiáticos (*Elephas maximus*) y africanos (*Loxodonta africana*) ya la habían confirmado Seilkopf (1959), Salzert (1972) y Kuntze (1980).

El estudio más importante y más extenso sobre cuidados y manejo de elefantes en cautiverio fue realizado por Mikota *et al.* (1994). Ellos reportaron que los desórdenes en el sistema músculo esquelético son comunes (1323 de 5415 eventos médicos); 586 casos de estos 1323 involucraban a las patas. El 50% de la población estaba afectada y se presentaba en 63 de 69 zoológicos. Alrededor del 30% de los elefantes examinados tenía más de un episodio. A pesar de la pobre descripción de los problemas de las patas en los registros médicos de los respectivos zoológicos, encontraron en su estudio que 158 eventos involucraban a la uña (cuarteaduras, sobrecrecimiento, desgaste excesivo), 42 eventos involucraban la suela (erosiones, cuarteaduras, separaciones) y 14 eventos involucraban la cutícula. Otros signos registrados eran cuarteaduras en la parte inferior de la suela de la uña, abscesos, lesiones no especificadas, lesiones (por ejemplo por cuerpo extraño) y heridas. Durante su estudio, siete elefantes fueron sacrificados debido a pododermatitis crónica.

Además existen numerosos reportes adicionales y sugerencias de terapia sobre problemas de patas en elefantes asiáticos y africanos, bien conocidos en muchos zoológicos y circos (Heck y Schlossarek, 1955; Ruthe y Seilkopf, 1962; Kuntze, 1980; Schaller, 1986; Schanberger, 1990; Rakes, 1996; Csuti *et al.*, 2001; Flügger, 2002; Ollivet-Courtois *et al.*, 2003; Rajankutty, 2004).

Respecto al punto de vista generalizado de que los elefantes africanos no padecen tantas enfermedades en condiciones de cautiverio como los elefantes asiáticos, esto podría ser válido también para desórdenes de las patas. Existen también numerosas publicaciones sobre los beneficios del cuidado de las patas de los elefantes (por ejemplo, Wallach y Silberman, 1977; Roocroft y Atwell Zoll, 1994; Kock, 1997; Csuti *et al.*, 2001).

Se menciona a la biotina una y otra vez, tanto por elefanteros como por veterinarios como una posible solución a muchas alteraciones patológicas de las uñas de los elefantes. Sin embargo, indudablemente no se trata de una cura universal. Además, existen muy diversas opiniones respecto de si la biotina realmente tiene un efecto sobre las uñas de los elefantes. Una razón de estas diferencias de opinión es ciertamente que no existen estudios científicos de que la biotina pueda tener un efecto directo sobre la calidad del tejido córneo de la uña del elefante.



Las explicaciones anteriores muestran la importancia de los cuidados médicos y rutinarios de las patas de los elefantes en cautiverio. Pero para evaluar las alteraciones patológicas relacionadas con los cuidados en cautiverio o con las causas de estas enfermedades, debe conocerse la anatomía normal para poder percibir cualquier divergencia patológica. De hecho, se han llevado a cabo estudios macroscópicos (Watson, 1873; Virchow, 1910; Wettstein, 1920; Mariappa, 1955a; Mariappa, 1955b; Mariappa, 1955c; Mariappa, 1955d; Güßgen, 1988) e histológicos (Smith, 1890; Horstmann, 1966; Bragulla y Hirschberg, 2001; Lamps *et al.*, 2001) de las piernas y las patas de los elefantes, pero aún falta una investigación sistemática macroscópica y microscópica de las uñas de los elefantes, que haga posible detectar más detalles sobre las patas y la tendencia a problemas en las patas.

El objetivo del presente estudio es analizar la morfología macroscópica y la estructura microscópica normales de las uñas de los elefantes africanos y asiáticos, por medio de diferentes mediciones en sitios definidos, referentes a cambios patológicos. Los hallazgos histológicos normales proporcionan una base para reconocer cambios histopatológicos y especialmente calidad del tejido córneo. Los análisis de la concentración de biotina en plasma debería establecer los valores de biotina con y sin suplementación de biotina como base para un tratamiento controlado con biotina.

Se espera que este estudio sea un punto de partida para otras investigaciones en todos los campos de esta materia, de modo que los cuidados en cautiverio de los elefantes puedan mejorarse con respecto a los problemas de las patas.

## **4 Revisión bibliográfica**

### **4.1 Definición de las uñas de los elefantes**

La palabra “hoof” (uña en inglés), tiene dos definiciones en el diccionario: 1. la pata de un mamífero ungulado y 2. la cubierta córnea del extremo de la pata en mamíferos con pezuña. Las posibles designaciones diferentes de la parte córnea de la pata del elefante (por ejemplo, uña, pezuña) pueden llevar a diferentes opiniones entre los autores, como mostró Seilkopf (1959). En este estudio, nos referimos a “hoof” o “uña” del elefante a todas las estructuras que se encuentran rodeadas por la cápsula córnea (*pars non pigmentosa*). Representa al órgano digital que consiste de las estructuras principales de soporte y la piel modificada circundante con subcutis, corium y epidermis (véase capítulo 4.5). El estrato córneo o epidermis, que también significa cubierta córnea o cápsula córnea de la uña, con frecuencia se llama también cápsula de la uña.

### **4.2 Aspectos generales sobre elefantes asiáticos y africanos**

Los elefantes, herbívoros no rumiantes, pertenecen a la familia Elephantidae, en el orden Proboscidea. Existen dos géneros y especies vivas, *Elephas maximus*, del sur de Asia y *Loxodonta africana* de África (Nowak, 1999).

## **4.2.1 Clasificación**

### **4.2.1.1 Elefante asiático**

Los elefantes asiáticos están subdivididos en tres subespecies diferentes: *Elephas maximus maximus* (común en la isla de Sri Lanka), *Elephas maximus indicus* (común en la parte continental de Asia) y *Elephas maximus sumatranus* (común en la isla de Sumatra) (Shoshani y Eisenberg, 1982).

El elefante asiático está clasificado como en peligro por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y el Departamento del Interior de los Estados Unidos (USDI), y está en el Apéndice 1 de la Convención sobre Comercio Internacional de Flora y Fauna Silvestres en Peligro (CITES), véase Nowak, 1999.

### **4.2.1.2 Elefante africano**

Existen dos tipos de *Loxodonta africana*, el elefante de sabana, más grande y pálido (*Loxodonta africana africana*) y el elefante de la selva, más pequeño y oscuro (*Loxodonta africanacyclotis*), que se encuentra en las selvas tropicales de África del Oeste y el Centro (Nowak, 1999). El elefante africano está clasificado como en peligro por la UICN y la USDI, y está en el Apéndice 1 de CITES, excepto por los elefantes de Botswana, Namibia y Zimbabwe, que están en el Apéndice 2 de CITES (Nowak, 1999).

## **4.2.2 Habitat natural**

### **4.2.2.1 Elefante asiático**

Los elefantes asiáticos aún se encuentran en los siguientes países: India, Nepal, Bhutan, Bangladesh, Sri Lanka, Myanmar, China, Tailandia, Cambodia, Vietnam, Malaysia, Sumatra y Borneo (Malaysia e Indonesia) (Shoshani y Eisenberg, 1982). Su habitat, en el cual se encuentra su dieta (especialmente hojas y pastos) incluye principalmente las selvas tropicales y pastizales (Keele, 1998b). Los elefantes asiáticos ocupan una diversidad de tipos de habitat como bosques húmedos y secos deciduos, pastizales pantanosos, matorrales, bosques ribereños, bosques perennes y planicies aluviales de ríos grandes (Nowak, 1999; Sukumar, 1999) con estanques de agua y de lodo, así como zonas para obtener sales minerales (Altevoigt et al., 1987).

### **4.2.2.2 Elefante africano**

La especie se encuentra desde el sur del Sahara hasta el norte de Namibia, Botswana, Zimbabwe y Sudáfrica. *Loxodonta* ocupa diferentes tipos de habitat, desde regiones desérticas del oeste de Níger, Etosha y Namibia, hasta las sabanas y pastizales del este de África hacia el oeste a las selvas del Centro de África (Keele, 1998a). El habitat principal son selvas con arbustos así como sabanas con pastizales (Ullrey, et al., 1997). Para satisfacer sus necesidades, como agua fresca, alimento abundante y algo de sombra, el elefante puede tener que hacer migraciones anuales de varios cientos de kilómetros (Nowak, 1999).

### **4.2.3 Dieta natural**

#### **4.2.3.1 Elefante asiático**

El elefante asiático es ramoneador y forrajero, dependiendo del habitat y de la temporada (Ullrey, *et al.*, 1997). La dieta consiste de diferentes pastos, hojas (como de karyota, *Caryota urenus*, jak, *Artocarpus heterophylla*, palma de coco, *Cocos nucifera*), corteza de árboles, madera y tierra por su contenido mineral. Se conocen 400 plantas diferentes que son parte de la dieta de los elefantes asiáticos (Altevogt *et al.*, 1987). Como describe Sukumar (1999), las plantas de la dieta del elefante varían enormemente de una región a otra, por lo que los elefantes de diferentes países establecen diferentes patrones de alimentación.

Los elefantes en general, se alimentan continuamente, y pasan en promedio 12 a 20 horas al día comiendo, pues asimilan poco alimento (tienen baja eficiencia del tracto gastro-intestinal) por lo que necesitan una gran cantidad de alimento al día, pero debido a que la vegetación es más rica en ambiente del elefante asiático, requiere menos alimento que su contraparte africana (alrededor de 150 kg por día, Keele, 1998b). Debido al mayor tiempo de retención del alimento del elefante asiático, tienden a tener tasas de digestión ligeramente mayores de celulosa y hemicelulosa (Van Soest, 1996).

#### **4.2.3.2 Elefante africano**

El elefante africano también es ramoneador y forrajero. Al igual que los elefantes asiáticos, los africanos son generalistas que consumen numerosas plantas diferentes, pero tienen gran variedad regional y estacional. Las especies de plantas van desde pastos, setos, malezas, arbustos, árboles (especialmente la corteza), hasta frutos, bulbos, tallos y raíces, incluida la tierra por su contenido mineral, al igual que el elefante asiático (Ullrey, *et al.*, 1997). El elefante africano puede consumir de 200 a 300 kg de alimento (Nowak, 1999).

### **4.2.4 Elefantes en cautiverio**

Durante el último siglo, los cuidados en cautiverio del elefante, como los zoológicos en general, han evolucionado y cambiado enormemente.

En el Studbook europeo del elefante asiático de enero de 2003 (Belterman, 2003), había 92 instituciones que tenían en conjunto 298 elefantes asiáticos (64 machos y 234 hembras). 154 hembras y 43 machos africanos se tienen en 47 zoológicos europeos, según el Studbook europeo del elefante africano de junio de 2002 (Terkel, 2002).

Los elefantes asiáticos en cautiverio tienen una historia más larga, especialmente en los países asiáticos donde aún se utilizan como animales de trabajo (Shoshani y Tassy, 1996). Se piensa que la especie asiática es menos agresiva y más fácil de manejar debido a su carácter dócil (Nowak, 1999). Ésta podría ser la explicación de que haya mayor número de elefantes asiáticos en los zoológicos europeos.

En este capítulo, no se diferencian las especies, pues la literatura y los zoológicos no hacen distinción especial con referencia a sus cuidados en cautiverio o a su dieta. Aunque el estado de salud sí varía.

#### 4.2.4.1 Cuidados en cautiverio

En la mayoría de los países europeos, algunos meses al año hay temperaturas y clima fríos. Por lo tanto, los cuidados de los elefantes en Europa toman en cuenta encierros interiores (con al menos 15°C) y encierro exteriores. Los encierros interiores tienen un sistema de calefacción del suelo en general, aunque el sustrato varía. Existen suelos de asfalto y caucho, yeso y colados de cemento. En los encierros exteriores (Mikota *et al.*, 1994), el sustrato también varía, pero muchos zoológicos tienen arena y algunos además sustratos más naturales o artificiales (como concreto, asfalto, yeso, marga). Un suelo muy rugoso puede ocasionar un desgaste excesivo de la suela y abrasiones en la piel cuando el elefante se echa. Debe permitírseles a los elefantes estar fuera de dichos sustratos duros tantas horas al día como el clima lo permita (Mikota *et al.*, 1994).

Existen tres sistemas para tener elefantes: el contacto directo, el contacto protegido y el manejo sin contacto. El contacto directo es la manera tradicional de tener elefantes, con contacto directo entre los elefanteros y los animales. El contacto protegido (sin contacto directo entre la gente y el elefante) se usa con frecuencia con machos, pero se está volviendo más popular incluso para grupos (hembras y crías). Es un sistema mucho más seguro para los elefanteros. El manejo sin contacto ni tiene contacto con los elefantes en lo absoluto, ellos viven en su albergue grande (típicamente se usa en parques safaris o reservas).

Debido a la sociedad matriarcal de los animales en vida silvestre, la unidad social básica en un zoológico es un grupo de hembras adultas con sus crías, lo más emparentadas que sea posible (Rees, 2000). A los machos se les mantiene solitarios y generalmente se juntan diariamente con el grupo. El enriquecimiento puede contener, según Mikota *et al.* (1994), lo que sucede de forma natural (como por ejemplo el encuentro de un grupo con un macho, un nacimiento, la crianza de la generación joven, el baño diario y el entrenamiento de órdenes frecuentes), conductual (como por ejemplo ocupar a los animales más tiempo con el alimento, presentarles algunos juguetes encadenados, salir a caminar por los alrededores) y ambiental (como por ejemplo áreas para baños de lodo, estanques, instalaciones para excavar o arrojar polvo encima, árboles para rascarse o árboles para mover).

El acceso al agua y al lodo es de gran importancia, especialmente para el elefante asiático (Altevogt *et al.*, 1987; Ponnappan, 2000; Buckley, 2001). En su habitat natural, los elefantes pasan varias horas al día en ríos o estanques, lo que puede contribuir a su buena salud.

#### 4.2.4.2 Dieta

Las habilidades digestivas de los elefantes, cuya fisiología digestiva se asemeja a la de los caballos, es bastante baja debido a las tasas rápidas del pasaje de la ingesta (Clauss *et al.*, 2003). En cautiverio, las dietas de los elefantes asiáticos y africanos son idénticas a grandes rasgos (Hatt y Liesegang, 2001), aunque existen diferencias en las adaptaciones evolutivas al contenido de ramas entre las especies (los elefantes asiáticos logran una mejor digestibilidad y un mayor tiempo de retención de la ingesta que los elefantes africanos, Hackenberger, 1987).

Como se mencionó en los capítulos 4.3.1.2 y 4.3.2.2, los elefantes son forrajeros y ramoneadores y se alimentan en manada. En muchos casos, la dieta se ofrece a cada individuo en su lugar para poder monitorear la ingesta de alimento de cada elefante. Se debe proporcionar heno y ramas (o paja) *ad libitum* para su nutrición

y para mantener a los animales ocupados. Son muy comunes los suplementos de granos. El pasto debe ser parte del programa de nutrición durante el verano. Fruta, vegetales y comprimidos se adicionan a las porciones alimenticias diarias. Debe proporcionarse suplementación vitamínica y mineral. Varios autores recomiendan analizar la alimentación y especialmente la ración de forraje (Ullrey, *et al.*, 1997; Nijboer y Casteleijn, 2001). Un problema común en los zoológicos es la sobrealimentación y el consiguiente sobrepeso, que se puede solucionar con una reducción en la dieta (menos energía) y con un aumento del forraje (en el contenido de fibra de la dieta) para compensar los niveles de ocupación que se reducirían de otra forma (Hatt y Liesegang, 2001).

#### 4.2.4.3 Estado de salud

El estado de salud de los animales en cautiverio depende de varios factores, pero la nutrición y los cuidados en cautiverio son de los más importantes (Mikota *et al.*, 1994; Buckley, 2001; Sadler, 2001; Clauss y Kiefer, 2003; Schmitt, 2003). Ambas especies son susceptibles de algunas enfermedades comunes, pero también cada una tiende a estar más predispuesta a ciertos males. Por ejemplo, los elefantes asiáticos tienden a tener más problemas en las patas, aunque éstos se presentan también en los elefantes africanos (véase capítulos 4.6 y 5.2). Por otro lado, los elefantes africanos son más susceptibles a la salmonelosis que los asiáticos (Schmitt, 2003).

Se conocen y se observan una multitud de enfermedades en los elefantes (infecciosas como por ejemplo tuberculosis, salmonelosis, herpes, viruela, tétanos, así como parasitarias como por ejemplo miasis gástrica, tripanosomiasis, piojos, garrapatas, ácaros, y no infecciosas como por ejemplo problemas en las patas, artritis reumatoide, desórdenes cardiovasculares y reproductivos) (Rüedi, 1995; Chandrasekharan, 2002; Schmitt, 2003). En particular, el virus del herpes puede causar la muerte en elefantes de zoológicos, afectando principalmente a animales jóvenes (Schmitt, 2003).

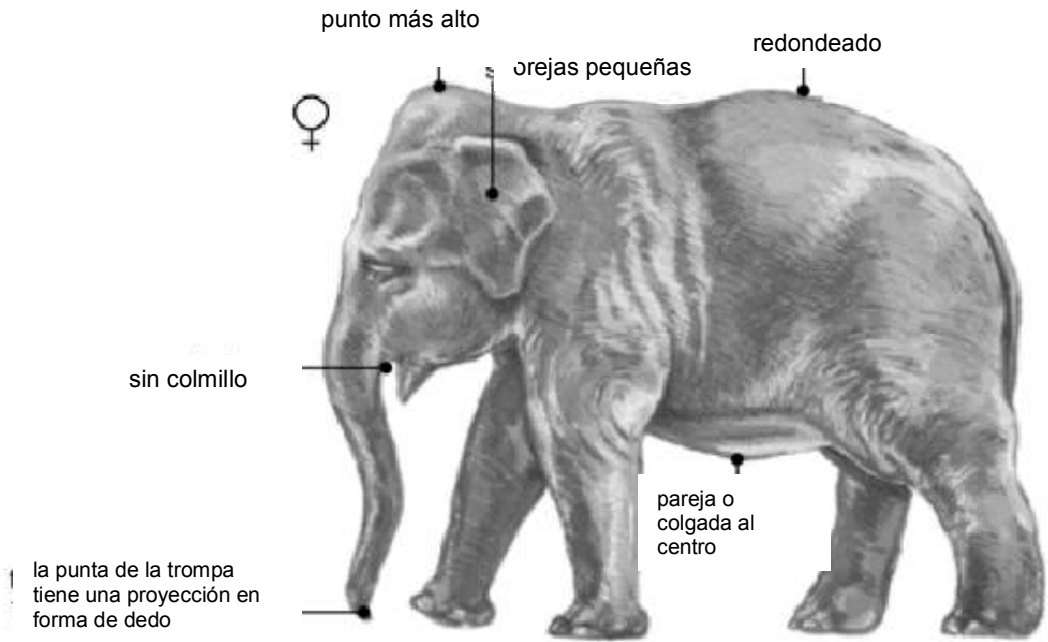
### 4.3 Diferentes aspectos entre las especies concernientes a su apariencia anatómica

Aunque los elefantes africanos y los asiáticos pertenecen a la misma familia, ambas especies difieren una de la otra en muchos aspectos de su apariencia anatómica (véase tabla 1, figura 1 y Nowak, 1999), pero se debe mencionar que aunque existen dos diferentes subespecies del elefante africano que difieren entre sí en algunos atributos, (por ejemplo *Loxodonta africana cyclotis* es más pequeño y oscuro en general que *Loxodonta africana africana*, véase capítulo 4.2.1.2, Nowak, 1999), no se hace ninguna diferencia entre ellos en la tabla 1.

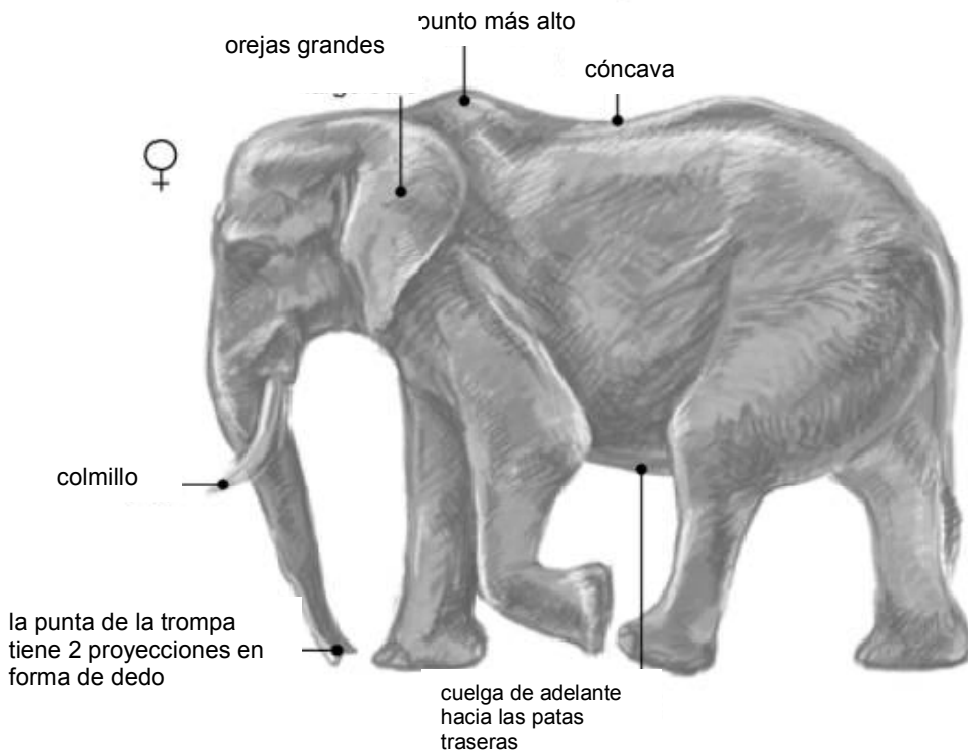
Tabla 1. Lista de las diferencias en la apariencia anatómica entre el elefante asiático y el africano (International Elephant Foundation, 2003).

	<b>Elefante asiático</b>	<b>Elefante africano</b>
Altura	2 a 3.5 m	3 a 4 m
Peso	3 a 6 ton el macho es más pesado	4 a 7 ton el macho es más pesado
Punto más alto	parte superior de la cabeza	parte superior de los hombros
Espalda	redondeada	cóncava
Panza	pareja o cuelga a la mitad	cuelga de adelante hacia las patas traseras
Cabeza	dos domos	un domo redondeado
Orejas	pequeñas y rectangulares, no llegan al cuello	grandes, de forma similar al continente africano
Piel	ligeramente arrugada, con poco pelo sobre todo el cuerpo	muy arrugada, con poco pelo sobre todo el cuerpo
Trompa	con una proyección como dedo en la punta	con dos proyecciones como dedos en la punta
Colmillos	sólo los machos tienen colmillos, las hembras los tienen muy pequeños	ambos sexos tienen colmillos
Patatas	generalmente con 5 uñas en las patas delanteras y 4 en las traseras	generalmente 4 uñas en las patas delanteras y 3 en las traseras

### Elefante Asiático



### Elefante Africano



**Figura 1.** Apariencia externa de un elefante hembra asiático y uno africano.

## 4.4 Anatomía de la pata del elefante

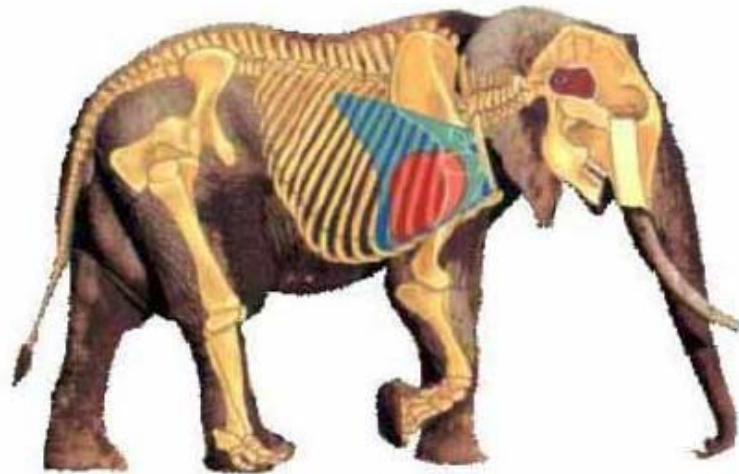
El elefante está clasificado como subungulado (Myers, 2000) y es digitigrado de las patas delanteras (como el hipopótamo y el tapir) y semiplantigrado de las patas traseras (Mikota *et al.*, 1994), véase figuras 8 y 13. El elefante camina de forma ambulatoria y la pata trasera pisa en la huella de la pata delantera. No pueden trotar o galopar debido a la orientación casi vertical de los huesos de las extremidades. Sin embargo, pueden alcanzar grandes velocidades. La formación de los huesos y su agilidad restringida hacen que el elefante sean incapaz de cruzar un surco de 2 metros, pero esta conformación ósea soporta su enorme peso corporal (Evans, 1910), véase figura 2.

La pata está definida por estructuras de soporte y la piel circundante, en parte modificada, en forma de cápsula córnea. Las estructuras de soporte contienen las falanges I a III, los huesos metacarpales y tarsales, los huesos sesamoides distales, y varias articulaciones entre los diferentes huesos, los tendones y músculos necesarios, ligamentos, bursa y un cojín digital (todo para cada dedo, excepto por el cojín digital) que permite a los elefantes caminar silenciosamente, incluso en las selvas (véase figuras 8 y 13).

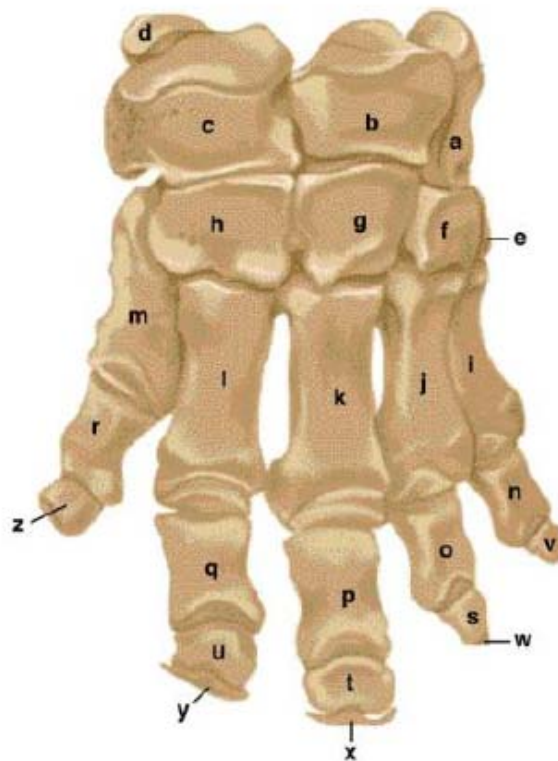
En la pata delantera existen cinco huesos metacarpales que permiten muy poca abducción del carpo y por tanto su posición y articulación es diferente a la de los ungulados (Mariappa, 1986). Existe un prepollux que va del hueso carpal I a la planta, la parte media del centro y posiblemente estabilice el carpo sobre el cojín digital. Los dígitos están ligeramente separados, dirigiendo sus puntas hacia el suelo, pero en un ángulo oblicuo, sólo el dígito 1 (D-1) y D-5 están empinados (Virchow, 1910). Esto también es válido para la pata trasera. El elefante asiático tiene dos falanges en D-1 y D-5, y tres en D-2 a D-4 (véase figura 2b). También existen huesos sesamoides pareados palmares a la articulación metacarpal-falangeal en todos los dígitos, excepto D-1, que tiene un solo hueso sesamoide. El elefante africano tiene la misma estructura, pero D-1 tiene una sola falange. D-3 es el dígito más largo. Las falanges están posicionadas de manera similar a las de la pata del caballo. En la especie asiática, las uñas protegen la parte distal de D-1 a D-5 pero en los elefantes africanos las cuatro uñas protegen a D-2 a D-5 (véase capítulo 6.1.1 y figuras 9a, b, 12a-p). Sin embargo, el número de uñas (tanto en las patas delanteras como en las traseras, pero también en ambas especies y subespecies del elefante africano) puede variar individualmente (Ramsay y Henry, 2001).



2a



2b



**Figura 2.** Vista del esqueleto de un elefante.

a: diagrama del esqueleto de un elefante africano (Koehl, 2005)

b: los huesos de la pata delantera derecha de un elefante asiático, basado en las descripciones de Mariappa (1955a,c) y Güzgen (1988)

a-Os carpi radiale, b-Os carpi intermedium, c-Os carpi ulnare, d-Os carpi accessorium s. Os pisiforme, e-Os carpale I, f-Os carpale II, g-Os carpale III, h-Os carpale IV, i – m: Ossa metacarpalia (Mc) I – V, i-Mc I, j-Mc II, k-Mc III, l-Mc IV, m-Mc V, n – r: Phalanx proximalis, n-digito I, o-digito II, p-digito III, q-digito IV, r-digito V, s – u: Phalanx media, s-digito II, t-digito III, u-digito IV, v – z: Phalanx distalis, v-digito I, w-digito II, x-digito III, y-digito IV, z-digito V

Los músculos de la pata delantera son el extensor carpi quinti en el elefante asiático, el extensor digital o communis digitorum, el palmaris longus y el gran flexor digital (Ramsay y Henry, 2001). Los ligamentos entre los huesos son numerosos.

La pata trasera, distal al tarso, se parece a la delantera. La pata trasera tiene también cinco huesos metatarsales y un prehallux, como la parte correspondiente del prepollux en la pata delantera y cinco dígitos (Ramsay y Henry, 2001). El D-1 del elefante asiático tiene una falange sin un hueso sesamoideo (Mariappa, 1986), pero en el elefante africano D-1 está representado únicamente por un solo hueso sesamoideo (Smuts y Bezuidenhout, 1994). Los otros dígitos están compuestos de la siguiente manera: D-2 tiene tres falanges en el asiático, pero sólo dos en el africano (Mariappa, 1986). Los dedos 3 y 4 son más largos que los otros en ambas especies y también tienen tres falanges. Por otro lado, D-5 sólo tiene dos falanges. D-2 a D-5 tienen huesos sesamoideos pareados, plantares a la articulación metatarsal-falangeal. Las uñas de las patas traseras corresponden a D-2 a D-5 en el elefante asiático y en general en la subespecie africana *Loxodonta africana cyclotis*, y a D-2 a D-4 en *Loxodonta africana africana*.

Los músculos de la pata trasera son el extensor digital lateral, el extensor digital largo, el extensor digital corto, el abductor de D-3, el flexor digital profundo, el flexor digital superficial.

Los tendones de los extensores digitales lateral y largo y los del flexor digital profundo cubren completamente la falange tres de D-3 y D-4 y se insertan en la uña (Ramsay y Henry, 2001). La musculatura de ambas especies es similar, pero Shindo y Mori (1956) describen que el extensor digital largo, el extensor de D-5 y el peroneus tertius del elefante asiático se fusionan para formar un gran cinturón muscular. Este cinturón se divide en una porción medial y otra lateral.

## **4.5 Resumen de opiniones sobre la ocurrencia y causas de los problemas de las patas de los elefantes en zoológicos**

### **4.5.1 Aseveraciones generales**

Zimmer (1929) y Lahiri-Choudhury (2001) notaron que incluso la gente más vieja de la India ha observado frecuentes problemas en las patas de los elefantes en cautiverio. Sin embargo, Rajankutty (2004) declara que los desórdenes en las patas son comunes tanto en elefantes silvestres como en cautiverio. Aún así, los elefantes asiáticos parecen tener más enfermedades en las patas que los africanos. De acuerdo con el extenso estudio de Mikota *et al.* (1994), los elefantes muestran los mismos problemas que los ungulados domesticados y los no domesticados, como heridas penetrantes, cuarteaduras de suela, cuarteaduras de uñas, sobrecrecimiento e infección. En su investigación, alrededor del 10% de todos los eventos médicos de 69 zoológicos eran problemas que involucraban a las patas y afectaban al 50% de la población del estudio. Las alteraciones más comunes en su estudio fueron las cuarteaduras de la uña o la cutícula, abscesos y lesiones no específicas y heridas.

Kuntze (1980) clasifica los problemas de las patas en cuatro categorías, pododermatitis aguda aséptica difusa (laminitis), pododermatitis aguda séptica (metastática) por ejemplo después de una infección de viruela, pododermatitis crónica supurativa el proliferativa y pododermatitis traumática superficialis et profunda.

Dos problemas característicos de los elefantes y otras especies de patas suaves, como los camellos, tapires e hipopótamos son descritos por Fowler (1980): sobrecrecimiento de la suela como resultado de un desgaste inadecuado y cuarteaduras que se desarrollan en la superficie de la suela. Tales cuarteaduras actúan como un portal de entrada potencial para las bacterias. También von Houwald (2001) describe lo mismo para rinocerontes. Adicionalmente, Fowler (1993) menciona que el sobrecrecimiento o el astillado de las uñas de las patas traseras, problemas en la cutícula, pododermatitis, osteomielitis, artritis supurativa, fracturas, dislocaciones y enfermedades degenerativas de las articulaciones son enfermedades frecuentes en las patas de los elefantes. Por otro lado, West (2001) menciona las infecciones de las uñas como el problema más común de la pata con un gran potencial de secuelas subsecuentes serias (como osteomielitis). Él sugiere que las patas delanteras tienen más problemas que las traseras y esto es ocasionado por la mayor carga de peso en las patas delanteras.

Fowler (2001) menciona diferentes causas para la ocurrencia de problemas en las patas. Falta de ejercicio, sobrecrecimiento de las uñas y/o la suela, sustrato inadecuado del albergue, humedad excesiva, pedicure insuficiente y encierros insalubres, heredar una mala estructura de la pata, desnutrición y desórdenes esqueléticos (artritis), se sugieren como factores que predisponen a problemas en las patas. El mismo autor menciona que infecciones recurrentes en las patas y artritis son las causas principales para la eutanasia de elefantes.

Mikota *et al.* (1994), Rüedi (1995), Schmitt (2003) y Rajankutty (2004) establecen lo siguiente como causas para desórdenes en patas: condiciones húmedas y sucias, suelos duros de concreto, falta de ejercicio y movimiento, así como enfermedades específicas (como fiebre aftosa, heridas penetrantes, que les caigan troncos pesados en las patas, trabajo prolongado). West (2001) ve la etiología de las enfermedades de las patas en inactividad, falta de pedicure, sobrepeso, enfermedades preexistentes como artritis, superficies duras, húmedas o sucias y vejez.

La mayoría de las enfermedades de las patas son tratables, pero algunas pueden resultar en discapacidad o muerte según Schmitt (2003). Él también menciona que en el 50% de los elefantes cautivos, los problemas de las patas se presentan en algún momento de su vida. Por tanto, sugiere tomar radiografías con anticipación como referencia y poder reconocer cualquier cambio en el caso de un problema de pata. La cura de la mayoría de las enfermedades toma varias semanas hasta meses. Según Wallach y Silberman (1977) reportaron: “toma una considerable cantidad de tiempo a la suela queratinizada sanar por segunda intención o granulación.

#### **4.5.2 Breve resumen de las enfermedades más frecuentes en las patas**

La clasificación de estas enfermedades como las más frecuentes, se hizo con base en el volumen de referencias encontradas en la literatura. Una división similar se puede observar en caballos (Hermans, 1992) y en ganado (Ruthe *et al.*, 1997; Pollit, 1999; Lischer *et al.*, 2000), en los que las enfermedades están relacionadas con las diferentes partes de la pezuña (Hertsch *et al.*, 1997; Geyer, 2005).

##### **4.5.2.1 Cuarteaduras**

Las cuarteaduras son más comunes en la pared córnea (véase figura 23). Ahí son por definición separaciones en la pared córnea que van en la dirección de los túbulos córneos (Hermans, 1992) y pueden ser superficiales, pero también pueden alcanzar la parte viva de la uña (Fowler, 1980; Rajankutty, 2004). Pueden partir del

margen coronario o del margen del cojinete pero, según Fowler (1978), las cuarteaduras generalmente surgen en el punto de soporte del peso y progresan hacia arriba. El tamaño, ancho y profundidad pueden variar mucho. El punto de soporte del peso o incluso la suela pueden involucrarse. Sin embargo, las cuarteaduras en la suela pueden aparecer como un evento independiente y luego asociarse parcialmente con abscesos o fístulas, pero tienen las mismas características que en las uñas. Se pueden encontrar bacterias como *Streptococcus* spp. y *Staphylococcus* spp., en algunas cuarteaduras infectadas, pero los hongos también son comunes. Las cuarteaduras son inestables y por tanto se agrandan con el gran peso del elefante y se presentan principalmente en las patas traseras (West, 2001). El proceso de sanado toma varios meses conforme a la tasa de crecimiento del tejido córneo. Existe una tendencia recurrente.

Ruthe y Seilkopf (1962) identifican varios factores que consideran responsables de la ocurrencia de cuarteaduras (como por ejemplo mala calidad del tejido córneo y mucha utilización de la uña) y Fowler (1978) declaró las cuarteaduras como sólo un signo de mala salud de la uña. West (2001) declara que las cuarteaduras están asociadas con sobrecrecimiento de la uña, trauma a la uña o exposición constante a sustratos duros o húmedos. Flügger (2002) enlista las mismas razones más el sobrepeso. Rajankutty (2004) indica el desgaste o el pedicure inadecuados combinados con condiciones húmedas como razones para que las cuarteaduras aparezcan. La nutrición también se ha mencionado como causa de la ocurrencia de cuarteaduras (Ruthe y Seilkopf, 1962; Fowler, 1993; Buckley, 2001).

#### 4.5.2.2 *Pododermatitis traumatica superficialis et profunda o absceso*

Los abscesos pueden surgir a partir de diferentes causas y pueden alcanzar diferentes tamaños y situarse en diferentes sitios (uña, suelo, cojín plantar) véase figura 23. West (2001) declara la formación de abscesos como resultado de infecciones en las uñas que se presentan después de microtraumas a las uñas que permiten la invasión de bacterias y que necrosan el tejido profundo.

Las infecciones pueden ser ocasionadas por cuerpos extraños como objetos afilados y puntiagudos como clavos, espinas, agujas, piedras, según Kuntze (1980), Mikota *et al.* (1994) y Rajankutty (2004). Los cuerpos extraños se presentan con frecuencia en la suela. Según los elefanteros, esto es debido a la superficie del encierro, especialmente en los exhibidores externos (piedras). Un cuerpo extraño puede penetrar el tejido córneo e invadir el tejido "vivo". Las bacterias involucradas son *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* y *Streptococcus* (Mikota *et al.*, 1994).

Un mal cuidado de las patas es otra causa posible (Rajankutty, 2004). En comparación, West (2001) explicó que las infecciones de la uña son un síntoma de una variedad de problemas de los cuidados en cautiverio. Si las infecciones en las uñas no se tratan a tiempo, son susceptibles de secuelas serias.

#### 4.5.2.3 *Pododermatitis acuta aseptica diffusa o laminitis*

Los síntomas de la laminitis se describen como cojera severa, incapacidad para estar en pie, fiebres altas, calor alrededor de las suelas a la palpación (Kuntze, 1980; Rüedi, 1995). Según Rüedi (1995) y Rajankutty (2004), el trabajo prolongado, enfriamiento de animales exhaustos o sobrealimentación son las principales razones para la laminitis. La laminitis crónica puede también ser el resultado de mantener a los elefantes en superficies duras, así como alimentarlos con demasiados carbohidratos solubles, lo que lleva a una acidosis y finalmente a laminitis (Clauss y Kiefer, 2003).

#### 4.5.2.4 *Pododermatitis chronica suppurativa et proliferativa o pododermatitis (foot rot)*

Según Göltenboth y Klös (1995), las suelas de los elefantes son susceptibles de pododermatitis (véase figura 3), especialmente si la suela está sobrecrecida y con paquetes que se desarrollan dentro del estrato córneo. Estos compartimentos atraen bacterias y terminan en la degeneración del estrato córneo. Fowler (1980) menciona que los animales de pezuñas silvestres son susceptibles de agentes infecciosos similares a aquellos que afectan a los domésticos. Él la llama “pododermatitis infecciosa”. Los elefantes asiáticos viejos están predispuestos a esta enfermedad según Seilkopf (1959).

Rajankutty (2004) describe esta enfermedad como cambios necróticos con supuración que huele muy mal. En el peor de los casos, conduce al deterioro de las uñas, suela y cojín plantar (Seilkopf, 1959). En la pata delantera, la lesión es de tipo vegetativo y en pata trasera es de tipo ulcerativo (pueden estar involucradas diferentes bacterias como *Streptococcus agalactiae*, *Bacillus cereus*, *Corynebacterium* spp., *Dichelobacter nodosus*, *Clostridium tetani*, *Staphylococcus* spp. (Keet *et al.*, 1997)).

Es posible ver diferentes tipos de inflamación de la pata, local y laminar, y en las uñas y el cojín plantar (Seilkopf, 1959; Rüedi, 1995). La exungulación puede ser una secuela (Seilkopf, 1959).

Seilkopf (1959), Kuntze (1972 y 1997) y Chandrasekharan *et al.* (2004) mencionaron que un manejo antihigiénico de elefantes que están parados durante largos periodos de tiempo sobre superficies sucias (humedad mezclada con orina y estiércol) es la razón más común de la pododermatitis. Además Seilkopf (1959) y Kuntze (1972 y 1997) enlistaron insuficiente cuidado de las patas y falta de ejercicio, en comparación, Mikota *et al.* (1994) se refiere a las cuarteaduras y al sobrecrecimiento de las uñas como precondiciones para la pododermatitis.

Este tipo de problema también se observa en elefantes silvestres, tanto en Asia (Alahakoon, 2003) como en África (Keet *et al.*, 1997). Las causas de su ocurrencia en la vida silvestre son “sequía junto con un forrajeo constante, que resultó en proyecciones de madera afiladas o rastrojos”. La contaminación con heces y orina de las raras fuentes de agua de los alrededores aumenta la incidencia de pododermatitis (Keet *et al.*, 1997). La osteomielitis puede ser una complicación de cualquier pododermatitis si la infección invade los tejidos profundos de la pata.

#### 4.5.2.5 *Sobrecrecimiento córneo (de las uñas)*

Un crecimiento córneo excesivo (véase figura 4) presenta este tipo de alteración. Con frecuencia se menciona como la causa general de otros problemas en las patas como por ejemplo cuarteaduras, infecciones, uñas enterradas y claudicación (Fowler, 2001; von Houwald, 2001; Flügger, 2002). Las uñas se extienden más allá de la suela y se deforman con una apariencia arrugada y en capas. La superficie que soporta el peso desarrolla una forma irregular y una apariencia en capas. A partir de ello pueden surgir infecciones secundarias y abscesos.

El desgaste insuficiente del tejido córneo por falta de movimiento (Rüedi, 1995) o un pedicure inadecuado (Rajankutty, 2004) y mantenerse sobre suelos húmedos (Mikota *et al.*, 1994; Rüedi, 1995) son las causas más frecuentes. La laminitis crónica también lleva a un sobrecrecimiento de las uñas (Boosman *et al.*, 1991), lo cual también sucede en elefantes (Clauss y Kiefer, 2003).

#### 4.5.2.6 Exungulación

La exungulación (véase figura 5) implica el desprendimiento parcial o total de las uñas luego de por ejemplo, enfermedades de las patas y las articulaciones (Seilkopf, 1959), infecciones de viruela (Kuntze, 1980; Pilaski *et al.*, 1995) y de fiebre aftosa, pero también después de cargar pesos considerables (Rüedi, 1995).



3



5



4

**Figura 3.** Elefante asiático adulto. Pata delantera derecha. Pododermatitis.

**Figura 4.** Elefante asiático adulto. Pata delantera izquierda. Sobrecrecimiento de las uñas (figura de Dr. H. Schwammer, Zoológico de Schönbrunn, Viena).

**Figura 5.** Elefante asiático adulto. Exungulación de una uña (figura del Dr. W. Rietschel, Jardín botánico y zoológico Wilhelma, Stuttgart).

## 5 Material y métodos

Para llevar a cabo este estudio, se visitaron zoológicos para inspeccionar las condiciones de los cuidados en cautiverio de los elefantes.

Se tomaron medidas macroscópicas para construir una idea del estatus de salud. Luego se examinaron patas de elefantes muertos para la parte histológica de la tesis.

Se utilizaron patas de ambas especies *Elephas maximus spp.* y *Loxodonta africana* – sin diferenciar las subespecies, para ambas partes del estudio. Lo difícil fue encontrar y definir patas sanas, lo cual es esencial para la descripción de la anatomía macroscópica y microscópica normales. Lógicamente, las patas de animales silvestres representarían el estado anatómico normal, pero fue imposible conseguir suficiente material utilizando únicamente patas de elefantes silvestres. Así, se examinaron las patas de animales en cautiverio. Sin embargo, fue imposible conseguir suficientes patas que estuvieran en perfectas condiciones para las evaluaciones macroscópicas y microscópicas. Por lo tanto, patas que no tuvieran o que tuvieran muy pocas alteraciones macroscópicas visibles, fueron las utilizadas para los exámenes macroscópicos. Esto es diferente con el material para las investigaciones histológicas del estado normal. Ya que es difícil coleccionar patas de elefantes muertos, cada pata que se obtuvo se utilizó. De modo que las patas en general mostraban alteraciones macroscópicas parciales, pero las muestras para el proceso histológico se tomaron de sitios sin cambios macroscópicos. Se pudieron incluir en este estudio especímenes de elefantes africanos silvestres muertos; a partir de este material se describió la constitución general de las estructuras.

En este estudio se asume que la normalidad de las estructuras se define como el estado sin variaciones y óptimo de las estructuras (con algunas excepciones, ver abajo). Como se explicó anteriormente, no fue posible obtener un número sistemático de patas de cada animal ni de las cuatro diferentes patas para los estudios macroscópicos y microscópicos. Incluso la edad de los animales estudiados varía grandemente, así que los resultados de los grupos de diferentes edades se tratan de manera independiente.

### 5.1 Investigaciones macroscópicas

#### 5.1.1 Exámenes macroscópicos generales y mediciones (figura 7)

Durante el periodo comprendido de 2002 a 2003, se examinaron macroscópicamente y se midieron 61 patas de 24 elefantes asiáticos en cautiverio y en semi-cautiverio (5 machos y 19 hembras) y 25 patas de 9 elefantes africanos en cautiverio (1 macho y 8 hembras) en 10 diferentes instituciones. Ver tablas 2 y 3.

Con un elefante africano macho del zoológico de Basel, sólo fue posible dibujar el contorno de una pata delantera y de una trasera en un trozo de plástico. Las patas de los elefantes africanos del Parque Friedrichsfelde del Berlín sólo pudieron observarse macroscópicamente, no fue posible tomar las mediciones.

Los elefantes del orfanato de elefantes de Pinnewala en Sri Lanka, que son semi-salvajes, fueron medidos por el Dr. W. Zenker, veterinario de zoológico del Parque de Schönbrunn en Viena.

**Tabla 2.** Instituciones participantes en el estudio y número de elefantes examinados.

Elefantes asiáticos				Elefantes africanos			
Zoológico	Animales	Machos	Hembras	Zoológico	Animales	Machos	Hembras
Zoológico de Zürich, Suiza	5	1	4	Parque Schönbrunn, Viena, Austria	4		4
Circo Knie, Zoológico Rapperswil, Suiza	4		4	Zoológico de Basel, Suiza	6	2	4
Stuttgart, Wilhelma, Alemania	1		1	Parque Friedrichsfelde, Berlin, Alemania	3	1	2
Zoológico de Berlin, Alemania	2		2				
Parque Friedrichsfelde, Berlin, Alemania	1		1				
Parque Blijdorp, Róterdam, Holanda	2		2				
Zoológico de Leipzig, Alemania	1		1				
Orfanato de elefantes Pinnewala, Sri Lanka	8	4	4				
Total	24	5	19	Total	13	3	10

Total de elefantes asiáticos y africanos	37	8	29
--	----	---	----



**Tabla 3.** Número y ubicación de las patas medidas y examinadas macroscópicamente.

	Elefantes asiáticos					Elefantes africanos					Total de patas
	MAI	MAD	MPI	MPD	Total	MAI	MAD	MPI	MPD	Total	
Animales	20	12	12	17	61	9	3	5	8	25	86
Machos	2	4	3	3	12	1	1	1	1	4	16
Hembras	18	8	9	14	49	8	2	4	7	21	70

MAI, miembro anterior izquierdo; MAD, miembro anterior derecho; MPI, miembro posterior izquierdo; MPD, miembro posterior derecho

Las edades de los elefantes asiáticos varían desde 1 hasta 63 años de edad. Para los elefantes africanos el rango es menor, de 7 a 45 años de edad. Los diferentes grupos de edades se trataron de manera separada para las mediciones.

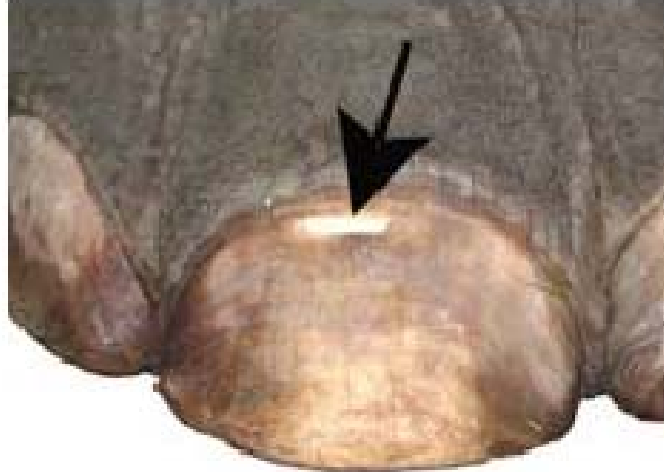
Las mediciones macroscópicas se tomaron como se aprecia en la figura 7. (Las medidas de la parte córnea siempre se refiere a una uña de una pata, generalmente la localizada más centralmente y sólida, tanto de la pata delantera como de la trasera) Además, se investigó sobre los cuidados en cautiverio con ayuda de un cuestionario. De ser necesario, los hallazgos patológicos se anotaron y describieron.

Durante el periodo de estudio, uno de los animales examinados murió (1.0) y sus cuatro patas fueron llevadas al Instituto de Anatomía Veterinaria de la Facultad de la Universidad de Zurich, Suiza, para realizar investigaciones macroscópicas y microscópicas adicionales.

### **5.1.2 Determinación de la tasa de crecimiento del tejido córneo en la pared córnea (uña)**

La tasa de crecimiento de la pared córnea se midió en 12 animales (8 asiáticos y 4 africanos) de cuatro diferentes zoológicos. Esto se hizo realizando una muesca cerca de el borde coronario en una uña de una pata trasera y una delantera, cuando fue posible (véase figura 6).

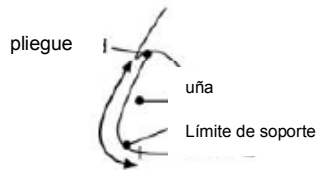
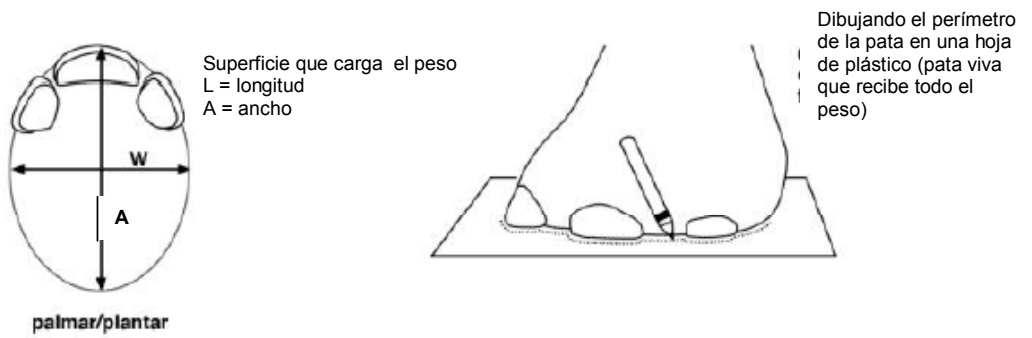
Se observó el movimiento distal del corte y se tomó la medición cada mes mientras fue posible (antes de que desapareciera, por diversas razones) o durante cierto tiempo. Esta muesca se hizo en la uña más grande de la pata, generalmente en la tercera uña de la pata delantera y la segunda de la trasera, siempre y cuando estuvieran libres de alteraciones patológicas. Esta lectura la realizaron los elefanteros o los veterinarios del lugar.



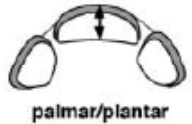
**Figura 6.** Muesca para la medición de la tasa de crecimiento del tejido córneo de la pared córnea de la pata del elefante. Elefante asiático.

### **5.1.3 Exungulación de la cápsula córnea**

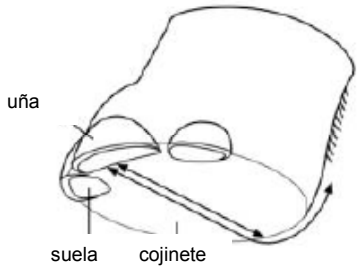
Se exungularon varias cápsulas córneas individuales de diferentes patas, consistentes de la pared córnea y su suela correspondiente y una parte del cojinete, para un examen macroscópico de la constitución de la estructura córnea. Para ello, se colocaron las patas durante una hora en agua a 65°C y luego en agua fría por dos horas. Finalmente se removieron las cápsulas córneas utilizando fórceps. La separación de la exungulación generalmente se lleva a cabo en la capa germinativa de la epidermis. De acuerdo con esto, existe una capa delgada de células epidérmicas remanentes por arriba del corium, que consisten de papilas y láminas (véanse figuras 15a y b).



Pliegue a la mitad del límite de soporte



Longitud de la suela

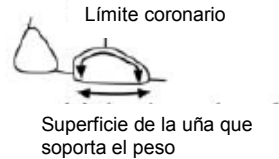


Longitud del cojinete (del extremo de la suela al pelo y al extremo de la superficie de soporte)

Longitud de la pared córnea



Tangente de la pared córnea



Ángulo al centro  
Ángulo inferior



Ángulo de la pared córnea

**Figura 7.** Ubicación de las medidas macroscópicas de las patas de elefantes examinadas.

#### **5.1.4 Comparación de elefantes silvestres y semi-cautivos de ambas especies**

El Dr. W. Zenker, veterinario del zoológico de Schönbrunn, de Viena, proporcionó varias figuras de patas de elefantes silvestres y semi-cautivos que aún vivían en sus países de origen (patas de 8 elefantes asiáticos en semicautiverio en el orfanato de Pinnewala en Sri Lanka, mantenidos en condiciones casi silvestres). El Dr. M. Hofmeyer, científico principal de los Servicios Veterinarios y el Dr. I. Whyte, Gerente del Programa de Grandes Herbívoros del Parque Nacional Kruger en Sudáfrica proporcionaron patas de 10 elefantes africanos del Parque Nacional Kruger, y el Dr. P. Martelli, Director del Departamento de Investigación/Conservación/Veterinaria de los Jardines Zoológicos de Singapore proporcionó patas de 10 elefantes asiáticos de zoológicos en Cambodia y Vietnam.

De estas figuras y de las visitas a diferentes instituciones de elefantes en Sri Lanka (véase capítulo 5.1.5.1), para examinar las patas de 9 elefantes, fue posible comparar la apariencia anatómica macroscópica de las patas de los elefantes en los zoológicos europeos con las de las patas de animales silvestres en condiciones de semicautiverio y cautiverio en Asia que vivían en instituciones en sus países de origen.

#### **5.1.5 Cuidados en cautiverio en las instituciones participantes**

En esta sección, se enlistan en una tabla los cuidados en cautiverio (véase tabla 4). Los datos se colectaron con ayuda de un cuestionario y mediante entrevistas con los trabajadores. Por ello, la lista no corresponde a la del capítulo 5.1.1, pues algunos zoológicos adicionales respondieron al cuestionario. La información sobre las instituciones de elefantes en Sri Lanka se proporciona por separado de la tabla.

##### *5.1.5.1 Visitas a instituciones de elefantes en Sri Lanka*

En 2003 se visitaron varias instituciones con elefantes (Zoológico Nacional Colombo, Orfanato de Elefantes Millenium en Randeniya, Orfanato de Elefantes Kegalla en Pinnewala, Elephant Transit Home (“Elefantes Camino a Casa”) en el Parque Nacional Udawalawe, guiados por el Dr. J. Deepanij. Se recabó información adicional de entrevistas con los veterinarios responsables.

Se consideraron los cuidados en cautiverio y los cuidados a las patas, así como la ocurrencia de cualquier problema de patas, a pesar de que los cuidados en cautiverio no son comparables con las de los zoológicos europeos. Sin embargo, las afirmaciones de los veterinarios de Sri Lanka, que vienen de un país en donde los elefantes viven en libertad y con una larga historia de mantener elefantes como animales domésticos, debe tener algún peso.

Existen cuatro diferentes poblaciones de elefantes: silvestres, en semicautiverio (por ejemplo el Orfanato de Elefantes de Pinnewala), domésticos (elefantes de propietarios privados, principalmente elefantes de templos y elefantes trabajadores) y elefantes de zoológicos. El ambiente de los elefantes en cautiverio consiste principalmente de sustratos naturales o pisos duros como concreto. Los elefantes silvestres o en semicautiverio viven en grupos más grandes con diferentes generaciones emparentadas en ambientes naturales (para los silvestres) y casi naturales (para los semicautivos). Los animales en cautiverio se mantienen en grupos más pequeños o solos. Los animales domesticados se encuentran en un sistema de contacto directo y por tanto bien entrenados por su elefantero (“mahouts”). Cada mahout se hace cargo de un elefante casi las 24 horas al día, incluyendo principalmente el baño del elefante (tallado, cepillado y raspado de todo el cuerpo con

una cáscara de coco) y es responsable de tenerlo en un ambiente higiénico (retirar orina y excremento de donde el elefante permanece y se mueve). Por lo tanto, los elefantes encadenados a un lugar, normalmente están sobre una superficie de madera para mantener sus patas secas y para evitar el contacto con el sustrato contaminado con orina y excremento.

La alimentación de los elefantes en semicautiverio de Sri Lanka consiste de diferentes hojas y cortezas, pastos, croquetas especiales para elefantes (sólo para animales delgados y enfermos), minerales (Ca para cuarteaduras), vitaminas (especialmente vitamina C para sanar heridas).

El pedicure se hace sólo si es necesario y principalmente por los mahouts durante la rutina del baño. Nunca se lima la pared córnea, pero se talla con la concha del coco. El tratamiento, si aún es necesario, se hace a tiempo para evitar mayores problemas.

Debemos mencionar algunos aspectos especiales: primero, el clima en Sri Lanka, que es mucho más húmedo que en Europa, influencia grandemente la calidad de la piel y de la uña. Segundo, existe gran cantidad de opiniones entre los especialistas de elefantes en Sri Lanka de que el tipo de suelo en el que los animales están no es tan importante como cuidarlos: bañarlos, darles el alimento adecuado y retirar orina y excremento. Esto se confirma por el hecho de que los elefantes están encadenados en el mismo lugar durante horas al día sin desarrollar problemas en las patas.

**Tabla 4:** Lista de los zoológicos europeos cuestionados acerca de sus sistemas de cuidados en cautiverio, especialmente en relación con las patas de los elefantes<sup>2</sup>.

Zoo	No. de elefantes	Cuidados en cautiverio (ambiente, enriquecimiento, alimentación <sup>3</sup> )	Encierro interior	Encierro exterior	Pedicure <sup>4</sup>	Aspectos especiales
1	2.4 elefantes africanos	Ambiente: encierros exterior e interior. <b>Enriquecimiento:</b> deambular libre, varias estaciones de alimentación, sustratos naturales en el encierro, ejercicio: caminar, excavar, baño diario, área de baño en lodo, estanque, entrenamiento, mover troncos de árboles, baños de tierra, comer en diferentes horarios y lugares. <b>Alimentación:</b> <u>ramas y hojas</u> , manzanas, pan tostado, <u>pasto</u> o <u>heno</u> , croquetas, bebedero automático.	Piso y paredes con calefacción, asfalto en cuadros, piso de caucho, la superficie tiene pendiente para un buen drenaje.	Arena y pasto, roca falsa cerca del establo, foso de poca pendiente cubierto de concreto. Los elefantes caminan de 3 a 6 km por día pues el encierro es alargado y sin vistas al exterior.	Inspección visual, lavado y cepillado diarios a cada individuo. Pedicure completo cada 3 meses. <b>Equipo:</b> cuchillas inglesas, gubias para madera, escofina.	Usan con frecuencia el baño de lodo, pero no usan el estanque con frecuencia.
2	2.5 elefantes africanos	<b>Ambiente:</b> encierros exterior e interior, encadenados durante la alimentación y el baño. <b>Enriquecimiento:</b> varias estaciones de alimentación, área vasta de diversos tipos de terreno, sustrato parcialmente natural en el encierro, los elefanteros los montan, excavan, baño diario, área de baño de lodo, estanque, entrenamiento, baños de tierra, demostraciones, alimentación en diferentes lugares de ramas y corteza. <b>Alimentación:</b> <u>pala o pasto</u> , pan tostado, <u>heno</u> , <u>ramas y cortezas</u> , <u>croquetas</u> , manzanas, plátanos o calabazas, trigo integral, zanahorias; adición alimiente: tierra de calcio-hidrógeno-fosfato para mejorar el sabor.	Concreto	Concreto, arena, asfalto.	Inspección visual diaria. Pedicure completo cada 3 meses. <b>Equipo:</b> cuchillas inglesas, escofina.	
3	1.5 elefantes asiáticos	<b>Ambiente:</b> <u>encierros exterior e interior</u> , <u>encadenados durante la noche</u> , <u>la alimentación y el baño (cambió después de la remodelación y después de enviar los elefantes a otro lado)</u> . <b>Enriquecimiento:</b> ejercicio: caminar, excavar, baño diario, área de baño de lodo, estanque, entrenamiento, mover troncos de árboles, baños de tierra. <b>Alimentación:</b> <u>heno o pasto</u> , <u>pan tostado</u> , <u>trigo/centeno</u> , manzanas, plátanos, ramas y hojas, croquetas, vegetales, remolacha dulce, sal, vitaminas y calcio.	Establo desde el verano de 2003, el piso con calefacción, también desde 2003.	Arena, concreto, roca falsa.	Inspección visual diaria, cepillado diario de patas en caso necesario. Pedicure cada 4 meses y cada tres a 4 semanas en patas con problemas. <b>Equipo:</b> cuchillas inglesas, escofina, equipo eléctrico.	Cambio de los cuidados en cautiverio durante el estudio (alimentación y superficie del encierro interior) y según el personal hubo mejoría en la salud de las patas.

<sup>2</sup> El autor no verificó si las respuestas a los cuestionarios sobre los cuidados en cautiverio presentan una figura verdadera y real.

<sup>3</sup> Se subrayan los artículos que constituyen la mayor porción de la alimentación.

Tabla 4. Continuación.

Zoo	No. de elefantes	Cuidados en cautiverio (ambiente, enriquecimiento, alimentación <sup>5</sup> )	Encierro interior	Encierro exterior	Pedicure <sup>4</sup>	Aspectos especiales
4	0.11 elefantes asiáticos	<b>Ambiente:</b> encierros exterior e interior, encadenados durante la noche, posibilidad de caminar por regaderas y arroyos, área vasta con diferentes tipos de terreno. <b>Enriquecimiento:</b> deambular libremente, montarlos, caminar, baño diario, estanque, entrenamiento (varias horas al día), mover troncos de árboles, baños de tierra, demostraciones, alimentación en diferentes lugares y horarios. <b>Alimentación:</b> heno o pasto, pan tostado, trigo, centeno, paja, manzanas, plátanos, ramas, maíz.	Ladrillos aislados de concreto.	Arena, pasto, roca artificial, concreto, diferentes sustratos naturales.	Cepillado diario de las patas (cuando hay algún problema). Pedicure cada 3 meses. <b>Equipo:</b> cuchillas inglesas, escofina, en ocasiones equipo eléctrico. Las patas se aceitan para mayor humectación.	El encierro interior para algunos enriquecimientos y es un espacio pequeño, pero se hace mucho entrenamiento.
5	1.7 elefantes asiáticos	<b>Ambiente:</b> encierros exterior e interior, encadenados durante la alimentación, posibilidad de caminar entre regaderas y arroyos <b>Enriquecimiento:</b> excavan, baño diario, área de baño de lodo, estanque, entrenamiento, baños de tierra, alimentación en diferentes horarios y lugares. <b>Alimentación:</b> bebedero automático, heno, pan tostado, paja, ensilaje, manzanas, plátanos, ramas y hojas, concentrados, biotina, croquetas (con mucha vitamina E y otros suplementos vitamínicos y minerales).	Concreto, el piso con calefacción.	Arena; el encierro tiene forma de colina así que los elefantes tienen que caminar mucho para tener una vista de su encierro.	Inspección visual diaria, cepillado de las patas diario de ser necesario. Pedicure cada 4 meses y cada 3 a 4 semanas en patas con problemas. Equipo: cuchillas inglesas, escofina, equipo eléctrico.	Más problemas en las patas con superficies duras; desde que se les da biotina parece que han disminuido los problemas en las patas; todos los elefantes usan los estanques interiores y exteriores.
6	0.4 elefantes asiáticos	<b>Ambiente:</b> encierros exterior e interior. <b>Enriquecimiento:</b> deambular libremente, montarlos (por los elefanteros), caminatas por el zoológico, baño diario, estanque, entrenamiento, mover troncos de árbol, baños de tierra, alimentación en diferentes horarios y lugares. <b>Alimentación:</b> bebedero automático, heno (y pasto en verano), pulpa de remolacha, vegetales mixtos, zanañorias, pan tostado, trigo, centeno, hojuelas de avena, alfalfa, paja, manzanas, plátanos, ramas, concentrados, biotina (durante un año aprox.); la alimentación cambió recientemente: menos pan y concentrados y croquetas en pequeñas cantidades.	El establo desde el verano de 2003, el piso con calefacción también desde 2003.	Arena, concreto, piedras artificiales.	Inspección visual diaria, cepillado de patas diario de ser necesario. Pedicure cada 4 meses y cada 3 o 4 semanas para patas con problemas. Equipo: cuchillas inglesas, escofina, equipo eléctrico.	Cambio de cuidados en cautiverio durante el estudio (alimentación y superficie del encierro interior) y según los trabajadores hay mejoría en la salud de las patas.

<sup>4</sup> La lista del pedicure realizado es uno general, debe adaptarse a cada individuo especialmente la frecuencia del pedicure.

<sup>5</sup> Se subrayan los artículos que constituyen la mayor porción de la alimentación.

<sup>6</sup> La lista del pedicure realizado es uno general, debe adaptarse a cada individuo especialmente la frecuencia del pedicure.

Tabla 4. Continuación.

Zoo	No. de elefantes	Cuidados en cautiverio (ambiente, enriquecimiento, alimentación <sup>7</sup> )	Encierro interior	Encierro exterior	Pedicure <sup>8</sup>	Aspectos especiales
7	1.5 elefantes asiáticos	<b>Ambiente:</b> encierros interior y exterior, encadenados durante el baño, posibilidad de caminar a por regaderas y arroyos, varias estaciones de alimentación. <b>Enriquecimiento:</b> ejercicio, caminar, excavar, baño diario, área de baño de lodo, estanque, entrenamiento, mover troncos de árboles, baños de tierra, alimentación en diferentes horarios y lugares. <b>Alimentación:</b> bebedero automático, heno, (en verano pasto con heno), pajas de avena, pan tostado, vainas de avena, croquetas, manzanas, plátanos, zanahorias, lechuga, pulpa de remolacha, vegetales de raíz, paja, ramas y hojas, mezcla de vitaminas y minerales. La alimentación cambió en 2000: más paja y más movimiento.	Concreto con arena sílica y resina epóxica, el piso con calefacción, con pendiente para un buen drenaje.	Marga, barcia, tierra negra, arena sólo para la superficie superior de cuando en cuando.	Inspección visual diaria. Pedicure cada 2 meses. <b>Equipo:</b> cuchillas inglesas, escofina, lima.	Se sospecha que el balanceo es la causa de cuarteaduras en las uñas externas.
8 <sup>9</sup>	2.4 elefantes asiáticos	<b>Ambiente:</b> encierros interior y exterior, varias estaciones de alimentación, encadenados 1 hr al día durante el baño. <b>Enriquecimiento:</b> ejercicio, baño diario, área de baño de lodo, estanque, entrenamiento, demostraciones, alimentación en diferentes horarios y lugares. <b>Alimentación:</b> bebedero automático, heno o pasto, pan tostado, paja, manzanas, ramas. Un elefante con menos alimento y vitamina E, selenio y biotina. La alimentación cambió recientemente: más hojas y ramas que pan.	Asfalto, tapetes de caucho, el piso con calefacción (parcial).	Concreto, arena, pasto.	Inspección visual diaria, una vez cada segunda semana con un elefante. Pedicure cada 3 meses. No se hace el pedicure del macho en el albergue de ambulante libre. <b>Equipo:</b> cuchillas inglesas, escofina.	
96	1.5 elefantes asiáticos	<b>Ambiente:</b> encierros interior y exterior, pastura. <b>Enriquecimiento:</b> ejercicio, caminar, excavar, baño diario, estanque, baños de tierra. <b>Alimentación:</b> heno o pasto, pan tostado, manzanas, plátanos, ramas, naranjas, zanahorias, col, ele-vite.	Concreto (establo de las hembras), piso de caucho (establo del macho).	Concreto, arena, pasto.	Inspección visual diaria, cepillado de las patas diario. Pedicure en cuanto se detecta algún problema. <b>Equipo:</b> cuchillas inglesas, escofina, cuchillo hobby.	
1010	1.10 elefantes asiáticos	<b>Ambiente:</b> encierros interior y exterior, encadenados durante la noche (algunos elefantes). <b>Enriquecimiento:</b> montar a algunos elefantes, caminar, baño diario, área de baño de lodo, estanque, entrenamiento, mover troncos de árbol. <b>Alimentación:</b> heno o pasto, paja, ramas, alimentación por el público.	Asfalto, tapetes de caucho, el piso con calefacción en algunos establos.	Arena	Inspección visual y limpieza diarias. Pedicure cada 2 meses. <b>Equipo:</b> cuchillas inglesas, escofina.	

<sup>7</sup> Se subrayan los artículos que constituyen la mayor porción de la alimentación.

<sup>8</sup> La lista del pedicure realizado es uno general, debe adaptarse a cada individuo especialmente la frecuencia del pedicure.

<sup>9</sup> Este zoológico no fue visitado, se recibió la información del cuestionario y también enviaron algunas muestras para su análisis.

<sup>10</sup> Este zoológico no fue visitado, pero se recibió la información del cuestionario.



### 5.1.6 Análisis estadístico

Se aplicó estadística descriptiva a los datos de las mediciones anatómicas, se obtuvieron valores de medias con intervalos.

Se realizó análisis estadístico para la tasa de crecimiento del tejido córneo de la uña de los elefantes asiáticos y africanos en cautiverio con el programa de cómputo StatView 5.0<sup>11</sup>. Para realizar comparaciones entre las diferentes especies, se aplicaron las pruebas de T no pareada y la prueba Mann-Whitney. Para realizar comparaciones entre la misma especie se utilizó la prueba de T pareada y la prueba de intervalos de Wilcoxon, así como el análisis de varianza según ANOVA. Las diferencias significativas se tomaron con  $p = 0.05$ .

## 5.2 Investigaciones microscópicas

### 5.2.1 Material histológico

Se colectaron 24 patas (17 de elefante asiático y 7 de africano) de 10 animales cautivos y 4 silvestres (6 machos, 1 hembra, 7 de sexo y edad exacta desconocidos) de 6 diferentes instituciones (véanse tablas 5 y 6).

**Tabla 5.** Cantidad y origen de las patas examinadas y procesadas histológicamente de elefantes asiáticos y africanos muertos.

Elefantes asiáticos					Elefantes africanos				
zoológico	animales	machos	hembras	sin sexar	zoológico	animales	machos	hembras	sin sexar
Zoológico de Zurich, Suiza	2	2			Museo de historia natural, Berlín, Alemania	2			2
Instituto para Investigaciones Zoológicas y de Vida Silvestre (IZW) Berlín, Alemania <sup>1</sup>	2			2	Instituto para Investigaciones Zoológicas y de Vida Silvestre (IZW) Berlín, Alemania <sup>1</sup>	3			3
Zoológico de Basel, Suiza	1		1		Parque Nacional Kriger, Sudáfrica	2	2		
Zoológico de Blijdorp, Róterdam, Holanda	2	2							
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>2</b>		<b>5</b>

Total de elefantes asiáticos y africanos				
--	--	--	--	--

<sup>1</sup> Las patas de diferentes zoológicos europeos y el IZW fueron colectadas para un proyecto suyo.

<sup>11</sup> Instituto, SAS 8602 Wangen, Suiza.

Desafortunadamente, no se conoce ni el sexo ni la edad o el origen de las patas provenientes del Instituto para Investigaciones Zoológicas y de Vida Silvestre de Berlín, ni del Museo de Historia Natural de Berlín (se refieren como “sin sexar” en la tabla 5). Sólo se proporcionó la denominación de africano o asiático.

Por el tamaño de las patas, fue posible determinar que se trataba de patas de animales adultos. Además, con ayuda de diferentes estructuras anatómicas, pudo definirse la orientación de derecha e izquierda y determinarse si se trataba de patas anteriores o posteriores. Las patas provenientes del Museo de Historia Natural de Berlín se originaron de elefantes africanos silvestres.

Las muestras de elefantes africanos del Parque Nacional Kruger, obtenidas en Sudáfrica por el Dr. G. Weissengruber del Departamento de Patología y Anatomía de la Universidad de Medicina Veterinaria en Viena, provenían de dos especímenes silvestres juveniles.

Las edades conocidas de los animales (exclusivamente de elefantes asiáticos) varían de casi 1 hasta 27 años. Los diferentes grupos de edades se trataron por separado en los análisis.

**Tabla 6:** Cantidad y ubicación de las patas examinadas de elefantes africanos y asiáticos muertos.

	Elefantes asiáticos					Elefantes africanos				
	MAI	MAD	MPI	MPD	Total	MAI	MAD	MPI <sup>1</sup>	MPD	Total
Animales	6	3	3	5	17	3	1	3	7	24
Machos	4	3	3	4	14			2	2	16
Hembras				1	1					1
Sin sexar	2				2	3	1	1	5	7

MAI, miembro anterior izquierdo; MAD, miembro anterior derecho; MPI, miembro posterior izquierdo; MPD, miembro posterior derecho.

<sup>1</sup> La cantidad de miembros posteriores izquierdos de un elefante africano consiste de la mezcla de dos elefantes silvestres juveniles machos del Parque Nacional Kruger y de un animal del Instituto para la Investigación Zoológica y de Vida silvestre.

Las patas de los elefantes muertos generalmente se cortaban aproximadamente a la altura de la articulación carpal o tarsal, respectivamente. La mayor parte del material se almacenó congelado a  $-20^{\circ}\text{C}$ , excepto por las patas provenientes del Zoológico de Basel, las cuales se conservaron en formol, y las provenientes del Museo de Historia Natural de Berlín, las cuales se secaron, por lo que sólo permaneció la piel, y se perdió el resto de los tejidos. Las muestras del Parque Nacional Kruger se conservaron en formol.

En dos diferentes zoológicos y un circo (Zoológico de Leipzig, Zoológico de Basel, Zoológico Infantil Rapperswil / Circo Knie) fue posible coleccionar algo de material de tejido córneo en diferentes lugares (frontera coronaria, pared córnea, frontera de soporte de peso, suela y almohadilla) durante el pedicura normal de cuatro hembras. Estas muestras provinieron de uñas con apariencia macroscópica normal y una que mostraba pododermatitis.

Las muestras de tejido córneo del Zoológico de Leipzig fueron organizadas por el Prof. Dr. K. Eulenberger, veterinario del Zoológico de Leipzig. Las edades de los animales eran 35, 42 y 50 años en los elefantes asiáticos y 32 años en el elefante africano en el momento de la colecta. Además, se examinaron 41 cortes histológicos de las patas de dos elefantes asiáticos muertos (un macho adulto y una hembra recién nacida, las cuatro patas de cada animal) y 13 muestras histológicas de tejido córneo de dos animales vivos (dos hembras del mismo zoológico) que habían sido procesadas previamente por el Dr. F. von Houwald.

## **5.2.2 Procesamiento del material histológico**

### *5.2.2.1 Mediciones macroscópicas de la pata*

Las patas se midieron de la misma manera que para las investigaciones macroscópicas (véase capítulo 5.1.1)<sup>12</sup>. Además, se midió el grosor de la epidermis del cojinete (promedio a lo largo de toda la pata) y del cojín digital (altura y ancho<sup>13</sup>). Siempre que fue posible y lógico, se incluyeron estos datos en los resultados de las mediciones macroscópicas. Para reunir estas mediciones adicionales, se cortó cada pata a la mitad utilizando una sierra eléctrica. Esto no se nos permitió con las patas provenientes del Museo de Historia Natural de Berlín, de modo que no fue posible medir todos los parámetros en ellas.

### *5.2.2.2 Sitios de muestreo en las uñas*

Se cortaron 9 y 12 bloques en la sección longitudinal y 9 y 10 bloques en la sección transversal con una sierra eléctrica en diferentes sitios, de 1 cm de grosor longitudinal a través de una uña central que tuviera apariencia macroscópica sana. Estos bloques tenían el tamaño de aproximadamente 1.5 x 1.5 x 1 cm e incluían epidermis, corium y una parte del tejido subcutáneo (en diferentes grados). Los sitios de muestreo fueron en 18 lugares diferentes.

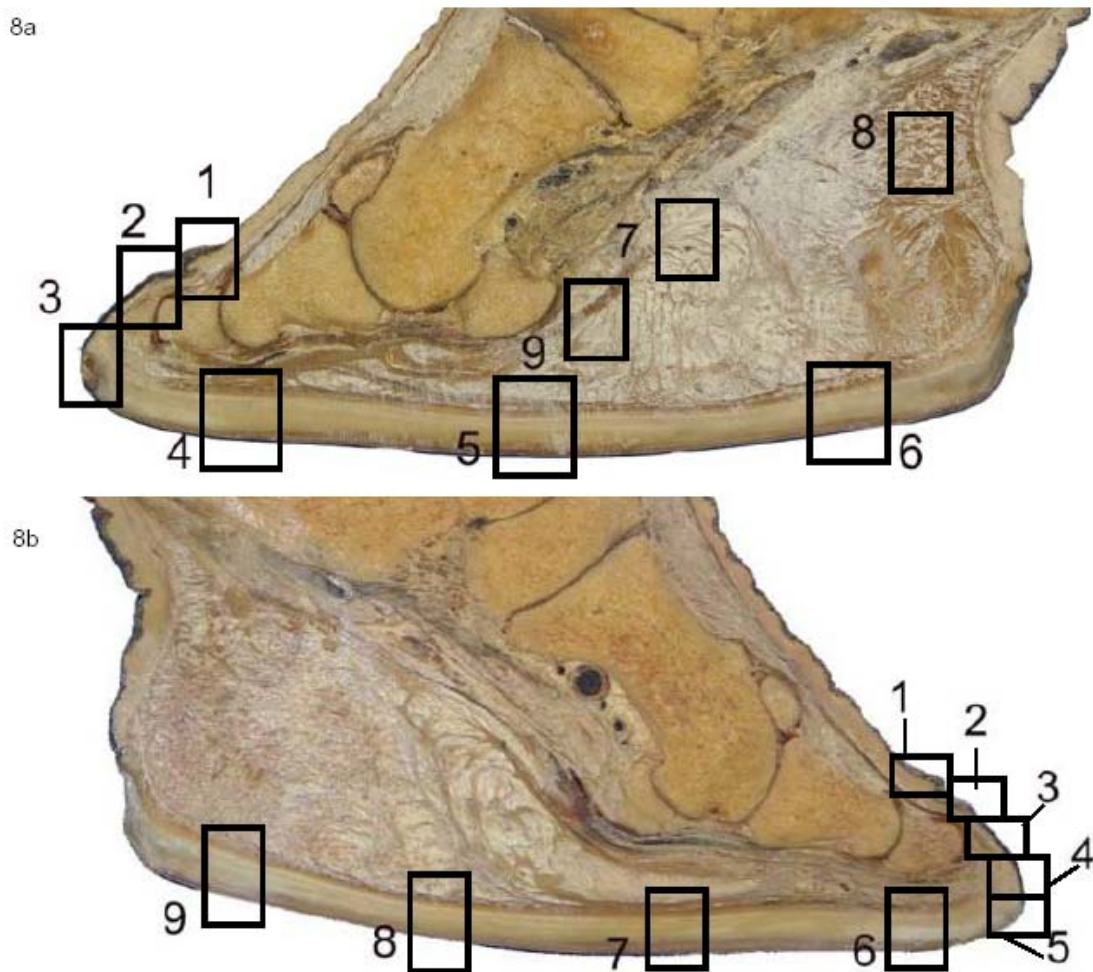
Secciones longitudinales (véase figura 8a): 1-frontera coronaria/perioplo, 2-perioplo<sup>14</sup>, 3-pared córnea, 3-frontera de soporte de peso/suela, 4-apical, 5-parte central de la almohadilla, 6-parte palmar/plantar del cojinete, 7-parte central del cojinete, 8-parte palmar/plantar de la suela, 9-parte apical del cojín digital.

Secciones transversales (véase figura 8b): 1-piel/perioplo/doblez, 2-perioplo, 3-pared córnea, 4 y 5-frontera de soporte de peso, 6-parte apical de la suela, 7-parte apical del cojinete, 8-parte central del cojinete, 9-parte palmar/plantar del cojinete.

Se tomaron 12 bloques más de la sección longitudinal de especímenes adicionales, de la parte central de la pared córnea, en el punto de transición entre el borde de soporte de peso con la suela y de la suela. Se cortaron 10 bloques de la sección transversal en la transición entre el borde de la superficie de soporte de peso y la suela. Los bloques de las patas provenientes del Museo de Historia Natural de Berlín se cortaron con una sierra de diamante, una sierra oscilatoria, un barreno y una caladora.

<sup>12</sup> Las mediciones de la pared córnea siempre se refieren a una uña, generalmente la más céntrica y saludable de las patas anteriores y posteriores.

<sup>13</sup> Se tomaron las dimensiones mayores, horizontal (ancho) y perpendicular (altura).



**Figura 8.** Sitios de muestreo para los cortes histológicos de la pata (véase el texto para la designación de los números, los cortes longitudinales en las figuras son de una pata trasera de un elefante africano macho, y fueron proporcionadas por el Museo de Historia Natural de Basel).

a: cortes longitudinales

b: cortes transversales

### 5.2.2.3 Manejo del espécimen

Los bloques se colocaron en una mezcla al 2.5% de glutaraldehído y 1.3% de formaldehído en una solución buffer de Na/K-P a 0.1 mol, pH 7.2, por al menos dos días y luego se cortaron longitudinal y transversalmente con un grosor de 10  $\mu\text{m}$  en el criostato (Leica CM 3050, cuchilla D) a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Las muestras de grasa se cortaron longitudinalmente con un grosor de 20  $\mu\text{m}$  a  $-32^{\circ}\text{C}$ . Estas últimas fueron montadas directamente en un portaobjetos (Super®Frost). Los bloques de las patas del Museo de Historia Natural de Berlín tuvieron que ser tratadas de manera diferente. Se colocaron en agua al menos por tres días y se cortaron utilizando un cuchillo carbide.

Los cortes de muestras de tejido córneo se fijaron por flotación en hematoxilina y eocina (HE) y tinción Azul Alciano periódico de Schiff ácido (AB-PAS). Los cortes de las muestras de grasa se fijaron con HE y aceite rojo en lugar de AB-PAS. Los cortes teñidos se montaron en gelatina de glicerol. Para cubrir los cortes con el cubreobjetos, los cortes del Museo de Historia Natural de Berlín tuvieron que cargarse con plomo al montarse en gelatina de glicerol debido a que el corte estaba muy tieso y podía circular el aire entre el cubreobjetos y el corte.

HE tiñe el núcleo de azul oscuro y el citoplasma de las células córneas dentro del perioplo y el cojinete de violeta pálido. Las células córneas de otros segmentos tiñeron rosados. Las células que no están cornificadas tiñen en rojo. Las membranas celulares con ligaduras intercelulares no se observan bien y la médula de los túbulos se tiñe de rosado brillante.

AB-PAS tiñe el núcleo de azul oscuro y el citoplasma de las células córneas dentro del perioplo y el segmento del cojinete de azul claro y el tejido córneo coronario, brillante. Las células córneas de otros segmentos se ven color rojo claro. Esta tinción puede conducir a una reacción positiva de PAS, lo que significa que la estructura respectiva se decolora de rojo. Así, las membranas celulares, el material que cubre la membrana intercelular y la membrana basal son PAS-positivas y se tiñen de rojo.

Se examinaron todos los cortes siguiendo el mismo esquema: el tejido subcutáneo primero, luego el corium, la epidermis y las diferentes capas y tipos de células. Finalmente, se describió y anotó cada desviación de la apariencia normal.

En total, se examinaron histológicamente 650 preparaciones. Éstas incluyeron algunos cortes especiales (a veces se cortaron algunos bloques a la mitad o cada décimo corte se tomaba para permitir el desarrollo de estructuras histológicas para ser examinadas).

#### *5.2.2.4 Manejo de las muestras córneas (de las uñas)*

Las muestras de las uñas se congelaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  o se conservaron en formol al 4%. En el laboratorio del Instituto de Anatomía Veterinaria, en la Facultad Vetsuisse de la Universidad de Zurich, se cortaron las muestras y se trataron de la misma manera que los bloques normales de material histológico. Las muestras córneas de animales vivos resultaron en 27 muestras.

#### *5.2.2.5 Exámenes histopatológicos de alteraciones patológicas macroscópicas*

En comparación con las estructuras normales, se examinó microscópicamente una selección de alteraciones patológicas macroscópicas que se presentaron en las patas de algunos elefantes asiáticos que se examinaron microscópicamente (especialmente cuarteaduras de la pared córnea y la suela y "anillos córneos", pero también de algunas alteraciones en la uña que no pudieron definirse exactamente), se procesaron de ubicaciones similares y se trataron de la misma manera que los bloques normales de material histológico. Éstos resultaron en 77 cortes histopatológicos adicionales.

### **5.2.3 Análisis estadístico**

Se aplicó estadística descriptiva a las mediciones histológicas y patológicas y del grosor del tejido córneo en diferentes sitios de las uñas de los elefantes asiáticos y africanos y se obtuvieron valores de las medias con intervalos.

### 5.3 Exámenes de la concentración de biotina en el plasma sanguíneo de elefantes con y sin suplementación de biotina

Se colectaron muestras de sangre de 4 elefantes asiáticos con suplementación de biotina<sup>1</sup> y de 3 elefantes asiáticos sin suplementación de biotina, de dos zoológicos diferentes, para la determinación de la concentración de biotina en el plasma sanguíneo. Ambos zoológicos se involucraron en el resto del estudio, lo que significa que de algunos de sus elefantes se tomaron medidas macroscópicas, se midió la tasa de crecimiento de la uña y se inspeccionaron algunas alteraciones macroscópicas. Un zoológico donó algunas de las patas que tenía almacenadas en su congelador para los exámenes histológicos.

Un zoológico decidió dar biotina a dos de sus elefantes asiáticos debido a los continuos problemas severos de patas durante 13 meses. Uno de los elefantes estaba severamente afectado, especialmente por cuarteaduras horizontales en la uña, fístulas en la suela y mala calidad córnea. Durante 8 meses se suplementó la dieta de ambos elefantes con 75 mg de D-biotina con 12 mg de zinc (“Biotin-Agraria” para caballos de Agraria Pharma GmbH<sup>14</sup>) luego, durante 100 días, 100 mg de D-biotina (“Rovimix®H-2” de Roche Vitamine GmbH<sup>15</sup>) y por dos meses, la misma cantidad de biotina que al principio.

Aparentemente se tomaron muestras de sangre de estos dos elefantes antes de cada cambio de suplementación con biotina. Debe notarse que no fue posible obtener una declaración clara del responsable de si ya se estaba dando la biotina al momento de la colecta de la sangre o cuánto tiempo había pasado entre la suplementación con biotina y el muestreo. De igual forma, no fue claro si los elefantes recibieron la biotina todos los días durante los 13 meses o si hubo interrupciones.

Adicionalmente, se colectó sangre de otros dos elefantes asiáticos del grupo que no se suplementó con biotina para comparar las concentraciones de biotina en su sangre. Después de la última colecta de sangre, el personal decidió suspender la suplementación.

Cierto zoológico (B) proporciona biotina de manera regular a cada uno de sus animales (35 – 50 mg de “biotina al 2%” de Pre-Mervo por día por elefante<sup>16</sup>). Esto se debe a una larga historia de problemas en las patas hace algunos años. Ellos proporcionaron muestras de sangre de dos elefantes de su grupo, una antes y otra durante el tiempo del tratamiento con biotina. Desafortunadamente, una muestra de plasma sin suplemento fue demasiado pequeña para el análisis. De un elefante, se lograron dos muestras diferentes con suplemento. La biotina se proporciona alrededor de las 8 am, una vez al día y la colecta de la sangre se realiza entre 5 y 10 minutos después. En las muestras de plasma se examinó la concentración en sangre de biotina de DSM Nutritional Products, R&D Human Nutrition and Health Analytics (VFHA), registrada como Vitaminas Roche Ltd<sup>17</sup> con el método de Frigg y Brubacher (1976).

Se realizó el análisis estadístico para la determinación de biotina en las muestras de plasma sanguíneo de 6 diferentes elefantes asiáticos, con y sin suplementación, con ayuda del programa de cómputo StatView 5.0<sup>18</sup>. Aquí se aplicaron la prueba Mann-Whitney y el análisis de varianza de ANOVA y las diferencias significativas se tomaron con  $p = 0.05$ .

<sup>1</sup> N del T. Biotina: vitamina soluble en agua, del complejo B.

<sup>14</sup> Agraria Pharma GmbH, Kesseldorfer Str. 116, D-01159 Dresden

<sup>15</sup> Roche Vitamine GmbH, Emil-Barrell-Strasse 3, Postfach 1145, D-79639 Grenzach-Wyhlen

## 6 Resultados

### 6.1 Exámenes macroscópicos de las patas de elefantes asiáticos y africanos en cautiverio

Las mediciones proporcionadas en este capítulo se toman de diferentes elefantes asiáticos (*Elephas maximus spp.*) y africanos (*Loxodonta africana*) de zoológicos y también de patas de ambas especies examinadas histológicamente. No se pudieron diferenciar las subespecies. Los resultados se dividen en hembras, machos y animales jóvenes (véanse capítulos 5.1.1 y 5.2.1). Como ya se mencionó, estos animales varían en edad y en el tamaño de sus patas (véase capítulo 5). Adicionalmente, algunas patas o uñas mostraban ligeros cambios patológicos, lo que influyó en parte las mediciones. Por tanto, las mediciones sólo constituyen una guía. Fueron calculadas con la media aritmética utilizando el método de estadística descriptiva y se proporcionan los intervalos.

Existen algunas divergencias entre los elefantes asiáticos y los africanos concernientes a la apariencia anatómica y a las mediciones de las patas. Estas diferencias serán señaladas en el capítulo correspondiente. Donde la anatomía es congruente, no se tratarán de manera separada. Si no se conocen la edad y el sexo de los elefantes, se tratarán de manera separada las dimensiones de sus patas. Éste es el caso sólo de las patas examinadas histológicamente. Los datos de “hembras” y “jóvenes” sólo se tomaron de elefantes de zoológico. No hay mediciones para elefantes africanos machos, excepto por la circunferencia de una huella.

#### 6.1.1 La pata

La pata u órgano digital (véase figura 9) está compuesta de estructuras internas de soporte rodeadas de piel modificada. Las estructuras de soporte consisten de huesos, tendones y ligamentos. Sus huesos son las falanges digitales y los huesos metacarpal y metatarsal, junto con los huesos sesamoideos. En los dígitos centrales (II, III y IV), están presentes tres falanges, mientras que en los dígitos lateral y medial (I y V), sólo se encuentran dos falanges digitales.

Para mayores detalles concernientes a los huesos y tendones, véase el capítulo 4.5. La piel modificada consiste de varias capas, que se explican en los capítulos 6.1.2 y 6.1.3. La nomenclatura de las descripciones anatómicas se refiere a la *Nomina Anatomica Veterinaria* (1994).

Para tener una idea completa de la anatomía de la pata, debe tomarse en consideración toda la pierna y su posición con el resto del cuerpo. Debido al enorme tamaño del elefante, sus piernas deben cargar un peso masivo y están muy rectas y perpendiculares a la trompa. Parecen columnas (véanse figuras 1 y 2). Están posicionadas bien por debajo del cuerpo de modo que vistas desde atrás se aprecia una forma de pera (véase figura 10).

Las patas traseras se giran parcialmente hacia fuera, especialmente cuando están parados. Éste no es el caso, o si acaso muy ligero, de las patas delanteras. Las patas de los elefantes están especializadas en soportar peso y por lo tanto, dentro de la pata existe un enorme cojín digital que permite al pie absorber toda la masa del animal (véanse figuras 8a, 8b y 13).

<sup>16</sup> Pre-Mervo, Posthus 40248, NL-3504 AJ Utrecht

<sup>17</sup> DSM Nutritional Products, Sample Registration, Bldg. 205/6, R&D Human Nutrition and Health – Analytics

(VFHA), Wurmisweg 576, CH-4303 Kaiseraugst

<sup>18</sup> SAS Institut, 8602 Wangen, Suiza

La circunferencia de las patas delanteras de los elefantes asiáticos (122 a 125 cm en la hembra y 136 a 146 cm en el macho) es generalmente más grande que en las patas traseras (alrededor de 113 cm en la hembra y 127 cm en el macho). En comparación, la circunferencia de las patas delanteras y traseras de los elefantes africanos no varían mucho (para la pata delantera 124 cm en la hembra y alrededor de 149 cm en el macho), véase tabla 7 y figura 7. Los diferentes tamaños de las patas delanteras y traseras corresponden también a las superficies que soportan el peso (véase figura 7). Los machos generalmente tienen patas más grandes que las hembras y los elefantes africanos, ligeramente más grandes que los asiáticos (véase tabla 7). Al mismo tiempo, la forma de las patas delanteras difiere de las traseras (véanse figuras 12d, h, l, p). La pata delantera es redonda y ancha y la trasera es alargada. Además, la pata trasera del elefante africano presenta una forma más angosta porque las uñas se encuentran más juntas unas de otras de modo que en ocasiones no existe un espacio interdigital. De igual forma, la uña central (generalmente la de en medio de tres) de la pata trasera del elefante africano, con frecuencia constituye el punto más delantero de la pata, y las uñas más pequeñas se encuentran a los lados (véanse figuras 12 m a la o).

Las diferencias en los números de uñas (generalmente 5 en la pata delantera y 4 en la trasera del elefante asiático, en contraste con 4 uñas en la pata delantera y 3 en la trasera del elefante africano) se mencionaron en el capítulo 4.5 y también se observaron en este estudio. Las uñas que tocan el suelo cuando el animal está de pie se disponen de forma semicircular dorsalmente a la pata y de hecho muestran tamaño y forma individuales. Con cada animal con sus patas en un estado normal, las uñas lateral y medial de la pata trasera son mucho más pequeñas que aquellas ubicadas dorsal y centralmente (véanse figuras 12a a la p). Entre las uñas, aparece un espacio interdigital, que generalmente se hace más amplio a lo largo de su latitud. Sin embargo, también puede mostrar tamaño y forma individuales y en algunos casos desaparece completamente (véanse figuras 12a a la p).



**Tabla 7.** Mediciones de la superficie que soporta el peso y circunferencias de las patas examinadas (en mm), los intervalos corresponden al método estadístico descriptivo y se dan primero = media aritmética, en paréntesis = mínimo y máximo de las mediciones, n= total de elefantes analizados, H = hembra, M = macho, J = animales jóvenes.

<b>Elefante asiático</b>		
<b>Pata</b>	<b>Superficie que soporta el peso (ancho x largo)</b>	<b>Circunferencias<sup>3</sup></b>
MAI		
H:	337x374, (290-390x330-440), n = 17	1220, (1115-1300), n = 8
M:	400x430, n = 1	1460, n = 1
J <sup>1</sup> :	205x250, (160-250x220-280), n = 2	940, n = 1
MAD		
H:	355.5x385, (320-390x350-410), n = 7	1250, (1120-1300), n = 6
M:	386.5x436.5, (320-490x370-510), n = 3	1360, n = 1
J <sup>1</sup> :	235x260, (200-270x240-280), n = 2	955, n = 1
MPI		
H:	266x397, (234-355x305-430), n = 8	1130 (975-1200), n = 5
M:	292.5x435 (285-300x420-450), n = 2	1270, n = 1
J <sup>1</sup> :	177.5x267.5, (160-195x230-305), n = 2	865, n = 1
MPD		
H:	169x387.5, (220-370x310-425), n = 14	1135, (1030-1200), n = 9
M:	300x475, (250-350x370-580), n = 2	1275, n = 1
J <sup>2</sup> :	190x310, (1x m, 3y), n = 1	880, n = 1

<b>Elefante africano</b>		
<b>Pata<sup>4</sup></b>	<b>Superficie que soporta el peso (ancho x largo)</b>	<b>Circunferencias<sup>5</sup></b>
MAI		
H:	333.5x375, (300-350x350-395), n = 6	1240, (1105-1330), n = 4
J:	270x330, (260-280x320-340), n = 3	
MAD		
H:	250x380, n = 1	
J:	275x325, (275x 320-330), n = 2	
MPI		
H:	255x445, (250-260x440-450), n = 2	
J:	266.5x388.5 (200-380x370-405), n = 3	
MPD		
H:	254x435 (220-270x410-465), n = 5	1235, (1195-1270), n = 4
J:	211.5x380 (195-220x360-400), n = 3	

Notas:

J<sup>1</sup> = 1 macho (de tres años de edad) y 1 hembra (de un año de edad) para la superficie que soporta el peso y un macho de dos años de edad para las circunferencias.

J<sup>2</sup> = 1 macho de tres años de edad para la superficie que soporta el peso y un macho de dos años de edad para las circunferencias.

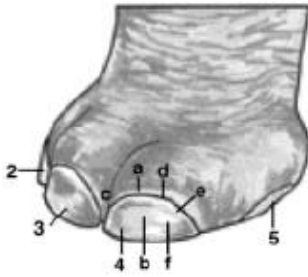
<sup>3</sup> Las mediciones de los machos provienen de patas examinadas histológicamente.

<sup>4</sup> Los elefantes jóvenes tenían 7, 8 y 9 años de edad, de ambos sexos.

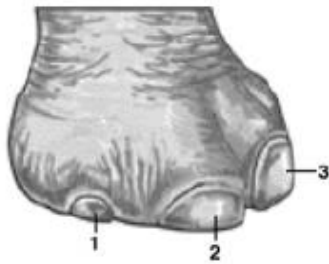
<sup>5</sup> Las circunferencias del macho se tomaron de una huella de un macho de zoológico: la pata delantera de unos 149 cm y la pata trasera de unos 142 cm.

**Elefante asiático**

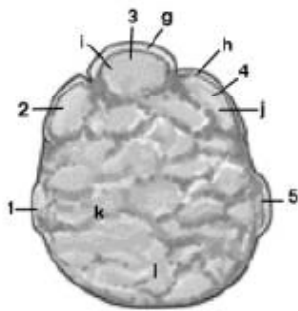
pata delantera izquierda



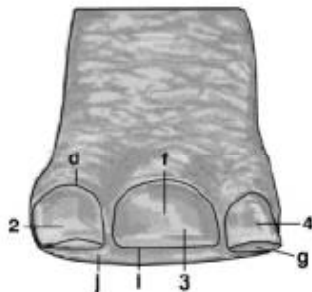
vista lateral



vista media



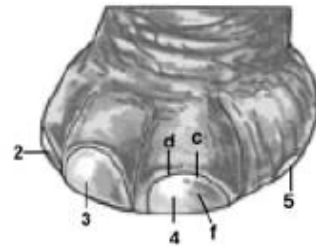
vista plantar



vista apical

**Elefante africano**

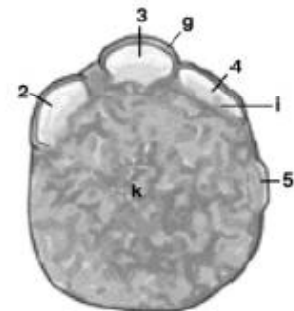
pata delantera izquierda



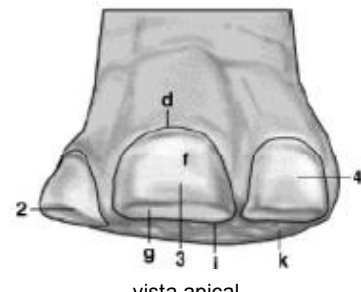
vista lateral



vista media



vista plantar



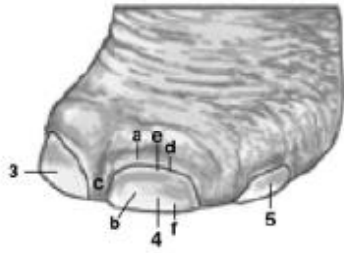
vista apical

- 1 Dígito I
- 2 Dígito II
- 3 Dígito III
- 4 Dígito IV
- 5 Dígito V
- a Periplo
- b Tejido coronario córneo
- c Espacio interdigital
- d Doblez
- e Borde coronario
- f Uña
- g Borde que soporta el peso
- h Zona blanca
- i Suela
- j Tejido córneo de la suela
- k Cojinete
- l Tejido córneo del cojinete

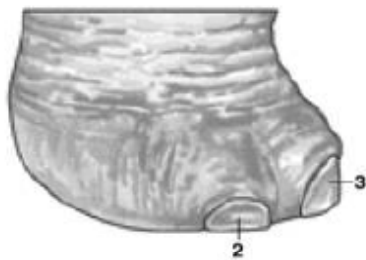
**Figura 9a.** Designación anatómica de la pata delantera de los elefantes.

**Elefante asiático**

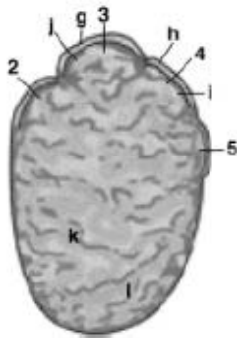
pata trasera izquierda



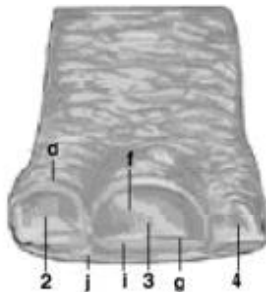
vista lateral



vista media



vista plantar



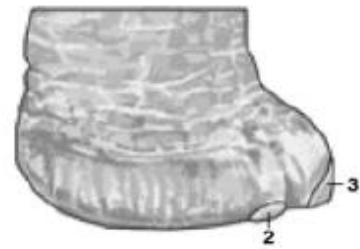
vista apical

**Elefante africano**

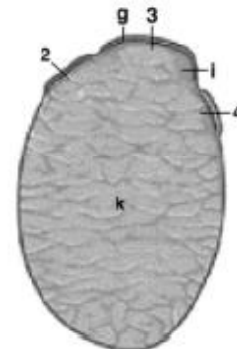
pata trasera izquierda



vista lateral



vista media



vista plantar



vista apical

- 1 Dígito I
- 2 Dígito II
- 3 Dígito III
- 4 Dígito IV
- 5 Dígito V
- a Periplo
- b Tejido coronario córneo
- c Espacio interdigital
- d Doblez
- e Borde coronario
- f Uña
- g Borde que soporta el peso
- h Zona blanca
- i Suela
- j Tejido córneo de la suela
- k Cojinete
- l Tejido córneo del cojinete

**Figura 9b.** Designación anatómica de la pata trasera de los elefantes.

La superficie que soporta el peso está compuesta del borde que soporta el peso en la uña, la suela y el cojinete (véanse figuras 9a, b, 13 y 14b). Esta parte palmar/plantar de la pata no está curvada, por el contrario, es bastante plana.



**Figura 10.** Vista posterior de un elefante africano.

Debido a las diferencias significativas en la circunferencia y la superficie que soporta el peso entre patas vivas y muertas que han sido congeladas, sólo se consideraron las mediciones de los elefantes de zoológico en la tabla 7, excepto por los datos que se refieren a las circunferencias de las patas de los machos asiáticos, que derivan de patas examinadas histológicamente.

### **6.1.2 La uña**

Las paredes córneas o uñas están formadas en forma de placa, de forma semicircular y describen una forma de media luna (véanse figuras 12 y 16). Las uñas situadas centralmente son más grandes que las ubicadas a los lados, que generalmente sólo alcanzan un tamaño aproximadamente de la mitad de las uñas centrales. La pared córnea es curva en dirección horizontal y longitudinal (véanse figuras 12a a la p). El ángulo que esto produce tiene aproximadamente el mismo valor medio para el elefante asiático ( $72 - 79^\circ$ ) en cada pata, excepto en donde las paredes córneas fueron tan curvas que fue necesario medir dos ángulos (véase tabla 8). El ángulo en las uñas del elefante africano es mayor. Las longitudes de las paredes córneas de las patas delanteras son más largas que en las patas traseras. Los machos tienen paredes córneas más grandes que las hembras. Las uñas de los elefantes africanos son más cortas en tamaño que las de los asiáticos. Sin embargo, la tangente de las paredes córneas en la tabla 8 es más o menos igual para todas las patas, aunque generalmente más grandes en los machos y en los elefantes asiáticos. Como un aspecto especial, la pared córnea también tiene un doblez visible macroscópicamente y llega alrededor de la forma de media luna del borde de la uña (véanse figuras 14a – b). La mayoría de las uñas están pigmentadas o al menos muestran alguna pigmentación. En el lado palmar/plantar de la pared córnea, aparece una zona blanca, parcialmente acanalada a lo largo de diferentes estructuras

microscópicas (véase capítulo 6.3.3.2 y figuras 9, 11, 15b). A cada uña corresponde una suela que colinda con el borde de soporte del peso (véase capítulo 6.1.2.3). Su tamaño en cada uña varía en la misma proporción que las paredes córneas. A veces cuesta trabajo distinguirla del cojinete y por lo tanto (junto con la uña) se funde completamente con las estructuras del cojinete de modo que ninguna parte de la uña se mueve de manera independiente. La suela prácticamente no tiene pigmentación, especialmente en las patas delanteras y es plana en su superficie. Su forma describe una franja semicircular angosta con su anchura máxima al centro. Como se mencionó antes, la longitud de la suela es difícil de identificar. Algunas veces existe un surco entre la suela y el cojinete (véase figura 11). Por tanto, este segmento sólo puede medirse con precisión en el corte longitudinal de una pata muerta, pues la suela se distingue mejor del cojinete debido a la falta de tejido subcutáneo (véanse figura 18 y capítulo 6.3.4). La longitud de la suela varía entre 20 mm y 65 mm (véase tabla 8).



**Figura 11.** Parte de la superficie que soporta el peso en una pata trasera de un elefante asiático. La flecha muestra un surco entre la suela y el cojinete.

El cojinete representa la superficie de contacto con la base que se une directamente con la suela, pero también, junto con la suela y el borde que soporta el peso, el cojinete conecta a la uña en el espacio interdigital (véanse figuras 12d, e, j, 18 y capítulos 6.1.3.1, 6.1.3.2). El cojinete es una estructura independiente, que no está asociada a ninguna pared córnea como la suela. Generalmente tiene la misma altura que la suela y es pareja sobre toda la pata. La longitud del cojinete es diferente en las patas delanteras y en las traseras, al igual que entre elefantes africanos y asiáticos. Las mediciones son de 316.5 a 371.5 mm en las patas delanteras de los elefantes asiáticos adultos y 341.5 a 360 mm para el elefante africano hembra, y de 350.5 a 396.5 mm para las patas traseras de los asiáticos adultos y 382.5 a 408 mm para la hembra africana (véase tabla 8).

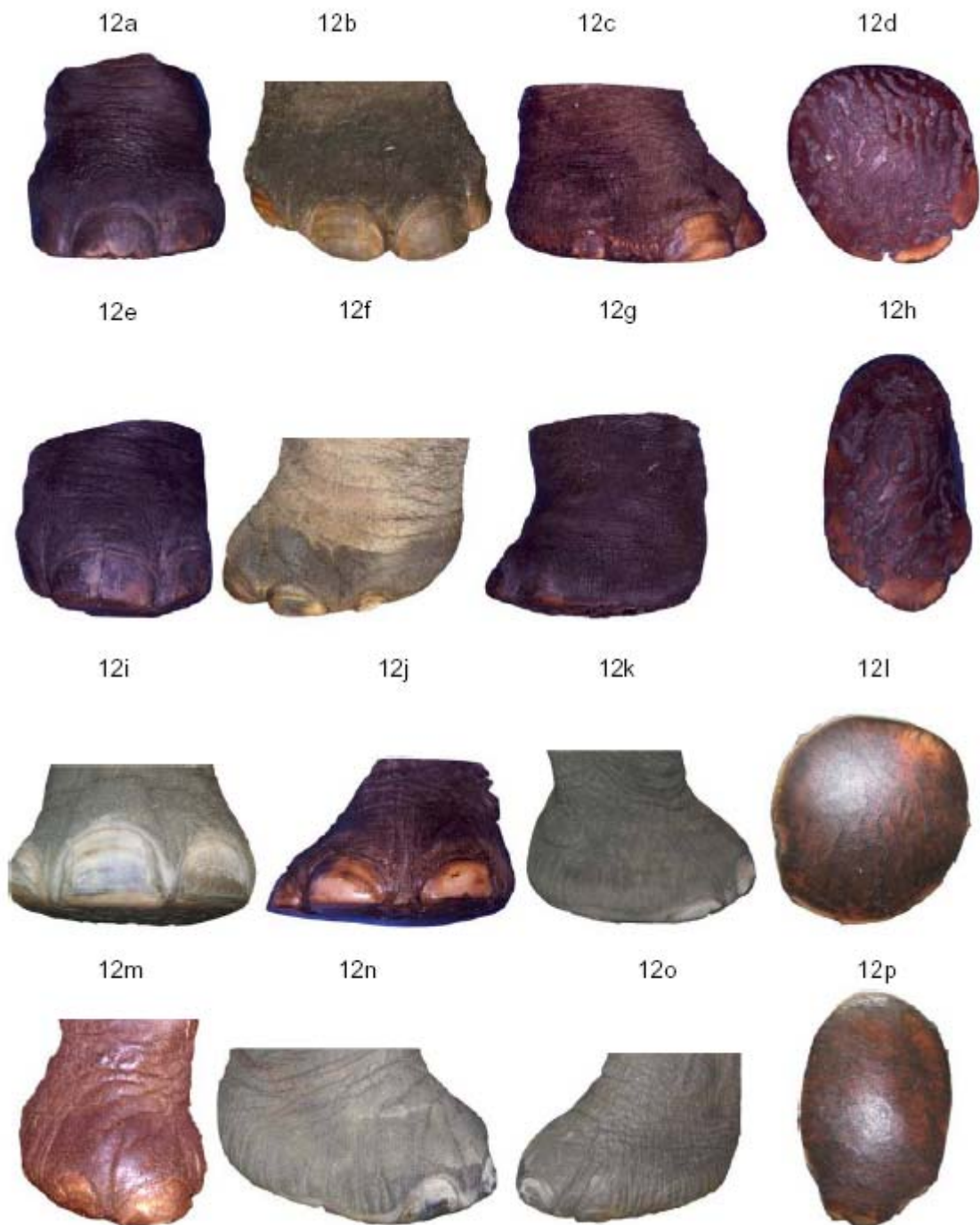
La parte externa del cojinete muestra macroscópicamente, surcos visibles en la superficie, lo que significa que las zanjas se hunden en el tejido córneo del cojinete (véanse figuras 12d, l, p). Estas zanjas pueden alcanzar bastante profundidad o ser casi invisibles, dependiendo del individuo y del tiempo que ha transcurrido desde el

pedicure más reciente. Con el elefante asiático, los surcos están presentes con mayor frecuencia y en general son más profundos. En comparación, son difíciles de encontrar en la superficie del cojinete del elefante africano. Como regla, el elefante africano generalmente tiene un cojinete mucho más liso. En algunas patas traseras, la suela y el cojinete están divididas por una grieta fácilmente visible, como se mencionó en la sección referente a la suela (véase figura 11). Algunas veces, el tejido córneo del cojinete es bastante delgado, especialmente después del pedicure. Contrario a la suela, el cojinete es bastante pigmentado y se siente mucho más suave que el tejido córneo de la suela. Sin embargo, es difícil distinguir los tipos de tejido córneo desde el exterior. Las fisuras en la superficie de patas macroscópicamente sanas pueden considerarse como hallazgos normales.

Debe enfatizarse que la descripción del cojinete en la sección previa sólo indica la apariencia macroscópica de los elefantes cautivos examinados de ambas especies. Esto es importante porque existen algunas diferencias en los cojinetes y otras estructuras entre los animales cautivos y silvestres de ambas especies. Esto se trata más adelante en el capítulo que trata diferencias macroscópicas adicionales entre animales cautivos y silvestres (véase capítulo 6.1.4).

#### 6.1.2.1 Tejido subcutáneo

El tejido subcutáneo consiste de tejido conectivo elástico-fibroso, grasa, nervios y vasos sanguíneos que se encuentra justo por detrás del perioplo, parte del tejido coronario y del corium del cojinete (véanse capítulos 6.3.1 – 6.3.5). Un tejido subcutáneo bien desarrollado (de unos 2 cm de espesor) se encuentra entre el borde coronario y la cápsula articular de las segunda y tercera falanges. Especialmente por debajo de la piel del cojinete, crece el tejido subcutáneo enormemente. Éste llena casi la mitad del espacio interior del órgano digital y se denomina cojín digital o cojín plantar (*Pulvinus digitalis*). Este cojín se extiende desde la parte palmar/plantar de la suela hasta el extremo palmar/plantar de la pata. Ahí alcanza sus mayores dimensiones y tiene la forma de un triángulo recto. El tamaño varía entre la hembra y el macho, pero es parecido entre los elefantes asiáticos y africanos (véase tabla 8 y capítulos 6.3.5 y 6.4.6). Este tejido subcutáneo está limitado por arriba por los huesos de las falanges. Estos huesos por tanto están bien protegidos por el cojín digital. Hacia la parte apical, el tamaño y la altura del cojín digital decrece marcadamente (la distancia entre el corium perpendicular a la articulación de las falanges I y II por arriba, varía de 2.5 a 3.5 cm). Rodeado por tejido conectivo, el cojín digital consiste de tejido muy elástico y gran cantidad de células grasas. El tejido graso se aprecia mucho más blanco en animales más jóvenes e incluso en ocasiones, rojizo. Está cubierto por cordones gruesos de tejido conectivo (*retinacula*) que une el corium al periostio y da la impresión de diferentes compartimentos (véanse figuras 8a – b y 13).



**Figura 12.** Diferentes vistas de las patas delanteras y traseras de diferentes elefantes asiáticos y africanos.

**a – d:** patas delanteras de elefantes asiáticos (a: apical, b: lateral, c: medial, d: palmar)

**e – h:** patas traseras de elefantes asiáticos (e: apical, f: lateral, g: medial, h: plantar)

**i – l:** patas delanteras de elefantes africanos (i: apical, j: lateral, k: medial, l: palmar)

**m – p:** patas traseras de elefantes africanos (m: apical, n: lateral, o: medial, p: plantar).

**Tabla 8a.** Mediciones de las uñas de elefantes asiáticos examinados (en mm)<sup>19</sup>, los intervalos van de acuerdo con el método estadístico descriptivo y son: primero = media aritmética, en paréntesis = mínimo y máximo de las mediciones, n = total de elefantes analizados, H = hembra, M = macho, J = animales jóvenes, S = sexo desconocido, para las patas examinadas histológicamente (véase capítulo 5.2.1).

Elefante asiático				
Pata <sup>1</sup>	Ángulo de la uña <sup>2</sup>	Longitud de la pared córnea	Tangente de la pared córnea <sup>3</sup>	
Anterior izquierda				
H:	72° (64-79), n = 6; 71°/66.5° (59-83/59-72), n = 3	76, (56-95), n = 17	C: 204.5 (170-230), n = 13 / W: 155 (130-190), n = 15	
M:	77°/65°, n = 1	85, (80-90), n = 2	C: 225 / W: 180, n = 1	
J:	72° (70-74), n = 2; 79°/69° (71-87/62-76), n = 2	46.5, (40-55), n = 5	C: 135 (120-155) / W: 105 (90-120), n = 5	
S:	88/67.5° (86-90/66-69), n = 2	80 (75-85), n = 2	C: 212.5 (185-240) / W: 135 (90-180), n = 2	
Anterior derecha				
H:	72° (62-88), n = 4; 73°/69.5° (59-83/69-71), n = 3	78 (70-95), n = 7	C: 224.5 (195-270) / W: 172 (145-220), n = 7	
M:	86°/69°, n = 1	91.5, (85-100), n = 3	C: 280, n = 1 / W: 196.5 (190-210), n = 3	
J:	75° (71-79), n = 2; 88°/72°, n = 1	46.5, (40-55), n = 3	C: 130 (120-150) / W: 101.5 (90-115), n = 3	
Posterior izquierda				
H:	76° (70-84), n = 5	66.5, (60-75), n = 8	C: 203.5 (180-240), n = 6 / W: 151.5 (140-170), n = 7	
M:	72°, n = 1	82.5, (75-90), n = 3	C: 225, n = 1 / W: 165 (160-170), n = 2	
J:	78.5° (78-79), n = 2; 87°/80°, n = 1	42, (25-60), n = 5	C: 138 (105-160) / W: 108 (95-120), n = 5	
Posterior derecha				
H:	79° (68-87), n = 6; 84.5°/72.5° (81-87/70-75), n = 3	64.5, (60-80), n = 15	C: 191.5 (155-225), n = 14 / W: 155 (120-200), n = 15	
M:	79°, n = 1	70, (60-80), n = 3	C: 200, n = 1 / W: 176.5 (140-230), n = 3	
J:	77.5° (74-80), n = 3; 80°/66°, n = 1	41.5, (35-45), n = 4	C: 141.5 (130-150) / W: 110 (100-120), n = 4	

Elefantes asiáticos					
Pata <sup>1</sup>	Doblez al centro del borde de soporte a lo largo de la pared córnea	Longitud de la suela <sup>4</sup>	Longitud del cojinete <sup>5</sup>	Grosor del cojin digital (altura por longitud) <sup>6</sup>	
Anterior izquierda					
H:	88.5, (75-120), n = 16	20-25, n = 1	316.5 (250-370), n = 16	?x350, n = 1	
M:	95, (90-100), n = 2	22.5 (20-28), n = 3	370, n = 1	100.5x183.5, (87-110x170-190), n = 3	
J:	57.5, (50-75), n = 5	45 (20-70), n = 2	221.5 (175-260), n = 4	115x260, (90-140x250-270), n = 2	
S:	90, (85-95), n = 2		360, n = 1		
Anterior derecha					
H:	87, (55-110), n = 7	30, n = 1	325 (270-375), n = 7	?x260, n = 1	
M:	99.5, (85-110), n = 4	21 (17-25), n = 2	371.5 (320-480), n = 4	99x177.5, (88-110x175-180), n = 2	
J:	59.5, (45-75), n = 4		224 (175-260), n = 4		
Posterior izquierda					
H:	79.5, (70-95), n = 8	32, n = 1	350.5 (310-400), n = 8	?x370, n = 1	
M:	94, (90-100), n = 3	21.5 (18-25), n = 2	391.5 (380-400), n = 3	90x235, (80-100x200-270), n = 2	
J:	55, (50-60), n = 3		261 (225-280), n = 4		
Posterior derecha					
H:	80, (63-105), n = 15	20-55, n = 1	351 (310-390), n = 15	135x240, n = 1	
M:	81.5 (70-90), n = 3	25, n = 1	396.5 (340-450), n = 3	170x395, n = 1	
J:	46.5, (35-55), n = 5	26 (25-28), n = 3	255 (220-270), n = 4	93.5x183.5, (90-100x220-245), n = 3	

<sup>19</sup> Las mediciones de la pared córnea siempre se refieren a una uña de una pata adecuada, generalmente la ubicada más centralmente y saludable de las patas delantera y trasera (véase capítulo 5.1.1, 5.2.2.1 y figura 7).



**Tabla 8b.** Mediciones de las uñas examinadas de elefantes africanos (en mm); para la descripción de la tabla véase la tabla 8a.

Elefante africano				
Pata <sup>7</sup>	Ángulo de la uña <sup>2</sup>	Longitud de la pared córnea	Tangente de la pared córnea <sup>3</sup>	Doblez al centro del borde de soporte a lo largo de la pared córnea
Anterior izquierda	83.5°/64°, (76-89/59-75), n = 5 92.5°/76.5° (89->100/71-79), n = 3 73°, n = 1	66, (55-75), n = 6 58.5, (55-60), n = 3 81.5, (80-85), n = 3	C: 171.5 (155-190) / W: 112.5 (100-120), n = 6 C: 163 (150-180) / W: 116.5 (100-150), n = 3 C: 206.5 (200-220) / W: 140 (130-150), n = 3	85, (75-95), n = 6 70, (65-75), n = 3 105, (95-120), n = 3
Anterior derecha	80°/63°, n = 1 82° (76-88), n = 2 68°, n = 1	70, n = 1 60, n = 2 55, n = 1	C: 185 / W: 110, n = 1 C: 155 (150-160) / W: 95 (85-105), n = 2 C: 175 / W: 145, n = 1	95, n = 1 77.5, (75-80), n = 2 65, n = 1
Posterior izquierda	75°, n = 1, >100°/81°, n = 1 79.5° (79-80), n = 3	57.5, (55-60), n = 2 43.5, (40-50), n = 3	C: 170 (160-180) / W: 120 (100-140), n = 2 C: 150 / W: 106.5 (100-120), n = 3	70, (65-75), n = 2 56.5, (45-66), n = 3
Posterior derecha	84.5°/70.5°, (79-89/67-76), n = 3 78.5° (76-80), n = 3 82/75°, n = 1	55, (25-65), n = 5 46.5, (30-60), n = 3 65, n = 1	C: 171 (155-185) / W: 124 (110-160), n = 5 C: 153.5 (145-165) / W: 103.5 (95-120), n = 3	75, (65-85), n = 5 60, (50-65?), n = 3 70, n = 1

Elefantes africanos			
Pata <sup>7</sup>	Longitud de la suela <sup>4</sup>	Longitud del cojinete <sup>5</sup>	Grosor del cojín digital (altura x longitud) <sup>6</sup>
Anterior izquierda		341.5 (280-370), n = 6 276.5 (260-305), n = 3 378.5 (350-410), n = 3	120x320, n = 1
Anterior derecha	36.5, (30-40), n = 3	360, n = 1 265 (250-280), n = 2 310, n = 1	140x235, n = 1
Posterior izquierda	50, n = 1	382.5 (365-400), n = 2 355 (325-380), n = 3	
Posterior derecha	30, (20-40), n = 3	408 (380-435), n = 5 348.5 (325-380), n = 3 345, n = 1	120x310, n = 1

<sup>1</sup> S = sexo y edad desconocidos de patas examinadas histológicamente, pero definitivamente de adultos; los elefantes jóvenes están entre 1, 2 y 3 años de edad y de ambos sexos. <sup>2</sup> El ángulo significa: de la parte inferior de la uña con una medida promedio o cuando la uña es demasiado curva, entonces hay dos mediciones: antes del guión es el ángulo inferior y después del guión el ángulo aproximadamente a la mitad de la uña. <sup>3</sup> Esta medición significa: C = longitud de la uña a lo largo del borde coronario, W = longitud de la uña sobre la superficie que soporta el peso. <sup>4</sup> La longitud de la suela proviene de las patas examinadas histológicamente puesto que es más fácil diferenciar la suela del cojinete por el tejido subcutáneo. <sup>5</sup> Véase capítulo 5.1.1 y 5.2.1. <sup>6</sup> El grosor del cojín digital proviene de las patas examinadas histológicamente, pues las patas tuvieron que ser cortadas longitudinalmente para medir, pero en algunos casos, las mediciones de la altura de los machos no fue posible, pues la pata se cortó demasiado corta. <sup>7</sup> S = Sexo y edad desconocidos de las patas examinadas histológicamente, pero provienen definitivamente de adultos; los elefantes jóvenes tenían 7, 8 y 9 años de edad, de ambos sexos.

### 6.1.2.2 *Corium*

El corium, con sus estratos papilar y reticular, representa la “parte viva” de la uña, pues contiene una gran cantidad de vasos sanguíneos y nervios, y es en consecuencia, muy sensible a cualquier tipo de impulso de dolor. También nutre a la epidermis no vascularizada. Esto sucede a través de un arreglo especial del estrato papilar adyacente a la epidermis. Esta capa crea papilas coriales en cada segmento (véase capítulo 6.1.3), excepto por el segmento de la pared, donde forma láminas. En adición, ambas estructuras (papilas y láminas) incrementan el área de la superficie y la fuerte conexión entre el corium y la epidermis. En la parte distal del segmento coronario, así como en la pared y el segmento de la suela, el corium limita directamente sobre el periostio. El estrato reticular (véanse figuras 13 y 14) está limitado por el tejido subcutáneo y constituye una construcción en forma de telaraña de tejido conectivo (de aprox. 0.8 a 1.5 cm de espesor).

Tanto las papilas como las láminas son visibles macroscópicamente en secciones longitudinales (véanse figuras 14 y 15).

### 6.1.2.3 *Epidermis*

La epidermis es la parte más externa del integumento común y cubre al corium (véanse figuras 8, 13 y 14). De hecho forma la cápsula de la uña de la pata (véanse figuras 15c-e). Está compuesta de una parte suave y una parte cornificada. La parte suave consiste del estrato germinativo (constituido del estrato basal y el estrato espinoso), que son células vivas que se encuentran junto a la dermis. El estrato basal representa una sola capa que está conectada al corium por una membrana basal. En algunas partes de la capa epidérmica existe un estrato granuloso entre el estrato germinativo y córneo. Esta capa sólo se encuentra donde se produce tejido córneo suave (perioplo y cojinete córneo).

La parte córnea de la epidermis está constituida del estrato córneo, que es visible macroscópicamente. Consiste de tejido tubular córneo, es decir, túbulos córneos, y tejido córneo intertubular que se encuentran en el perioplo, corona, suela y cojinete, y de láminas córneas que se observan en la pared. Las láminas córneas son de color brillante. Los túbulos córneos también son reconocibles macroscópicamente (véanse figuras 14a-b).

El estrato córneo de la uña está dividido en diferentes partes: el perioplo, coronario, suela y cojinete, y láminas con tejido córneo terminal (véase capítulo 6.1.3 y figuras 14 y 15). La uña o pared córnea está compuesta de tejido córneo perioplico y coronario, así como de láminas con tejido córneo terminal. La transición de la pared córnea con la piel peluda se denomina borde coronario y el extremo distal de la uña se llama borde del soporte del peso (véase figura 9).

### 6.1.3 Los segmentos de la uña

La uña está dividida en cinco segmentos (véanse figuras 14 y 15). Los segmentos son el perioplo, coronario, pared, suela y cojinete. Cada segmento consiste de corium y epidermis y contiene tejido subcutáneo así como acojinado de permitirsele. El nombre del segmento está relacionado con el lugar de su procedencia y no de su posición. Esto es de gran importancia en sitios en donde se traslapan diferentes capas córneas de diferente origen.

Los segmentos pueden diferenciarse, visualizarse y medirse macroscópicamente mejor en especímenes después que se ha removido la cápsula córnea (los detalles de las mediciones se refieren a animales adultos), véanse figuras 15a-e.

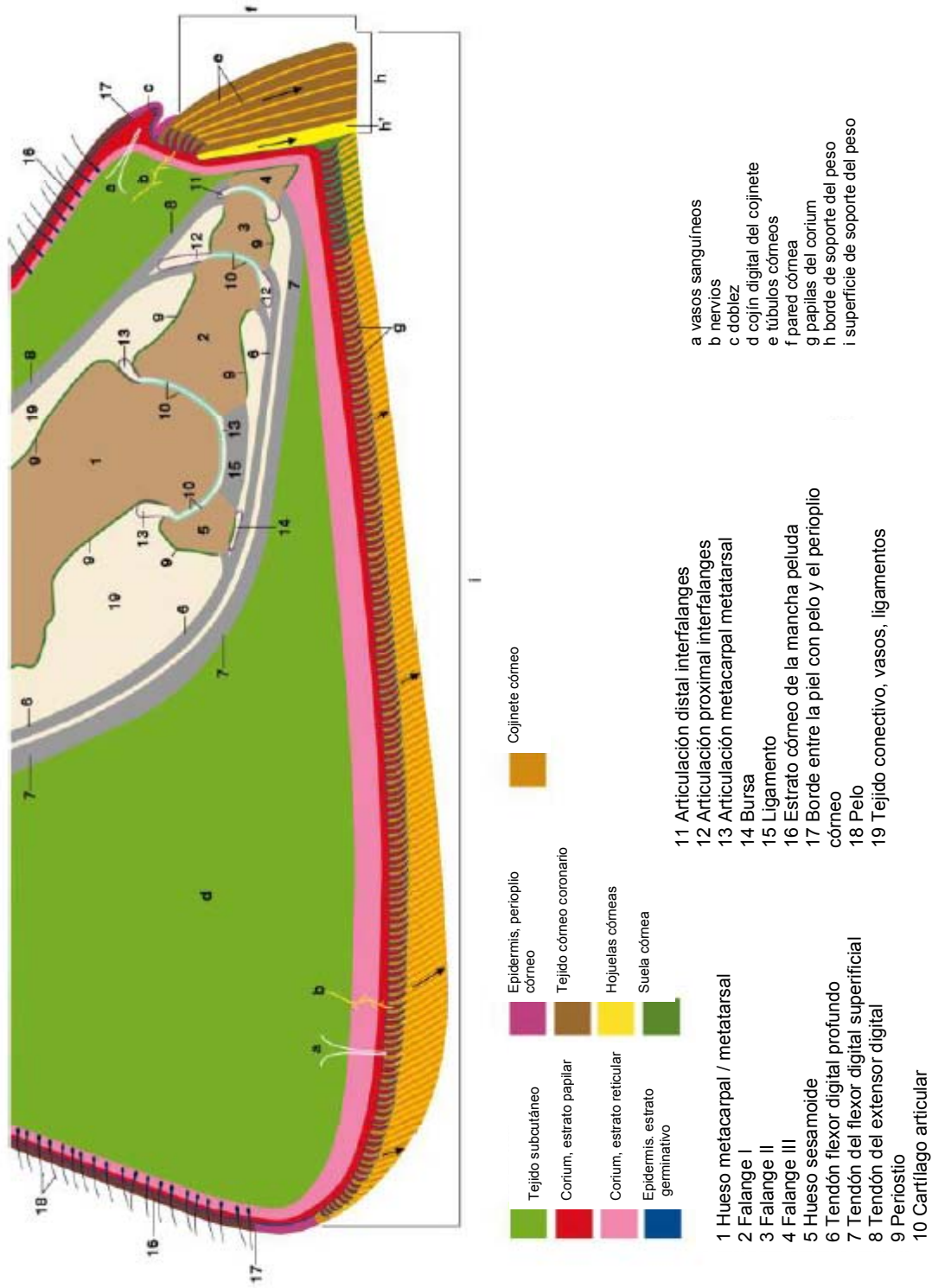
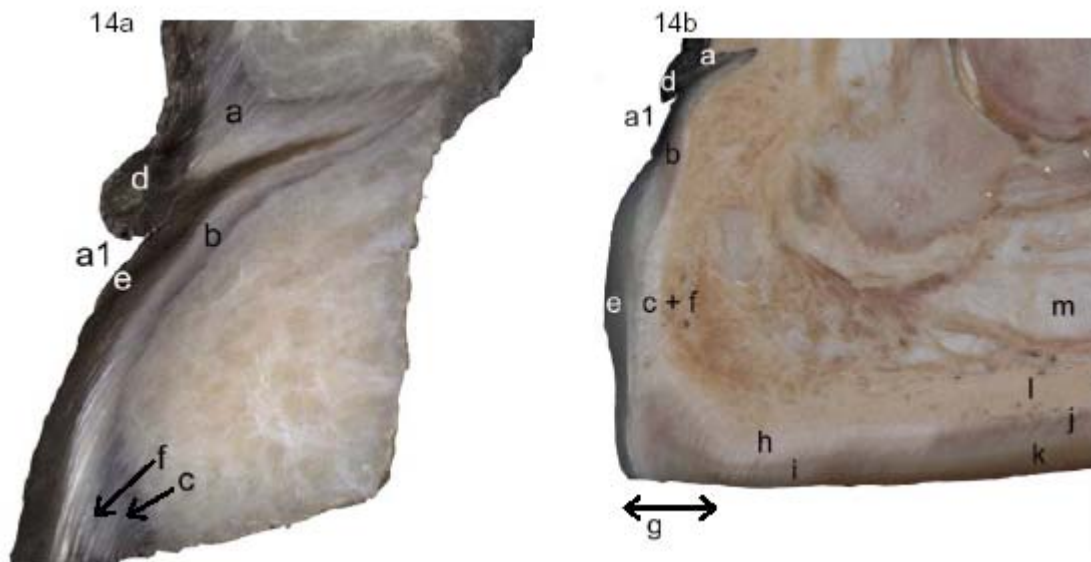


Figura 13. Nomenclatura general de las estructuras internas de la pata de un elefante.



**Figura 14.** Diferentes segmentos de la uña del elefante.

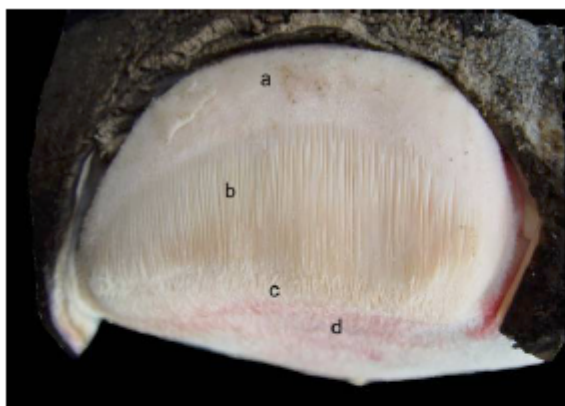
**a.** Corte a través del centro de la pared córnea con el borde coronario y el inicio de la pared córnea de un elefante asiático. **b.** Corte periférico a través de la pared córnea, suela y cojinete de un elefante asiático. a-papilas del segmento perioplico, a1-dobleces, b-papilas del segmento coronario, c-láminas del corium, d-estrato córneo del segmento perioplico (con los túbulos córneos y el tejido córneo intertubular), e-estrato córneo del segmento coronario (con túbulos córneos y tejido córneo intertubular); f-láminas córneas, g-borde de soporte del peso, h-papilas del segmento de la suela, i-estrato córneo del segmento de la suela (con los túbulos córneos y el tejido córneo intertubular), j-papilas del segmento del cojinete, k-estrato córneo del segmento del cojinete (con los túbulos córneos y el tejido córneo intertubular), l-estrato reticular del segmento del cojinete, m-tejido subcutáneo del segmento del cojinete.

#### 6.1.3.1 El segmento perioplico

El segmento perioplico, la parte proximal del integumento de la uña, está junto a la piel peluda y sobre el segmento coronario. Es responsable de la producción del doblez que forma un borde en el corium perioplico que termina en una depresión en el corium coronario y que descansa sobre la superficie de la pared coronaria. Por lo tanto, sólo el perioplio limita el doblez. El doblez sólo se encuentra alrededor de las uñas (véanse figuras 14a-b).

El tejido córneo de este segmento no alcanza el borde de soporte del peso a lo largo de la pared córnea. Sólo se ve en la parte proximal de la pared córnea. En su mayor parte se ve rugoso (véase figura 16). Además, el perioplio córneo no sólo puede verse en el área de la pared córnea, sino también como una transición (se ensancha hasta 1 a 5.5 cm) del cojinete a la piel peluda alrededor de la pata (es decir, en la región interdigital y en el lado palmar/plantar de la pata, véanse figuras 12j y 17). En ocasiones esta área tiene algunas fisuras visibles macroscópicamente.

15a



15b



15c



15d



15 e



**Figura 15.** Vista después de una exungulación artificial de diferentes elefantes asiáticos.

- a. parte del corium de la pared córnea
- b. parte del corium del borde que soporta el peso, suela y cojinete
- c. parte córnea de la pared córnea
- d. parte córnea de la pared córnea, borde del soporte del peso y suela
- e. mitad de la parte córnea de la pared córnea, borde del soporte del peso y suela.

a-segmento coronario, b-pared del segmento, c-parte del corium de la zona blanca, d-segmento de la suela, a1-tejido córneo coronario, b1-láminas córneas, c1-parte córnea de la zona blanca, d1- suela córnea, e1-cojinete córneo, f1-perioplio córneo.

El perioplio córneo está pigmentado. Se ve más brillante que otras capas cornificadas. La distancia del doblez a la articulación interdigital proximal (entre las falanges proximal y media) varía de 2 a 3.5 cm.

### 6.1.3.2 *El segmento coronario*

El segmento coronario está localizado distal al perioplo y también colinda con la pared. La forma del segmento es una línea semi-circular siempre aproximadamente de la misma longitud (2.0 – 2.5 cm y véase figura 15a). Esta línea limita distalmente del lado lateral y medio de la suela, cojinete y región interdigital. Las papilas coriales están ordenadas por debajo del mismo tamaño que el segmento coronario. Así el coronario córneo, similar al perioplo, es empujado distalmente y nuevo material córneo se agrega continuamente a la superficie interna del existente. Por tanto, el ancho del tejido córneo aumenta en el segmento coronario de proximal a distal (véanse figuras 13 y 14a). La capa coronaria es la parte más dura y fuerte de la pared córnea. También está pigmentada.

### 6.1.3.3 *La pared*

El segmento de la pared está adherido al segmento coronario y a la suela. En este segmento, las láminas córneas están conectadas con láminas suaves, que están detrás de las láminas córneas. Las láminas córneas están constituidas por crestas en la transición entre el segmento coronario y la pared. Estas láminas córneas crecen de proximal a distal. Las láminas suaves consisten de corium y una capa germinativa de la epidermis que cubre el corium. Las láminas suaves son más anchas que las córneas. Distalmente, por arriba del borde de soporte, las láminas suaves se dividen en papilas, cuya epidermis que las cubre forma la cubierta córnea terminal, que se encuentra entre las láminas córneas.

En lo que concierne al tamaño de las láminas suaves y las córneas, las láminas más largas están al centro de la media luna (dirigidas próximo-distalmente y de unos 3.5 a 3.8 cm de largo). Se acortan hacia los lados (véanse figuras 15a y c). La pared empieza a unos 2.0 a 3.1 cm por debajo del borde coronario en las patas delanteras de los elefantes asiáticos y 1.0 a 2.5 cm para las patas delanteras de los elefantes africanos, pero sólo a unos 2.0 a 2.5 cm por debajo en las patas traseras de los adultos asiáticos y 1.6 cm para las patas traseras de los elefantes africanos adultos (véase tabla 9).

El ancho distal del segmento mide unos 9.5 cm para el elefante asiático y 11.5 cm para el africano. En la superficie palmar/plantar inferior de la uña, la amplitud del borde de soporte de peso varía de 1.0 a 1.5 cm. La parte de la pared que se une con el borde que soporta el peso se denomina zona blanca. Conecta al tejido córneo coronario con la suela y se forma por la transición de las láminas coriales a las papilas terminales (véanse figuras 14b y 28h), en donde el tejido córneo forma la zona blanca junto con las láminas córneas y la cápsula córnea (véase capítulo 6.3.3.2). Esta zona blanca muestra en algunas partes, algunas barras perpendiculares a la pared córnea. La parte queratinizada de la pared sólo es pequeña y como ya se mencionó, en la parte distal de la pared se forman las láminas córneas, de nuevo, por las papilas terminales. La pared no está pigmentada, pero el tejido córneo terminal sí.

**Tabla 9.** Mediciones de la distancia desde el borde coronario al inicio de la pared de las uñas de elefantes examinados (en mm), véanse figuras 13 y 15a, los rangos van de acuerdo al método de estadística descriptiva y son: primero = media aritmética, en paréntesis = mínimo y máximo de las mediciones, n = total de elefantes analizados, H = hembra, M = macho, J = animales jóvenes, S = sexo desconocido, para las patas examinadas histológicamente (véase capítulo 5.2.1).

<b>Distancia del borde coronario al inicio de la pared<sup>1</sup></b>		
<b>Pata<sup>2</sup></b>	<b>Elefante asiático</b>	<b>Elefante africano</b>
Anterior izquierda		
M:	31, n = 1	
J:	22, (19-25), n = 3	
S:	26, (25-27), n = 2	24.5, (19-30), n = 3
Anterior derecha		
M:	31, n = 1	
J:	21, (20-22), n = 2	
S:		10, n = 1
Posterior izquierda		
M:	25, n = 1	
J:	12 (11-13), n = 2	
Posterior derecha		
H:	20, n = 1	
M:	25, n = 1	
J:	17, (15-19), n = 3	
S:		16, n = 1

<sup>1</sup> La distancia del borde coronario al inicio de la pared se mide al centro del segmento.

<sup>2</sup> S = Sexo y edad desconocidos de patas examinadas histológicamente, pero definitivamente de adultos; los elefantes jóvenes tenían 1, 2 y 3 años de edad y eran sólo machos.

#### 6.1.3.4 La suela

La forma de la suela que se une a la pared por dentro y limita el cojinete ya fue descrita en el capítulo 6.1.2. No existe una línea de transición especial entre la suela y el cojinete, excepto que a algunos animales se les marca un surco en la suela y también por el hecho de que el cojinete difiere en altura con la suela (véanse figura 18 y capítulo 6.1.2). La única forma segura de diferenciarlos es a través de la falta característica de tejido subcutáneo en la suela en comparación con el tejido subcutáneo presente en el cojinete (véanse figuras 13 y 18), lo que significa que el corium limita directamente con el periostio de la tercer falange. Esto sólo puede verse en cortes longitudinales de la pata. El área de la suela alcanza alrededor de 1.5 x 9.0 cm en el elefante asiático y alrededor de 3.0 x 9.5 cm en el africano.

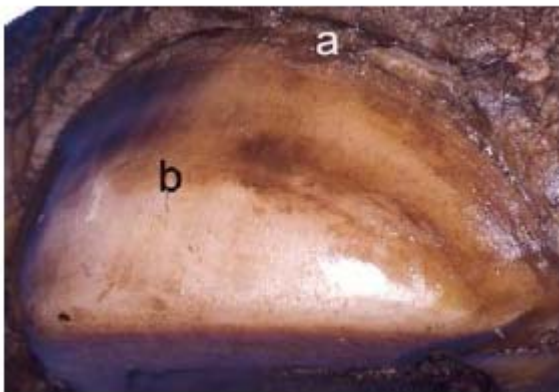
El hecho de que el corium de la pared casi perpendicular se doble, ocasiona que se eleven las papilas coriales de la suela. Se aprecian más largas que aquellas en el cojinete. El tejido córneo de la suela carece de pigmento y, por lo tanto, la suela y el cojinete pueden distinguirse uno del otro en parte por la pigmentación del estrato córneo, y también por el tipo de tejido córneo. El tejido córneo de la suela generalmente es más suave y fuerte que el del cojinete. Los túbulos córneos de la suela también son generalmente más perpendiculares que aquellos en el cojinete. De forma interesante, el grosor del tejido córneo de la suela y del tejido córneo del cojinete fue muy delgado en todas las patas examinadas (véanse figuras 13 y 18). Pero el tejido córneo de la suela contribuye sólo muy poco en la función de soportar el peso.

### 6.1.3.5 El cojinete

El segmento adyacente al cojinete ya se describió en capítulos previos. Lo mismo es válido para la longitud del cojinete y la descripción de su superficie inferior (véase capítulo 6.1.2). La constitución del tejido subcutáneo es el aspecto más significativo en el cojinete. El tejido subcutáneo alcanza su mayor dimensión aquí y asume funciones especiales (véase tabla 8 y capítulo 6.1.2.1).

Las papilas coriales generalmente son más cortas que las de la dermis de la suela. El orden de las papilas es mucho más irregular que en otros segmentos y pueden observarse casi en todas direcciones. Los túbulos córneos que se unen a las papilas coriales no se presentan tampoco en forma perpendicular, generalmente están inclinados sobre un lado y a veces incluso ondulando.

La epidermis del cojinete también tiene sus propias características. El grosor de la epidermis varía muy significativamente dentro del individuo, pero también entre diferentes edades, sexos y especies de elefantes, e incluso también entre las patas (véase tabla 10). Consecuentemente, el estrato córneo también exhibe diferentes grosores de tejido córneo. En ocasiones, el tejido córneo es extremadamente delgado (de aproximadamente 10 mm) en relación con el tamaño y peso del animal (véanse figuras 13 y 18). El estrato germinativo no corre en línea recta, sino de forma corrugada (véanse figuras 8 y 18). Existe pigmentación en las células córneas, que se observa aún más oscura que en otros materiales córneos. Es mucho más suave que el tejido córneo del segmento coronario o la suela y tiene similitudes con el perioplo.



**Figura 16.** Perioplio en la uña de un elefante africano. **a.** Perioplio. **b.** Coronario.



**Figura 17.** El perioplio actúa como una transición entre la piel peluda con el cojinete. **a.** Piel peluda, **b.** Perioplo. **c.** Cojinete. **d.** Pared córnea. **e.** Suela.

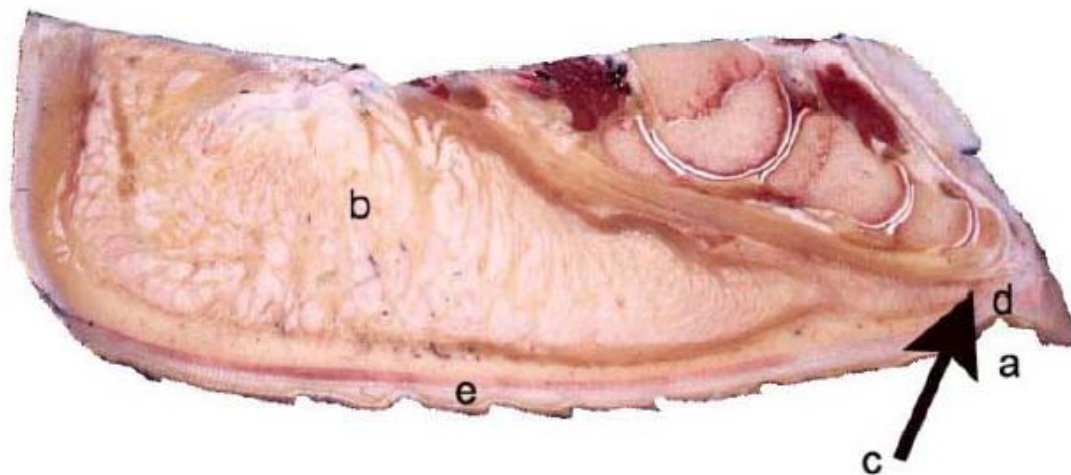


**Tabla 10.** Mediciones del grosor de la epidermis<sup>20</sup> del cojinete de las patas de elefantes examinadas (en mm), los rangos varían de acuerdo con el método de estadística descriptiva y son primero = media aritmética, entre paréntesis = mínimo y máximo de las mediciones, n = número total de elefantes analizados; H = hembra, M = macho, J = animal joven; S = sexo desconocido, de las patas examinadas histológicamente (véase capítulo 5.2.1).

Pata <sup>2</sup>	Grosor de la epidermis del cojinete <sup>1</sup>	
	Elefante asiático	Elefante africano
Anterior izquierda		
M:	13-18, n = 1	
J:	6.5-8.5, (6-7 hasta 8-10), n = 3	
S:	11.5-15, (8-15 hasta 10-20), n = 2	16.5 -22.5, (9-23 hasta 20-26), n = 3
Anterior derecha		
M:	7-18, n = 1	
J:	8-10, n = 2	
S:		10-15, n = 1
Posterior izquierda		
M:	10, n = 1	
J:	7-9.5, (6-8 hasta 8-11), n = 2	
Posterior derecha		
H:	9-11, n = 1	
M:	11-13, n = 1	
J:	6.5-10, (6-7 hasta 8-10), n = 3	
S:		5-10, n = 1

<sup>1</sup> Promedio de la longitud total de la pata.

<sup>2</sup> S = Sexo y edad desconocida de las patas examinadas histológicamente, pero definitivamente provienen de adultos; los animales jóvenes tenían 1, 2 y 3 años de edad y eran sólo machos.



**Figura 18.** Diferenciación de la suela y el cojinete en la pata del elefante, corte longitudinal de la pata de un elefante asiático. a-surco entre suela y cojinete y diferenciación de la altura entre suela y cojinete respectivamente; b-cojín digital y tejido subcutáneo del cojinete; c-inicio del tejido subcutáneo en el cojinete; d-epidermis de la suela; e-epidermis del cojinete.

<sup>20</sup> El grosor de la epidermis del cojinete proviene de patas examinadas histológicamente, pues las patas tenían que ser cortadas longitudinalmente para tomar esta medida. De igual forma, el grosor no es constante a todo lo largo de la pata y por lo tanto se proporciona un rango.

#### **6.1.4 Diferencias macroscópicas entre elefantes en cautiverio y silvestres**

De la evaluación de datos y el examen de animales semi-cautivos y silvestres, pueden apreciarse diferencias obvias entre elefantes africanos cautivos y silvestres. En particular, los animales silvestres tienen más surcos en la superficie inferior de sus cojinetes (véase figura 19). Estos surcos también dan la impresión de que el tejido córneo del cojinete es mucho más grueso en comparación con los elefantes de zoológico, que muestran un tejido córneo más delgado, especialmente después del pedicure. Los surcos en ocasiones pasan a la suela. En elefantes de zoológico, la suela es plana y sólo pueden verse algunos pocos surcos en el cojinete (véanse figuras 12 l y p). Las mismas observaciones sobre el grosor del tejido córneo son válidas para elefantes asiáticos, que generalmente tienen un tejido córneo mucho más fuerte en libertad que en cautiverio. En libertad, el tejido córneo del cojinete desarrolla trozos córneos de forma circular de unos 5 cm de diámetro, que proporcionan mucho más resistencia al ambiente (véase figura 20). Por el contrario, los elefantes asiáticos cautivos muestran surcos parecidos a los de elefantes africanos silvestres, pero menos pronunciados (véanse figuras 12 d y h). Así, esto ilustra la gran diferencia en la anatomía macroscópica y en la superficie de soporte del peso entre parientes silvestres y cautivos de ambas especies (véase capítulo 6.1.2). En resumen, puede decirse que la superficie del cojinete de los elefantes africanos tiene surcos y la de los elefantes asiáticos tiene trozos de tejido córneo en forma de círculos en la superficie inferior de la pata. Además, los elefantes cautivos tienen el tejido córneo mucho más delgado en la superficie de soporte del peso en comparación con sus parientes silvestres. Ninguna de las patas de los animales silvestres mostraban cuarteaduras, fisuras, hoyos o cualquier alteración patológica y se veían mucho más sanas que aquellas de los elefantes en cautiverio (véanse figuras 3, 4, 21 y 23).

Según algunos veterinarios que trabajan con vida silvestre en Sri Lanka y Sudáfrica, los problemas de las patas de elefantes silvestres generalmente están relacionados con traumatismos (penetración por disparo, trampas u objetos puntiagudos sobre el suelo, pero también heridas) y sus consiguientes infecciones. En las patas tanto de elefantes silvestres como cautivos, pueden detectarse grietas en la pared córnea. Por otro lado, no puede apreciarse sobrecrecimiento del perioplo ni de las uñas en los animales silvestres, pero en elefantes asiáticos en semi-cautiverio, se observa hiperqueratosis del perioplo.

La calidad del tejido córneo estimado macroscópicamente de elefantes silvestres se ve bien en todos los segmentos visibles, lo que da la impresión de que el tejido córneo es mucho más resistente, incluso si existen algunas fisuras sobre la superficie del cojinete, pero no se ve suave ni delgado.

#### **6.1.5 Tasa de crecimiento del tejido córneo en las uñas de diferentes elefantes**

Para tener un valor que sirviera como referencia para la tasa de crecimiento de la pared córnea de elefantes asiáticos y africanos, se calculó la tasa de crecimiento córneo en 28 días, haciendo mediciones de 6 elefantes asiáticos y 3 africanos. Las medidas se tomaron en cada elefante durante un periodo. De esto, se calculó la tasa de crecimiento del tejido córneo utilizando un periodo promedio de 28 días para cada animal (véase tabla 11) sobre la base de la distancia de la marca que se desplazó hacia abajo durante este respectivo periodo.

19



20



21



**Figura 19.** Patas delanteras de un elefante africano silvestre del Parque Nacional Kruger en Sudáfrica (foto del Dr. M. Hofmeyer, Parque Nacional Kruger, Sudáfrica).

**Figura 20.** Pata delantera de un elefante asiático en semi-cautiverio del Orfanato de Elefantes Pinnewala en Kegalla, Sri Lanka (foto del Dr. W. Zenker, del Zoológico de Schönbrunn, Viena).

**Figura 21.** Patas delanteras de un elefante asiático en semi-cautiverio del Orfanato de Elefantes Pinnewala en Kegalla, Sri Lanka.

Con los elefantes africanos, la tasa de crecimiento se midió anualmente en dos años consecutivos (2003 y 2004).

Según la prueba de rango de Wilcoxon, la tasa de crecimiento del tejido córneo de todas los datos de mediciones de ambas especies en las uñas de la pata delantera izquierda es significativamente más rápida que en la pata trasera derecha ( $p = 0.0497$ ). Con el análisis de varianza según ANOVA, las diferencias en las tasas de crecimiento de las uñas entre elefantes asiáticos y africanos es significativa ( $p = 0.0246$ ). Esta tasa es 7.0 mm/28 d para el elefante asiático y 5.4 mm/28 d para el elefante africano (véanse tabla 11 y 22a). Con la prueba Mann-Whitney la diferencia en la tasa de crecimiento en las uñas de las patas delanteras de las dos especies es significativa ( $p = 0.0389$ ), con una tasa de crecimiento en el elefante asiático de 7.6 mm/28 días y de 5.9 mm/28 d para el elefante africano (véanse tabla 11 y figura 22b). También puede identificarse una significancia ( $p = 0.0530$ ) para la misma comparación de la tasa de crecimiento de acuerdo con la prueba t no pareada. La prueba Mann-Whitney sugiere una tendencia a un crecimiento más rápido de la pared córnea del elefante asiático en las uñas de las patas traseras ( $p = 0.1824$ ), con una tasa de crecimiento de 6.4 mm/28 d para el elefante asiático y de 4.7 mm/28 d para el elefante africano (véanse tabla 11 y figura 22b).

**Tabla 11.** Tasa de crecimiento del tejido córneo de la pared córnea de 6 elefantes asiáticos y 3 africanos, calculada en 28 días (en mm)<sup>21</sup>; véanse también figuras 22a y b.

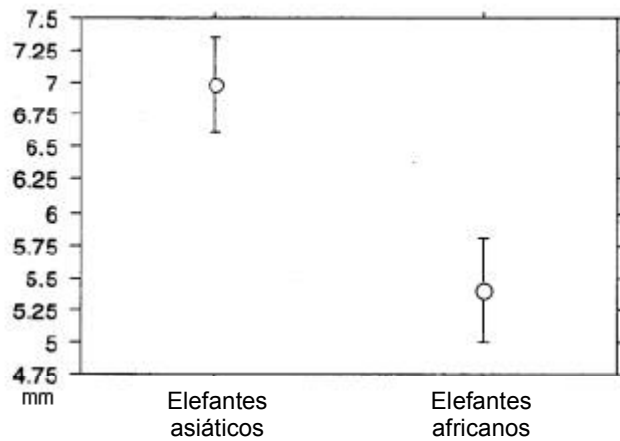
Elefante asiático	Uña delantera izquierda	Uña trasera derecha	Periodo de medición
1	7.8 mm/28 d	5.7 mm/28 d	Junio a noviembre '04
2	8.5 mm/28 d	6.8 mm/28 d	Junio a noviembre '04
3	8.5 mm/28 d	6.8 mm/28 d	Junio a noviembre '04
4	7.9 mm/28 d	6.3 mm/28 d	Junio a noviembre '04
5	5.7 mm/28 d	4.5 mm/28 d	Agosto a diciembre '04
6	6.9 mm/28 d	8.4 mm/28 d	Agosto a diciembre '04
x	7.6 mm/28 d	6.4 mm/28 d	
x	7.0 mm/ 28 d		

Elefante africano	Uña delantera izquierda	Uña trasera derecha	Periodo de medición
1	1° 6.8 mm/28 d		1° agosto a octubre 2003
2	1° 6.1 mm/28 d 2° 4.3 mm/28 d	1° 4.8 mm/28 d 2° 4.8 mm/28 d	1° agosto a diciembre 2003 2° octubre a noviembre '04 uña delantera; junio a noviembre '04 uña trasera
3	1° 6.1 mm/28 d 2° 5.2 mm/28 d	1° 5.0 mm/28 d 2° 4.1 mm/28 d	1° agosto a diciembre '03 2° junio a noviembre '04 uña delantera; julio a noviembre '04 uña trasera
x <sup>18</sup>	5.9 mm/28 d	4.7 mm/28 d	
x <sup>22</sup>	5.4 mm/ 28 d		

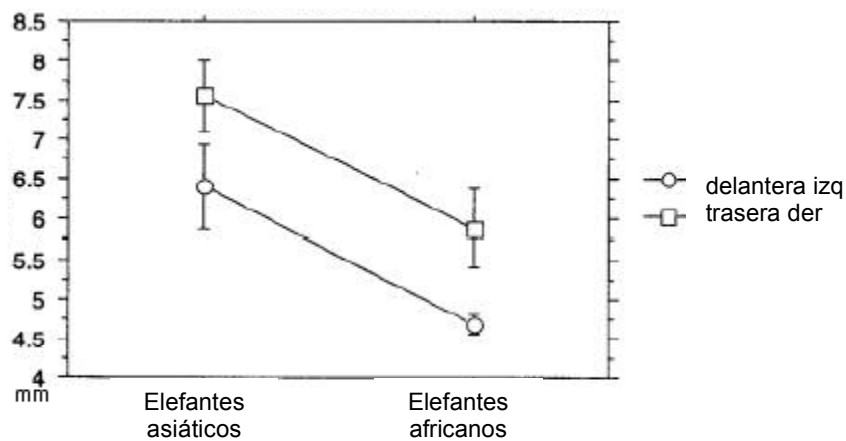
Una tasa de crecimiento medida para un elefante africano divergía de las otras de la misma especie ( $x = 3.6$  mm/28 d para la uña delantera y  $x = 2.5$  mm/28 d para la uña trasera). La persona responsable de realizar las mediciones admitió que no eran correctas y que no eran confiables. Por lo tanto, este elefante no se toma en cuenta para la media.

<sup>21</sup> Los elefantes asiáticos 1 al 4 pertenecen al mismo zoológico, así como los elefantes 5 y 6. Todos los elefantes africanos pertenecen al mismo zoológico. Dos elefantes de un zoológico no fueron incluidos en los cálculos porque las mediciones realizadas no se consideraron confiables o seguras debido a un malentendido (los resultados habían sido 9.6 mm/28 d y 4.8 mm/28 d, respectivamente para una uña situada centralmente de una pata delantera derecha de los dos animales, el periodo de mediciones fue de noviembre '03 a abril '04).

<sup>22</sup> Para los elefantes 2 y 3, el promedio de ambas mediciones se tomó calculando la media.



**Figura 22a.** La tasa de crecimiento del tejido córneo de los elefantes asiáticos (n = 6) y africanos (n = 3, parcialmente medida dos veces), incluyendo los datos de las mediciones de las patas delanteras y traseras. Gráfica de interacciones de líneas (medias y desviaciones estándar); véase también tabla 11.



**Figura 22b.** La tasa de crecimiento del tejido córneo de los elefantes asiáticos (n = 6) y africanos (n = 3, parcialmente medida dos veces) de la pata delantera izquierda y trasera derecha, incluyendo todos los datos tomados. Gráfica de interacciones de línea (medias y desviaciones estándar; véase también tabla 11).

En resumen, puede decirse que las tasas de crecimiento para las uñas de los elefantes asiáticos son más rápidas que en los africanos, y que las uñas de las patas delanteras crecen más rápido que las de las traseras. Además, se comprueba estadísticamente que la tasa de crecimiento del tejido córneo de las uñas de las patas delanteras de los elefantes asiáticos es más rápida que la de los elefantes africanos. Para las diferencias entre las uñas de las patas traseras de ambas especies, puede identificarse una tendencia. Como guía, puede decirse que la pared córnea crece entre 5 y 8 mm en 28 días, dependiendo de la pata y de la especie.

## 6.2 Hallazgos patológicos en diferentes sistemas de cuidados en cautiverio

Los sistemas de cuidados en cautiverio de los zoológicos mencionados en la tabla 4 y el capítulo 5.1.1 se comparan con la ocurrencia de problemas de patas en cada zoológico (véase tabla 12). La información proviene de los cuestionarios, pero también de visitas a la mayoría de los zoológicos. Las notas que se colectaron en Sri Lanka también se incluyen.

Cada desviación del estado anatómico normal se considera una alteración patológica, incluso si no causa dolor o una incapacidad para el animal. Existen algunos hallazgos que se han visto repetidamente en diferentes zoológicos y un circo. En algunas instituciones, se hizo notar el estado de las patas y a pesar de esto, el grado patológico no mejoró notoriamente.

En todas las instituciones se presentan cuarteaduras en la pared córnea, y en todos los zoológicos que albergan elefantes asiáticos, se presentan abscesos en las uñas (véase figura 23). 50% de todos los zoológicos diagnostican abscesos de suela en las patas de sus elefantes e incluso el 50% de los zoológicos con elefantes asiáticos detectan sobre-crecimiento de las uñas (véase figura 4).

En una compilación de todos los hallazgos patológicos de todas las patas de elefantes asiáticos y africanos examinados (lo que incluye a los elefantes que viven en diferentes instituciones y las patas utilizadas para el proceso histológico), de 31 elefantes asiáticos, sólo alrededor de una quinta parte carece de alteraciones. El porcentaje no es mucho más alto para los elefantes africanos.

Las patas traseras izquierdas muestran el mayor número de patas saludables en ambas especies. Sin embargo, el elefante africano tiene menos cambios obvios. La pared córnea de la pata delantera derecha es afectada con cuarteaduras en uno de cada dos elefantes. Éste fue el cambio más común. Las cuarteaduras en la suela no son tan comunes en los elefantes asiáticos y sólo se presentan rara vez en el elefante africano (véase figura 23). Debe notarse que las así llamadas "cuarteaduras en la suela" son en realidad, cuarteaduras en el cojinete. El sobre-crecimiento del perioplo (véase figura 23) es bastante común, especialmente en elefantes asiáticos (13 de 31 en este estudio), pero sólo se ven afectados los adultos.

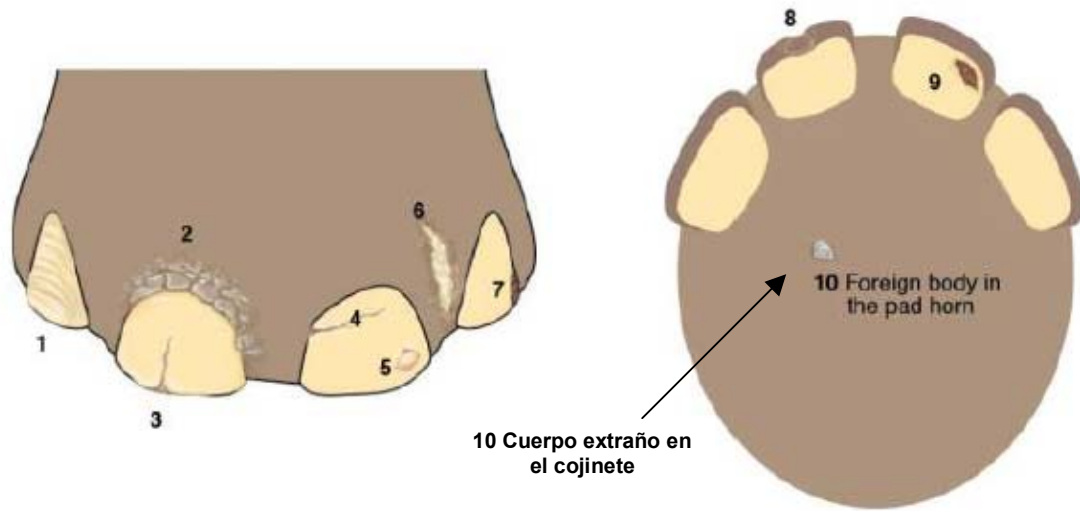
Es imposible concluir de estos datos, si las patas delanteras o las traseras son las que presentan más cambios. Para algunas alteraciones, el porcentaje de ocurrencia en las patas delanteras es mayor que en las traseras de los elefantes asiáticos, pero esto no es válido para los africanos. Las cuarteaduras y grietas o muescas en la pared córnea (véase figura 23) son comunes en las patas de los elefantes africanos, pero el sobre-crecimiento del perioplo (véase figura 23) y de las uñas, son bastante comunes en los elefantes asiáticos.

En el apéndice se presenta un formato utilizado para realizar una revisión práctica de los diferentes problemas en las patas de los elefantes.

**Tabla 12.** Alteraciones patológicas comparadas con diferentes sistemas de cuidados en cautiverio de los zoológicos encuestados y visitados (la tabla se refiere a las tablas 2 y 4 en el capítulo 5.1.1; véanse también figuras 3 a 5 y 23).

Zoológico	Número de elefantes	Ocurrencia de problemas en las patas
1	2.1 elefantes africanos	Abscesos en uñas y suelas, cuarteaduras en uñas, grietas o muescas en las uñas, exungulación de la uña, fístula.
2	2.5 elefantes africanos	Cuarteaduras en uñas, suelas y cojinetes, fisura horizontal, grietas o muescas en las uñas.
3	1.5 elefantes asiáticos	Algunos problemas recurrentes en el mismo elefante; cuarteaduras en uñas, fisuras horizontales, cuerpos extraños, grietas o muescas en las uñas.
4	0.11 elefantes asiáticos	Abscesos en las uñas, perforaciones en uñas y suelas, cuarteaduras en uñas, fisuras horizontales, cuerpos extraños, grietas o muescas en las uñas.
5	1.7 elefantes asiáticos	Abscesos en uñas, cuarteaduras en uñas, sobre-crecimiento en general, exungulación; más problemas en invierno cuando el piso está demasiado seco (cuarteaduras) y con frecuencia el mismo elefante tiene el mismo problema, grietas o muescas en las uñas.
6	0.4 elefantes asiáticos	Cuarteaduras en uñas, abscesos en uñas y suelas, fístula (en una ocasión), sobre-crecimiento, fisuras horizontales con inflamación del corium, grietas o muescas en las uñas, exungulación, perforaciones en uñas y suelas, lesiones interdigitales, doble capa de tejido córneo.
7	1.5 elefantes asiáticos	Los mismos problemas ocurren en diferentes elefantes; panaritium, perforaciones en uñas y suelas, cuarteaduras en uñas y suelas, abscesos de uña (una vez) y suela, fístula, sobre-crecimiento de uñas, cuerpos extraños, exungulación, grietas o muescas en las uñas, doble capa de tejido córneo.
8	2.4 elefantes asiáticos	Los mismos problemas ocurren en el mismo elefante; cuarteaduras en uñas y suelas, perforaciones en uñas y suelas, abscesos en uñas y suelas, inflamación de estructura baja, sobre-crecimiento de uñas, infecciones de uñas, pododermatitis.
9		Los mismos problemas ocurren en el mismo elefante; perforaciones en uñas y suelas, abscesos en uñas y suelas, cuarteaduras en uñas, suelas y cojinetes, fístula. Osteomielitis de la tercera falange y a veces de la segunda también.
10	1.10 elefantes asiáticos	Algunos problemas ocurren en el mismo elefante; abscesos en uñas, cuarteaduras en uñas, enfermedades en las glándulas coronarias.
11		Los problemas en las patas no son comunes, excepto por los elefantes que son propiedad privada (debido a falta de conocimientos y de caminar grandes distancias sobre las calles calientes): los principales problemas son cuarteaduras, infecciones fúngicas alrededor del borde coronario y pododermatitis.

Nota: <sup>1</sup> El número anterior al punto indica los animales machos y el número posterior al punto, los animales hembras.



1 Tejido córneo anillado



2 Sobre-crecimiento del perioplio



3 Cuarteadura en la pared córnea



4 Cuarteadura horizontal en la pared córnea



5 Absceso en la pared córnea



8 Cuarteadura en la pared córnea hasta la suela

6 Fisura en la piel interdigital

7 Fístula en la pared córnea



9 Fístula en suela



**Figura 23.** Esquema y fotografías de las alteraciones patológicas más frecuentes en las patas de los elefantes.



## **6.3 Anatomía microscópica de la estructura normal de la uña del elefante**

Antes que nada debe mencionarse que no siempre es viable cortar las muestras de tejido córneo de diferentes uñas exactamente en el mismo lugar en segmentos particulares, y por lo tanto las mediciones deben tomarse como referencia de estadística descriptiva. Así, la comparación de un sitio en particular entre uñas diferentes puede ser todo un reto.

Otras cosas que deben señalarse: en una pata sana, el estrato basal está separado del corium por una membrana que puede verse con la tinción AB-PAS. También es normal una reacción positiva del tinte AB-PAS en la médula de los túbulos córneos. La capa de tejido córneo generalmente está compuesta de los túbulos córneos provenientes de la epidermis basal entre las papilas. Los túbulos córneos, a su vez, consisten de cortex proveniente de la capa basal junto al ápice de las papilas y de la médula proveniente de las células basales del ápice de las papilas.

Puede considerarse normal encontrar un pequeño número de vacuolas en las células del estrato espinoso o granuloso, en los segmentos perioplico, coronario, terminal, de la suela y del cojinete, pero muchas ya son patológicas (véase capítulo 6.4). Las diferencias entre las dos especies de elefantes (de haberlas) se mencionan en donde sea pertinente.

### **6.3.1 El segmento perioplico**

El perioplo rodea la piel, la corona y el espacio interdigital, así como la región palmar/plantar del cojinete (véanse capítulos 6.1.3.1, 6.3.2 y 6.3.5). El perioplo tiene un ancho promedio de unos 3.2 mm y una longitud promedio de 6.3 mm. Crea un dobléz al girarse sobre sí y descansar sobre sí mismo del otro lado (véase figura 24). Las papilas y la capa de tejido córneo llegan hasta el dobléz y se unen al segmento coronario después del dobléz.

#### **6.3.1.1 Tejido subcutáneo**

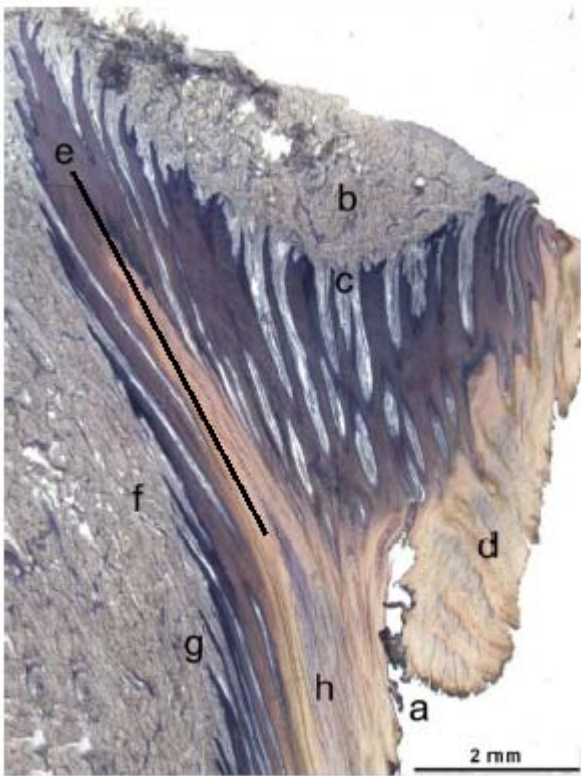
El tejido subcutáneo del perioplo rodea las estructuras inferiores de la uña. El tejido conectivo se presenta como una formación apretada (véase figura 24). Las fibras se entrecruzan. Existe gran cantidad de tejido adiposo por debajo del subcutáneo.

#### **6.3.1.2 Corium**

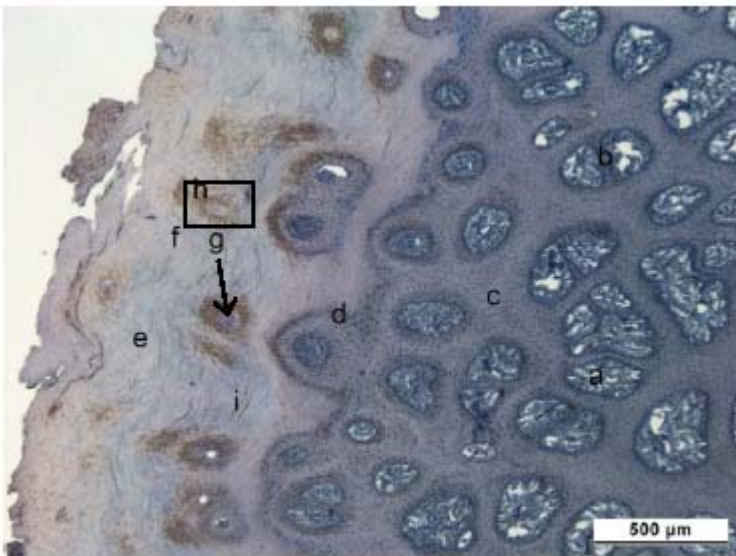
Los estratos reticular y papilar tienen un tejido conectivo menos denso que el tejido subcutáneo, especialmente el estrato papilar. Éste forma papilas. Su base (de 290 µm de ancho aproximadamente) se encuentra vertical y oblicuo sobre el estrato reticular. La longitud de las papilas varía de 1.5 a 3.6 mm y terminan en un ápice. Algunas alcanzan el estrato córneo en su parte superior. Hacia el dobléz, las papilas se doblan en su extremo distal. Las papilas la pata del elefante africano se ven más largas y angostas que en la pata del asiático.

Algunas papilas proximales son más grandes que las que se encuentran distalmente (esto significa que no todas las papilas son como éstas y que hay algunas papilas que se aprecian normales incluso en la parte proximal), y las cercanas están subdivididas por cordones que provienen de la epidermis y que consisten del estrato germinativo. Como consecuencia, surgen papilas más pequeñas de las papilas proximales y constituyen una formación (véanse figuras 25 y 26) en donde la papila central es más grande que las que la rodean.

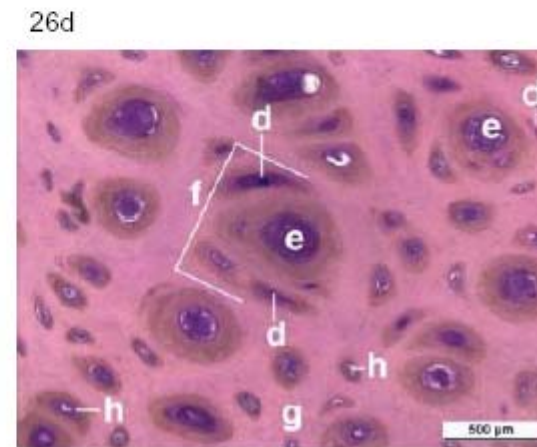
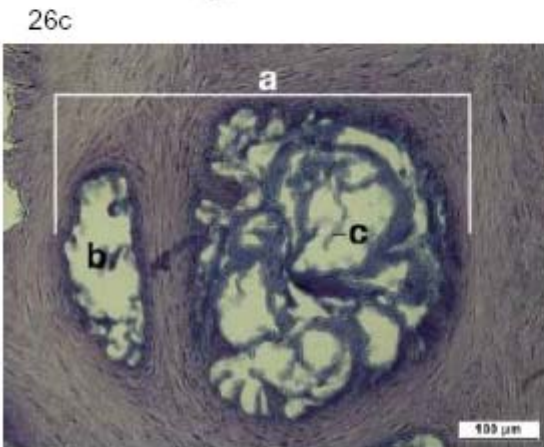
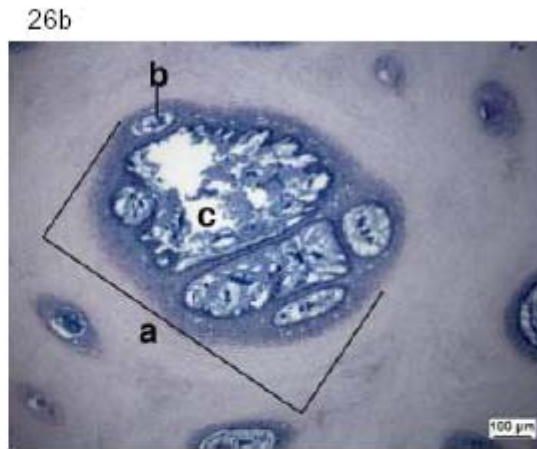
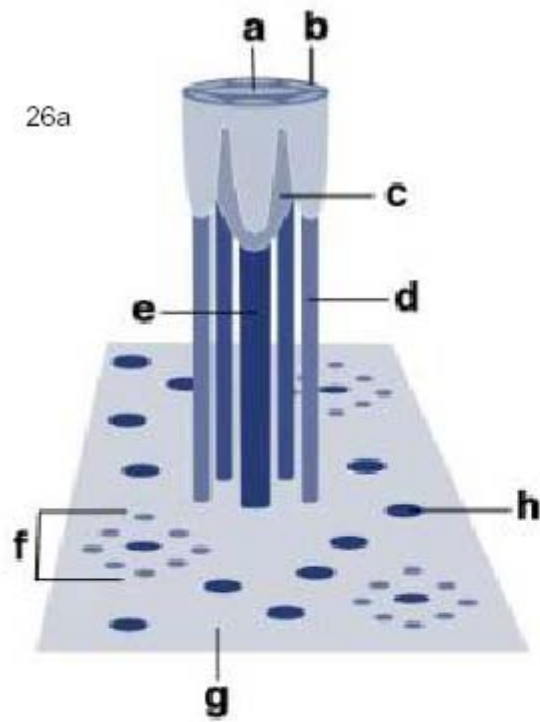
Los túbulos córneos continúan con esta formación, pero al igual que con las papilas, también hay túbulos córneos normales que no se encuentran en formación de grupo. La misma constitución se encuentra en la corona, en la suela y en el cojinete.



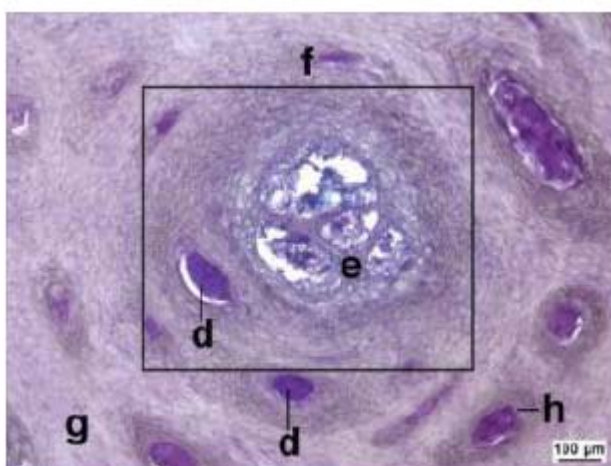
**Figura 24.** Corte longitudinal a través del perioplo y la parte proximal de la pared córnea de un elefante asiático, teñido con HE.  
 a-doblez, b-d: perioplo, b-estrato reticular, c-estrato papilar, d-estrato córneo, e-transición del perioplo a la corona, f-h: corona, f-estrato reticular, g-estrato papilar, h-estrato córneo.



**Figura 25.** Corte transversal del perioplo de un elefante asiático, teñido con AB-PAS.  
 a-estrato papilar, b-papilas como resultado de una papila subdividida por cordones que provienen de la epidermis, c-estrato espinoso, d-estrato granuloso, e-tejido córneo intertubular, f-túbulo córneo, g-médula del túbulo córneo, h-células corticales del túbulo córneo, i-micro cuarteaduras en el tejido córneo intertubular.



26e



**Figura 26.** Formación especial de algunas papilas y túbulos córneos en los segmentos del perioplio, coronario, de la suela y el cojinete (b-e: cortes transversales de elefantes asiáticos, con tinción AB-PAS).  
a: esquema de la formación especial  
b: parte proximal del segmento de la suela  
c: parte proximal del segmento del cojinete  
d: parte distal del tejido córneo de la suela  
e: parte distal del tejido córneo de la suela  
a-papila proximal subdividida en cordones, b-papila pequeña, c-papila grande, e-túbulo córneo grande en el centro, f-formación de grupo, g-tejido córneo intertubular, h-túbulo córneo normal en el estrato córneo.

### 6.3.1.3 *Epidermis*

La epidermis del perioplo consiste del estrato germinativo, el estrato granuloso y el estrato córneo. La capa germinativa va de 1.2 a 2.0 mm. El estrato basal es más oscuro que las células del estrato espinoso; el estrato granuloso se presenta como una transición con el estrato córneo. Este estrato granuloso (véase figura 25) consiste de varias capas de células entre las papilas, pero es una capa doble o triple en el ápice de las papilas. La última capa sigue al estrato córneo (1.0 a 1.9 mm). Está constituida de túbulos córneos y tejido córneo intertubular teñido de azul (véase figura 25). Los túbulos córneos se cortan parcialmente a lo largo y parcialmente transversal en las secciones longitudinal y transversal. Su curso no es perpendicular a la superficie de la uña. El ancho de un túbulo es de alrededor de 140 a 260  $\mu\text{m}$ . Los túbulos de mayor diámetro y la médula más ancha se encuentran en la región del doblez. Las células corticales están delimitadas por las células córneas intertubulares, que están teñidas de un color azuloso. La médula consiste de células que rebasan el ápice de las papilas del material decadente de las células corticales. En el corte longitudinal, las células corticales y las córneas intertubulares se observan a lo largo en forma elíptica, lo que significa que los túbulos son planos y ovales con el diámetro mayor paralelo a la superficie, pero las células corticales son poligonales en el corte transversal. Por lo tanto, tienen una forma de huso (tipo 2, Bolliger y Geyer, 1992). Además, están pigmentadas.

El perioplo alcanza una longitud de aproximadamente 9.0 mm (hubo una excepción en una uña de elefante africano, donde la longitud fue de 16.5 mm) y una profundidad de 0.5 a 1.5 mm a lo largo de la corona, medido desde abajo del doblez. En corte por debajo del doblez no se encontraron túbulos. Es normal encontrar algunas microfisuras transversas en el estrato córneo localizado en el tejido córneo intertubular.

### 6.3.2 La corona

El segmento coronario se encuentra entre el perioplo y la pared (véanse capítulos 6.1.3.2, 6.3.1 y 6.3.3). La demarcación entre el segmento coronario y el perioplo es simple debido a la existencia de un estrato granuloso, la tinción azulosa del tejido córneo intertubular y la multitud de cuarteaduras en el tejido córneo del perioplo.

De acuerdo con las mediciones microscópicas, la longitud promedio de este segmento varía de 1.5 a 3.0 cm. En la parte proximal, el ancho promedio es de 2.4 mm (incluyendo la epidermis y el corium) y en la parte donde termina la formación de las papilas, se mide ordinariamente un ancho de 4.4 mm).

La transición entre el segmento coronario y los segmentos contiguos sucede sin ninguna indicación (véase figura 24).

#### 6.3.2.1 *Tejido subcutáneo*

El tejido subcutáneo sólo está presente en la región proximal del segmento coronario, pero ahí, es distinto. En el resto, sus características son similares a las del tejido subcutáneo del perioplo (véase capítulo 6.3.1.1).

#### 6.3.2.2 *Corium*

Al igual que con el segmento del perioplo, el corium consiste de un estrato papilar y un estrato reticular. El estrato reticular está empacada con tejido conectivo denso. El curso de las fibras de este tejido también es cruzado, como en el tejido subcutáneo. El tejido conectivo del estrato papilar es más suelto. Las papilas están orientadas distalmente, pero su base es perpendicular al estrato reticular. Por tanto, las papilas están inclinadas, pero con pendiente hacia abajo, hacia la región de las láminas (véase figura 27a).

Las papilas son más anchas (en el corte transversal generalmente de forma oval a elíptica, 0.5 a 1.0 mm, pero la forma y el tamaño pueden variar), y también más largas (hasta 4.0 mm proximalmente y 1.9 a 2.5 mm distalmente, es decir, cerca de las láminas) que en el perioplo.

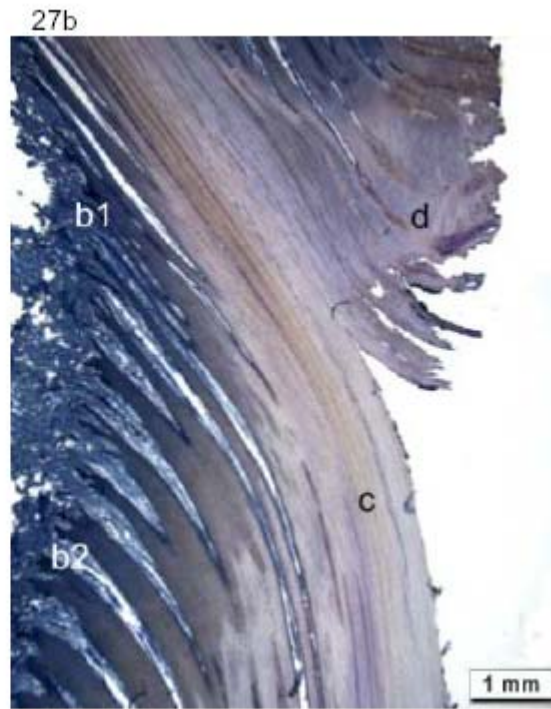
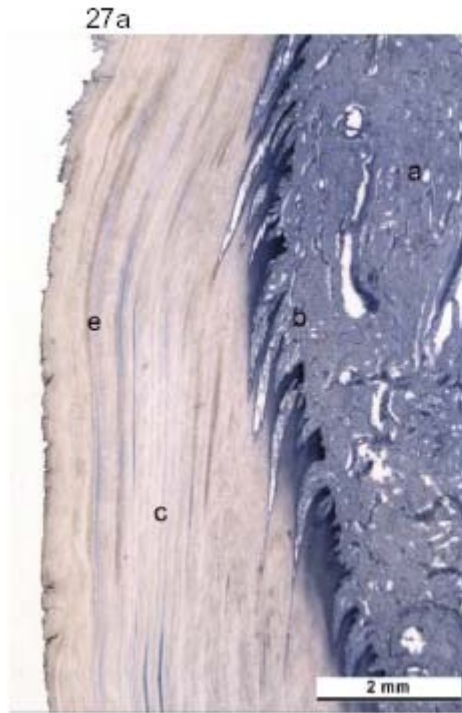
Las papilas no llegan lejos distalmente y están graduadas, lo que significa que están ordenadas una bajo la otra de proximal a distal. Todas tienen aproximadamente la misma longitud. Esto da la apariencia de regularidad (véase figura 27a). En lo alto del doblez, las papilas no sólo se extienden verticalmente, sino también en una dirección palmar/plantar (véase figura 27b) y en lo alto del inicio del segmento de la pared, la construcción de las papilas termina (véase figura 28a). Las papilas están rodeadas por el estrato basal y el espinoso de la epidermis. Su ápice alcanza el estrato córneo.

### 6.3.2.3 *Epidermis*

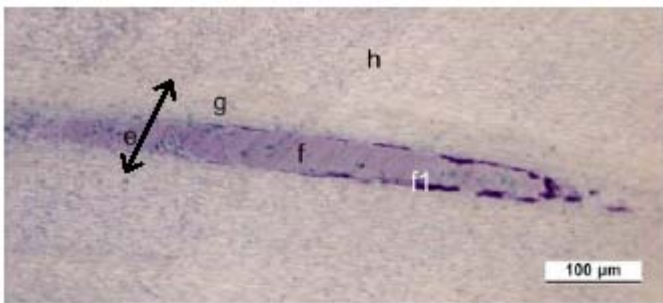
Las diferencias entre la epidermis coronaria y la epidermis del perioplo son la falta de un estrato granuloso y el tamaño más pequeño del estrato espinoso (alrededor de un tercio del del perioplo, aproximadamente 0.5 mm). El estrato basal también consiste de células oscuras. Las primeras capas del estrato espinoso se ven azulosos, pero las restantes se ven más bien rosadas (HE, AB-PAS). El estrato córneo, que se tiñe menos que en el perioplo, se compone de túbulos córneos y de tejido córneo intertubular (véanse figuras 27a-f). Los túbulos córneos, por su parte, contienen la corteza y la médula, que está constituida de material en descomposición (positivo a PAS). Los túbulos córneos no están agrupados de manera ordenada. Por el contrario, las células corticales pueden distinguirse más o menos del tejido córneo intertubular porque la corteza consiste de células corneas planas (tipo 1, Bolliger y Geyer, 1992) y el tejido córneo intertubular está constituido de células poligonales, pero estas células no son regulares ni más grandes que las células corticales (véase figura 27c). Ambos tipos de células contienen mucho pigmento. El tejido córneo coronario, que alcanza una profundidad promedio de unos 3.6 mm (incluyendo algunas de las láminas córneas) al centro de la pared córnea (véase figura 19d y capítulo 7.6), es empujado distalmente hacia el borde de soporte de peso, continuando la inclinación de las papilas y por consiguiente es responsable de la forma de la uña. El estrato córneo puede subdividirse en tres zonas con ayuda de un corte transversal de los túbulos córneos: la zona externa, la zona media y la zona interna (véase figura 27d).

Los aspectos distintivos son el tamaño y la forma de los túbulos córneos. La zona media es la más ancha de todas, pero su tamaño varía dependiendo de la altura de la pared córnea y del ancho del segmento coronario. La zona externa está compuesta de pequeños túbulos córneos que son planos y angostos. En ocasiones a penas pueden verse (se tiñen muy débilmente); también son difíciles de detectar las células que limitan con las células corticales. También existen túbulos córneos de baja densidad. Esta zona se forma en el segmento coronario proximal. La médula (25x75 µm) consiste principalmente de material bien conservado. La corteza es relativamente delgada con tres o cuatro capas de células.

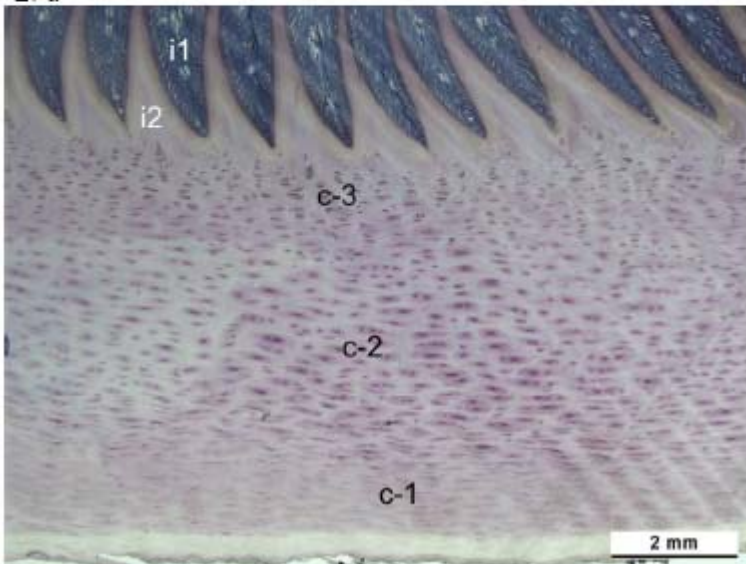
La zona media está hecha de túbulos córneos largos con espacio medular parcialmente dilatado (véase figura 27e), que varía grandemente en tamaño entre individuos. Todos los elefantes africanos mostraron túbulos córneos grandes en esta zona. La forma de estas estructuras es oval más que redonda. En contraste con la zona externa, la densidad de los túbulos córneos es bastante alta. La parte media del segmento coronario produce el tejido córneo para esta zona. A veces, 2 a 3 túbulos más pequeños se acomodan alrededor de uno más grande dando la impresión de una formación de grupo (véase figura 26 y capítulo 6.3.1.2). El contenido de la médula (40x120 µm) está compuesto principalmente de material que se está desintegrando y que puede soltarse parcialmente, pero la corteza consiste de 7 a 8 capas de células. Por lo tanto, la proporción de corteza con médula es pequeña.



27c



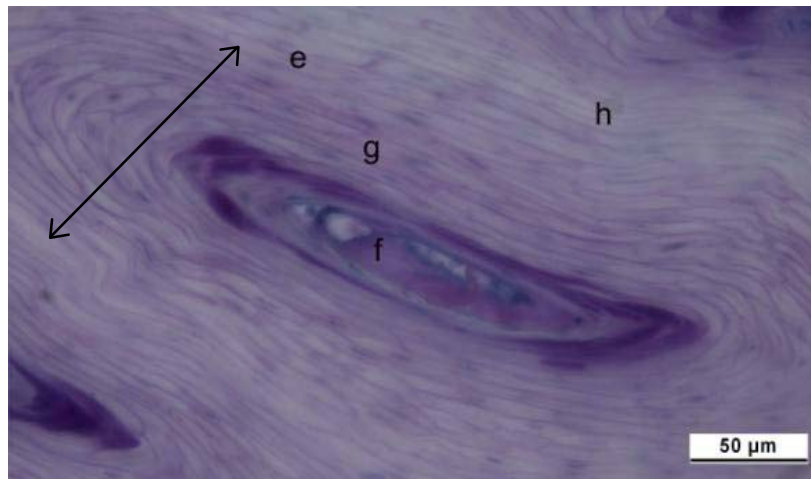
27d



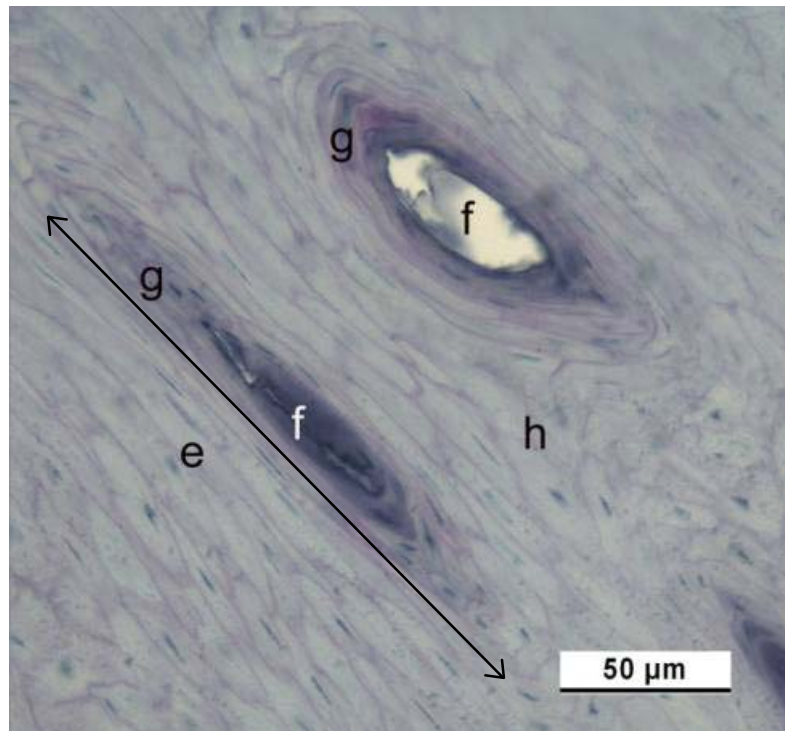
**Figura 27.** Cortes histológicos del segmento coronario.

a: corte longitudinal de la parte proximal de la pared córnea de un elefante asiático teñido con HE.  
 b: corte longitudinal de la pared córnea en el área de doblez para mostrar la expansión de las papilas plantares de un elefante asiático, teñido con AB-PAS.  
 c: corte longitudinal de un túbulo córneo coronario de un elefante africano, teñido con AB-PAS.  
 d: corte transversal de la pared córnea de un elefante asiático, teñido con AB-PAS.  
 e: corte transversal de un túbulo córneo de la zona media de un elefante asiático, teñido con AB-PAS.  
 f: corte transversal de un túbulo córneo de la zona interna de un elefante asiático teñido con AB-PAS.  
 a-estrato reticular, b-estrato papilar, b1-papilas distales, b2-papilas plantares, c-estrato córneo del segmento coronario, c1-zona externa, c2-zona media, c3-zona interna, d-estrato córneo del segmento perioplico, e-g: túbulos córneos, f1-células corticales del túbulo córneo positivas a PAS, g-corteza del túbulo córneo, h-tejido córneo intertubular, i-láminas, i1-lámina corial, i2- lámina córnea.

27e



27f



La zona interna, que no es mucho más pequeña que la zona media, está constituida por túbulos córneos pequeños y planos, como en la zona externa, pero más largos (véase figura 27f). Se ven redondos u ovals en diámetro, son fáciles de distinguir y su densidad es menor que en la zona media. Al centro, los túbulos también pueden ser más grandes y más ovals que lo usual. Su lugar de formación se localiza en la parte distal del segmento coronario. Como en la zona externa, la médula (25x60 µm) está compuesta principalmente por material bien conservado, pero puede soltarse fácilmente. Cuatro a cinco filas de células corticales forman la capa que rodea la médula.

El tejido córneo coronario aumenta su profundidad desde la parte proximal hacia la dista, pero en la parte completamente distal el ancho se angosta nuevamente. Generalmente tiene que decirse que la longitud de las papilas y el grosor del tejido córneo coronario varían de un animal a otro, e incluso entre las patas delanteras y traseras o en las partes proximal o distal de la misma uña.

En la parte de la uña que soporta el peso, el tejido córneo coronario está parcialmente raspado y con frecuencia sólo queda el tejido córneo terminal. Comienza más arriba (alrededor del centro de la uña), pero entonces se desgasta la zona externa, o la externa y la media.

### 6.3.3 La pared

El segmento de la pared colinda con los segmentos coronario y de la suela (véanse capítulos 6.1.3.3, 6.3.2 y 6.3.4). La pared y el segmento coronario se diferencian fácilmente por varias estructuras. Sin embargo, el cambio del segmento de la suela puede no apreciarse porque las papilas terminales continúan hacia las papilas del segmento de la suela. Una indicación de la transición al segmento de la suela es la ausencia del arreglo en filas de las papilas y los túbulos córneos de la suela, como se ve en las papilas y los túbulos córneos terminales (ver más adelante).

Además, puede decirse que el corium del segmento de la pared se encuentra perpendicular al horizontal y que el segmento de la suela es paralelo (véanse figuras 14b y 28h). El segmento de la pared inicia a una distancia de unos 2.5 cm (1.9 a 3.1 cm) del borde coronario en las uñas delanteras y a 1.9 cm (1.5 a 2.5 cm) para las uñas traseras (véase capítulo 6.1.3), cuando se miden microscópicamente.

Los componentes del segmento de la pared son láminas coriales y epidérmicas que se convierten en papilas terminales y en tejido córneo distal. Debido a este arreglo del corium y la epidermis, es claro que existe una amplia superficie que constituye una fuerte conexión entre estas dos estructuras, lo que ayuda a fijar la epidermis de la uña firmemente a los tejidos que se encuentran por debajo de ésta.

#### Figura 28. Cortes histológicos del segmento de la pared.

a: corte transversal con el desarrollo de las láminas fuera de las papilas en un elefante asiático teñido con AB-PAS.

b: corte transversal a través del centro de la pared córnea de un elefante asiático teñido con HE.

c: corte transversal de láminas coriales secundarias, que se subdividen en láminas terciarias en un elefante asiático teñido con HE.

d: corte longitudinal a través del centro de la pared córnea de un elefante asiático teñido con HE.

e: corte transversal a través de la parte distal de la pared córnea de un elefante asiático teñido con AB-Pas.

f: corte transversal a través de la parte distal de la pared córnea del tejido córneo de un elefante asiático teñido con AB-PAS.

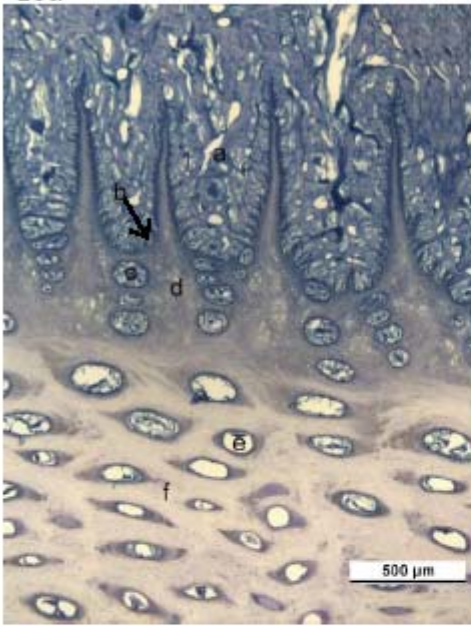
g: corte transversal a través de la parte distal de la pared córnea en el que se aprecia el arreglo especial del tejido córneo terminal de un elefante asiático teñido con AB-PAS.

h: corte transversal a través de la parte distal de la pared córnea y el inicio de la suela de un elefante asiático teñido con AB-PAS.

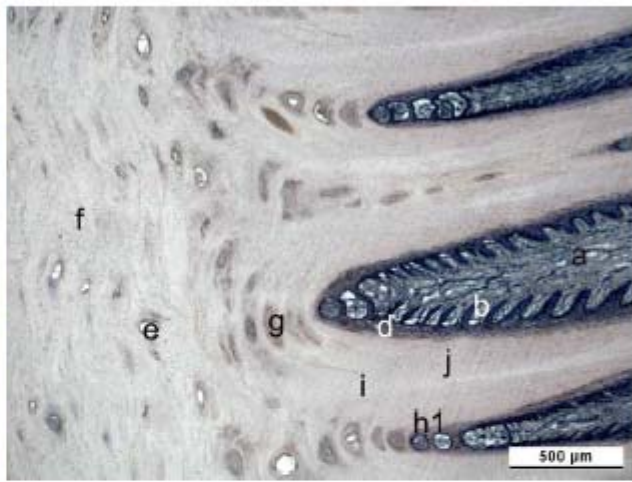
a-lámina corial primaria, b-lámina corial secundaria, b1-lámina epidérmica secundaria, b2-lámina epidérmica secundaria subdividida, c-estrato papilar, d-estrato espinoso de las láminas epidérmicas (en la fig. 28a con vacuolas), e-f: tejido córneo coronario, e-túbulo córneo, f-tejido córneo intertubular, g-tejido córneo de la capa, h1-papilas terminales, h2-túbulos córneos terminales, i-lámina córnea, j-células córneas de transición y conectivas, k-láminas coriales terciarias, l-arreglo especial del tejido córneo terminal, m-micro cuarteaduras en las láminas córneas y en tejido córneo intertubular del tejido córneo terminal, n-borde de soporte de peso, o-zona blanca, p-q: segmento de la suela, p-estrato papilar del segmento de la suela, q-túbulo córneo del segmento de la suela, r-transición de la zona blanca al segmento de la suela.



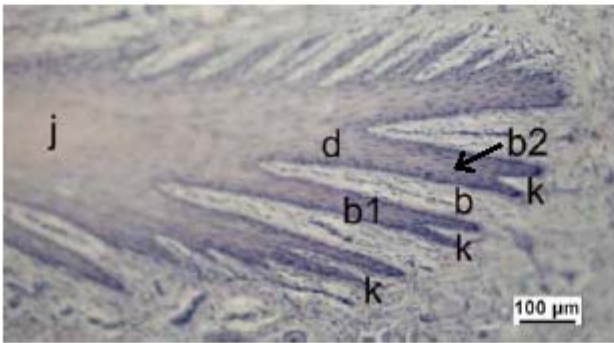
28a



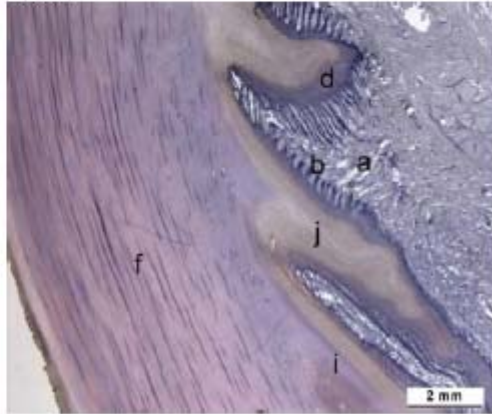
28b



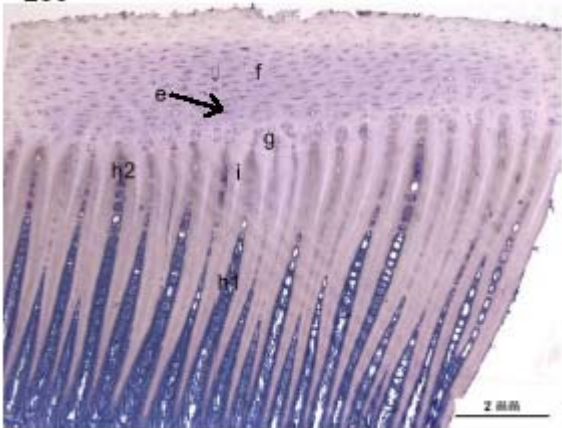
28c



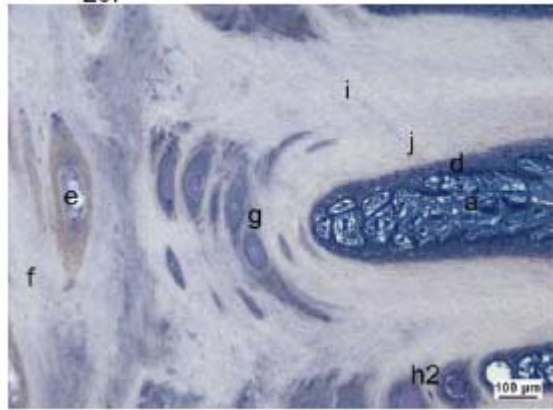
28d



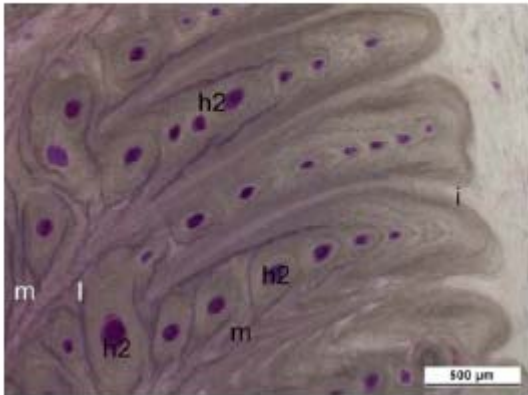
28e



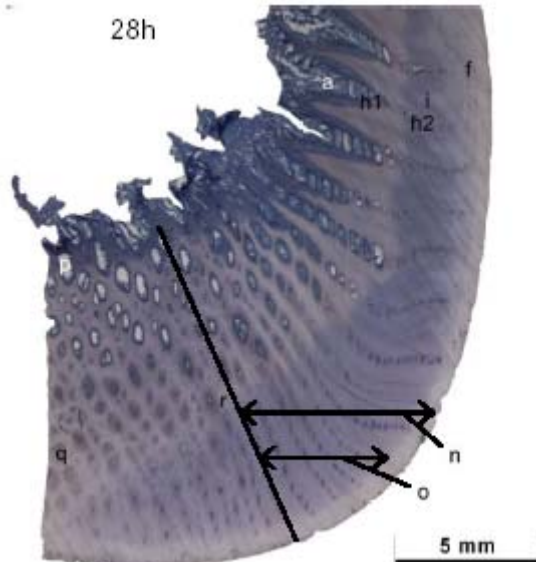
28f



28g



28h



Una gran diferencia entre el perioplo y el segmento coronario es la ausencia de tejido subcutáneo. Por lo tanto, el corium se une directamente con el periostio de los huesos digitales. Otra característica especial es la ausencia de cualquier pigmento en la parte de las láminas del segmento de la pared, pero éste regresa en el tejido córneo terminal. Por tanto, la uña del elefante africano es mucho más pigmentada que la del elefante asiático.

Se encontraron micro cuarteaduras y vacuolas en el tejido córneo terminal de todas las muestras de elefantes en cautiverio de ambas especies.

#### 6.3.3.1 Corium

La constitución usual del corium consiste de un estrato reticular y láminas coriales en el estrato papilar. Éste está formado de tejido conectivo que contiene fibras entrecruzadas. Las láminas coriales están compuestas de tejido conectivo más suelto que en el estrato reticular, pero sus fibras no están entrecruzadas.

Las láminas coriales parecen unirse distalmente a las papilas del segmento coronario (véase figura 28a) y tienen una formación regular. Su posición es más o menos perpendicular a la superficie de la pared córnea, que a veces puede cambiar a distal a lo largo de su longitud. Esto significa que el borde entre las láminas en ocasiones es inclinado. Las láminas coriales están subdivididas en primarias y secundarias, ambas dispuestas proximalmente (véanse figuras 28a, b y c). Las láminas coriales secundarias se doblan hacia el ápice y son más largas en la parte palmar/plantar que en la apical, así como son más grandes en su parte proximal, comparadas con la parte distal. Su tejido conectivo es mucho más suelto que el de las láminas primarias. Juntas son gruesas y el estrato espinoso en medio de ellas es relativamente delgado. Algunas láminas coriales secundarias están subdivididas en láminas coriales terciarias (véase figura 28c), lo que forma una enorme superficie de conexión entre el corium y la epidermis. Las láminas primarias y secundarias de la pared en el elefante africano son más grandes que las de las patas de los asiáticos. Las láminas coriales están completamente cubiertas por una capa germinativa de epidermis y juntas se denominan láminas suaves. Entre las láminas coriales también pueden verse láminas córneas (véanse capítulo 6.3.3.2 y figuras 28b, d).

En la parte distal del segmento de la pared, las láminas se transforman en papilas (papilas terminales) que inician en el ápice de las láminas y continúan a la base (véase figura 28e). Estas papilas, cuya forma es redonda, están conformadas de manera similar a las otras de la pared córnea, sólo un poco más grandes y largas. Limitan el segmento de la suela. La constitución de este "segmento" de tejido córneo terminal inicia a la altura de unos 4.5 cm por debajo del borde coronario para la uña delantera y a unos 3.5 cm para la uña trasera.

#### 6.3.3.2 *Epidermis*

Al final del segmento coronario, el estrato germinativo comienza a formar láminas córneas del segmento de pared en lugar de túbulos córneos de tejido córneo coronario. Esto sucede a una distancia de unos 1.5 a 3.0 cm de la banda coronaria, dependiendo del tamaño y longitud de la uña y del segmento coronario (véase figura 28b). La longitud de estas láminas, que consisten de células poligonales en corte transversal, aumenta desde la parte proximal a la distal. En la parte proximal, la longitud es de 1.4 mm y en la parte distal es de 2.9 mm (distal significa en la superficie que soporta el peso) para el elefante asiático y 3.5 mm en la parte proximal y 10.8 mm en la parte distal del elefante africano. En el área de soporte del peso, el tamaño de las láminas córneas vuelve a decrecer. En ocasiones las láminas córneas se inclinan hacia la base de su estructura, especialmente distalmente (véase figura 28b). Pero también marcan el inicio del segmento de la suela en su extremo distal y su longitud representa la longitud de la zona blanca (ver más adelante).

En la parte proximal del segmento de la pared, las láminas epidérmicas inician pequeñas, pero rápidamente se vuelven más grandes (4.5 mm de longitud y 940  $\mu\text{m}$  de ancho). Disminuyen distalmente; la tasa a la que esto sucede difiere para cada individuo. En la sección inferior del segmento, existe una gran extensión después de la cual las láminas se acortan y se forma el tejido córneo terminal (ver más abajo.).

El ancho de las láminas es relativamente amplio (aproximadamente de 875  $\mu\text{m}$ ) proximalmente, pero disminuye hacia el extremo distal. Las láminas epidérmicas son perpendiculares a la tangente de la pared córnea (la pared córnea es semi redondeada). En el ápice, existe un borde que puede doblarse y diverge desde una posición distal en forma perpendicular. En el elefante asiático, las láminas córneas del segmento de la pared sólo son delgadas en su extremo proximal.

El estrato germinativo de las láminas suaves, que tienen menos capas de células en su ápice que al centro, forman células córneas de transición y conectivas (Bolliger, 1991; Fürst, 1992), que pueden queratinizarse y se conectan con las láminas córneas (véase figura 28b). En el elefante, esta zona es relativamente amplia y se vuelve aún más amplia hacia el extremo distal. Incluso desplaza las láminas córneas en la base de su estructura. El estrato basal está compuesto de células cuboidales y cuboidales-altas. El estrato espinos alcanza un ancho de unas 55  $\mu\text{m}$ .

Otra característica especial en el segmento de la pared es la presencia de la cápsula córnea, que inicia a una altura aproximada de 3.0 cm por debajo del borde coronario. Está constituida de células superpuestas y a veces incluso túbulos que están arreglados en forma de popotes entre el borde de las láminas epidérmicas y la zona interna del tejido córneo coronario y son más pequeñas que las del tejido córneo terminal (véase figura 28f). En cortes transversales, estas células generalmente son elípticas en su longitud, pero a veces son poligonales. El grosor del área de la cápsula córnea en el segmento de pared distal alcanza los 0.8 cm. Es más fácil de ver en el elefante africano que en el asiático, pero también difiere individualmente.

Las papilas terminales emergen de las láminas en la parte distal del segmento de la pared. Están cubiertas por el estrato epidérmico germinativo. Esta capa germinativa forma túbulos córneos, el tejido córneo terminal, que están compuestos de médula (150  $\mu\text{m}$ ) y corteza (100  $\mu\text{m}$ ).

El tejido córneo terminal comienza más proximal en el elefante asiático que en el africano. Las células medulares contienen material en descomposición (positivo a PAS) y las células de la corteza elípticas en su longitud, pueden verse en el corte transversal. Incluso el tejido córneo intertubular puede encontrarse entre los túbulos que están arreglados linealmente (véanse figuras 28g y h), que pueden cambiar hacia una posición distal. Ahí, las filas de tejido córneo terminal se inclinan hacia el ápice. En algunas uñas puede encontrarse un arreglo especial de los túbulos córneos terminales, lo que da la impresión de que dos filas de tejido córneo terminal en la parte apical surgen de una fila de tejido córneo terminal de la sección palmar/plantar (véanse figuras 28g y h). Las filas individuales de tejido córneo terminal pueden desarrollarse de maneras diferentes, lo que significa que las papilas terminales pueden estar a un lado de los túbulos córneos terminales a la misma profundidad. Entre el tejido córneo terminal pueden encontrarse las láminas córneas. Crecen junto con la cápsula córnea y la suela hacia abajo, hacia la superficie que soporta el peso. El tamaño de la zona blanca que consiste de la cápsula córnea, tejido córneo terminal y láminas córneas, varía entre 7.5 y 10 mm. El tejido córneo terminal es mucho más suave y menos estable que las láminas córneas y por lo tanto se desgasta más rápido que las láminas córneas. Esto explica la apariencia macroscópica de peine de la zona blanca. La longitud próximo-distal del tejido córneo en la zona blanca varía de 1.0 a 1.6 cm

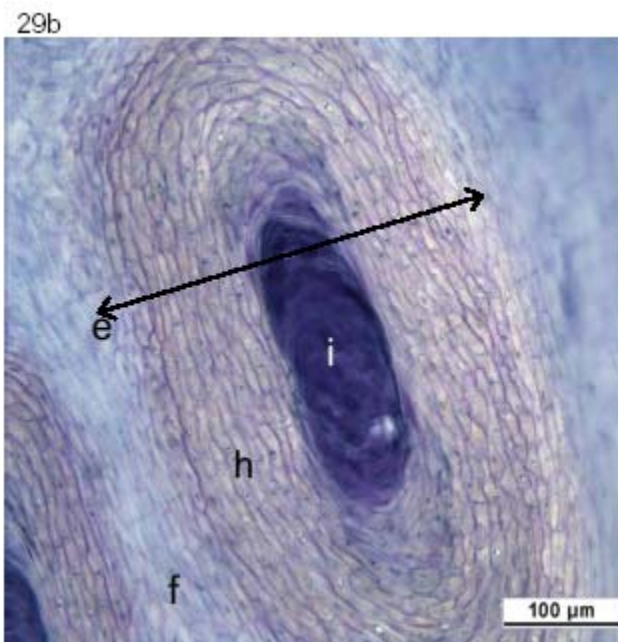
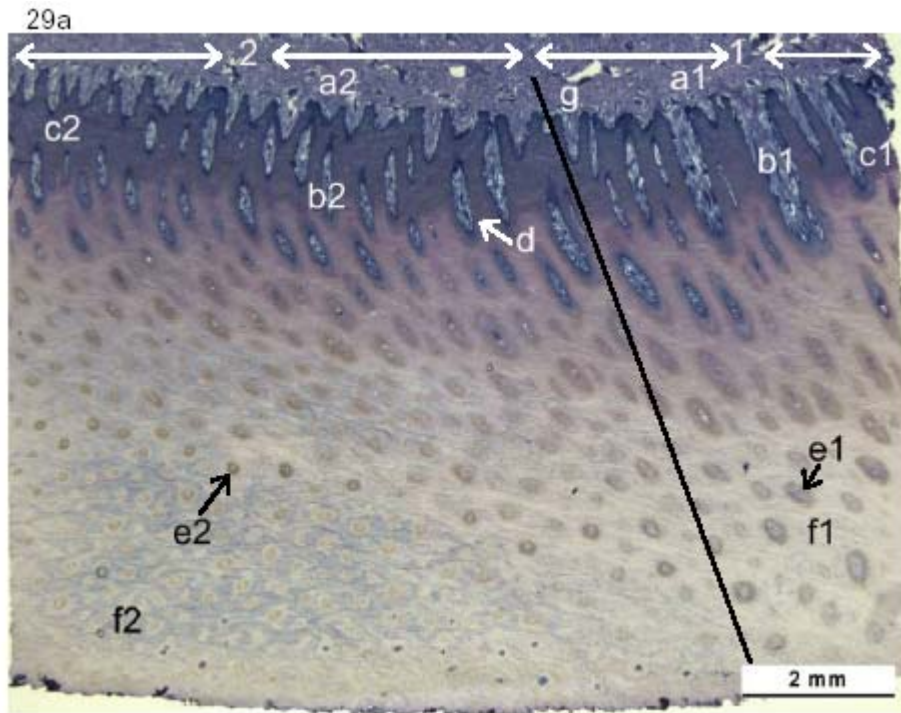
#### **6.3.4 El segmento de la suela**

El segmento de la suela está unido al segmento de la pared (exactamente desde el tejido córneo terminal) y el segmento del cojinete (véanse capítulos 6.1.3.4, 6.3.3 y 6.3.5). Las principales diferencias con el segmento del cojinete son el tamaño más grande de las papilas y los túbulos córneos del segmento de la suela (véase figura 29a). La epidermis de la suela no está pigmentada, al contrario de la del cojinete. Se ve más brillante. La transición de la suela al cojinete puede reconocerse por la falta del estrato granuloso en la epidermis de la suela y la falta de tejido subcutáneo (véanse capítulos 6.1.2 y 6.1.3.4). El cambio de la zona blanca a la suela puede identificarse por el arreglo lineal de las filas de tejido córneo terminal y la existencia de láminas córneas entre estas filas, visibles en cortes transversales.

El tamaño de este segmento varía desde alrededor de 9.0 cm de ancho a 1.5 cm de longitud en la uña delantera y 3.0 cm en la uña trasera (véanse capítulos 6.1.2 y 6.1.3.4), medidos microscópicamente. Las papilas de la suela están inclinadas sobre las primeras pocas papilas, donde se unen a las papilas terminales. Ahí, el corium todavía es ligeramente perpendicular. Entonces, donde el corium corre horizontalmente, los túbulos córneos se hacen perpendiculares (véase figura 28h).

##### **6.3.4.1 Corium**

Contrario a las láminas del segmento de la pared, el corium del segmento de la suela forma sólo papilas. Está compuesto de un estrato reticular y papilar. Ahí también, ambas partes tiene fibras entrecruzadas. En el estrato reticular, el tejido conectivo está apretado, por otro lado, en el estrato papilar, el tejido conectivo es más suelto. El estrato reticular es más bien amplio en este segmento.



**Figura 29.** Cortes histológicos del segmento de la suela.

a: corte longitudinal a través de la transición entre la suela y el cojinete de un elefante asiático teñido con AB-PAS.

b: corte transversal de un túbulo córneo del tejido córneo de la suela de un elefante africano teñido con AB-PAS.

a1 y a2-estrato reticular del corium

b1 y b2-estrato papilar del corium

c1 y c2-estrato espinoso de la epidermis

d- estrato granuloso del cojinete

e, e1 y e2-túbulos córneos

f, f1 y f2-tejido córneo intertubular

g-transición de la suela al cojinete

h-corteza del túbulo córneo

i-médula del túbulo córneo

a1, b1, c1, e1, f1: corresponden al segmento de la suela

a2, b2, c2, d, e2, f2: corresponden al segmento del cojinete.

Como en los segmentos perioplico y coronario (véanse capítulos 6.3.1.2 y 6.3.2.2), algunas papilas son grandes y están subdivididas por cordones constituidos por el estrato germinativo que las rodea (véase figura 26). De ahí surgen varias papilas más pequeñas (100 a 400 µm de diámetro) y finalmente surgen los túbulos córneos de la epidermis adyacente. Todo esto da la impresión de una formación de grupo. Las mismas papilas tienen forma redonda u ovalada y varían en tamaño. Una característica importante es el hecho de que las papilas coriales generalmente llegan más cerca de la superficie.

Las papilas llegan dentro del estrato córneo unos 3.7 mm, donde son separadas por unas cuantas células de la capa germinativa del tejido córneo. La relación de las papilas con la parte meramente córnea es 1:1. Las bases de las papilas miden aproximadamente 0.5 mm. El curso de las papilas es más o menos perpendicular, pero se inclinan ligeramente hacia la parte apical inicialmente y luego hacia la parte palmar/plantar e incluso ligeramente hacia los lados.

#### **6.3.4.2 Epidermis**

La epidermis consiste de un estrato germinativo y un estrato córneo, falta un estrato granuloso. Existe otra gran distinción con la epidermis del cojinete (véase capítulo 6.3.5.3 y figura 29a). Las células basales presentan una forma cúbica. La profundidad del estrato espinoso alcanza los 1.2 mm.

Debido al arreglo especial de las papilas grandes, las pequeñas surgen de ellas y por tanto se crea una formación de grupo de túbulos córneos en el estrato córneo. Los túbulos más grandes están rodeados por los pequeños (véase figura 26). El diámetro de este patrón varía de 1.1 x 1.3 mm hacia abajo. Los túbulos córneos individuales miden aproximadamente 90 x 150 µm a 250 x 360 µm en corte transversal. El túbulo córneo individual consiste de una médula (40 x 60 µm a 90 x 140 µm) y una corteza (cuya profundidad en el corte transversal es de 30 a 130 µm, véase figura 29b).

La suela de la uña del elefante africano tiene túbulos córneos ligeramente más grandes en el estrato córneo. Mientras que la médula está constituida de material en descomposición (positivo a PAS), las células corticales tienen forma de eje (tipo 2, Bolliger, 1991). Las células córneas intertubulares son más grandes que las corticales y su forma cambia de poligonal a elíptica. Así, es clara la diferenciación entre las células corticales y las córneas intertubulares.

La capa de tejido córneo de la suela, muy delgada, se aprecia conspicuamente en muchos elefantes en cautiverio (véase capítulo 6.5). En resumen, puede decirse que la capa de tejido córneo de la suela es equivalente al tejido córneo coronario, incluso cuando las células corticales son de diferentes tipos. La suela puede diferenciarse por una falta de estrato granuloso en comparación con el cojinete.

#### **6.3.5 El cojinete**

El segmento del cojinete se encuentra a un lado del segmento del perioplo, el coronario y el de la suela (véanse capítulos 6.1.3.5, 6.3.1, 6.3.2 y 6.3.4). Con ayuda del estrato granuloso y de la existencia de gran cantidad de tejido subcutáneo, denominado cojín digital, los segmentos antes mencionados pueden diferenciarse. Sólo la demarcación del perioplo es difícil debido a sus aspectos similares.

Las mediciones de este segmento pueden verificarse en los capítulos 6.1.2.1 y 6.1.3.5, pero debe enfatizarse que el segmento del cojinete tiene la mayor extensión.

##### **6.3.5.1 Tejido subcutáneo**

Como se mencionó en el capítulo 6.1.2.1, el segmento del cojinete tiene un gran cojín digital constituido por tejidos conectivo y graso (véase también capítulo 6.3.6). El aspecto especial del tejido subcutáneo es el hecho de que está altamente modificado en cojines elásticos (véase capítulo 6.1.5).

### 6.3.5.2 *Corium*

El corium del cojinete consiste del estrato reticular y el estrato papilar (véase figura 30a). Este último construye papilas y está lleno de tejido conectivo suelto y fibras de corte longitudinal. El estrato reticular contiene tejido conectivo denso y un curso de fibras entrecruzadas. Muestra una gran extensión con un grosor de unos 5.0 mm.

La apariencia de algunas papilas es igual que en el segmento del perioplo (véase capítulo 6.3.1.2). También son más largas que en cualquier otro sitio, muy proximales y separadas por cordones del estrato germinativo que las rodea (véase figura 26). De ellas se forman numerosas papilas más pequeñas y luego los túbulos córneos. Puede apreciarse una formación de grupo en las papilas y los túbulos córneos.

En el elefante asiático, las papilas del segmento del cojinete son más delgadas (330  $\mu\text{m}$  en promedio) que las del segmento de la suela (véase figura 29a), pero en el elefante africano, las papilas del segmento del cojinete son más gruesas (530  $\mu\text{m}$  como media) que las del segmento de la suela. Las papilas son más cortas (3.0 mm en promedio) en el cojinete del elefante asiático y más largas (4.4 mm en promedio) en el cojinete del elefante africano que las de la suela<sup>23</sup>. La forma de las papilas es redonda, más que ovalada, por lo tanto, su arreglo es relativamente regular.

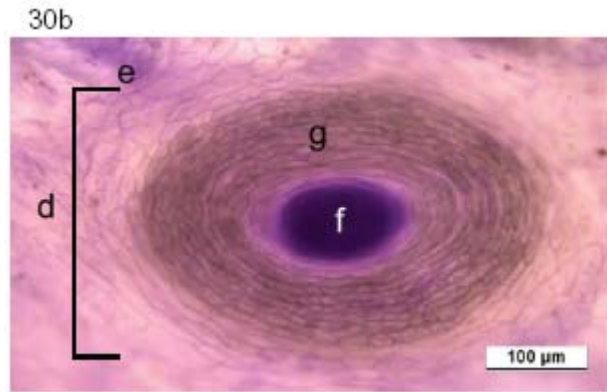
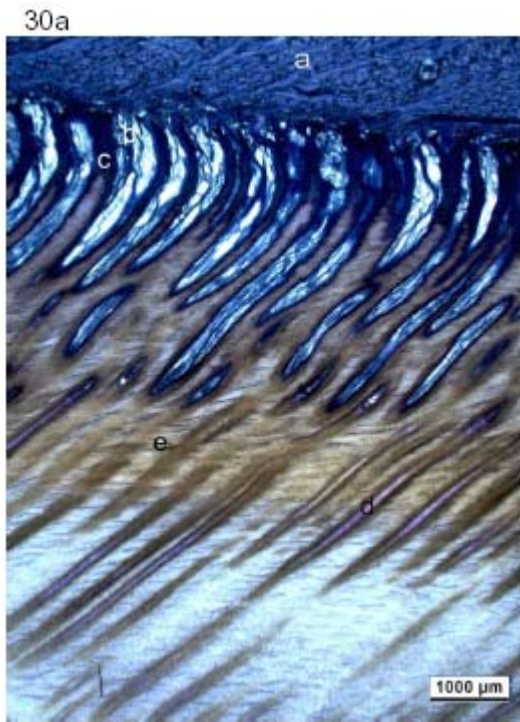
La trayectoria de las papilas es hacia los lados (véase figura 30a), lo que significa que no crecen en forma recta, sino que se inclinan hacia el ápice, excepto en la parte palmar/plantar. Ahí, las papilas se doblan hacia la parte palmar/plantar pero debe decirse que la trayectoria puede variar de esta descripción general. Las bases de las papilas son perpendiculares en el estrato reticular, pero puede suceder que incluso la base no sea vertical.

### 6.3.5.3 *Epidermis*

La epidermis está compuesta de un estrato germinativo, uno granuloso y uno córneo. El estrato espinoso de la capa germinativa tiene alrededor de 1.6 mm en la epidermis del cojinete del elefante asiático y 1.3 mm en el cojinete del elefante africano. En comparación, el estrato granuloso consta sólo de unas pocas capas, por lo que es más delgado que en el perioplo. Especialmente alrededor del ápice de las papilas es pequeño, pero entre las papilas hay varias capas.

Al igual que en todos los segmentos, excepto por las láminas en el segmento de la pared, el tejido córneo del cojinete está compuesto de túbulos córneos (275.5  $\mu\text{m}$  para los túbulos del elefante asiático y 352.0  $\mu\text{m}$  para los del africano), cuya trayectoria es la misma que la de las papilas (véanse capítulo 6.3.5.2 y figura 30a), y tejido intertubular que está teñido de azul como en el perioplo. Los túbulos córneos están constituidos de corteza (73.5  $\mu\text{m}$ , para la corteza del elefante asiático y 114.5  $\mu\text{m}$  para el africano) y médula (120  $\mu\text{m}$  para el asiático y 113.5  $\mu\text{m}$  para el africano), que está principalmente compuesta de material en descomposición (positivo a la tinción PAS que inicia incluso antes de la producción de la médula, véase figura 30b). No hay tantos túbulos córneos por  $\text{mm}^2$ , pero tienen aproximadamente el mismo tamaño, excepto por algunos pequeños, y todos son básicamente redondos. Las células corticales están formadas como en los túbulos córneos de la suela (en forma de eje) y por tanto son fáciles de diferenciar de las células córneas intertubulares (poligonales e incluso en forma de panal de abejas). De forma inesperada, el tejido córneo es relativamente delgado. El estrato córneo alcanza un grosor promedio de unos 10 mm en los elefantes en cautiverio (véase capítulo 6.5). Otra razón para que esta capa sea delgada, es la relación de las papilas con la parte córnea. Ésta va de 1:1 a 1:2 en el elefante asiático, y de 1:3 en el africano.

<sup>23</sup> Debe mencionarse que el tamaño de las papilas de ambas especies varía enormemente en ancho y longitud entre individuos (esto también es válido para los túbulos córneos) y los datos de las mediciones son difíciles de coleccionar debido a la trayectoria de las papilas (véase más adelante). Las muestras no siempre se toman en la misma posición en cada pata.



**Figura 30.** Cortes histológicos del segmento del cojinete.  
a: corte longitudinal a través de la parte central del cojinete de un elefante africano teñido con AB-PAS.  
b: corte transversal de un túbulo córneo del cojinete de un elefante asiático teñido con AB-PAS.  
a-estrato reticular, b-estrato papilar, c-estrato espinoso, d-túbulo córneo, e-tejido córneo intertubular, f-médula del túbulo córneo, g-corteza del túbulo córneo.

Debe considerarse como normal cuarteaduras que llegan cerca de las papilas (véase figura 30a) y a una capa de tejido córneo disuelta junto a la superficie, así como unas cuantas vacuolas en diferentes estructuras, pues se encontraron en todas las uñas examinadas, incluso en las de elefantes africanos silvestres. El tejido córneo del cojinete de los elefantes asiáticos también da la impresión de que está más descompuesto distalmente hacia la superficie que en los elefantes africanos, especialmente el tejido córneo intertubular.

Puede decirse que la epidermis del segmento del cojinete se parece mucho a la del segmento perioplico, por ejemplo en la tinción y en el arreglo del tejido córneo, pero también en la composición del segmento y en la presencia regular de cuarteaduras por debajo de la superficie. Sin embargo, debe notarse que el tejido córneo del cojinete es mucho más fuerte que en el perioplo. También, tres partes del cojinete: apical, central y palmar/plantar, muestran estructuras y mediciones similares. En resumen, el corium con las papilas alcanza la profundidad del material córneo, pero no tan profundo como en la suela (véase capítulo 6.3.4.2). El cojinete también tiene una capa muy delgada de tejido córneo en relación con el peso del elefante y en comparación con los animales silvestres examinados (véase capítulo 6.5), éste es uno de los hallazgos más importantes. Microcuarteaduras llegan cerca de las papilas en su trayectoria, éste es el caso incluso de los animales silvestres.

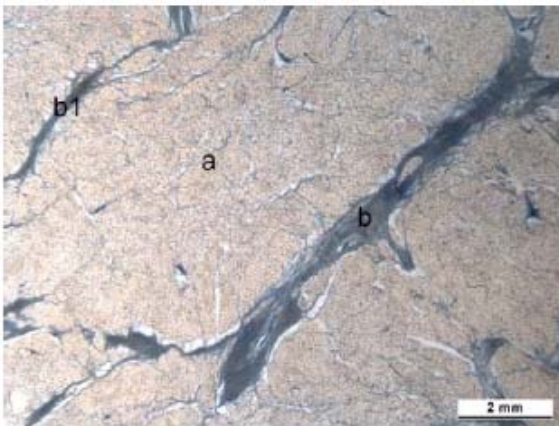


### 6.3.6 El cojín digital

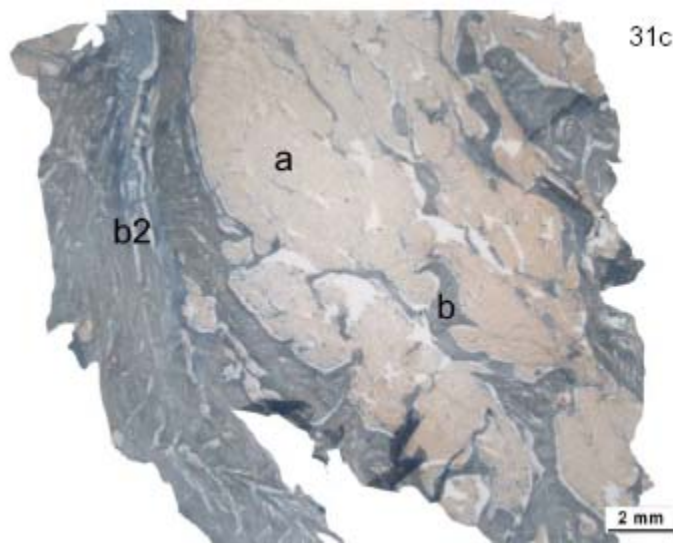
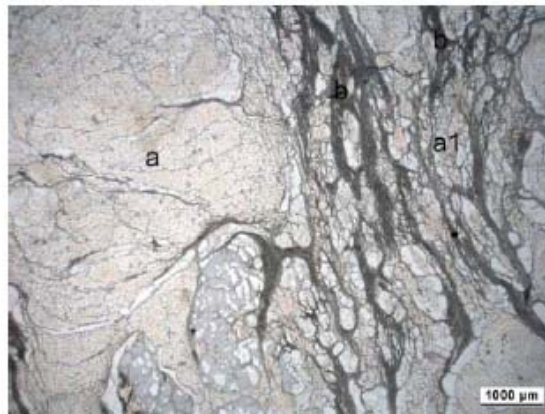
El tejido subcutáneo consiste de tejido conectivo suelto, vasos sanguíneos, nervios y tejido graso. La trayectoria de las fibras es longitudinal y no cruzadas. La descripción será subdividida en tres partes: la parte apical, la parte media y la parte palmar/platar del cojín, el tejido subcutáneo y el "tejido graso" del cojín.

Esta estructura especializada está bien innervada y tiene gran cantidad de vasos sanguíneos. En casi todas las patas examinadas, se encontraron infiltrados mononucleares de diferentes dimensiones en el tejido conectivo de las tres partes del cojín digital, que consiste de fibras tensas, de colágeno y elásticas. Entre las patas examinadas, hubo una de un elefante asiático de 11 meses de edad en la que se encontró más tejido conectivo en su cojín que en las de los elefantes adultos. El cojín del elefante asiático tiene en general, más tejido conectivo.

31a



31b



**Figura 31.** Cortes histológicos del cojín digital. a: corte longitudinal de la parte apical del cojín digital de un elefante asiático; b: corte longitudinal de la parte media del cojín digital de un elefante asiático; c: corte longitudinal de la sección palmar/plantar del cojín digital de un elefante asiático; todos teñidos con pintura de aceite roja. a-tejido graso, b-islotos de grasa, b1-cordones de tejido conectivo, b2-septos de tejido conectivo.

#### 6.3.6.1 Parte apical del cojín digital

El tejido conectivo está arreglado alrededor del tejido graso y su cantidad es pequeña. La textura es relativamente suelta. Hay más tejido graso que tejido conectivo. El tejido conectivo actúa como un soporte por medio de sus cordones separados (véase figura 31a).

#### 6.3.6.2 Parte media del cojín digital

A diferencia de la parte apical, los tejidos graso y conectivo son abundantes. La porción grasa está empaquetada en islotes por el tejido conectivo, que funciona como tejido de soporte para el tejido graso. Las fibras de tejido conectivo están rectificadas y el mismo tejido es tenso y compacto (véase figura 31b).

#### 6.3.6.3 Parte palmar/plantar del cojín digital

En esta parte, la mayor parte del tejido conectivo es bastante compacto y también rectificado, como en la parte media. Aquí, el tejido graso puede denominarse un cojín de grasa porque el abundante tejido conectivo rodea al tejido graso, que es relativamente pequeño en este "cojín". Así, ambos tejidos están agrupados en lugares independientes y los septos del tejido conectivo son bastante voluminosos (como un "pilar", véase figura 31c).

### 6.4 Alteraciones histopatológicas en los diferentes segmentos de la uña

Aunque las muestras utilizadas para la descripción de la estructura histológica normal eran saludables macroscópicamente (especialmente los elefantes africanos no mostraban hallazgos patológicos), pueden encontrarse varios cambios al estado normal en cada segmento y no hubo una sola pata entre las 24 examinadas histológicamente que no tuviera alteraciones en ningún sitio. Las alteraciones que se presentaron en los elefantes africanos examinados ya se mencionaron en el capítulo 6.2. Los otros cambios se presentaron principalmente en sus parientes en cautiverio. Debido a que las divergencias no se presentaron en todas las patas y tampoco siempre en la misma proporción, las alteraciones no pudieron describirse como normales para la especie (véase capítulo 7.1). Estas modificaciones representan las desviaciones de la estructura histológica normal del tejido córneo. Los cambios predominantes fueron vacuolas, cuarteaduras y reacciones positivas a PAS (especialmente en los túbulos córneos de las células corticales y en otros sitios). Todos estos cambios y las otras alteraciones mencionadas dan la apariencia de una mala calidad del tejido córneo de las uñas respectivas.

Unas pocas vacuolas en las células del estrato espinoso pueden tomarse como normales, pero muchas de ellas pueden considerarse como patológicas. Así, cuando se mencionan en los siguientes capítulos, se trata de que hubo un número excesivo de ellas. En la uña del elefante africano están distribuidas esporádicamente en grupos, más que dispersas regularmente como en los segmentos de la uña del asiático. Esto conduce a una degeneración de las células, lo que resulta en una coloración diferencial.

#### 6.4.1 Resumen de las alteraciones histopatológicas encontradas en todos los segmentos

Se enlistan todos los cambios histopatológicos que se encontraron, al menos parcialmente, en todos los segmentos, excepto por el arreglo especial de las láminas del segmento de la pared.

1. El estrato espinoso (y a veces también el estrato granuloso) se encuentra a veces ensanchado y los estratos reticular y papilar del corium pueden mostrar algunos infiltrados mononucleares, principalmente alrededor de los vasos sanguíneos. Estas alteraciones no se encuentran en los segmentos perioplico y de la pared.
2. Pueden encontrarse vacuolas en el estrato espinoso, las células corticales, la médula y el tejido córneo intertubular (véase figura 32a).
3. Puede presentarse tejido córneo intertubular disperso y desintegrado y en ocasiones pueden encontrarse túbulos córneos cerca de la superficie en el estrato córneo de la epidermis, ocasionalmente dando lugar a grandes fisuras. En los segmentos por debajo de la superficie, pueden observarse una descomposición de las estructuras (véase figura 32b) e incluso agujeros. Especialmente en el segmento del cojinete, la superficie interna se encuentra áspera debido a estos cambios.

4. Pueden aparecer microcuarteaduras dentro del tejido córneo intertubular, en parte junto al ápice de las papilas (véanse figuras 31a y 32c), pero también alrededor o dentro de los túbulos córneos (véase figura 32d) así como a su lado.
5. La descomposición de las dos primeras filas de la corteza se detecta en muchos túbulos córneos y termina en una tinción positiva AB-PAS de las células corticales (véase figura 32e). Otras estructuras que reaccionan positivo a PAS en todos los segmentos (excepto en el perioplo) incluyen en tejido córneo intertubular y en ocasiones los estratos espinoso y granuloso.
6. Existen médulas dilatadas y en descomposición dentro de los túbulos córneos en todos los segmentos (véase figura 32f).
7. Números aumentados de picnosis de los núcleos en las médulas y en otras células córneas, especialmente cerca de la superficie córnea, señalan una tasa incrementada de desintegración de las células.
8. Si las papilas están abiertas en el ápice y la médula está dilatada y disuelta, aparece sangre en las papilas y en los túbulos.
9. Donde las células y la capa superficial del tejido córneo están sueltas y las fisuras alcanzan la superficie, con frecuencia se encuentran bacterias.

#### **6.4.2 Alteraciones específicas de los diferentes segmentos**

Se describen algunas alteraciones características de los diversos segmentos y se hace referencia a la apariencia de todas las alteraciones en cada segmento.

##### *6.4.2.1 El segmento perioplico*

El tejido subcutáneo a veces incluyó algunos infiltrados mononucleares alrededor de los vasos sanguíneos. Las vacuolas en la capa germinativa de la epidermis aparecieron particularmente en la región del dobléz.

Evaluación de las alteraciones: la mayoría de los segmentos perioplicos de las uñas examinadas mostraron una variedad de defectos patológicos. Las vacuolas en el estrato espinoso de la epidermis fueron múltiples en más del 50% de todas la uñas y no estuvieron presentes sólo en aproximadamente una cuarta parte del total, pero hubo más en los elefantes asiáticos que en los africanos. En todas las uñas se presentaron micro cuarteaduras del tejido córneo intertubular (véase figura 32g), pero sólo en unas pocas no estuvieron extendidas. En algunas ocasiones, incluso alcanzaron el área cerca del ápice de las papilas. En 16 de 24 patas, las células corticales de los túbulos córneos dieron positivo con PAS. Pudo observarse la descomposición de la médula en casi el 50% de los segmentos perioplicos examinados.

##### *6.4.2.2 El segmento coronario*

Se encontraron vacuolas en el estrato papilar de forma que el tejido conectivo parecía estar destruido. Se encontraron micro cuarteaduras alrededor de la corteza de los túbulos córneos (hasta 2.0 mm por debajo de la superficie, dependiendo de la altura en la pared córnea y a veces cerca del ápice de las papilas). Se presentaron médulas dilatadas, especialmente en las zonas externa y media de los túbulos córneos coronarios. Se encontró descomposición del material córneo. Otra alteración observada fue la abrasión del tejido córneo coronario distalmente que en ocasiones fue tan pronunciada que el tejido córneo terminal de la pared estaba directamente junto a la superficie de la pared córnea (véase figura 32h).

Evaluación de las alteraciones: Se presentaron cambios patológicos principalmente en la parte distal de la uña, aunque incluso podían aparecer en la parte proximal de la epidermis coronaria. De nuevo, una de las características más comunes fue la presencia de vacuolas en el estrato espinoso de la epidermis. Sólo menos de una cuarta parte no mostraron vacuolas. Pero de los elefantes africanos, sólo el 50% mostró vacuolas múltiples. Muchas uñas también mostraron espacios huecos en otras estructuras del segmento coronario. Las micro cuarteaduras no fueron tan comunes como en el segmento perioplico. En comparación, aparecieron regularmente médulas dilatadas y reacciones positivas a PAS de la corteza de los túbulos córneos. Aproximadamente en el 50% de los segmentos coronarios examinados, existió sangre en los túbulos córneos, principalmente en los elefantes asiáticos. En muchas uñas se presentó picnosis de los núcleos de las células córneas y la descomposición de la médula. En menos de una cuarta parte de las muestras se encontraron hoyos o fisuras en el material córneo. Otra característica importante fue la abrasión del tejido córneo coronario en la parte distal, lo que apareció en menos del 50% de las muestras.

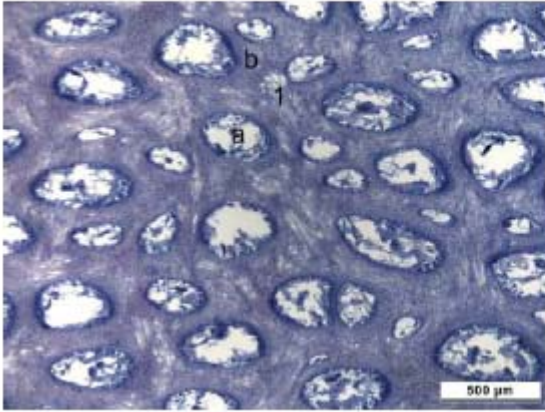
#### 6.4.2.3 *El segmento de la pared*

La mayoría de las divergencias en este segmento aparecieron en el tejido córneo terminal y sólo algunos cambios se observaron en las láminas. Las vacuolas se presentaron en el estrato espinoso de las láminas suaves y en las córneas (véase figura 32), mientras que las cuarteaduras sólo se presentaron en las láminas córneas. También se encontraron vacuolas en las células de la cápsula córnea, en donde de vez en cuando aparecieron células y sangre saliendo de los túbulos de la cápsula córnea. Incluso se vieron reacciones positivas a PAS en el estrato espinoso de las láminas epidérmicas y en las láminas córneas, así como las cuarteaduras antes mencionadas. Las láminas secundarias en ocasiones estuvieron ausentes y a veces desiguales. Las células corticales también estuvieron afectadas por fisuras. Se detectaron micro cuarteaduras en la zona blanca hacia la superficie de soporte de peso.

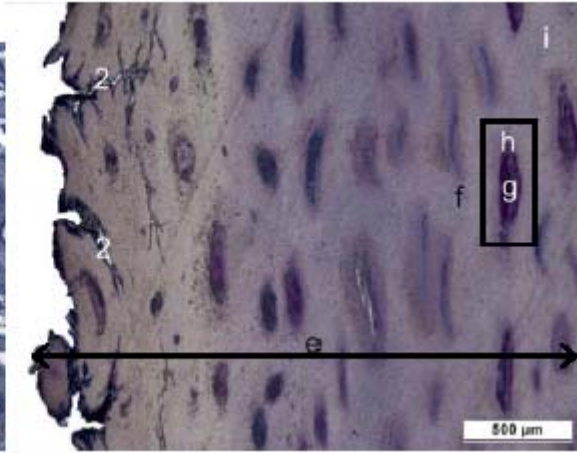
Evaluación de las alteraciones: Las características más comunes afectaron especialmente al tejido córneo terminal, excepto por las micro cuarteaduras que estuvieron presentes en las láminas córneas. De nuevo, se observaron vacuolas en el estrato espinoso de la epidermis en casi todas las uñas examinadas, incluidos los elefantes africanos silvestres. Más del 50% mostraron vacuolas en las células corticales de los túbulos córneos. En 14 de 24 uñas, de las cuales sólo 3 provenían de elefantes africanos, incluyendo los silvestres, aparecieron micro cuarteaduras en el tejido córneo intertubular terminal. Como en el segmento coronario, las médulas dilatadas jugaron cierto papel en el tejido córneo terminal en más de la mitad de los segmentos de pared examinados.

Especialmente la reacción positiva a PAS de las células corticales de los túbulos córneos fue una característica conspicua que existió en casi todos los tejidos córneos terminales (no se encontraron sólo en 5 uñas para cada estructura). La descomposición general del material córneo se presentó en 15 de 24 uñas.

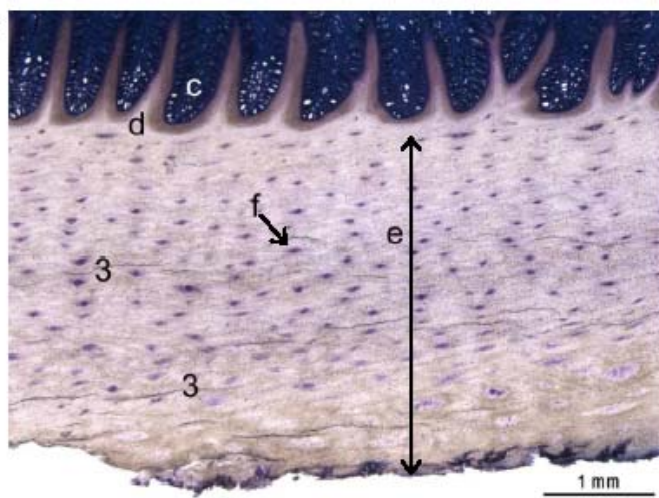
32a



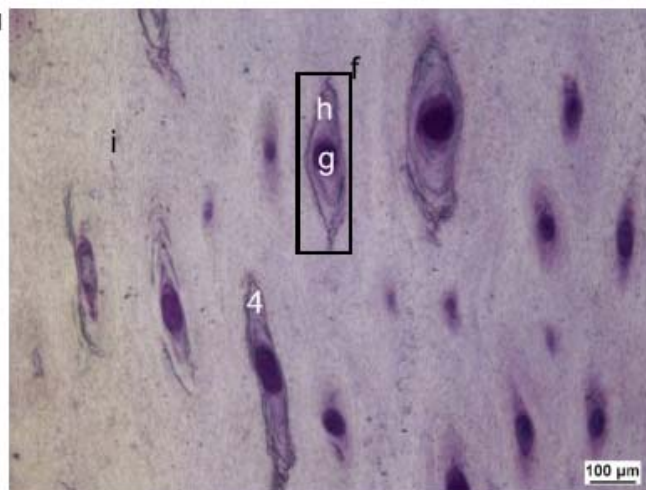
32b



32c



32d

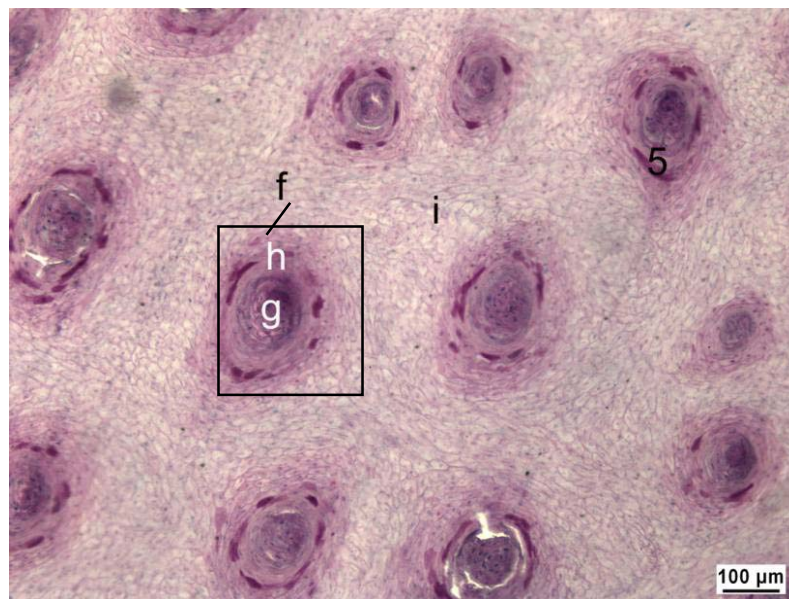


**Figura 32.** Cortes histológicos de alteraciones histopatológicas en diferentes segmentos de la uña.

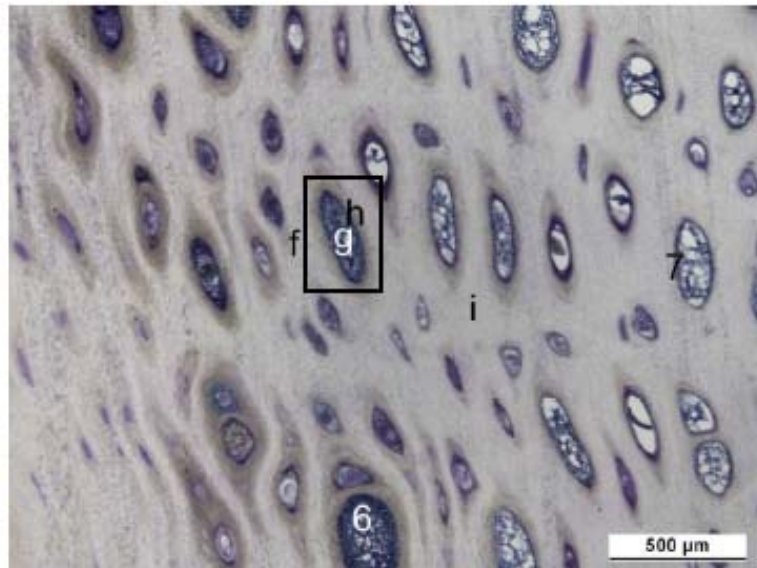
- a. Corte transversal a través de la parte proximal del segmento del cojinete con vacuolas en el estrato espinoso (1) de un elefante asiático teñido con AB-PAS.
- b. Corte transversal a través de la parte proximal de la pared córnea con material córneo en descomposición sobre la superficie (2) de un elefante asiático teñido con AB-PAS (compárese con la estructura normal en la figura 27d).
- c. Corte transversal a través del centro de la pared córnea con micro cuarteaduras en el tejido córneo intertubular de la corona (3) de un elefante asiático teñido con AB-PAS (compárese con la estructura normal en la figura 27d).
- d. Corte transversal de los túbulos córneos coronarios con micro cuarteaduras alrededor de la corteza de los túbulos córneos (4) de un elefante asiático teñido con AB-PAS (compárese con la estructura normal en la figura 27e).
- e. Corte transversal de los túbulos córneos del cojinete con una reacción positiva a PAS en las células corticales (5) de un elefante asiático teñido con AB-PAS (compárese con la estructura normal en la figura 30b).
- f. Corte transversal de los túbulos córneos coronarios de la parte media con médula dilatada (6) y en descomposición (7) del túbulo córneo de un elefante asiático teñido con AB-PAS (compárese con la estructura normal en la figura 27d).
- g. Corte transversal a través del segmento perioplico de la pared córnea con cuarteaduras en el tejido córneo intertubular (8) de un elefante asiático teñido con AB-PAS (compárese con la estructura normal en la figura 25).
- h. Corte longitudinal a través de la parte distal de la pared córnea y el borde de soporte del peso con abrasión en el tejido córneo coronario (9) y una descomposición del material córneo dentro del tejido córneo (10) de un elefante asiático teñido con HE (compárese con la estructura normal en la figura 28h).
- i. Corte transversal a través de la parte distal del segmento de la pared con micro cuarteaduras en las láminas córneas (11) de un elefante asiático teñido con AB-PAS (compárese con la estructura normal en la figura 28e).
- j. Corte longitudinal a través de la parte proximal del segmento del cojinete con una base ensanchada de las papilas coriales (12) de un elefante asiático teñido con AB-PAS (compárese con la estructura normal en la figura 30a).

a- papila, b-estrato espinoso, c-láminas coriales, d-láminas córneas, e-estrato córneo del tejido córneo coronario, f-túbulo córneo, g-médula del túbulo córneo, h-corteza del túbulo córneo, i-tejido córneo intertubular, j-tejido córneo terminal, k-papilas terminales, l-túbulo córneo terminal, m-estrato granuloso, n-estrato reticular.

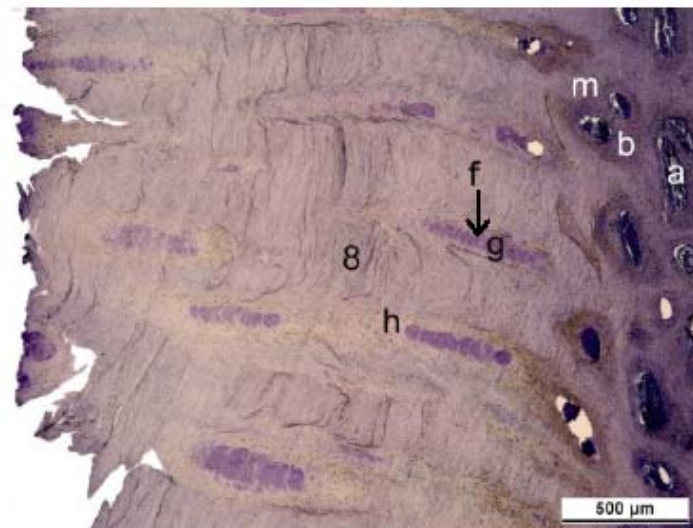
32e



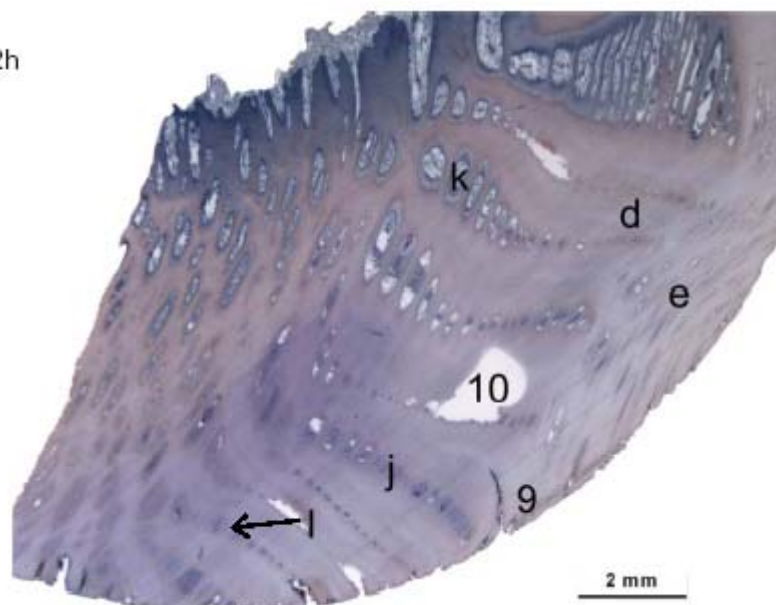
32f

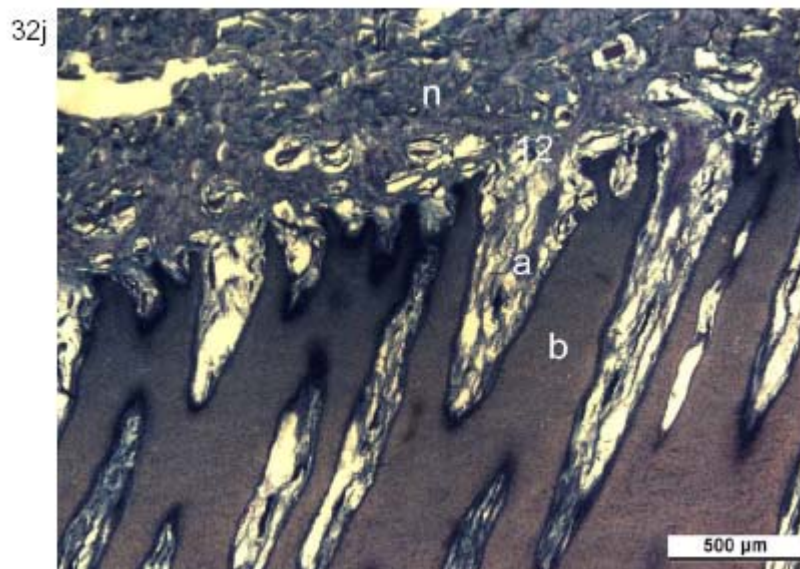
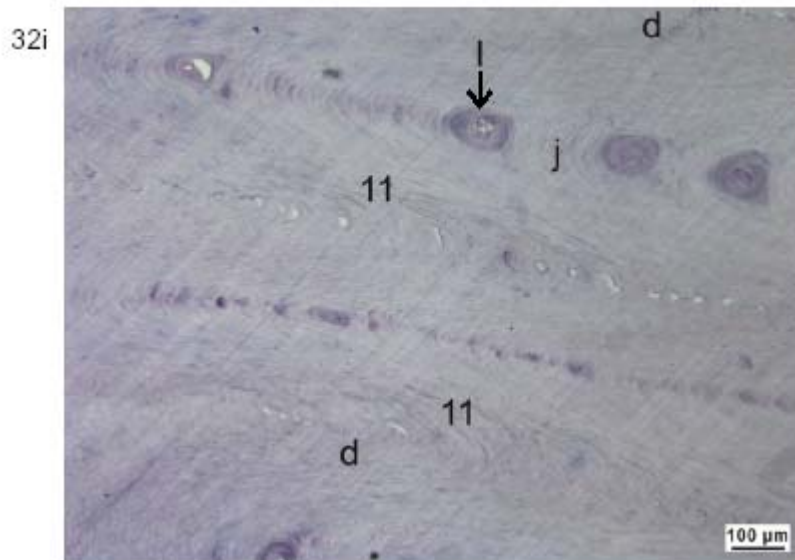


32g



32h





#### 6.4.2.4 El segmento de la suela

Las células corticales se encontraron desintegradas parcialmente.

Evaluación de las alteraciones: En los segmentos de la suela de los elefantes asiáticos, se pudo detectar vacuolas en todas la uñas excepto una, contrario a los elefantes africanos, en donde fueron visibles en el 50% de las uñas examinadas. En menos del 50% fueron comunes las vacuolas en el tejido córneo intertubular y en las células corticales, pero sólo en dos de los elefantes africanos. Las micro cuarteaduras del tejido córneo intertubular fueron tan frecuentes como en los otros segmentos, exactamente en 18 de 24 uñas. Se detectaron conspicuamente fisuras en el estrato espinoso de la capa germinativa de la epidermis en 8 de 17 suelas de elefantes asiáticos. Las médulas dilatadas afectaron a casi todas las uñas. En aproximadamente dos tercios de los segmentos de suela examinados, las células corticales mostraron una reacción positiva a PAS. De igual forma, con la misma frecuencia se observó la desintegración de las médulas y del material córneo, especialmente por debajo de la superficie, especialmente en los elefantes asiáticos.



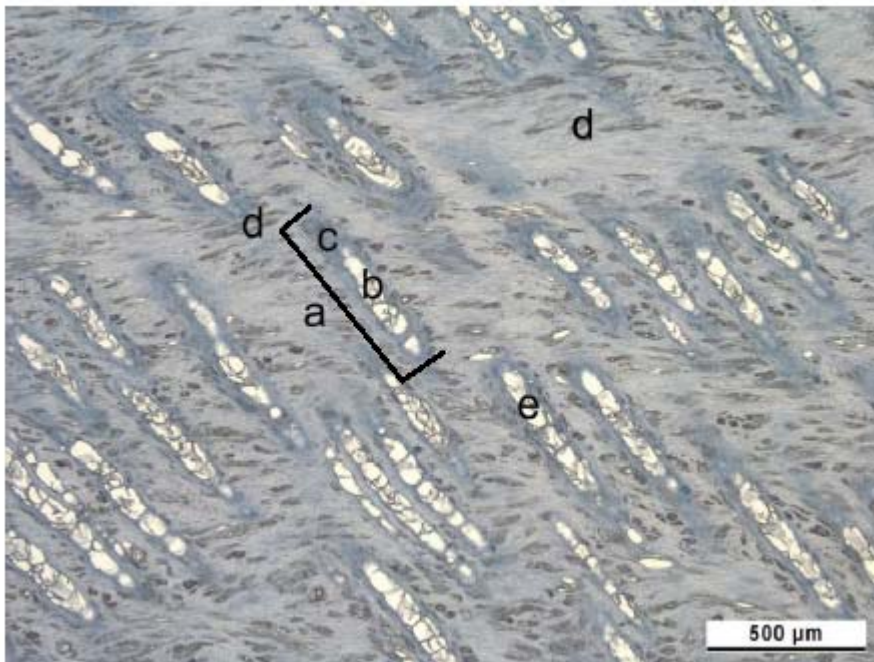
#### 6.4.2.5 El segmento del cojinete

En algunas uñas, las papilas coriales se encontraron agrandadas en ancho y longitud (véase figura 32j) y muy degeneradas. También hubo casos en los que el tejido córneo intertubular estaba lleno con cuarteaduras proximales, pero distalmente no se encontraban cuarteaduras. Se pudieron encontrar muchas fisuras en cierto segmento, aunque el tejido córneo tenía apariencia saludable por abajo y por arriba de este segmento. Se encontraron micro cuarteaduras incluso en el estrato espinoso de la epidermis. La reacción positiva a PAS se observó en el área de las fisuras y en por debajo de la superficie donde se encontraron células córneas degradadas.

Evaluación de las alteraciones: Lo mismo puede decirse sobre las vacuolas del segmento de la suela como de las del estrato germinativo de la epidermis. En más del 50% de todos los segmentos del cojinete examinados, se pudo encontrar vacuolas en el tejido córneo intertubular y en las células corticales. No hubo una sola uña sin ninguna cuarteadura en el tejido córneo intertubular (incluidos los elefantes africanos silvestres). Se encontraron médulas dilatadas casi en todas la uñas. La reacción positiva a PAS fue muy común en las células corticales de los túbulos córneos (22 de 24). En casi el 50% de los segmentos del cojinete examinados se observaron médulas y material córneo de la superficie en descomposición o cuarteaduras más grandes cerca de la superficie o en el material córneo.

#### 6.4.2.6 Elefantes jóvenes en cautiverio

Incluso en las patas de elefantes jóvenes en cautiverio (es decir, de 1 a 3 años de edad) y de animales nacidos en estado silvestre, se encontraron las alteraciones antes mencionadas: en ambos casos tinción positiva a PAS de la corteza, cuarteaduras en el tejido córneo intertubular junto al área de las papilas y descomposición de la médula de los túbulos córneos, así como médulas dilatadas dentro del material córneo y vacuolas en varias estructuras.



**Figura 33.** Corte longitudinal a través de la parte córnea del segmento del cojinete de un elefante asiático nacido muerto teñido con AB-PAS.

a-túbulo córneo, b-médula del túbulo córneo, c-corteza del túbulo córneo, d-micro cuarteaduras en el tejido córneo intertubular, e-médula en descomposición del túbulo córneo.

#### **6.4.2.7 Elefante nacido muerto**

Lo que es muy notorio de estas muestras específicas fueron los hallazgos microscópicos de un elefante tan joven: el perioplo ya tenía micro cuarteaduras en el tejido córneo intertubular, en donde se observaron sólo unos cuantos túbulos córneos y ninguna vacuola. En el tejido córneo coronario se presentaron vacuolas y médulas dilatadas de los túbulos córneos. Fueron visibles médulas en descomposición en el borde del soporte del peso. Las células corticales y el tejido córneo intertubular terminal tenían algunas vacuolas. Los túbulos córneos terminales eran bastante grandes en algunas partes. El tejido córneo coronario llegaba hasta el borde de soporte del peso. En general, el tejido subcutáneo estaba mucho más suelto. Las papilas del segmento del cojinete eran ligeramente más pequeñas que en un animal de más edad. El tejido córneo del cojinete tenía bastantes vacuolas en el estrato espinoso y micro cuarteaduras en el tejido córneo intertubular (véase figura 33). Mostró un tejido córneo reticular con células poligonales (eponychium). Las médulas de los túbulos córneos del cojinete estaban en descomposición y dilatadas.

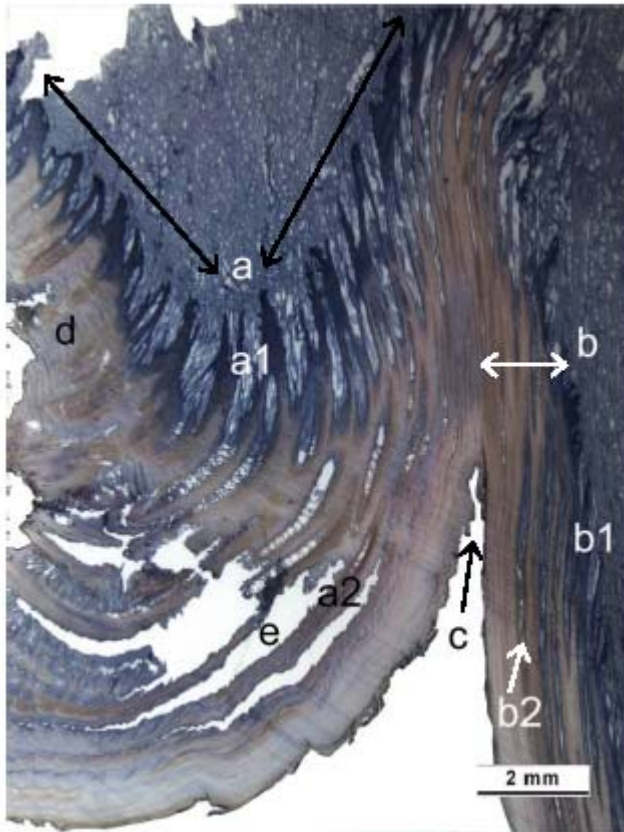
#### **6.4.3 Descripción histológica de algunas alteraciones macroscópicas**

Se procesó histológicamente una selección de alteraciones macroscópicas (véase capítulo 5.2.2.5) y se describieron microscópicamente. Las mediciones pueden ayudar a visualizar las relaciones entre las diferentes estructuras. Deben tomarse como referencias como estadística descriptiva.

El estado macroscópico se describe en el capítulo 4.6.2, en las figuras 3 y 23 (véase también el capítulo 4.6.2). En la descripción microscópica de las alteraciones sólo se mencionan las variaciones histológicas del estado normal. Debido a que sólo hubo algunas alteraciones pequeñas en las patas examinadas de elefantes africanos (algunas como sobrecrecimiento del perioplo y pequeñas fisuras en la pared córnea), todas las alteraciones que se presentan aquí se refieren a patas de elefantes asiáticos.

##### **6.4.3.1 Sobrecrecimiento del perioplo**

El tejido subcutáneo contiene algunos infiltrados mononucleares, al igual que el corium. Al mismo tiempo, hay algunas agregaciones de sangre en las papilas que provienen de pequeños vasos sanguíneos llenos. Se observa gran cantidad de vacuolas en el estrato espinoso del segmento perioplico, que es más delgado que lo usual. Las vacuolas, pero también las micro cuarteaduras son parte del estrato córneo. No sólo las papilas, sino también los túbulos córneos se aprecian más grandes que los normal y curvados (véase figura 34). Las médulas de los túbulos córneos están dilatadas en parte y dan la impresión de estar infladas y por tanto, a veces, en descomposición. También existen algunas reacciones positivas a PAS, parcialmente en las células corticales de los túbulos córneos, pero también en el tejido córneo intertubular e incluso en algunas partes del estrato espinoso. La mayoría de las partes de la epidermis muestran desintegración.

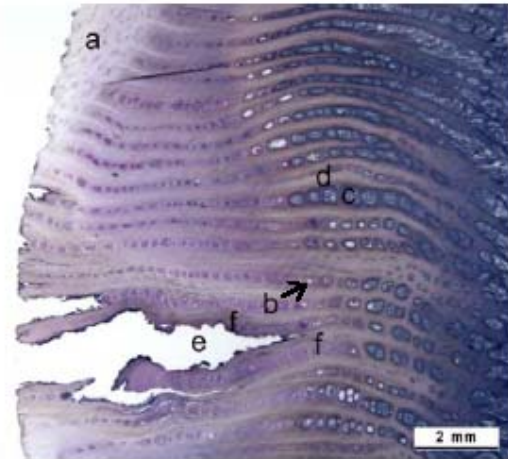


**Figura 34.** Corte longitudinal a través de la parte proximal de la pared córnea con un sobrecrecimiento del perioplo de un elefante asiático teñido con HE. a-segmento perioplico, a1-estrato papilar, a2-túbulo córneo, b-segmento coronario, b1-estrato papilar, b2-túbulo córneo, c-dobleza, d-micro cuarteaduras, e-material desintegrado en la epidermis.

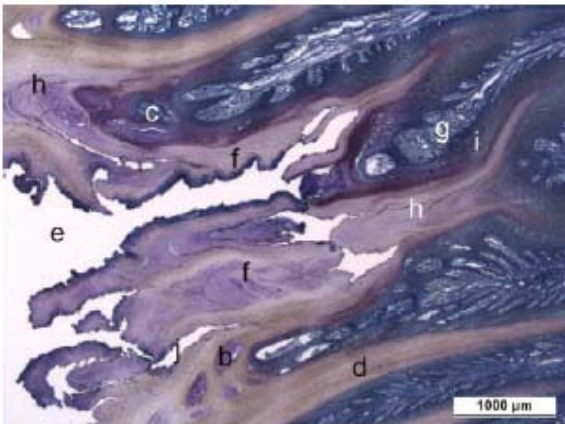
#### 6.4.3.2 Cuarteaduras en la pared córnea

Las cuarteaduras observadas en la pared córnea estuvieron limitadas a la parte córnea, pero llegaban cerca del corium (véanse figuras 35a y b). La epidermis protege al corium por queratinización en la región de la cuarteadura (tejido de granulación) y de esta forma, de manera general, ninguna cuarteadura aparece sin tejido córneo. Esto también explica el hecho de que directamente alrededor de la cuarteadura, la queratinización de los segmentos individuales se ven más avanzados que en los residuos circundantes (véase más adelante). La cuarteadura puede extenderse a 6.5 mm horizontalmente en el borde de soporte del peso o en el área de la suela aún más. No fue claro en todas las muestras qué tan lejos llegaba realmente la cuarteadura dentro de las capas sensitivas de tejido.

35a



35b



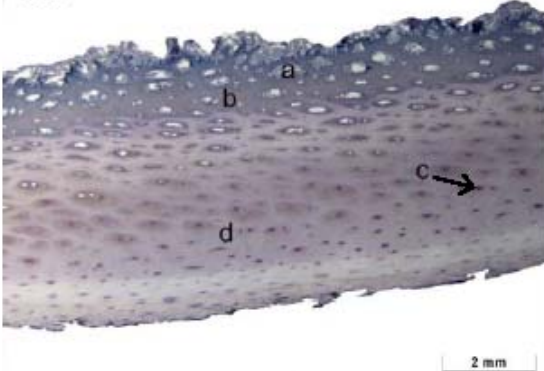
**Figura 35.** Cortes histológicos de cuarteaduras en la pared córnea.

a: corte transversal de la parte distal de la pared córnea con una cuarteadura en un elefante asiático teñido con AB-PAS.

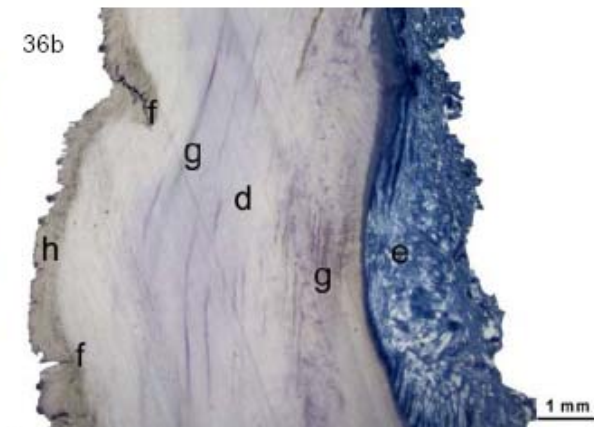
b: corte transversal a través de la parte media de la pared córnea con una cuarteadura en un elefante asiático teñido con AB-PAS.

a-tejido córneo coronario, b-túbulos córneos terminales con médulas dilatadas y en descomposición, c-papilas terminales, d-láminas córneas, e-cuarteadura, f-tejido córneo de granulación, g-lámina corial, h-micro cuarteaduras en el tejido córneo intertubular, i-vacuolas en el estrato espinoso de la lámina epidérmica, j-material córneo en descomposición sobre la superficie.

36a



36b

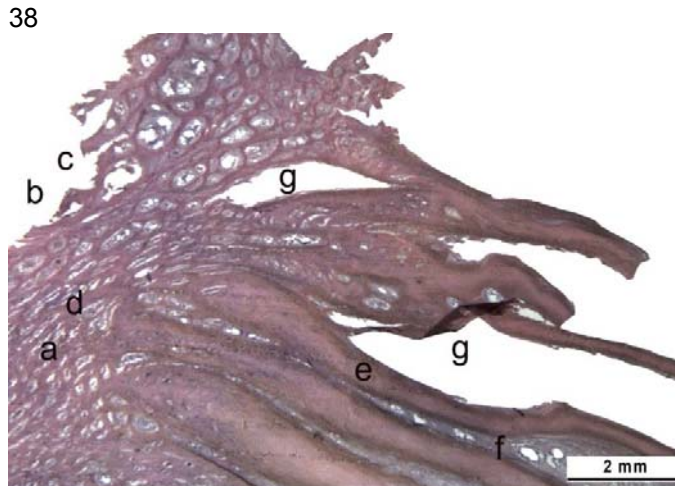
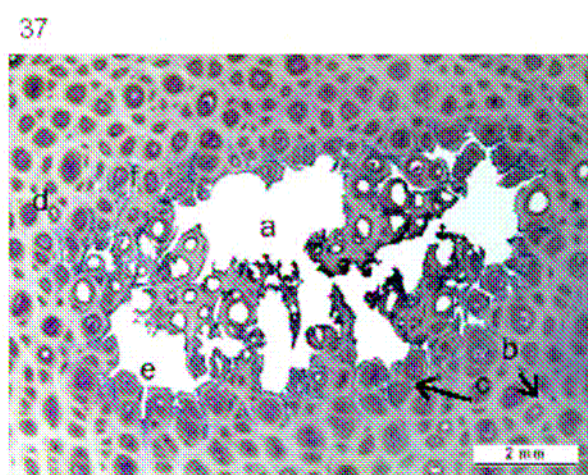


**Figura 36.** Cortes histológicos de los “anillos” córneos en la pared córnea.

a: corte transversal a través de la parte proximal de la pared córnea con “anillos” córneos de un elefante asiático teñido con AB-PAS.

b: corte longitudinal a través de la parte media de la pared córnea con “anillos” córneos de un elefante asiático teñido con AB-PAS.

a-estrato papilar del segmento coronario, b-estrato espinoso de la epidermis coronaria que se aprecia ondulatoria, c-túbulo córneo, d-tejido córneo intertubular, e-lámina corial, f-laceraciones en el material córneo junto al “anillo” córneo, g-túbulos córneos coronarios curvados (especialmente en la zona interna), h-superficie dispareja o irregular de la pared córnea.



**Figura 37.** Corte transversal a través de la parte distal del tejido córneo de la suela de un elefante asiático teñido con AB-PAS.

a-cuar-teadura en la suela, b-túbulo córneo, c-médula dilatada y desintegrada del túbulo córneo, d-tejido córneo intertubular, e-fisura desde la cuarteadura hasta el tejido córneo intertubular, f-micro cuarteaduras en el tejido córneo intertubular.

**Figura 38.** Corte transversal a través de la parte distal de la pared córnea con pododermatitis de un elefante asiático teñido con HE.

a-tejido córneo coronario, b-túbulo córneo, c-médula dilatada, d-tejido córneo intertubular, e-lámina córnea, f-estrato germinativo del tejido córneo terminal, g-material córneo en descomposición.

El tejido subcutáneo y el corium contienen gran cantidad de infiltrados mononucleares. Proximales a la cuarteadura, las papilas del segmento coronario son más grandes que lo normal y los túbulos córneos son extremadamente grandes. Las médulas de los túbulos córneos coronarios están dilatadas. Se observa una reacción positiva a PAS en el estrato espinoso del segmento coronario, el tejido córneo intertubular y varias capas de células corticales de los túbulos córneos. Como con el tejido subcutáneo y el corium, el estrato papilar del corium del segmento de la pared contiene algunos infiltrados mononucleares.

Las estructuras encontradas más alejadas de la cuarteadura, mostraron la constitución histológica normal incluyendo algunas alteraciones descritas en los capítulos 6.4.1 y 6.4.2. En la región de la cuarteadura y junto a ella, hubo numerosas vacuolas por ejemplo en el estrato espinoso de las láminas epidérmicas y en el tejido córneo intertubular alrededor de la cuarteadura, y también numerosos túbulos córneos grandes con médulas dilatadas y en descomposición, en ocasiones sangre en las médulas tubulares y células desintegradas sobre la superficie y en el área de la cuarteadura, mayores reacciones positivas a PAS en la capa germinativa de las láminas epidérmicas, tejido córneo intertubular y células corticales de los túbulos córneos coronarios y pichosis aumentada de los núcleos de las células córneas. Las láminas epidérmicas situadas caudalmente a la cuarteadura también se doblaron más hacia el lado.

El tejido córneo coronario muestra el ancho normal desde la cuarteadura, pero junto a ella, disminuye enormemente su ancho, especialmente hacia la parte distal. Esto significa que prácticamente no hay tejido córneo coronario alrededor de la cuarteadura, está rodeada puramente por tejido córneo terminal. Las láminas epidérmicas a un lado y caudales a la cuarteadura son empujadas hacia atrás. Así progresa la queratinización. Pero el tejido córneo directamente alrededor de la cuarteadura contiene gran cantidad de micro cuarteaduras. En algunas ocasiones, la misma cuarteadura está bastante cerca del estrato germinativo (la distancia medida más cercana fue de unas 100  $\mu\text{m}$  y mientras más distal, más lejos la cuarteadura de la capa germinativa o el corium). Así, puede decirse que la cuarteadura casi llega hasta las láminas epidérmicas, pero generalmente hay más tejido córneo antes de que llegue hasta el corium.

Más distalmente, las estructuras están en completo desorden alrededor de la cuarteadura. Todo está distorsionado, doblado hacia un lado, deformado y deteriorado (especialmente las estructuras del tejido córneo terminal). Muchas vacuolas están presentes en las células córneas y hay fisuras en las láminas córneas. En el tejido córneo terminal cerca de la cuarteadura, las médulas están en descomposición y hay vacuolas visibles en las células corticales, las médulas de los túbulos córneos y el tejido córneo intertubular. Otras características son las médulas dilatadas en los túbulos córneos y micro cuarteaduras en el tejido córneo intertubular. Junto a la cuarteadura, en el tejido córneo terminal, el estrato germinativo, las células corticales de los túbulos córneos y el tejido córneo intertubular muestran reacciones positivas a PAS. Los túbulos córneos terminales contienen algo de sangre en algunas partes. Se encuentran bacterias sobre la superficie de la hendidura.

La cuarteadura puede llegar hasta el tejido córneo de la suela, donde los túbulos córneos también se han dilatado y tienen médulas en descomposición y túbulos grandes. Las vacuolas se observan en las células corticales y las médulas y el tejido córneo intertubular está teñido de rojo en la coloración de AB-PAS.

En resumen, debe enfatizarse que una cuarteadura involucra más que la propia cuarteaduras. Las estructuras cercanas y a su alrededor también se ven afectadas (por ejemplo las papilas coronarias y los túbulos córneos, las láminas epidérmicas y demás, como se describió anteriormente). Los alrededores de la cuarteadura presentan micro cuarteaduras. La hendidura es como una cuña que dispersa las estructuras. De manera notable, no hay inflamación cerca de la hendidura.

#### 6.4.3.3 “Anillos de tejido córneo” en la pared córnea

La primera alteración obvia se encuentra en el estrato espinoso, donde la superficie del estrato espinoso se aprecia ondulatoria (véase figura 36a) y representa la superficie de la pared córnea. Por lo tanto, en el estrato espinoso, que también muestra gran cantidad de vacuolas, puede apreciarse un engrosamiento de esta capa en donde se observan macroscópicamente los “anillos”. Estos “anillos” están rodeados por laceraciones del material córneo (hasta unos 1.2 mm de profundidad) así que la parte superior de la pared córnea se aprecia muy irregular en un corte longitudinal. También tiene gran cantidad de células córneas en descomposición. De esta forma, los “tori” se caracterizan por desprendimiento y síntomas de decadencia del material córneo donde pueden detectarse también bacterias y hongos. En esta área, casi no se detectan túbulos córneos o sólo algunos grandes con médulas dilatadas. Aumenta la picnosis de los núcleos en las células córneas hacia la superficie, especialmente en las células corticales y también en las médulas de los túbulos córneos.

Los túbulos córneos, especialmente en la zona coronaria interna, están curvados y protruyen al exterior (las papilas también están enroscadas, véase figura 36b). Así los túbulos generan “anillos córneos”. En el corte transversal se observan elípticos en su longitud y planos. Unos pocos túbulos córneos de la zona coronaria externa tienen médulas dilatadas. Se encuentran vacuolas sólo en las médulas de los túbulos córneos coronarios de la zona interna y se encuentra una reacción positiva a

PAS en el tejido córneo intertubular de la misma zona, sobre la superficie del tejido córneo coronario, en algunas células corticales de los túbulos córneos coronarios y en el ápice de las láminas epidérmicas. El tejido córneo coronario contiene un gran número de túbulos córneos y es bastante grueso debido a los "anillos córneos". El estrato espinoso de las láminas epidérmicas, incluso de las láminas córneas y del material córneo terminal, muestra gran cantidad de vacuolas, al igual que el tejido córneo intertubular terminal, que también tiene algunas micro cuarteaduras. Las vacuolas también están presentes en la cápsula córnea. La decoloración de las células córneas representa una mala calidad del tejido córneo. El tejido córneo ha perdido total resistencia a estas alteraciones.

#### 6.4.3.4 Cuarteadura en la suela

Proximalmente, aún en el área sin afectar de las papilas donde la cuarteadura se encuentra distalmente, existen muchas micro cuarteaduras y vacuolas en el tejido córneo intertubular. De manera conspicua, los primeros túbulos córneos están ordenados alrededor de las papilas en la misma región. El estrato germinativo tiene muchas vacuolas. La reacción positiva a PAS sucede exactamente en el tejido intertubular donde la cuarteadura está en una posición más distal y en las células corticales de los túbulos córneos.

Distalmente, en el tejido córneo de la suela, la cuarteadura es visible claramente (véase figura 37). Se observan grandes túbulos córneos y médulas dilatadas, cuyo contenido está desintegrado especialmente alrededor de la cuarteadura. Otras alteraciones son fisuras desde la cuarteadura hasta el tejido córneo intertubular, así como bacterias y hongos junto a la cuarteadura. Sobre la superficie de la cuarteadura sólo quedan algunos túbulos córneos y éstos se extienden hacia la cuarteadura.

#### 6.4.3.5 Pododermatitis chronica suppurativa et proliferativa - pododermatitis

Los cortes histológicos de esta alteración patológica se tomaron de muestras de tejido córneo de un elefante que en ese momento presentaba este tipo de pododermatitis. Fue casi imposible reconocer las estructuras (véase figura 38), en especial el ápice del tejido córneo terminal no está bien delimitado del tejido córneo coronario, que muestra médulas dilatadas. Las médulas están en descomposición o contienen vacuolas. Esto también se encontró en las células corticales, que estaban sueltas. El tejido córneo intertubular tiene apariencia normal excepto donde se detectan vacuolas. Se encuentran micro cuarteaduras alrededor de los túbulos córneos.

Aunque se trata de muestras de tejido córneo, aún es visible el estrato germinativo del tejido córneo terminal. Con frecuencia se presentan vacuolas en los túbulos córneos del tejido córneo terminal. Vacuolas y micro cuarteaduras están presentes en las láminas córneas. Aparece picnosis de los núcleos de los túbulos córneos del tejido córneo terminal. Los túbulos córneos terminales son más elípticos a lo largo y algunos tienen médulas dilatadas o en descomposición. Difieren en tamaño. La reacción AB-PAS es positiva en las células corticales y en el tejido córneo intertubular del segmento coronario y sólo algunas partes del estrato espinoso del tejido córneo terminal. También es obvio que la mayor parte del tejido córneo está en descomposición o rasgado, especialmente sobre la superficie. Hay algunas indicaciones de la desintegración aumentada de las médulas y por tanto una tasa aumentada de regeneración de las células epiteliales.

## **6.5 Grosor medido microscópicamente del tejido córneo en diferentes ubicaciones**

Se calculó una media aritmética según el método de estadística descriptiva de las mediciones tomadas de cada pata en la que fue posible una medición en el sitio adecuado. En ocasiones, el grosor de cierto sitio varió tanto que estos márgenes de desviación tuvieron que incluirse. Especialmente en el cojinete, el amplio rango de valores proviene del hecho de que cada uña tiene un grosor individual, y más aún de las hendiduras macroscópicamente visibles. Así que se incorporaron, en la medida de lo posible, midiendo las partes más delgadas y las más gruesas en un sitio definido del cojinete y se incluyeron en la media aritmética. Debido a que no se encontraron diferencias entre las patas delanteras y traseras en ambas especies, no se trataron de manera separada.

Debe considerarse que es difícil cortar en el mismo lugar cada vez para realizar una comparación exacta del grosor del material córneo en todas las patas, pero las mediciones se tomaron más o menos a la misma altura en cada uña. Las mediciones de altura involucraron en ocasiones diferentes porciones del tejido córneo (véase figura 39). En la primera posición, como apoyo a la pared córnea, crece material córneo del tejido córneo coronario. Al centro de la pared córnea, el tejido córneo coronario y las láminas córneas son la parte principal del grosor del tejido córneo, pero en ocasiones la cápsula córnea o incluso el tejido córneo terminal también llegan ahí. El tejido córneo coronario, las láminas córneas y con certeza la capa y el tejido córneo terminal se involucran en la parte distal de la pared córnea. Las mediciones de la zona blanca al cojinete se toman perpendicularmente. Así, las láminas córneas y el tejido córneo terminal forman el material córneo para la altura de la zona blanca. Para la suela y el cojinete es igual: túbulos córneos y tejido córneo intertubular del segmento respectivo rellenan el grosor desde la superficie inferior a la parte viva del segmento.

### **6.5.1 Elefante asiático**

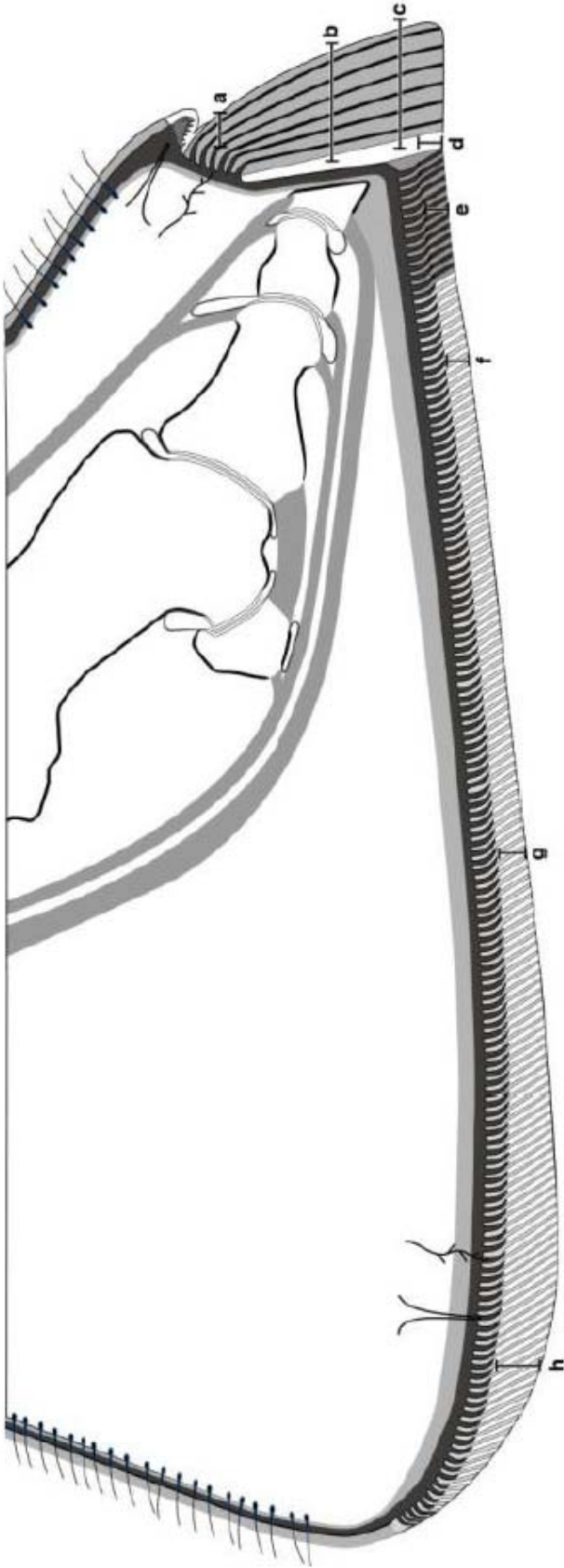
Todas las patas examinadas de elefantes asiáticos provinieron de animales en cautiverio. El grosor de la pared córnea fue constante de la parte proximal a la distal. Justo por debajo del dobléz, la pared es relativamente delgada con 1.7 mm en los adultos y 1.55 mm en los jóvenes. Es notable que la diferencia de profundidad entre la uña joven y la adulta es bastante pequeña. Esto cambia en la dirección distal. En el cuarto distal de la pared córnea, la masa córnea alcanza un tamaño de casi 10.0 mm. Desde la superficie inferior, el grosor córneo en el área del borde de soporte de peso llega a unos 10.0 mm en los adultos y a 6.9 mm en los jóvenes. La suela tiene aproximadamente el mismo tamaño y el cojinete inicia con una altura menor en la parte apical y crece hacia el centro antes de disminuir en la parte palmar/plantar de los adultos. Contrario a esto, la suela de los animales jóvenes es más pequeña que el borde de soporte de peso y el cojinete crece desde la parte apical hacia el cojinete palmar/plantar (véase tabla 13).



**Tabla 13.** Grosor del tejido córneo en diferentes sitios de la uña de los elefantes asiáticos y africanos examinados, se proporcionan los rangos de acuerdo con el método de estadística descriptiva.

1° = media aritmética, entre paréntesis = mínimo y máximo de las mediciones, n = número de mediciones de diferentes patas y de diferentes elefantes, incluyendo el margen de desviación.

		Elefante asiático		Elefante africano		
		adulto	joven	adulto-cautivo	adulto-silvestre	joven-silvestre
Pared córnea	A la altura del doblez	1.7 mm (0.7 - 3.8) n = 10	1.5 mm (0.9 - 3.8) n = 11	2.0 mm (1.7 - 3.0) n = 3	4.3 mm (3.2 - 5.3) n = 2	1.4 mm n = 2
	Al centro	5.8 mm (2.8 - 8.0) n = 8	3.6 mm (2.3 - 5.1) n = 8	9.3 mm (7.0 - 13.9) n = 3	7.5 mm (6.5 - 8.4) n = 2	1.8 mm n = 2
	Cuarto distal	9.2 mm (4.5 - 12.5) n = 8	5.4 mm (4.4 - 7.9) n = 8	9.0 mm (4.5 - 17.0) n = 3	6.8 mm (5.7 - 7.9) n = 2	2.6 mm n = 2
Borde de soporte del peso	Altura de la zona blanca	10.0 mm (5.5 - 23.4) n = 7	6.9 mm (4.6 - 9.1) n = 12	13.0 mm (6.9 - 22.6) n = 3	14.5 mm (13.0 - 15.9) n = 2	5.0 mm n = 2
Suela	Altura del tejido córneo de la suela	9.6 mm (7.5 - 13.0) n = 7	5.2 mm (4.1 - 6.9) n = 9	10.7 mm (10.1 - 11.3) n = 2	13.8 mm (13.0 - 14.5) n = 2	5.8 mm n = 2
Cojinete	Altura del tejido córneo apical del cojinete	8.9 mm (2.9 - 13.0) n = 10	4.8 mm (1.6 - 8.0) n = 13	7.4 mm (5.2 - 10.1) n = 3	14.0 mm (13.6 - 16.5) n = 2	4.8 mm (3.8 - 5.9) n = 2
	Altura del tejido córneo central del cojinete	11.7 mm (5.7 - 17.4) n = 9	5.1 mm (2.9 - 8.3) n = 12	7.4 mm (2.9 - 10.9) n = 3	15.6 mm (8.3 - 26.1) n = 2	6.5 mm n = 2
	Altura del tejido córneo palmar/plantar del cojinete	8.8 mm (1.4 - 15.9) n = 8	6.0 mm (3.8 - 7.8) n = 11	11.3 mm (6.5 - 19.1) n = 3	19.2 mm (15.5 - 22.9) n = 2	2.9 mm n = 2



**Figura 39.** Designación de las porciones córneas que están involucradas en la medición de el grosor del tejido córneo en las patas de elefantes asiáticos y africanos.  
a-c: pared córnea, a-a la altura del doblez, b-en el centro, c-cuarto distal, d-altura de la zona blanca, e-altura del tejido córneo de la suela, f-h: tejido córneo del cojinete, f-altura del tejido córneo apical del cojinete, g-altura de la parte media del tejido córneo del cojinete, h-altura del tejido córneo palmar/plantar.

### **6.5.2 Elefante africano**

Aunque no se tienen datos de edad y sexo de algunos elefantes africanos utilizados para el proceso histológico, puede asumirse que todos ellos eran adultos (véase capítulo 5.2.1), excepto por dos animales, que se sabe eran juveniles por las observaciones macroscópicas de sus patas. Se asume que tres eran elefantes cautivos y 4 provenían definitivamente de la vida silvestre, incluyendo a los dos animales juveniles. Por lo tanto, se enlistan de manera separada para hacer una comparación entre animales silvestres y cautivos, así como elefantes jóvenes y adultos. Las muestras silvestres jóvenes son especímenes mezclados de dos animales diferentes y por tanto se toman como  $n = 2$ .

En general, el grosor del tejido córneo del elefante africano adulto cautivo es aproximadamente la misma del elefante asiático adulto cautivo, con diferencias menores. Pero el ancho del tejido córneo de los elefantes africanos silvestres es más grande que la de los elefantes asiáticos cautivos. De manera notable, el grosor de la pared córnea de los elefantes africanos adultos cautivos es al menos igual o más grueso que el de los animales silvestres. La pared córnea de los elefantes silvestres es mucho más constante. Pero la superficie que soporta el peso del elefante africano silvestre es invariablemente más gruesa que la de los animales cautivos, en el cojinete casi el doble del tamaño. Esto es aun más asombroso porque las patas de los animales silvestres provienen de especímenes disecados del Museo de Historia Natural de Berlín. Al estar deshidratados, probablemente se encogieron y pudieron haber estado aún más gruesos. La comparación entre los elefantes asiáticos jóvenes cautivos y los africanos silvestres muestra aproximadamente el mismo grosor del tejido córneo con algunas excepciones. En las muestras histológicas de los elefantes africanos silvestres no hubo abrasión del tejido córneo coronario distal, como sí lo hubo en muchos animales cautivos.

## **6.6 Concentración de biotina en el plasma sanguíneo de elefantes con y sin suplementación de biotina**

Las mediciones de la concentración de biotina en plasma en todos los elefantes examinados se dividieron en dos grupos: los animales suplementados y los no suplementados (véase tabla 14). Según la prueba de Mann-Whitney, la comparación entre los elefantes suplementados y los no suplementados es significativa ( $p = 0.0491$ ). La media para los animales tratados es 1589 ng biotina/l plasma y para los no tratados es de 390 ng biotina/l plasma. De acuerdo con el análisis de varianza de ANOVA, la comparación es cercana, pero no significativa ( $p = 0.0620$ ). Durante el análisis estadístico surgió que el límite entre la suplementación y la no suplementación está alrededor de 500 ng biotina/l plasma.

Como muestra la tabla 14, la concentración inicial de biotina en la sangre de los animales no suplementados es generalmente inferior a 500 ng/l. En los animales suplementados, la concentración medida depende del tiempo transcurrido entre la suplementación con biotina y el momento de la colecta de la sangre. 5 a 10 minutos después de proporcionar la biotina (que es cuando el zoológico B toma la muestra de sangre) la concentración ya había alcanzado un valor superior a los 500 ng/l.

**Tabla 14.** Determinación de biotina en muestras de plasma sanguíneo de seis diferentes elefantes asiáticos suplementados y no suplementados de dos zoológicos diferentes (ng biotin/l plasma).

Zoo	Elefante	Biotina (ng/l)	
A	1	suplementado por 8 meses	410
		suplementado por 11 meses	7800
		suplementado por 13 meses	300
	2	suplementado por 8 meses	640
		suplementado por 11 meses	1760
		suplementado por 13 meses	450
B <sup>1</sup>	3	suplementado por años	580
		suplementado por años	779
	4	suplementado por años	589

Zoo	Elefante	Biotina (ng/l)	
A	1	no suplementado	360
		no suplementado	310
		no suplementado	480
	2	no suplementado	350
		no suplementado	280
		no suplementado	660
B <sup>2</sup>	3	antes de la suplementación	289

**Notas:**

<sup>1</sup> El elefante 4 del zoológico B no entró al análisis estadístico debido a que no hubo una muestra sin suplementación.

<sup>2</sup> Este elefante es igual al elefante 3 suplementado, pero las mediciones corresponden al tiempo anterior a la suplementación con biotina.

El valor más alto medido fue de 7800 ng/l (del zoológico A), pero no se proporcionó el tiempo transcurrido después de la suplementación con biotina. Tres muestras de animales suplementados del zoológico A no alcanzaron los 500 ng/l, pero como se mencionó en el capítulo 5.3, la suplementación y el tiempo de colecta no fueron muy claros por parte del zoológico A. En la colecta de plasma no suplementado, todas las muestras se encuentran por debajo de los 500 ng/l, excepto por una muestra de 660 ng/l.

## 7 Discusión

Este estudio describe la epidermis, el corium y el tejido subcutáneo de la uña del elefante. Esto puede ayudar a la comprensión de las estructuras y de la ubicación de la producción de tejido córneo, así como reconocer una uña de buena calidad y saludable. El conocimiento sobre la estructura normal de la uña y de la tasa de producción de tejido córneo también son importantes para comprender las condiciones patológicas y proporcionar una prognosis acerca de ellas. Por tanto, se discute la estructura normal (macroscópica y microscópica) de la uña de las patas de los elefantes para lo cual se obtuvieron mediciones, y se explican las posibles diferencias entre el elefante asiático (*Elephas maximus*) y el africano (*Loxodonta africana*). No se diferencian subespecies.

Existe mucha especulación respecto a que los elefantes africanos parecen ser menos susceptibles a problemas en las patas (Ramsay y Henry, 2001). Se hacen comparaciones entre animales en cautiverio y sus contrapartes silvestres tanto de elefantes asiáticos como de africanos, junto con un análisis de las diferencias. Se explican las estructuras macroscópicas e histológicas por comparación con las bien estudiadas patas de ganado, caballos e incluso rinocerontes para brindar una base para reconocer cambios histopatológicos y especialmente la calidad de la uña. Adicionalmente, se examina la presencia de hallazgos patológicos macroscópicos y microscópicos comunes. Las causas de los problemas en las patas (excepto por incidentes traumáticos) siguen siendo desconocidas en general y especulativas. Sin embargo, como consecuencia de los hallazgos, se hacen algunas consideraciones de las causas y ocurrencia de las enfermedades en las patas.

El libro "The Elephant's Foot" (la pata del elefante) de Csuti *et al.* (2001) finalmente resalta la importancia de la pata del elefante y sus enfermedades. Este libro se ha vuelto muy popular entre los expertos en los cuidados en cautiverio de los elefantes. Pero incluso en este libro sólo se encuentra un señalamiento concluyente sobre la investigación de la histología de estructuras de la uña en la pata del elefante (Fowler, 2001; Ramsay y Henry, 2001).

Además, se examina la concentración de biotina en el plasma sanguíneo como una base para la suplementación con biotina, que trata de mejorar la calidad del tejido córneo de la uña y de evitar enfermedades en las patas.

### 7.1 Material y métodos

La selección de los zoológicos visitados fue relativamente arbitraria y limitada a 10 instituciones. No importó si la institución mantenía elefantes africanos o asiáticos. La composición de 6 zoológicos que tuvieran elefantes asiáticos, 2 zoológicos con elefantes africanos y un zoológico con ambas especies, refleja de manera aproximada la figura de los cuidados en cautiverio de los elefantes en los zoológicos europeos. Surgió la oportunidad de colectar datos de animales en cautiverio y semi-cautiverio en Sri Lanka, de modo que se incorporaron estos datos. Debido a que no se tenía la certeza de poder colectar suficiente material, se aceptaron todas las patas que se ofrecieron, tanto para estudios macroscópicos como microscópicos.

El número de patas delanteras y traseras examinadas es más o menos igual. La medición de la tasa de crecimiento del tejido córneo en la pared córnea resultó ser un proceso delicado en algunos casos, pues la marca que se cortó en la pared córnea para observar la tasa de crecimiento desapareció rápidamente. Algunas personas que realizaron estas mediciones reportaron dificultades para leer las tasas de crecimiento. Las marcas fueron raspadas por los mismos elefantes (abrasión de la pared córnea porque los elefantes las rascaron al usar sus patas para jugar o como instrumentos para preparar cortezas u hojas como alimento) o durante los cuidados diarios de las patas. Otra posibilidad pudo ser que el crecimiento mismo las rellenó debido a que no se cortaron lo suficientemente profundas. Esto puede suceder si el corte se mide sólo una vez al mes y no se revisa diariamente para ver si sigue visible. Zenker (com. pers., 2004) explicó que esto es bastante notable y que él no experimentó el mismo problema cuando investigó a los caballos Lippizaner de la "Escuela Española de Monta" en Viena. También declaró que algunos elefantes tienen un crecimiento oblicuo del tejido córneo en vez de uno perpendicular.

Lo anterior se corresponde con Seilkopf (1959), quien declaró que el tejido córneo del elefante no crece perpendicular en la pared córnea como sucede en la del caballo, sino de forma oblicua. Pero para confirmar esta declaración, tenían que haberse encontrado túbulos córneos dispersos en la pared córnea. Como se describió en el capítulo 6.3.2, la dirección de los túbulos córneos es inclinada, pero no oblicua, y su dirección es, en general, perpendicular hacia el borde del soporte del peso. La sugerencia es más bien que la dirección oblicua del crecimiento córneo es un signo de una pared córnea no saludable, debido a que debería crecer de forma perpendicular. Debido a que el autor no midió por sí mismo la tasa de crecimiento, dependió de la confiabilidad y precisión del indicador. Por lo tanto, es más exacto convertir la tasa de crecimiento del tejido córneo de todo el periodo de mediciones de 28 días para eliminar cualquier error de medición y para incorporar variaciones individuales y estacionales (Geyer, 2004). Esto es debido a que la tasa de crecimiento puede verse influida por la irrigación sanguínea al corium (lo que significa que la tasa de crecimiento disminuye en invierno), la temperatura del aire (Wheeler *et al.*, 1972), la cantidad de ejercicio que los animales realizan (movimientos prolongados aumentan la irrigación sanguínea) y la edad del animal (Leu, 1987; Josseck, 1991; Schmid, 1995; Stern, 2000).

La exungulación de las uñas individuales se logró mejor con el método descrito de lo que se había esperado, lo que ayudó a la descripción de las estructuras de la uña. Debido a la amable ayuda de varios veterinarios, fue posible coleccionar algunas patas de elefantes africanos silvestres y algunos animales asiáticos en semi cautiverio y en cautiverio que aún vivían en el país de su origen. Aunque el grosor de la pared córnea no fue medible, fue obvio que la capa de tejido córneo de la superficie que soporta el peso era más gruesa. El estado y apariencia de las patas sí fue describible.

Desafortunadamente, la colecta de las patas de elefantes muertos fue complicada, así que no fue posible determinar el material a investigar con anticipación. Se recibió cualquier pata que estuviera disponible, incluso cuando no se conociera la edad o el origen del animal. Hubiera sido ideal tener una pata delantera y una trasera de una cierta cantidad de animales de cada especie, sin embargo, no fue posible seleccionar el material de manera sistemática. Habiendo dicho esto, el número de patas delanteras y traseras fue aproximadamente igual. Las muestras córneas, recogidas durante el pedicure, no fueron muy útiles debido a que los trozos son pequeños y superficiales. Es muy raro que este tipo de muestras se corten muy profundo, hasta el tejido "vivo" en estas circunstancias, lo que hubiera sido necesario para obtener datos confiables.

Se establecieron los métodos para la preparación y procesamiento del material histológico (Fürst, 1992; von Houwald, 2001; Monhart, 2002). La única desventaja fue el hecho de que fue complicado cortar algunas muestras en el criostato y casi todos los cortes histológicos que se realizaron con el criostato son visibles. El material disecado del Museo de Historia Natural de Berlín fue difícil de manejar en los diversos pasos del proceso de preparación debido a su resequeidad. Aunque no fue difícil cortar los bloques, se hizo aparente, después de teñirlos y montarlos, de que en los cortes histológicos aparecían bordes y cristales. Las posibles causas de esto pueden ser la desnaturalización de las proteínas durante el proceso de secado (por ejemplo, el proceso de conservación por medio de calor y de salado), aunque no se proporcionaron datos sobre el proceso de conservación, se encontró la presencia de cristales pues las muestras fueron remojadas antes de cortarlas con el criostato o la presencia de burbujas una vez que el corte se cubrió con el cubreobjetos.

Finalmente, debe decirse que los resultados del procesamiento de este material no fueron completamente satisfactorios al observarlo al microscopio. Puesto que no siempre fue posible cortar todos los bloques en el mismo lugar exactamente, las mediciones dadas no pueden tomarse como datos completamente exactos, sino como guías en forma de estadística descriptiva. Las razones son las diferencias individuales de las uñas y del corte, que no siempre fue horizontal.

La ventaja de la tinción con AB-PAS fue la buena diferenciación del material saludable y el enfermo. La degeneración se reconoce por la tinción roja de la membrana o el cuerpo celular. El tejido córneo saludable se aprecia con una médula delgada y sólo algunas células en descomposición teñidas de rojo (Schmid, 1995).

El análisis de biotina fue difícil debido a que la aplicación de vitaminas no fue controlada y fue proporcionada por otras personas diferentes al autor, lo que requiere buena comunicación entre todas las partes y consistencia en la suplementación diaria. Los resultados no sostienen estas presunciones.

## 7.2 Examen macroscópico de las patas de los elefantes

Las mediciones de las patas se tomaron para tener una mejor idea de su forma y reconocer indicaciones tempranas de eventos patológicos mediante cambios de la apariencia normal, así como para tener signos de estrés en las patas. Hay varias influencias en la forma de las patas (genética y ambiental), pero también los desórdenes en las patas tienen un efecto.

### 7.2.1 La pata

La posición de toda la pata es perpendicular, contrario a los huesos de la pata, que son oblicuos, y a los dígitos, que son casi horizontales. Esta posición perpendicular se explica por el enorme peso que un elefante debe soportar (Altevogt *et al.*, 1987). Esta constitución permite a las patas soportar bajo su carga. Si las articulaciones se ubicaran en un ángulo, el elefante tendría que aplicar mucha fuerza para mantener su posición. Mientras que al mantenerse muy derechas, la tracción del peso descansa directamente sobre las patas. La postura de las patas traseras ayuda a distribuir el peso y mantener su posición con un gasto mínimo de energía. No es posible comparar la postura de un elefante con un rinoceronte (von Houwald, 2001) o con ganado porque las patas de los otros animales no son rectas. Las patas de los elefantes tienen una posición similar a la de las patas de los caballos.

Debe siempre tenerse en mente el enorme peso que descansa en las patas de un elefante. Fowler (2001) analizó la distribución del peso de un elefante africano que pesaba 6000 kilos y concluyó que, mientras está de pie, cada pata carga 1500 kilos, lo que representa 1 kg/cm<sup>2</sup>. Esto también hay que tenerlo en mente al considerar enfermedades en las patas y los cuidados de estos animales en cautiverio.

El elefante pertenece al suborden ungulados (como el caballo, el ganado, el rinoceronte y el hipopótamo), e incluso es clasificado como subungulado. El caballo y todos los otros animales que pertenecen a los perisodáctilos (como el tapir y el rinoceronte) son parientes cercanos del elefante (Fowler, 1980; von Houwald, 2001; White y Santos, 2004; IUCN/SSC/African elephant specialist group, 2005). El caballo, el ganado, el hipopótamo y el tapir, son digitígrados, al igual que el elefante en sus patas delanteras. Así, tienen una constitución similar de sus patas.

Como confirmaron Ramsay y Henry (2001), la anatomía macroscópica normal de las patas de los elefantes africanos y asiáticos, no difiere mucho. Pero hay algunas diferencias pequeñas, pero importantes entre las patas delanteras y las traseras, y entre los elefantes asiáticos y los africanos. Además de las diferencias que ya se conocen (como el número de dedos) y las apariencias, se encontraron algunas diferencias obvias: (1) las circunferencias de las patas delanteras son mayores que las de las patas traseras para los elefantes asiáticos, pero no difieren mucho de las de los africanos y (2) las patas traseras del elefante africano muestran una forma más angosta que en el asiático.

(1) Hay dos hechos notorios sobre la circunferencia de las patas, comparando a los elefantes africanos con los asiáticos. Primero, la diferencia en tamaño entre las patas delanteras y las traseras es mucho menor en los africanos, si no es que son casi iguales. Así que el peso del cuerpo debe distribuirse de forma diferente en el elefante africano. La razón de esto podría ser la diferencia de hábitat en la que viven. *Loxodonta africana africana* camina sobre suelo duro, mientras que el elefante asiático lo hace sobre suelo suave, aunque en cautiverio lo hacen en superficies duras.

Segundo, las circunferencias de las patas delanteras de ambas especies son aproximadamente iguales, aunque el elefante africano es más alto y pesado que el asiático. Esto puede explicarse por la parte delantera del cuerpo de los elefantes asiáticos, que es más grande y posiblemente más pesada (cabeza y cuello grandes). Esto lo confirma Virchow (1910) quien también reconoció la carga mucho mayor en las patas delanteras debido a la pesada cabeza. Estos dos aspectos podrían ser una explicación a la mayor cantidad de problemas en las patas de los elefantes asiáticos en cautiverio y a la observación de que las enfermedades en las patas (especialmente cuarteaduras) se presentan principalmente en las patas delanteras (West, 2001). De hecho, se acepta para los cuadrúpedos en general, que las patas delanteras tienen que cargar más de la mitad de la masa corporal y por lo tanto las extremidades delanteras son sujeto de más desórdenes que las traseras (Adams, 1979).

(2) La diferencia en la forma se entiende dado que las patas traseras son mucho más grandes en el elefante africano que en el asiático y el africano es más pesado que el asiático. Debido a que los machos generalmente son más grandes que las hembras, sus patas tienen una circunferencia mayor en comparación con las hembras. Como consecuencia lógica de cargar más peso en las patas delanteras (cabeza, cuello, hombros y pecho), generalmente son más grandes que las traseras.

### **7.2.2 La uña**

La constitución y el exterior de este componente de la pata es casi igual en ambas especies. Pero también aquí hay algunas diferencias pequeñas, pero no sin importancia. La forma de las uñas es similar a la de los humanos. El ángulo de la pared córnea contra el suelo generalmente es constante en las dos especies y el tamaño de las paredes córneas difiere entre ambas especies y sexos. Esto podría reflejar los diferentes orígenes y hábitats de las dos especies y los diferentes sustratos en los que viven, lo que debe tomarse en cuenta para sus cuidados en cautiverio. Una característica conspicua de la uña es el doblez, que no existe en todos los animales, pero sí en la pezuña de los bovinos (Fürst, 1992) o en la uña del perro (Geyer, 2005; véase capítulo 7.2.3.1).

En la vista macroscópica, la suela se ve como si perteneciera a la uña. De hecho, Seilkopf (1959) habló de la "suela de la uña". Sin embargo, como mostraron las investigaciones microscópicas, la suela es un componente independiente (véanse capítulos 6.3.4 y 7.4.4). La gran dificultad macroscópica es definir la transición con el cojinete. En algunos elefantes, esto es fácil porque un surco separa la suela del cojinete, pero esta demarcación no se encuentra en todos los animales. Si no está presente, la medida de la suela es bastante difícil. Como surgió en una comparación, la longitud de la suela varía entre una determinación de la superficie inferior y una medición con ayuda del tejido subcutáneo que es visible en el corte longitudinal y empieza con el segmento del cojinete (véanse capítulos 7.2.3.4 y 7.2.3.5). Cuando se midió por debajo, en la mayoría de los casos fue muy grande. De cualquier forma, la longitud de la suela difiere entre individuos.

El cojinete también tiene algunas características especiales. A diferencia del perímetro de las patas, la longitud del cojinete es mayor en las patas traseras que en las delanteras. Esto deriva de la forma de las respectivas patas. Para acentuar las diferentes formas de las patas traseras entre las especies, debe enfatizarse el cojinete mucho más grande del elefante africano. La superficie inferior del área del cojinete no es igual en las dos especies. En los elefantes africanos en cautiverio, la superficie generalmente es lisa, con sólo unos cuantos surcos; pero en los elefantes asiáticos en cautiverio, se observa gran cantidad de surcos. Es difícil conocer la razón de esto, aunque probablemente tenga relación con las diferentes apariencias de la especie y las diferencias entre los animales en cautiverio y sus parientes silvestres (véanse capítulos 6.1.4 y



6.2.4). Pero todas estas consideraciones tendrán que comprobarse en futuros estudios. No están claras las razones del desarrollo de estos surcos (véase capítulo 7.4.5) ni su función. Fowler (1993) y Rüedi (1995) señalan los surcos y las piezas córneas de forma circular como un portal de entrada a agentes infecciosos y como una posibilidad de herirse por cuerpos extraños atrapados en ellos y concluyen que su presencia debe evitarse o removerse. Aunque esto se pone en duda por el hecho de que estos surcos también se observan en los animales silvestres (Altevogt *et al.*, 1987). El mismo autor describe el cojinete como una estructura extremadamente resistente debido a estos surcos. Por tanto, deben pertenecer a la apariencia anatómica normal de la especie y cortarlos es una intervención en la anatomía natural externa. El cojinete de la mayoría de los animales en cautiverio se aprecia bastante delgado, especialmente después del pedicure y no todos presentan los surcos (véase capítulo 7.2.4). Ninguna de las declaraciones de Seilkopf (1959) acerca de que el elefante indio tiene un tejido córneo más fuerte que el del elefante africano y sobre que las uñas de las patas traseras son más suaves que las de las patas delanteras, pudo establecerse y sólo es posible especular sobre esto (véase capítulo 7.2.1).

#### 7.2.2.1 Tejido subcutáneo

El tejido subcutáneo está estructurado de manera similar al del caballo (Bolliger, 1991) y al del ganado (Fürst, 1992). Le permite el cambio de la piel elástica a la cápsula córnea menos movable y sirve como un amortiguador efectivo y como protección de las estructuras que están por debajo de él (Bolliger, 1991). El cojín digital del cojinete del elefante es probablemente el mayor de todos los mamíferos terrestres. El cojín digital también es responsable de soportar el peso del elefante, similar en el ganado (Fürst, 1992), pero de forma diferente que en el caballo, que soporta su peso sobre el segmento de la pared (Bolliger y Geyer, 1992).

En el elefante, el cojín está compuesto de tejido elástico, conectivo y graso, unido en general por retinacula. Esta composición permite el cambio del peso de la piel elástica hacia la cápsula de la uña menos movable. Otra característica del cojín digital es que efectivamente agranda las patas del elefante cuando todo el peso se pone sobre ellas, ya sea cuando está parado o caminando. Pero no puede extenderlas de manera arbitraria debido a la presencia de la retinacula. Por lo tanto, el "tejido graso" tiene el efecto de absorber el choque, protege las estructuras que están por debajo suyo y contribuye a acolchonar el enorme peso que las patas tienen que cargar. De hecho, hace la mayor parte de este trabajo. El hecho de que el tejido graso de los animales jóvenes sea mucho más blanco que el de los adultos conduce a asumir que en estos dos grupos de edades no se encuentran los mismos ácidos grasos o que hay más tejido conectivo en los animales jóvenes, en comparación con el ganado (Räber, 2000), lo cual podría confirmarse con más estudios. Esto puede ser una parte importante del estudio continuo de las alteraciones patológicas de las patas de los elefantes y sus causas.

Por debajo de las falanges, el tejido subcutáneo está bien desarrollado, así que el corium está bien protegido de la carga de compresión. Esto es diferente en el ganado (Fürst, 1992; Koller, 1998). Virchow (1910) alguna vez proclamó que los huesos se doblan bajo el peso del cuerpo. Esto lo concluyó del hecho de que el cojín digital se agranda bajo presión. Su conclusión parece ser muy poco probable. Un movimiento de los huesos dentro de todas las estructuras de la pata provocaría fricción y presión persistentes sobre las estructuras que están por debajo de ellos.

En los segmentos de pared y de suela no hay tejido subcutáneo porque no se necesita absorción o acojinamiento. Por lo tanto, el corium está bien desarrollado y recibe la tracción y la presión de esta área.

### 7.2.2.2 Corium

Aunque la uña no parece tener la función de cargar peso, como en el caballo (Bolliger y Geyer, 1992) o en el ganado (Fürst, 1992), el corium está bien desarrollado en todos los segmentos (véase más adelante). Especialmente en el segmento del cojinete, donde se acolchona la mayor parte del peso, el corium es bastante grueso y proporciona una buena distribución del peso corporal. La razón de un corium bien desarrollado en la pared córnea puede ser el hecho de que el elefante también coloca las patas sobre el borde que soporta el peso cuando camina.

El corium está compuesto de papilas y láminas coriales como en otros animales con una cápsula córnea en sus patas, por ejemplo en el rinoceronte (von Houwald, 2001), el caballo (Fürst, 1992), y el ganado (Bolliger, 1991). La existencia de láminas en las uñas del elefante se ha reconocido ya por mucho tiempo (Steel 1885), mientras que Seilkopf (1959) escribió que no hay conexión entre las falanges y Fowler (1993) niega su presencia, aunque aparentemente ha revisado esto más recientemente (Lahiri-Choudhury, 2001). De hecho, existe una fuerte conexión entre la epidermis y el corium a través de las láminas primarias a terciarias, particularmente en el segmento de la pared. Las papilas y las láminas son una constitución muy importante, especialmente para el órgano digital, pues ayudan a sujetar la epidermis firmemente a sus tejidos subyacentes. Esto parece indicar que la uña recibe parte de la función de soportar peso o que el elefante pone alguna presión sobre la uña al caminar, así que es necesaria una unión de este tipo.

Sin embargo, la fuerte conexión entre el corium y el periostio de las falanges muestra que las uñas no están en contacto suelto con las estructuras subyacentes, sino fuertemente conectadas con el periostio (véase capítulo 6.3.3). Una función de las paredes córneas ciertamente parece ser la protección del tejido subyacente y las correspondientes falanges (Ramsay y Henry, 2001), por ejemplo porque en ocasiones los elefantes usan sus patas para preparar su alimento. La aseveración de Fowler (1978) de que los elefantes tienen uñas rudimentarias en sus patas puede negarse definitivamente.

### 7.2.2.3 Epidermis

La estructura de la epidermis tiene la misma constitución general que en otros animales y no hay diferencias entre las dos especies. La capa de tejido córneo es reforzada por el arreglo especial de las células córneas con los túbulos córneos. Incluso puede verse una corona y un borde de soporte de peso como en otros ungulados.

## 7.2.3 Los segmentos de la uña

La subdivisión en cinco segmentos diferentes está basada en las diferentes morfologías del tejido subcutáneo, corium y epidermis y en la anatomía de animales domesticados (Bolliger, 1991; Fürst, 1992; von Houwald, 2001). Simplifica la comparación de las uñas de los elefantes con otros animales y entre las especies de elefantes e individuos.

### 7.2.3.1 El segmento del perioplio

El tejido córneo del perioplio sobre la pared córnea no llega hasta el borde que soporta el peso, como en el caballo (Bolliger y Geyer, 1992), sino que se comporta como en la pezuña del bovino (Fürst, 1992), donde el tejido córneo del perioplio se encuentra sobre el tejido córneo coronario. La razón de que no llegue al final de la uña puede ser el uso de la pata como un instrumento para preparar la comida. Por lo tanto, la opinión ampliamente sostenida de que la uña no debe limarse debido a la afectación del perioplio no es justificada.

La apariencia especial del perioplio es el doblez. Esta estructura describe la parte del corium del perioplio que llega por encima del segmento coronario hacia la parte distal y luego se dobla proximalmente. Finalmente, se conecta con el corium del segmento coronario. Las similitudes con el doblez en la uña del perro son obvias (Geyer, 2005). Parece que el tejido córneo de este segmento va alrededor de la pata como una transición entre la piel con pelo y el tejido córneo del cojinete. Esto semeja el perioplio de la pezuña bovina (Fürst, 1992), donde el tejido córneo también se extiende a la parte palmar/plantar de la pezuña y se une al cojinete.

#### *7.2.3.2 El segmento coronario*

La expansión macroscópica del segmento coronario tiene aproximadamente la misma forma que la pezuña del ganado (Fürst, 1992), pero es mucho más pronunciada que en el ganado. Puede compararse con el segmento coronario de la pezuña con respecto a su grosor (Bolliger y Geyer, 1992). Debido a la dureza y fuerza del tejido córneo, realiza la función de proteger los tejidos subyacentes.

#### *7.2.3.3 El segmento de la pared*

El segmento de la pared tiene la misma forma que toda la pared córnea. También es semejante al segmento de pared de la pezuña del bovino (Fürst, 1992). El segmento de pared del elefante africano es más grande, en promedio, en su extensión, aunque la uña como un todo es ligeramente más pequeña. La razón de esto es difícil de hallar. Puede estar relacionado con las diferentes porciones del segmento de pared en la suspensión de las falanges en la cápsula córnea, pero esto es sólo especulación. La existencia de láminas primarias a terciarias como una conexión fuerte entre la epidermis y el corium puede respaldar esta hipótesis (véanse capítulos 7.2.2.2 y 7.4.3). Sin embargo, asumiendo que la parte principal del peso la lleva el segmento del cojinete, las fuerzas de tracción son mucho más pequeñas en el segmento de pared, comparado, por ejemplo, con el de los caballos y por lo tanto, el segmento de pared no tiene la misma extensión como en la pezuña del caballo (Bolliger y Geyer, 1992). Así que la zona blanca y la zona alba, no tienen la misma importancia como en otros animales, pero también aparecen en el borde de soporte de peso del elefante.

#### *7.2.3.4 El segmento de la suela*

Comparada con el cojinete, la suela es sólo una pequeña parte de la superficie que soporta el peso en la pata del elefante. La suela está definida porque el corium descansa directamente sobre el periostio. Es difícil describir la suela desde el ángulo palmar/plantar, como determinó Seilkopf (1959). Evans (1910) ya había descrito las papilas de la "suela" después de haber retirado la cápsula córnea. Un hallazgo sobresaliente es la capa de tejido córneo muy delgada, que aún es visible macroscópicamente. La aseveración de Seilkopf (1959) de que sólo hay suela en la uña curvada con forma de garra debe contradecirse, pues se pudo encontrar suela en todas las uñas examinadas, aunque algunas fueron muy pequeñas.

En lenguaje coloquial (utilizado cotidianamente por veterinarios y cuidadores), así como en el documento de Smith (1890), el término "suela" significa toda la superficie inferior de la pata, sin ninguna diferenciación específica. Pero esto no es correcto estrictamente hablando, como puede verse en los diferentes capítulos sobre los segmentos de suela y cojinete. Hay algunas diferencias entre la suela y el cojinete, así que, aunque son difíciles de distinguir macroscópicamente, deben nombrarse por separado.

### 7.2.3.5 El segmento del cojinete

Antes que nada debe aclararse la definición de cojinete. El cojinete es parte de la superficie que soporta el peso que tiene tejido subcutáneo. Aunque hay diferentes opiniones sobre las características distintivas de la suela y el cojinete (Fürst, 1992), el tejido subcutáneo y el cojín digital se consideran características decisivas para la subdivisión de la superficie que soporta el peso en suela y cojinete. El cojín digital es el segmento más grande de todos y su tejido subcutáneo actúa absorbiendo el choque. Además, para aclarar las diferentes definiciones de cojinete que da Seilkopf (1959), en este estudio se considera como cojinete a la fusión de todos los cojinetes digitales. Contrario al cojinete bovino, en el que el tejido córneo crece desde la parte palmar/plantar hacia la parte apical (Fürst, 1992), el tejido córneo es empujado hacia abajo pero con una inclinación ligeramente oblicua. Si el tejido córneo del cojinete crece en exceso, no crece sobre la uña o la suela.

El grosor de la epidermis del cojinete (que incluye el estrato germinativo, granuloso y córneo) es notable, con un grosor medio de sólo 12.5 mm. La capa de tejido córneo del cojinete es por tanto, un poco menor. Esto es asombroso si se considera el peso y el tamaño del animal. Parece claro que la superficie en la que se encuentran estos animales pueda ser la causa de este hecho, junto con el pedicure (véase capítulo 7.2.4), y por lo tanto es muy importante. La trayectoria ondulante de la línea horizontal epidérmica puede ser una expresión de la presión causada por la enorme carga de peso que afecta las capas corial y epidérmica sobre el tejido subcutáneo.

En resumen, la apariencia del cojinete varía considerablemente dependiendo del pedicure, las condiciones del suelo y la edad.

### 7.2.4 Comparación de elefantes silvestres y cautivos

Durante las visitas a diferentes zoológicos, todos ellos con un sistema de contacto directo, con un encierro interior y exterior, y que realizan pedicure regularmente. La superficie inferior de las patas de ambas especies atrajo atención particular debido a sus diferencias (véanse capítulos 6.1.2 y 6.2.2). Pero después de estudiar animales silvestres y en semi cautiverio (viviendo en el país de su origen), las divergencias entre las especies se hicieron obvias, y distinto a como se percibió primero.

Las posibles explicaciones para las diferencias naturales de la superficie del cojinete pueden encontrarse en el habitat natural en que viven. El elefante africano silvestre (sólo se consideró *Loxodonta africana africana*) se encuentra de manera predominante en la sabana o en áreas similares secas, mientras que el elefante asiático vive en bosques y pastizales. Por tanto, es entendible que el elefante africano “necesite” una capa de tejido córneo resistente y extensa. La superficie inferior del elefante asiático está adaptada a su habitat natural donde el elefante camina sobre un terreno más suave y húmedo. Esto también podría ser la razón para las diferentes apariencias de los elefantes en cautiverio. La mayoría de los animales en los zoológicos europeos (no hay diferencias marcadas en los cuidados que se tienen en cautiverio entre las dos especies) se mantienen en pisos demasiado duros para el elefante asiático, que está acostumbrado a suelos más suaves. Esto puede confirmarse por la relación pequeña entre las papilas de la parte córnea de los elefantes asiáticos en cautiverio (véase capítulo 7.4.5). Con respecto a la influencia de los sustratos del suelo en la salud de las patas, Buckley (2001) declaró que el sustrato preferido es el natural. Incluso dijo que “en ausencia de concreto, las uñas y cojinetes permanecen flexibles y no se secan” y que “con libertad de elección, los elefantes pasan mayor parte de su tiempo ocupados en actividades sobre sustrato natural”.

El pedicure frecuente juega su parte en la apariencia de la superficie inferior de ambas especies. Otras razones para las diferencias pudieran ser, por ejemplo, diferente dureza del material córneo debido al suelo en el que se mantienen, una mejor abrasión del material córneo del cojinete del elefante africano o una mayor tasa de crecimiento en el cojinete del elefante asiático.

Otra característica que sobresale entre elefantes silvestres y en cautiverio, es la aparente suela y cojinete, mucho más delgados en los animales en cautiverio en ambas especies en comparación con los silvestres. Esto se confirmó microscópicamente en el capítulo 6.5, donde el grosor de la suela y del cojinete alcanza aproximadamente 10 mm. Las pocas patas de elefantes africanos silvestres que se trabajaron histológicamente en este estudio, mostraron una capa de tejido córneo al menos del doble de grosor. Éste puede ser un factor adicional y una condicionante para los desórdenes que ocurren en las patas de los elefantes, entre otros (como alimentación, clima, pedicure, falta de ejercicio e higiene).

Hay dos posibles explicaciones para esto: hasta ahora, los especialistas de elefantes se preocupaban acerca del crecimiento excesivo en el tejido córneo de los elefantes en cautiverio y la falta de desgaste del mismo, debido a la falta de ejercicio de los elefantes en un zoológico o en un circo. Por estas razones, instalaron pisos (concreto, asfalto, cemento vaciado, piedras falsas, tapetes de caucho) que pretendían ayudar a la abrasión de la suela y el cojinete. Adicionalmente, se intensificó el pedicure, en particular quitar el tejido córneo que no se raspaba por caminar sobre estas superficies duras (algunas veces después del pedicure, podía verse un tejido rojizo, el corium, por debajo del tejido córneo). Por lo tanto, el piso puede designarse para hacer mucha abrasión de la suela y el cojinete y el pedicure puede hacerse de manera excesiva (Schanberger, 1990; Buckley, 2001). Probablemente esto también explique la apariencia de la superficie inferior de las patas de los elefantes de ambas especies en cautiverio. Además, Buckley (2001) dijo que “incluso un elefante moderadamente activo en un ambiente natural requiere poco pedicure (tan poco como una o dos horas al año)”. Una posible consecuencia de la superficie que soporta el peso tan delgada, puede ser que la presión sobre las uñas aumenta (Flügger (2002) también considera esto como una posible causa) y por lo tanto es más probable que haya cuarteaduras y otras alteraciones debido a la anatomía no natural. Otro efecto podría ser una mala irrigación sanguínea ocasionada por lo delgado de esta capa de tejido córneo, que no puede resistir el enorme peso y que por lo tanto, se afectan los vasos sanguíneos del corium subyacente. Esto, nuevamente conduce a una menor calidad de tejido córneo y resulta en una situación que favorece alteraciones patológicas. Por lo tanto, la delgadez del tejido córneo del cojinete de los elefantes en cautiverio se ha declarado como de menor resistencia.

De acuerdo con varias pláticas con especialistas de elefantes, parece que los zoológicos que tienen exhibidores grandes y que tienen un sistema de no manejo, o al menos de contacto protegido, sin pedicure o con pedicure ocasional, tienen menos problemas con desórdenes en las patas.

### **7.2.5 Tasa de crecimiento de la pared córnea**

Hay varias aseveraciones que hacer sobre la tasa de crecimiento del tejido córneo de los elefantes. Primero, Fowler (1993) mencionó una tasa de 1 cm al mes para la pared córnea, sin diferenciar entre los elefantes africanos y los asiáticos, ni para las patas delanteras y las traseras. Seilkopf (1959) declaró que la tasa de crecimiento era de 2.2 a 2.5 mm al mes, lo cual es más bajo que la tasa medida en este estudio. Él tampoco no hace distinción entre las especies ni entre las patas. Otros han asumido que el tiempo que tarda la pared córnea en sanar es la tasa de crecimiento, lo cual no es correcto debido a diferentes influencias en el proceso de sanado y debido a la localización del defecto. En este estudio, fue claro que deben diferenciarse las dos especies y las patas traseras de las delanteras. La tasa para el elefante africano es más lenta que para el asiático, y la diferencia es significativa para las patas delanteras. En general, la tasa de crecimiento de las patas traseras tiende a ser menor que en las patas delanteras (calculada para todos los individuos de ambas especies). Las razones de las diferencias en la tasa de crecimiento son completamente especulativas y por tanto no se intentará explicarlas aquí. La tasa de crecimiento para el caballo (7 – 8 mm/28 d, Bolliger y Geyer, 1992) es más o menos igual para las patas delanteras del elefante asiático. En comparación, la tasa de la pared cornea de las vacas es

de unos 4 mm/ 28 d (Schmid, 1995), lo cual es un poco menos que para cualquier medición hecha en la pared córnea de los elefantes. La tasa de crecimiento de la pared córnea es importante para el tiempo de reemplazo después de que surge un defecto. El tiempo de sanado de una alteración en una uña será al menos el del crecimiento del nuevo tejido córneo. Si la longitud de una pared córnea es de unos 75 mm, la regeneración del tejido coronario desde la corona hasta el borde que soporta el peso, toma en promedio poco más de 9 meses para la pata delantera del elefante asiático y generalmente casi 15 meses para la pata trasera de un elefante africano. De modo que se requiere tiempo para el completo sanado de un defecto en la pared córnea, especialmente si la enfermedad afectó las estructuras subyacentes y si no se asegura la irrigación normal del tejido córneo. Esto también significa que los intentos para mejorar la calidad del tejido córneo con una suplementación en la dieta, por ejemplo con biotina, tiene que planearse para este lapso de tiempo o más (el tejido córneo tiene que crecer hacia abajo, hacia el borde que soporta el peso). También tiene que considerarse que un tejido córneo que ya tiene mala calidad en su parte proximal, tomará más para crecer hacia abajo que un tejido córneo de calidad normal o buena (Leu, 1987, véase capítulo 7.7).

El zoológico que no se incluyó en los cálculos de la tasa de crecimiento, había un elefante recibiendo un tratamiento con biotina que mostró una tasa de crecimiento del doble que otro elefante en el mismo zoológico que no recibía los suplementos de biotina (véase capítulo 6.1.5). Esto puede conducir a la falsa creencia de que la biotina tiene una influencia sobre la tasa de crecimiento. Leu (1987), Josseck (1991) y Schmid (1995) demostraron que éste no es el caso, aunque Buffa, (1992) asegura lo contrario. En este caso, debe mencionarse que el elefante suplementado había tenido mala calidad del tejido córneo durante mucho tiempo. Así que parece que la causa del rápido crecimiento del tejido córneo radica en la mala calidad de éste como confirmaron Leu (1987), Josseck (1991) y Schmid (1995). Esto es porque el crecimiento rápido de tejido córneo no implica una buena calidad del tejido córneo, y la buena calidad del tejido córneo que está creciendo es más importante que su cantidad (Leu, 1987; Josseck, 1991).

El sobrecrecimiento de las paredes córneas como resultado de crecimiento excesivo del tejido córneo es un tema popular consistente en los zoológicos y la literatura. Se asume con frecuencia que este crecimiento es una causa generalizada para problemas en las patas (por ejemplo cuarteaduras, Fowler, 2001; Flügger, 2002). El crecimiento excesivo del tejido córneo generalmente va de la mano con un crecimiento rápido de este tejido. Si se aumenta el proceso de cornificación, el tejido córneo producido no puede ser de la misma calidad que las capas córneas producidas normalmente y por tanto es de mala calidad. En animales domésticos, pudo demostrarse que el sobrecrecimiento de los cascos puede manifestarse por laminitis (Boosman *et al.*, 1991). Sin embargo, la laminitis puede ser el resultado de un encierro con superficies duras o incluso el resultado de una alimentación con exceso de carbohidratos solubles, lo que conduce a acidosis, y finalmente a laminitis, como lo confirmaron Clauss y Kiefer (2003).

### **7.3 Alteraciones patológicas en diferentes sistemas de cuidados en cautiverio**

En los diez zoológicos de este estudio (con manejo de contacto directo), todos los que tenían elefantes asiáticos reportaron tener cuarteaduras y abscesos en las uñas. Los abscesos en las suelas y el sobrecrecimiento de las uñas lo reportó la mitad de los zoológicos con elefantes asiáticos. Fue imposible tener datos significativos de los zoológicos que tenían elefantes africanos ya que sólo dos de ellos respondieron al cuestionario. Sin embargo, incluso ahí, las dos instituciones mencionaron algunos problemas y otros se observaron durante las visitas. Puede concluirse que, a pesar de los sistemas de manejo ligeramente diferentes en los diferentes zoológicos, ocurren los mismos problemas.

Hay algunos signos de que un sistema de contacto directo tiene más problemas en las patas que otros sistemas (véase capítulo 7.2.4). Debido a que no hay ningún zoológico con sólo algunas pocas, o sin alteraciones patológicas en este estudio, no es posible identificar un sistema de cuidados en cautiverio que garantice eliminar los problemas en las patas. Para ello se necesitaría una prueba que permitiera seguir un sistema de cuidados en cautiverio específico, sin ningún cambio durante el periodo de la prueba, y luego monitorear durante un periodo de tiempo para tener resultados confiables. Cualquier conclusión obtenida de otra forma sólo será especulativa. Sin embargo, se puede hacer notar algunas cosas sobre los cuidados en cautiverio. Una comparación entre las alteraciones macroscópicas encontradas en los zoológicos visitados y las mencionadas en los cuestionarios indica que hay algunas grandes divergencias. El sobrecrecimiento del perioplo y los “anillos córneos” de la pared córnea no se reportaron como alteraciones en los cuestionarios, aunque se observaron con mucha frecuencia en todos los zoológicos.

Además, debe mencionarse que hubo una asombrosa variación en las opiniones de los cuidadores de elefantes y los responsables que respondieron los cuestionarios respecto a las preguntas referentes a problemas en las patas, la recurrencia de los problemas en el mismo elefante, y la recurrencia de los problemas en el zoológico. También hubo divergencias entre las observaciones del autor y las respuestas a los cuestionarios. Esto muestra que aún circulan diferentes puntos de vista acerca de los desórdenes en las patas, lo que confirma Dimeo-Ediger (2001), y mucho depende de cómo percibe la persona entrevistada los problemas en las patas.

Debe admitirse que es cuestión de opinión el grado de alteración patológica o de la enfermedad. Muchos problemas no se ven demasiado dramáticos, de modo que la impresión es que el problema no es severo, aunque pueda haber signos típicos, como por ejemplo, mala calidad del tejido córneo (véase capítulo 7.5). En este estudio, se tomaron como alteraciones patológicas a todas las divergencias del estado normal tanto macroscópico como microscópico, no sólo los cambios relacionados con un síntoma clínico como dolor, inflamación o claudicación. Como se mencionó en el capítulo 7.4, la uña saludable, sin cambios, se toma como representativa del estado normal macroscópica y microscópicamente.

El pequeño porcentaje de patas completamente saludables en ambas especies es digno de notarse y muestra la importancia de evaluar las principales causas de los problemas en las patas. En el estudio de Mikota *et al.* (1994), el 50% de la población estudiada estuvo afectada por problemas en las patas. Esto enfatiza nuevamente lo común que son los problemas en las patas.

Distintos factores influyen el estado de la pata, como la edad y el peso de los animales, pero también factores genéticos, ambientales, de alimentación, metodología y custodia, así como el clima y las posibilidades adecuadas de movimiento. En general, puede decirse que las formas no naturales de las patas promueven desórdenes en las patas (lo que se vio en algunos zoológicos visitados) debido al hecho de que tanto la pata como el tejido córneo están estresados de manera no natural, conduciendo a una mala irrigación sanguínea y, por ejemplo, a laminitis crónica.

En este estudio, parece que los elefantes africanos tienen menos desórdenes en las patas, pero el número de elefantes africanos examinados fue mucho menor que el número de elefantes asiáticos. Así que la interpretación de este resultado debe tomarse con cuidado. El hecho de que los elefantes africanos en cautiverio muestren menos problemas en las patas que los asiáticos también puede explicarse por el hecho de que los africanos están más acostumbrados a un piso más duro, como el que se encuentra en la mayoría de los zoológicos y que está más de acuerdo con su hábitat natural. Además, no es posible declarar de forma definitiva, a partir de este estudio, si hay más problemas en las patas delanteras o en las traseras. Las patas delanteras parecen ser

las más afectadas, probablemente debido al gran peso de la parte delantera del cuerpo (Adams, 1979; West, 2001). Debe tenerse en mente, y muestra la importancia del tema y de aclarar las razones de las alteraciones, que incluso en animales muy jóvenes y en elefantes recién nacidos, se encuentran divergencias patológicas –algunas de ellas “sólo” microscópicas (véase capítulos 6.4.2.6 y 6.4.2.7), pero algunos otros incluso muestran cambios macroscópicos, particularmente cuarteaduras.

No puede excluirse el factor genético en relación con los problemas de las patas y específicamente con la existencia de tejido córneo de mala calidad (véase capítulo 7.5). De hecho, en varios zoológicos, las crías de elefantes que presentan problemas en las patas, también los desarrollan, incluso si no están en el mismo zoológico. Pero eso podría ser ocasionado sólo por las condiciones del cautiverio. De cualquier forma, es otra indicación del mal estado de las patas de los elefantes en cautiverio.

En el apéndice se proporciona un formato de examen para problemas en las patas que se presenten en los elefantes. Éste puede ayudar a los cuidadores y a los veterinarios de zoológicos a controlar y documentar las patas y su estado de salud. El desarrollo de enfermedades y su severidad puede documentarse exactamente de la misma manera simple con este formato. Esto puede ayudar a identificar enfermedades recurrentes en los mismos elefantes o las mismas enfermedades en diferentes elefantes o puede ayudar a identificar las posibles causas de los problemas.

## **7.4 Anatomía microscópica de las estructuras córneas normales y algunos datos apropiados**

Antes de entrar en detalle, debe notarse que las alteraciones patológicas menores no se consideran como normales en este estudio (con algunas excepciones, véase capítulo 6.3), pero más que no presentar cambios, el estado óptimo se toma como la estructura normal. De hecho hay muchas alteraciones que pueden encontrarse en los diferentes segmentos de las uñas examinadas histológicamente y sólo unas pocas uñas que no mostraron ninguna alteración.

Sin embargo, sería un error considerar todas estas alteraciones como normales. De hecho, todos los cambios histopatológicos tienen un impacto en el estado de las uñas de los elefantes en cautiverio (véase capítulo 7.5). Un buen ejemplo del hecho de que no pueden considerarse irrelevantes para la salud los cambios que se presentan de manera regular, es evidenciado por los caballos Lipizzaner de la Escuela Española de Montar, en Viena, donde la mayoría de los caballos mostraban alteraciones en la zona blanca (Josseck *et al.*, 1995; Zenker *et al.*, 1995).

La apariencia microscópica normal de la uña de un elefante presentó poca diferencia entre la pata delantera y la trasera, así como entre especies. No hubo indicaciones significativas para las diferencias que se dice existen en los problemas de las patas (Ramsay y Henry, 2001). Sino que se encontraron muchas similitudes histológicas con ungulados domésticos (Bolliger, 1991; Fürst, 1992) y silvestres (von Houwald, 2001). Muchas estructuras pueden encontrarse en ellos. La constitución de las células, papilas, láminas y túbulos muestran gran regularidad en las muestras examinadas. Además, debe admitirse que la existencia de glándulas interdigitales (Lamps *et al.*, 2001) y coronarias (determinadas como un proceso de enfermedad en uno de los zoológicos que respondieron el cuestionario) no se pudo establecer, ni se cortaron en ninguna muestra. Smith (1890) ya había explicado la histología de la uña del elefante, pero él había habla de sólo de una pared y una suela, así como de “láminas” y “foráminas” y también de “papilas”. El hizo algunas comparaciones con la pezuña del caballo, pero pensaba que las “láminas córneas” en particular, eran “diferentes a las del caballo”.



#### **7.4.1 El segmento perioplico**

El doblez es notable también microscópicamente. Está conformado por el corium y la epidermis del periplo y del segmento coronario, debido a que la transición del perioplo con el segmento coronario sucede en la elongación del pliegue. El doblez es algo entre una depresión y un pliegue. Los túbulos alrededor del doblez son los más largos. Esto se compara con los túbulos gigantes del perioplo del ganado (Fürst, 1992).

Una característica única puede encontrarse en el perioplo: papilas grandes que están subdivididas por cordones epidérmicos y que forman una formación de grupo de papilas de diferente tamaño. No se ha visto una formación de grupo de los túbulos córneos. Pero debe considerarse que los túbulos córneos perioplicos no se cortan exactamente horizontales en el corte transversal y la presencia o no de una formación de grupo es difícil de determinar por esta razón. Este fenómeno también se encuentra en otros segmentos (véase más adelante). Su función en el perioplo no es clara.

El estrato granuloso que se encuentra en el perioplo y en el cojinete definitivamente sólo se encuentra sólo donde hay material córneo suave (Warzecha, 1993). Esto enfatiza la similitud de ambos tipos de tejido córneo y de su consistencia. En la superficie, tanto del propio perioplo como de la pared córnea donde el perioplo está sobre el tejido córneo coronario, no hay túbulos córneos visibles. Donde se encuentran túbulos córneos, las células corticales son del tipo 2, que Bolliger (1992) describe que se encuentran en la zona interna de la corona de la pezuña del caballo. Se puede considerar estándar encontrar unas cuantas vacuolas en el estrato espinoso y granuloso y algunas micro cuarteaduras en el estrato córneo ubicado superficialmente. El tejido córneo intertubular exterior está mucho más expuesto a las influencias del ambiente.

#### **7.4.2 El segmento coronario**

El segmento coronario de la uña del elefante casi alcanza la extensión del segmento coronario del ganado (Fürst, 1992). Es difícil medir la longitud de las papilas coronarias y de los túbulos córneos debido a que las papilas coriales están inclinadas y curvadas. Para medirlas deberían cortarse longitudinalmente desde la base hasta el ápice. No corren perpendiculares como en la pezuña del caballo (Bolliger y Geyer, 1992). Sin embargo, están ordenadas de manera regular con la misma longitud y orientación.

La parte córnea del segmento coronario es responsable de la forma de la uña. Esto es debido a que los túbulos córneos están inclinados en su curso hacia la parte distal, como las papilas. De esta forma pueden explicarse los distintos grosores de la uña. La diferenciación del tejido córneo coronario en tres segmentos no siempre es muy obvia (especialmente hacia la parte distal), pero siempre es detectable la variación de forma y tamaño de los túbulos córneos. Aunque no se han detectado ni una formación de grupo de las papilas, ni papilas con cordones epidérmicos, en la zona media del tejido córneo coronario pueden encontrarse túbulos más pequeños que rodean a uno más grande. Así que ahí debe presentarse el mismo fenómeno que el tejido córneo perioplico (véase más arriba).

La corteza de los túbulos córneos está compuesta de células de tipo 1 (Bolliger y Geyer, 1992) y el tejido córneo intertubular está compuesto por células poligonales. Así que, contrario a los túbulos córneos del ganado (Fürst, 1992), las células corticales se distinguen fácilmente. No se encontraron diferentes tipos de células corticales en las diferentes partes del tejido córneo coronario, como Bolliger (1992) describe en la pezuña del caballo. Las del tipo 1 se presentan en la zona externa y media del tejido córneo coronario del caballo (Bolliger y Geyer, 1992). Fürst (1992) demostró que los animales de pezuña hendida tienen este tipo en todos los segmentos.

La presencia de abrasión del tejido córneo coronario en la parte distal de la pared córnea pudo explicarse por el uso de las patas en la preparación o búsqueda de alimento (Buckley, 2001). Aunque no se encontró en los animales africanos silvestres examinados histológicamente (véase capítulo 6.5.2). Es difícil explicar esta diferencia. No pudo establecerse ninguna influencia en la presencia de alteraciones macroscópicas, contrario a von Houwald (2001), quien describe una abrasión en la pared córnea de un rinoceronte indio cautivo, con efectos severos en la uña correspondiente.

Como Fürst (1992) describe la transición del segmento coronario en la pared, también parece que en la uña del elefante, las papilas coriales del segmento coronario constituyen las láminas coriales en el segmento de pared, como el estrato germinativo del segmento coronario comienza a formar láminas en lugar de túbulos córneos.

### **7.4.3 El segmento de pared**

Smith (1890) describió "láminas córneas" en la pared de la uña y las comparó con las de los caballos. Pero como ya se indicó en otros capítulos, el segmento de pared tiene que revisarse con mayor detalle.

Evans (1910) y otros autores citados en el estudio de Seilkopf (1959) reconocieron la fuerte conexión entre las láminas coriales y epidérmicas desde hace mucho tiempo. Esto se confirmó en este estudio. De hecho, existe una fuerte unión entre los huesos y las uñas a través de las láminas coriales y epidérmicas debido a que el corium está asociado directamente con el periostio de los huesos digitales y unido a la epidermis a través de láminas primarias, secundarias, e incluso terciarias.

Debido a este arreglo del corium y la epidermis, es claro que hay una gran superficie sobre la cual hay una conexión fuerte entre estas dos estructuras (mecanismo de contacto deslizante, Bolliger, 1991) y esto ayuda a fijar la epidermis de la pata firmemente a sus tejidos subyacentes (Bolliger, 1991). Por lo tanto, la tercera falange debe estar suspendida dentro de la cápsula córnea por la interdigitación de las láminas epidérmicas y coriales. Esto es contradictorio a Fürst (1992), quien explicó que la causa de falta de láminas secundarias, como en las pezuñas del ganado, se basa en el hecho de que los segmentos de la pared sólo deben soportar un peso ligero. Pero el elefante es un ejemplo típico de un animal que pone la mayor parte de su peso en el cojín digital y el segmento del cojinete. Por lo tanto, uno debe preguntarse si el elefante soporta más peso en el segmento de pared del que se piensa actualmente (véase capítulo 7.2.2.2). La presencia de láminas terciarias también fue descrita por von Houwald (2001) en su estudio de rinocerontes indios. Por lo demás, la apariencia de los segmentos de pared con láminas primarias y secundarias, es similar a las del segmento de pared en el caballo (Bolliger y Geyer, 1992). El aumento y disminución de las láminas es similar a lo que sucede en el ganado (Fürst, 1992). También es notable el grosor del estrato germinativo de las láminas suaves y de las células córneas de transición y conectivas.

La cápsula córnea, con su constitución de células y túbulos, formada por el borde de las láminas epidérmicas, es más reminiscente en la pezuña del caballo (Bolliger y Geyer, 1992) que en otras especies, pero extensión es más amplia que en el caballo, pero menos que en las pezuñas de los bovinos (Fürst, 1992).

Muy diferente a la pezuña del caballo (Bolliger y Geyer, 1992), la uña del elefante empieza en el segmento de pared y antes en el asiático que en el africano. Por lo demás, su constitución es similar a la de los bovinos (Fürst, 1992), la de los caballos (Bolliger y Geyer, 1992) y la de los rinocerontes (von Houwald, 2001). En su mayoría, los túbulos córneos terminales se cortan transversalmente incluso en cortes longitudinales. Esto muestra que deben presentarse en dirección lateral.

En la uña del elefante existe una zona blanca, como en otros animales como en el ganado (Fürst, 1992), en las ovejas y cabras (Warzecha, 1993), en los caballos (Bolliger y Geyer, 1992) y en los rinocerontes (von Houwald, 2001). La transición del corium terminal y la epidermis al segmento de la suela es difícil de identificar. Las láminas córneas, el arreglo lineal de los túbulos córneos terminales y el hecho de que el corium del segmento de la pared pase de manera perpendicular y el de la suela pase de manera horizontal, ayuda a diferenciar las dos estructuras.

Se encontraron micro cuarteaduras y vacuolas en el tejido córneo terminal en todas las muestras examinadas tanto de animales cautivos como silvestres, y se consideró como una característica común. Por lo tanto, esto es parte del segmento de la pared, lo cual se expone muy fuertemente a influencias externas, y está destinado a ser un “sitio de menor resistencia”.

#### **7.4.4 El segmento de la suela (planta)**

Al igual que en el corium del perioplo, hay papilas grandes subdivididas por cordones epidérmicos de los que surgen papilas más pequeñas y finalmente varios túbulos córneos de diferentes tamaños. Así que da la impresión de una formación de grupo. Aquí, al igual que en el segmento del cojinete, una posible explicación para este arreglo podría ser una mejor distribución de la presión, lo que se requiere debido al peso del animal, y diseñado para permitir a la pata soportar mejor la enorme presión.

Contrario a las papilas del segmento del cojinete, las papilas del segmento de la suela corren más bien perpendicularmente y sólo ligeramente inclinadas en direcciones diferentes. Las células corticales de los túbulos córneos son del tipo 2, en forma de eje, contrario a las de la pezuña del caballo, que son del tipo 3 (Bolliger y Geyer, 1992). El hecho de que el tejido córneo de la suela sea tan delgado en las uñas de muchos elefantes en cautiverio y que las papilas coriales lleguen cerca de la superficie inferior del tejido córneo de la suela en los elefantes cautivos, como muestra la relación de las papilas con la parte córnea, y parcialmente en las uñas de los elefantes silvestres da la impresión de tratarse de un “sitio de menor resistencia”. Considerando el peso y el tejido córneo delgado, no es de sorprender encontrar problemas en esta área.

En el segmento de la suela de los elefantes, no hay láminas constituidas de tejido córneo que provenga de la transición del tejido córneo terminal como puede verse en el segmento de la suela de la vaca (Fürst, 1992) o del rinoceronte indio (von Houwald, 2001). Esto se debe a que los túbulos no tienen un arreglo lineal (véase capítulo 6.3.4.). Y si se presenta este arreglo, está limitado sólo a unas cuantas papilas en el límite con el tejido córneo terminal.

Es importante señalar que las micro cuarteaduras en el tejido córneo intertubular cerca de la superficie inferior puede aceptarse como estándar debido a la influencia del ambiente, pero no así las micro cuarteaduras cerca de las papilas. En la mayoría de las uñas examinadas, el estado del segmento de la suela no fue muy bueno (por ejemplo, con micro cuarteaduras, vacuolas, médulas de los túbulos córneos dilatadas, reacciones positivas a PAS, véase el capítulo 7.5).

#### **7.4.5 El segmento del cojinete (almohadilla)**

Similar a las papilas coriales del segmento de la suela, las papilas también están subdivididas por cordones epidérmicos, lo que termina en una formación de grupo de las papilas y de los túbulos córneos. La razón de esto posiblemente sea la misma que para el segmento de la suela (véase capítulo 7.4.4). También es muy conspicua la gruesa capa de estrato reticular. Ésta puede ser un soporte para absorber el enorme peso en las patas, junto con el cojín digital (véase capítulo 7.4.6).

Un aspecto muy especial es el curso de las papilas y los túbulos córneos. Están parcialmente dirigidos hacia los lados, parte al centro y parte inclinados hacia el ápice. Da la impresión de que tanto las papilas como los túbulos córneos se vencen ante el peso del animal y por tanto no les es posible estar perpendiculares pues la base de las papilas estaría entonces en una posición perpendicular al estrato reticular. Otra razón sería la suavidad del material córneo en comparación con los otros segmentos de la superficie que soporta el peso. Las diferencias entre la relación de las papilas con la parte córnea de las dos especies puede reflejar la diferente adaptación a las condiciones de los cuidados en cautiverio (véanse capítulos 7.2.4 y 7.6). Esto va en relación con la abrasión del piso del pedicure demasiado abrasivo en el elefante asiático. De otra forma, reflejaría la diferente reacción de la parte córnea de las diferentes estructuras corporales, orígenes y hábitat de las dos especies, al igual que su apariencia externa (véase capítulo 7.2).

Las células de la corteza de los túbulos córneos tienen forma de eje y por tanto son del tipo 2 según Bolliger (1992). De manera sorprendente, éste es el mismo tipo que en las células corticales del tejido córneo de la suela. El grosor del tejido córneo del cojinete también es inesperado y sólo mide un promedio de 1 cm en los elefantes en cautiverio (véase capítulo 7.6). Por tanto, el cojinete también se considera un “sitio de menor resistencia”, aunque Evans (1910) pensaba que la superficie que soporta el peso es comparativamente delgada debido a que está hecha para caminar sobre un suelo suave. Las tres partes del cojinete (apical, media y palmar/plantar) muestran estructuras y mediciones aproximadamente de la misma condición, contrario al cojinete de los bovino y los equinos (Bolliger, 1991; Fürst, 1992).

El cojinete es muy parecido al perioplo y por tanto es difícil diferenciarlos microscópicamente cuando se juntan (palmar/plantar). El tejido córneo en particular es muy similar en su tinción. Sin embargo, es notorio que el tejido córneo del cojinete es mucho más duro que el del perioplo, contrario al cojinete de la pezuña del bovino (Fürst, 1992).

En el tejido córneo del cojinete pueden encontrarse cerca de la superficie inferior micro cuarteaduras, vacuolas y células córneas modificadas. Según Leu (1987) y Zenker (1991), éstos son atributos de tejido córneo dañado. Pero estos síntomas de descomposición del tejido córneo cerca de la superficie pueden considerarse comunes debido a la influencia del ambiente, al igual que en el cojinete del bovino (Fürst, 1992). Estas micro cuarteaduras en el tejido córneo intertubular cerca de la superficie pueden también tener un papel en la constitución de los surcos macroscópicos. Debido a las fisuras, no hay adhesión del tejido córneo, así que se descompone de manera uniforme. A causa del terreno sobre el que caminan los animales pueden formarse los surcos. Otra explicación podría ser la existencia de papilas de diferentes tamaños en el segmento del cojinete como se mencionó antes. Los túbulos córneos que surgen de estas papilas tienen diferentes tamaños y longitudes, de modo que pueden formarse los surcos. Puede compararse con la formación de los “anillos córneos” que se forman por la diferencia de tamaños de las papilas dependiendo de la irrigación de sangre al corium del cojinete.

En comparación, las alteraciones deben considerarse como un problema serio cerca del ápice de las papilas. Éstas se encontraron en la mayoría de las patas examinadas de los elefantes en cautiverio y silvestres, y éstas representan una degeneración temprana. De hecho, el tejido córneo que tiene muchas micro cuarteaduras no es muy resistente, de modo que puede tomarse el tejido córneo como un “sitio de menor resistencia” debido a causas secundarias (Fürst, 1992).

#### **7.4.6 El cojín digital**

Seilkopf (1959) compiló diferentes opiniones acerca del cojín digital en su época. Éstas variaban desde “acumulación de tejido elástico” hasta “un cojín de masa gelatinosa”. Neuville (1927) describió al cojín digital como consistente de un marco trabecular de fibras elásticas, que creaba una isla de grasa en la cual se depositaban pequeños glóbulos grasos.

El cojín digital del segmento del cojinete contiene tejido graso que está rodeado por tejido conectivo de diferentes maneras. El tejido conectivo puede imaginarse como una “trama de tejido conectivo denso” que “divide los cojines en compartimentos similares a las puntadas de un colchón” (Räber *et al.*, 2004). Las tres partes (apical, media y palmar/plantar) difieren una de otra en algunas características. En la parte apical predomina el tejido graso. Ahí, el tejido conectivo tiene la función de sujetar el tejido graso. Así que, esta parte puede realizar la función de acolchonar los huesos. En la parte media, la grasa está encerrada en islas de tejido conectivo y puede ser responsable de absorber el peso del animal. La parte palmar/plantar tiene más tejido conectivo que graso debido a la mayor presión del peso en esta área y al hecho de que en ella está la mayor extensión del cojín digital y la mayor distancia hacia una estructura de soporte, es decir, los huesos. Su función puede ser la de soportar y sostener al cojín digital, ya que de lo contrario podría derrumbarse bajo la carga tan pesada. En la parte palmar/plantar, se tiene probablemente la mayor tensión de toda la pata. Por lo tanto, el área que recibe la mayor presión es la que debería tener la mayor porción de tejido conectivo (Räber, 2000).

Ya que se observó que hay mucho más tejido conectivo en los elefantes jóvenes, puede asumirse que al igual que con otros órganos, el tejido graso se desarrolla durante el crecimiento y al realizar su función. Räber (2000) mostró que la edad de los animales influye en la composición del tejido graso del cojín digital del ganado. Los animales más jóvenes tienen más tejido conectivo, mientras que el cojín digital de los adultos consiste de mucho mayor tejido graso. De modo que la composición probablemente dependa de la edad y del tiempo de lactancia, como en el ganado. La porción de ácidos grasos (saturados y no saturados) depende de la edad, la alimentación y probablemente del estado hormonal del animal (Räber *et al.*, 2004).

Los elefantes asiáticos parecen tener más tejido conectivo que los africanos, lo que podría explicarse por los diferentes sustratos en los que viven. Este factor debería considerarse al seleccionar los sustratos de los encierros en los zoológicos. Esto podría significar que la pata del elefante asiático no puede absorber el peso tan bien como la del africano. Si se considera el habitat natural del elefante asiático, que consiste principalmente de terreno suave, entonces el elefante asiático no necesita las mismas estructuras para absorber el peso como el africano que vive en la sabana. Puede asumirse que caminar sobre superficies duras como el concreto o el asfalto en cautiverio podría tener un efecto negativo en generar problemas de las patas para el elefante asiático. Pero esta hipótesis deberá examinarse en otras investigaciones específicas sobre el cojín digital como Räber (2004) lo hizo con el cojín digital del ganado. El cojín digital de los elefantes es una de las partes más importantes de la pata y del cuerpo entero, pero que se ha estudiado muy poco.

En conclusión, el tejido graso y el conectivo permiten el funcionamiento de un cojín estable. El tejido conectivo tiene la función de evitar la extensión del tejido graso, por lo que éste está restringido por el tejido conectivo. Esto da acolchonamiento y elasticidad y actúa absorbiendo el impacto del enorme peso que las patas tienen que cargar. Esta característica también se describió para el ganado (Räber *et al.*, 2004).

## 7.5 Signos de mala calidad córnea

### 7.5.1 Alteraciones histopatológicas en los diferentes segmentos córneos

El hecho más sorprendente del examen histológico fue en enorme número de alteraciones microscópicas en todos los segmentos de las uñas “normales”. Esto demuestra que la calidad del tejido córneo era de mala calidad, aún en muestras que macroscópicamente se veían bien. Zenker (1991) declaró que tejidos córneos de mala calidad primero muestran síntomas de deterioro en áreas muy estresadas. Por lo tanto surge la cuestión de si las uñas de los elefantes están demasiado estresadas en todos los segmentos y de si sólo se presenta en elefantes en cautiverio. También se realizaron algunos exámenes histológicos de unas pocas patas de elefantes africanos silvestres. Ellos también mostraron algunas alteraciones microscópicas, pero no alcanzaron a la misma mala calidad de las muestras de los elefantes en cautiverio. Las alteraciones de las muestras de los elefantes silvestres afectaban, en particular, el segmento de la pared (micro cuarteaduras y vacuolas en el tejido córneo terminal), el segmento de la suela (papilas que alcanzan la parte distal del tejido córneo) y el segmento del cojinete (micro cuarteaduras hasta cerca de las papilas). Debido a su presencia en los animales silvestres y por otras razones, estas estructuras, junto con la suela, se denominan “sitios de menor resistencia” (véase también capítulos 7.4 y 7.6). Los mismos segmentos tienen también otras apariencias (que sólo se presentan en las uñas de los elefantes en cautiverio), y también pueden denominarse “sitios de menor resistencia”.

Fürst (1992) compiló las características para evaluar la calidad del tejido córneo: número de túbulos córneos por unidad de superficie, pigmentación, diámetro de los túbulos córneos y proporción de corteza y médula, delimitación de los túbulos córneos con el tejido córneo intertubular. Declaró que la resistencia del tejido córneo es mayor y se desgasta menos mientras más número de túbulos córneos haya, más pigmentado esté el tejido, menor sea el diámetro de los túbulos córneos, menor sea la proporción de médula y corteza y más marcada sea la delimitación de los túbulos córneos con el tejido intertubular. Fürst (1992) también describió las características que indican alteraciones patológicas como: tinción rojo intenso con AB-PAS de las membranas celulares o de los cuerpos celulares de las células córneas, médulas dilatadas en los túbulos córneos, pérdida de células corticales, forma y ordenamiento irregulares del tejido córneo intertubular, pérdida de tinción de las células córneas mientras que desarrollan una apariencia heterogénea y espumosa, presencia de micro cuarteaduras y vacuolas poco después de las cornificaciones. Existen algunos signos comprobados de mala calidad del tejido córneo, particularmente una tinción intensa de las células córneas con colorante AB-PAS, lo que indica una descomposición de las células (Schmid, 1995; Koller, 1998). Las médulas dilatadas en los túbulos córneos sólo pueden existir donde las células corticales comienzan a descomponerse, lo que se indica con una reacción positiva a PAS (Küng, 1991). Por lo tanto, la médula dilatada sólo es una consecuencia de la desintegración de las capas de células corticales (Albarano, 1993). Albarano (1993), Leu (1987) y Zenker (1991) mostraron que cambios histopatológicos, especialmente las micro cuarteaduras, conducen a disminuir la elasticidad y la resistencia del tejido córneo. El tejido córneo que tiene micro cuarteaduras que llegan cerca de las papilas, que se encuentran sobre todo en la suela y el cojinete, no puede realizar su función de protección, lo que es un signo típico de mala calidad del tejido córneo (Schmid, 1995).

No se encontraron muchas características de un tejido córneo de buena calidad en las muestras de este estudio, contrario a la gran cantidad de alteraciones patológicas de los cortes examinados. En cambio, se detectaron signos de mala calidad del tejido córneo en las uñas de los elefantes en cautiverio, incluso en elefantes recién nacidos y juveniles (véanse capítulos 6.4.2.6 y 6.4.2.7).

Los diferentes segmentos están afectados también de manera diferente por los distintos tipos de alteraciones que indican una mala calidad del tejido córneo que se encuentra en el segmento respectivo. Las alteraciones enlistadas en el capítulo 6.4 pueden considerarse síntomas de una mala calidad de tejido córneo en cada segmento. Las vacuolas y las micro cuarteaduras son un signo claro de calidad deteriorada, pero también lo son las fisuras en el estrato espinoso. Ésta es una indicación temprana del proceso de cornificación. Especialmente con las vacuolas, fue muy aparente que no eran tan comunes en las uñas de los elefantes africanos. Algunas partes de los estratos espinoso y granuloso de algunos segmentos se encuentran engrosados. Esto puede deberse a procesos de cornificación interrumpidos o entorpecidos debido a un suplemento deficiente o a enfermedades, inflamaciones y una conversión retardada del estrato espinoso al córneo, y por tanto conduce a un incremento en el grosor del estrato espinoso (Fürst, 1992; Geyer y Schulze, 1994; Zenker *et al.*, 1995).

El segmento del cojinete posiblemente sea el segmento con mayor variedad de síntomas de una calidad deteriorada del tejido córneo en la mayoría de las patas examinadas, aunque macroscópicamente no se encuentren en males condiciones. Geyer *et al.* (1984) mostraron una apariencia similar en el segmento del cojinete del cerdo. Ellos encontraron un tejido córneo del cojinete delgado con papilas largas. Por tanto, argumentaron que con influencias mecánicas fuertes o una mala calidad del tejido córneo en el segmento del cojinete, es particularmente fácil tener irritaciones en el corium, que es sensible a desarrollar dolor y sangrado de los vasos de las papilas. Las mismas conclusiones se obtienen para el segmento del cojinete de los elefantes. No debe olvidarse que cada individuo tiene diferentes habilidades para desarrollar tejido córneo de distintas cualidades, incluso bajo las mismas condiciones ambientales (Zenker, 1991; Josseck *et al.*, 1995; Schmitt, 1998). Y debe considerarse que el tejido córneo en la zona de soporte del peso está mucho más expuesto a estrés mecánico que el tejido córneo localizado proximalmente (Zenker, 1991).

Es difícil identificar las causas de esto, y el problema no puede solucionarse realizando una sola acción. Sin embargo, la mala calidad del tejido córneo y el “sitio de menor resistencia” asociados con las enormes presiones debido al peso y a los cuidados en cautiverio que se tengan (por ejemplo, suelo duro, poca humedad, higiene, alimentación, pedicure) podrían promover problemas en las patas de los elefantes en cautiverio (Buckley, 2001; Fowler, 2001; Clauss y Kiefer, 2003). No puede excluirse un factor genético en relación con la existencia de una mala calidad de tejido córneo. El ejercicio y el movimiento en cautiverio son esenciales para mejorar la calidad del tejido córneo, ya que promueven una mejor circulación de la sangre (Stern, 2000).

Los problemas en las patas posiblemente podrían evitarse tomando muestras de tejido córneo regularmente para inspeccionar su calidad. Para animales domésticos se ha demostrado la mala influencia que tienen diferentes sustancias ambientales, en particular, una mezcla de heces y orina en la calidad del tejido córneo y en la salud general de las patas (Geyer *et al.*, 1984; Albarano, 1993; Monhart, 2002), y también se ha demostrado para los silvestres (Keet *et al.*, 1997). Monhart pudo demostrar que un tejido córneo de buena calidad y sin daños puede sobreponerse a las influencias de las heces y la orina mejor que el tejido previamente dañado. Albarano (1993) demostró que los cuidados en cautiverio, el clima, la higiene, la alimentación, el ejercicio y los cuidados a las uñas, influyen la habilidad del tejido córneo de la uña para contrarrestar el estrés. Esta conclusión es transferible a otras especies y en el caso de los elefantes podría afectar el tejido córneo terminal, de la suela y del cojinete.

## 7.5.2 Evaluación histológica de ciertas alteraciones macroscópicas

Una selección de problemas comunes en las patas examinadas microscópicamente mostró que todas las alteraciones histopatológicas típicas se encontraron en la mayoría de las enfermedades macroscópicas de las patas. Las alteraciones macroscópicas, por tanto, están relacionadas con mala calidad del tejido córneo. En realidad no hay signos de inflamación en ninguna de las alteraciones, lo que puede explicarse por la membrana basal intacta. El proceso de cambio está limitado a las células córneas.

### 7.5.2.1 Sobrecrecimiento del perioplo

Ésta es una alteración que se presenta con frecuencia en los elefantes asiáticos. Ya Fowler (1980) describió una alteración similar, pero él la llamó paraqueratosis. La inspección histológica del cambio descrito en este estudio mostró diferentes signos de descomposición de las células córneas y de la mala calidad del tejido córneo en el segmento perióplico. Es conveniente hacer la comparación de la paraqueratosis, con esta descripción microscópica, pues la paraqueratosis ocasionada por una deficiencia en zinc conduce a una cornificación insuficiente y una descomposición prematura de las células córneas, y por lo tanto, el desarrollo de costras en la piel, visibles en las extremidades, la cola, las orejas y el hocico del cerdo (Kessler *et al.*, 1996; Cameron, 1999). Esto también se ha demostrado en el ganado (Stöber, 2002). Por lo tanto, una deficiencia de zinc también hubiera sido la posible causa de esta manifestación. Cuando esta alteración se encuentra generalmente junto con sobrecrecimiento de la suela o de la uña, aparece como un área de piel arrugada y partida cerca de la uña (Rajankutty, 2004), que es en realidad una cornificación extensiva del perioplo.

### 7.5.2.2 Cuarteadura en la pared córnea

Las cuarteaduras verticales en la pared córnea son uno de los problemas más comunes de las patas de ambas especies de elefantes según Mikota *et al.* (1994). También se pueden encontrar en muchas otras especies, como cerdos (Geyer y Tagwerker, 1986), ganado (Fessler, 1992), caballos (Geyer y Schulze, 1994), animales silvestres de pezuña en los zoológicos (Göltenboth y Klös, 1995) y rinocerontes (von Houwald, 2001). En este estudio, incluso en varios elefantes jóvenes se observaron las cuarteaduras en la pared córnea (el más joven tenía 11 meses de edad).

Hasta ahora no se había hecho ninguna descripción histológica de las cuarteaduras, aunque éstas puedan contradecir o confirmar lo que hasta la fecha son sólo presunciones. Seilkopf (1959) caracterizó las cuarteaduras como fisuras longitudinales exclusivamente superficiales. Como lo demostró la examinación microscópica, las cuarteaduras pueden llegar muy profundo en el tejido de la uña, incluso cerca del corium y de las láminas coriales. Pero en todas las muestras observadas, el corium estuvo protegido por una capa delgada de tejido córneo. Puede suponerse que esta delgada cornificación puede reventar si la cuarteadura penetra más, abriendo el corium a las bacterias. Ésta es una confirmación de un hallazgo de Fowler (1980). Se desarrolla un tejido de granulación de tejido córneo, lo que protege los tejidos más profundos del ambiente. Alrededor y en área cercana a la cuarteadura hay muchas alteraciones, que representan una mala calidad del tejido córneo de la uña (e incluso de la suela, si también está afectada). Una característica especial es el hecho de que el tejido córneo coronario por detrás de la cuarteadura desaparece. Las cuarteaduras sólo están rodeadas por tejido córneo terminal. Esto puede ser ocasionado por la expansión de la cuarteadura al empujar las estructuras colindantes, pero también por los síntomas tempranos del deterioro de la cornificación en el segmento coronario, disparado por el inicio de la cuarteadura.



De modo que al parecer la cuarteadura no es ocasionada por un hecho externo por sí solo, y no es una alteración limitada, sino que las estructuras circundantes también están involucradas. Así que la mala calidad del tejido córneo puede permitir el desarrollo de cuarteaduras o puede ser una consecuencia de éstas. Esto fue confirmado por Seilkopf (1959), Ruthe y Seilkopf (1962) y Fowler (1980), quienes indicaron que la mala calidad del tejido córneo es un factor principal para las cuarteaduras, junto con otros elementos (como desgaste insuficiente, heridas por cuerpos extraños, alimentación, factores genéticos y ambientales). Los animales que presentan cuarteaduras son posibles casos de una calidad deteriorada del tejido córneo, éste puede ser un caso particular en un individuo, o puede ser un problema general en un zoológico. Si varios animales del mismo zoológico están afectados y las cuarteaduras recurren consistentemente, entonces es un signo de un problema del manejo en cautiverio o de otra causa que tenga un efecto sobre la calidad del tejido córneo de todos los animales. La recurrencia del problema en la misma uña o incluso en el mismo elefante ha sido corroborado por cuidadores y veterinarios entrevistados.

Según la anatomía histológica de la pared córnea, es lógico que el sanado de las cuarteaduras pueda darse sólo en tejido córneo saludable en dirección proximal. Si el tejido córneo es de buena calidad, hay buenas probabilidades que no recurra la alteración.

En Sri Lanka, pero también en Ruthe y Seilkopf (1962) y Fowler (1993), las cuarteaduras se explican como el resultado de un manejo alimenticio erróneo (por ejemplo, por deficiencias de minerales) y por tanto, por una calidad deteriorada del tejido córneo.

#### 7.5.2.3 “Anillos córneos” en la pared córnea

De manera sorprendente, los “anillos córneos” en la pared córnea resultaron ser una de las alteraciones más comunes en este estudio, aunque no hubo reportes de ellos en los cuestionarios. Parece ser que se toman como un síntoma normal en la pared córnea del elefante. Sin embargo, la apariencia de este aspecto es similar a los “anillos córneos” de los caballos y el ganado. Los exámenes histológicos de los “anillos córneos” muestran que pueden observarse los mismos cambios que en los “anillos córneos” del ganado (Fürst, 1992). Varios signos de mala calidad córnea y de una superficie ondulatoria del estrato espinoso son las características más notorias de ellos. Esto en relación con el engrosamiento del estrato espinoso, que puede explicarse por un proceso deteriorado de diferenciación del estrato espinoso al estrato córneo. Parece que los “anillos córneos” provienen de una mala calidad del tejido córneo creando una superficie ondulatoria del tejido córneo sobre las uñas. Probablemente este sea un efecto de mala circulación sanguínea en el corium.

Los “anillos córneos” en los caballos se pueden asociar con una mala calidad del tejido córneo (laminitis), pero también pueden afectarse por temporadas (hay peor calidad del tejido córneo en el invierno). Los “anillos de pasto” de la primavera son un fenómeno conocido causado por alimentarse de pasto verde, lo que resulta en que se produzca menos o más tejido córneo. El tejido córneo con frecuencia es de mala calidad debido a algunos problemas como diarreas. Los “anillos córneos” no están forzosamente ligados a una mala calidad del tejido córneo, también pueden ser un signo de una intensidad diferida en el crecimiento. El desarrollo de “anillos córneos” también puede presentarse después de una enfermedad generalizada, durante la gestación y debido a una afluencia deficiente de sangre (Fürst, 1992; Geyer, 2004).

La pregunta es si los “anillos córneos” en los elefantes también pudieran ser una consecuencia de todas las causas arriba mencionadas o si se trata de un estado de laminitis crónica. Esta enfermedad aún presenta numerosas interrogantes en relación con los elefantes, aunque Clauss y Kiefer (2003) argumentan que gran cantidad de problemas en las patas en animales de zoológico se deben a laminitis crónica, también en elefantes. Debe considerarse que los “anillos córneos” también han sido detectados en animales silvestres. Esto podría apoyar todas las consideraciones mencionadas arriba.

#### 7.5.2.4 Cuarteaduras en la suela

Como se mencionó en el capítulo 4.6.2.1, las cuarteaduras en la suela están asociadas con frecuencia con cuarteaduras en la pared córnea, pero también con fístulas y abscesos en la suela. Al igual que las cuarteaduras en las uñas, las cuarteaduras en la suela pueden ser sólo superficiales, pero también pueden alcanzar la parte viva de la uña. Histológicamente, los primeros túbulos córneos están ordenados conspicuamente alrededor de las papilas en la misma región, lo que podría significar que el tejido córneo esté más proximal para proteger al corium. Por lo demás, pueden observarse alteraciones similares a las de la cuarteadura en la uña. Esto es un signo de mala calidad del tejido córneo. Puede asumirse de las cuarteaduras en la suela, que la calidad deteriorada del tejido córneo promueve la formación de cuarteaduras. En las úlceras de la suela, que también pueden ser causadas por cuarteaduras, el proceso inflamatorio puede involucrar las capas más profundas y penetrar hasta las estructuras de soporte.

#### 7.5.2.5 Pododermatitis crónica suppurativa et proliferativa (pododermatitis)

Se reconoce muy poco de las estructuras originales, pero esto probablemente sea una característica histológica de la pododermatitis. Otros signos de muy mala calidad del tejido córneo también son visibles. Esto es más una consecuencia de la enfermedad que su causa. Gran cantidad de tejido córneo se descompone. Alteraciones histológicas similares a las encontradas en este tipo de pododermatitis las encontró Abgottspon (2001) en ganado con pododermatitis. Incluso en la vida silvestre, se ha observado pododermatitis ulcerativa, responsable de una gran incidencia de claudicación (Keet *et al.*, 1997). La histopatología de las patas examinadas muestran ulceración acompañada de necrosis y exudados purulentos, así como una extensa capa de tejido de granulación. Se encontraron bacterias de diferentes tipos en las costras y en los bordes.

Las causas de este problema en vida silvestre se establecieron como “sequía en conjunto con un forrajeo constante, lo que resultó en proyecciones leñosas puntiagudas o rastrojos”. La contaminación de la escasa agua en los alrededores con heces y orina también promueve la ocurrencia de este tipo de pododermatitis.

## 7.6 Grosor del tejido córneo en determinadas ubicaciones

Estos datos pueden ayudar a tener una idea del grosor del tejido córneo de la pared córnea, la suela y el cojinete. Puede ser útil para el recorte en el pedicure, para algún tipo de terapia o simplemente para tener una indicación de las dimensiones involucradas.

Es bastante difícil medir exactamente en el mismo lugar cada pata, por lo tanto, lo que se presenta son guías y las variaciones están dadas en forma de estadística descriptiva. La razón de estas diferencias también puede divergir bastante, por ejemplo, calidad del tejido córneo, tasa de crecimiento del tejido córneo, uso de las patas, edad y estado de salud.

Las porciones de tejido córneo involucradas en las diferentes secciones medidas sólo son diferenciables en cortes histológicos. Lo mismo es válido para la valoración del punto exacto de inicio de cierta parte córnea. Debido a la forma de la pared córnea, es claro que la uña es delgada en su parte proximal y que se engruesa constantemente en dirección distal. Como ya se mencionó, en la sección distal de la pared córnea, el tejido córneo coronario en ocasiones está desgastado, por tanto, es probable que sea más angosto en algunos casos que lo que usualmente sería.

Generalmente, los animales en cautiverio de ambas especies no difieren mucho en el grosor del tejido córneo en los diferentes sitios de medición. Las dimensiones del tejido córneo después del doblez aumentan bastante rápidamente, especialmente en la parte distal en el área del borde de soporte del peso. El elemento más conspicuo de las mediciones es el hecho de que a pesar del enorme peso del animal, el grosor de la superficie de soporte del peso es de sólo un poco más de 10 mm en diferentes sitios medidos en los elefantes en cautiverio de ambas especies. Notables también, son las capas de tejido córneo en el cojinete, que son muy delgadas en algunas partes (por ejemplo 1.4 mm, 2.9 mm) y las grandes diferencias en grosor entre las diferentes patas en diferentes lugares. Uno de los hallazgos más importantes de este estudio es lo delgado del tejido córneo de la superficie de soporte de peso en los elefantes en cautiverio, lo que se confirma con la pequeña relación de las papilas con la parte córnea. Debido a su ocurrencia anormal, la superficie delgada de soporte del peso (tejido córneo terminal, de la suela y el cojinete) se denomina "sitio de menor resistencia". Por lo tanto, la aseveración de Ramsay y Henry (2001), quienes indican un grosor de 4 a 12 cm para la capa de tejido córneo del cojinete como una medida normal de grosor fue muy sorprendente. El significado y las consecuencias de estos aspectos se discutieron en el capítulo 7.2.4, especialmente en relación con al menos el doble del grosor del tejido córneo en los animales silvestres. Esto confirma las interrogantes sobre la calidad y lo correcto de las técnicas de cuidados en cautiverio actuales (por ejemplo, pedicura, tipo de suelo).

Los elefantes africanos silvestres que se midieron, mostraron otro grosor en la capa de tejido córneo. Son más gruesas en todos los sitios que los de los animales africanos en cautiverio, pero la pared córnea de los elefantes asiáticos en cautiverio es más gruesa, en parte, que la de los elefantes africanos silvestres. Como se mencionó en el capítulo 6.5.2, la pared córnea no estaba desgastada en las patas examinadas histológicamente de los elefantes africanos silvestres y, por tanto, su pared córnea presenta una mejor constante. Comparando los animales silvestres y cautivos jóvenes, tienen casi el mismo grosor, por lo que se asume que el elefante joven, incluso en cautiverio, tiene un grosor natural. Sería interesante comparar estos datos con datos que provengan exclusivamente de animales silvestres (véase capítulo 7.2.4).

Finalmente, debe mencionarse que el cojinete en particular tiene variaciones fisiológicas en el grosor debido a los surcos. De esto surgen algunas interrogantes: ¿es esta capa de tejido córneo relativamente delgada suficiente para soportar las enormes presiones del peso y este grosor fue creado por los cuidados en cautiverio en Europa o en cualquier otro sistema (véase capítulo 7.2.4)? ¿Se encontrarán también estas capas córneas tan delgadas en otros países fuera de Europa?

## **7.7 Concentración de biotina en sangre y su importancia**

La biotina o vitamina H, se presenta de manera natural en ciertos alimentos como levaduras (abundante), alimentos verdes (moderada) y cereales (muy poca y de mala biodisponibilidad). Las deficiencias son raras en cualquier especie animal (Friedrich, 1988). El efecto bioquímico de la biotina en las células epidérmicas está comprobado (Fritsche *et al.*, 1991). A la fecha, prácticamente no se ha examinado la importancia de la biotina para los elefantes (Sadler, 2001).

Con la intención de mejorar la calidad del tejido córneo de las patas con suplementación de biotina, como se mencionó para otras especies, (Geyer *et al.*, 1984; Geyer and Schulze, 1994; Josseck *et al.*, 1995; Schmid, 1995; Zenker *et al.*, 1995; Schmitt, 1998; Lischer *et al.*, 2002), se hizo un intento para obtener valores basales de la concentración de biotina en el plasma sanguíneo de animales suplementados y sin suplementación. Como mostraron las concentraciones de sangre medidas, la reabsorción de biotina parece ser buena en los elefantes,

aunque no se ha aclarado cómo se lleva a cabo esta reabsorción en elefantes. Se asume que funciona igual que en caballos, porque los elefantes tienen un tracto digestivo similar (Ullrey *et al.*, 1988). Como Ullrey (com. pers., 2004) mencionó con respecto a las concentraciones elevadas de biotina en sangre posteriores a la suplementación, “aún no se ha establecido que la salud de las patas se vea beneficiada. Considerando la aparente mala absorción y retención de biotina, tengo mis dudas”. Así que no se ha demostrado, hasta ahora, que la biotina alcance el sitio deseado, a pesar de una alta concentración en sangre. Esto no se ha verificado en otras especies tampoco. Sí se ha demostrado que con suplementación de biotina se alcanzan mayores concentraciones de biotina en sangre, que sin suplementación. Sin embargo, la sola alta concentración en sangre no es suficiente evidencia. Pero como se mencionó arriba, el efecto de mejorar la calidad del tejido córneo de la pata se ha demostrado en cerdos (véase Geyer y Tagwerker, 1986), caballos (por ejemplo, Josseck *et al.*, 1995; Zenker *et al.*, 1995) y ganado (por ejemplo, Schmid, 1995; Lischer *et al.*, 2002). Algunas observaciones en elefantes también apuntan a mejores condiciones del tejido córneo de la pata, incluido el cojinete, posterior a la suplementación con biotina (Hurtienne, 1985; Geyer, 2004).

Los niveles de biotina en plasma proporcionan un instrumento muy útil para controlar si los animales están suplementados con biotina o no. Los pocos resultados de elefantes tratados y no tratados con biotina varían mucho, pero puede trazarse una línea entre los elefantes tratados y los no tratados en la región de 500 ng biotin/l de plasma. La mayoría de los animales no suplementados tiene una concentración en sangre de menos de 500 ng/l y la mayoría de los animales suplementados (75 – 100 mg por elefante al día para el zoológico A y 35 – 50 mg por elefante al día para el zoológico B) tuvieron una concentración en sangre mayor a 500 ng/l. Las dos concentraciones medidas (7800 y 1760 ng/l) fueron por arriba de los 500 ng/l. Con el zoológico A no fue claro cuándo se tomaron las muestras de sangre, pero al parecer las concentraciones más altas se tomaron unas pocas horas después de la suplementación con biotina. Esto se asume por el hecho de que Ullrey (1988) midió una concentración pico de 4500 ng/l dos horas después de haber proporcionado una dosis única de 200 mg de biotina. Las concentraciones de menos de 500 ng/l en los animales suplementados pueden tener una o dos explicaciones. Ya sea que las muestras de sangre se tomaran antes o mucho después de la suplementación con biotina, según Ullrey (1988), que establece que la línea basal de la concentración de biotina se alcanzó 16 horas después de la administración. O que la biotina no se haya proporcionado todos los días o de manera constante, o que se proporcionó al animal equivocado o que el animal equivocado la consumió, como se reportó en otros estudios (Geyer y Schulze, 1994; Josseck *et al.*, 1995; Zenker *et al.*, 1995). Esto también podría explicar el resultado de 660 ng/l en un animal no suplementado. Por tanto, es muy importante que la biotina se proporcione de manera confiable. Quien la proporcione debe estar seguro de que cada animal consume su dosis planeada todos los días.

El zoológico B reportó que siempre colectó sus muestras de sangre 5 a 10 minutos después de la suplementación con biotina. Los resultados estuvieron por encima de los 500 ng/l, en comparación con los animales no suplementados. Ullrey (1988) midió la concentración basal de biotina en sangre, que resultó ser de 1600 ng/l. En este estudio, no se pudo establecer este valor basal alto, la concentración en sangre en animales no suplementados varió entre 280 y 660 ng/l. Es posible que en el estudio de Ullrey (1998) los animales recibieran otra alimentación, que también tuviera biotina (como plantas verdes, levadura de cerveza, melaza).

En comparación, la concentración normal de biotina en sangre en caballos alcanza de 200 a 500 ng/l (Josseck, 1991), la de cerdos entre 400 y 1100 ng/l (Geyer *et al.*, 1984) y la del ganado entre 400 y 550 ng/l (Schmid, 1995). Los niveles de biotina en plasma de caballos suplementados estuvieron sobre los 1000 ng/l (Josseck *et al.*, 1995) y en ganado suplementado entre 3000 y 8000 ng/l (Schmid, 1995). Las concentraciones en elefantes parecen ser mucho menores. Para probar esto, será necesario realizar un experimento durante un periodo largo de tiempo, tomando muestras de sangre varias horas después de la suplementación con biotina. Entonces se encontraría el pico máximo en la concentración como se mencionó arriba para el caballo y el ganado.

Sería mejor suministrar la biotina dos veces al día en la misma cantidad que una dosis diaria. Se recomienda usar suplementación de biotina en forma de pellets para asegurarse que cada elefante consuma la cantidad necesaria. Para demostrar los efectos de la biotina en la salud de las patas, deben monitorearse las patas de los elefantes en intervalos de unos tres meses durante uno o dos años y debe revisarse la condición macroscópica de cada pata de manera regular.

## 7.8 Conclusiones

El estudio describe la anatomía de las estructuras normales de una pata de elefante a nivel macroscópico y microscópico. El estudio histológico de las patas en particular, confirma su similitud con las del ganado y el caballo y se pudieron demostrar, así como contradecir, algunas creencias que se han tenido por mucho tiempo. Además, se pudo detectar una ocurrencia común de tejido córneo de mala calidad en diferentes segmentos de las patas, junto con el descubrimiento de algunos “sitios de menor resistencia”, que se encuentran en parte sólo en patas de elefantes en cautiverio y en parte en patas de animales en cautiverio y silvestres. Este conocimiento permite considerar que la mala calidad del tejido córneo y los “sitios de menor resistencia”, asociados con el peso de estos animales y los cuidados que reciben en cautiverio tan lejos de sus países de origen, tienen el efecto de ser promotores de problemas en las patas de los elefantes en cautiverio. Incluso los “sitios de menor resistencia”, que se presentan en animales en cautiverio y silvestres ocasionarían problemas en los cuidados en cautiverio, dependiendo de la superficie del encierro. Los “sitios de menor resistencia”, que también se presentan en animales silvestres, probablemente se presentan en parte por la abrasión normal provocada por el suelo. También se presentan descripciones microscópicas de algunas alteraciones patológicas macroscópicas, lo que abre la posibilidad para investigaciones futuras para determinar si las áreas que han sanado con el tejido córneo nuevo pueden soportar la carga de modo que no reaparezcan.

Una conclusión importante es identificar que las diferencias entre elefantes asiáticos y africanos son microscópicamente muy sutiles. Por lo tanto, no hubo indicaciones de diferencias entre la ocurrencia de problemas en las patas, como mencionan Ramsay y Henry (2001).

De cualquier forma, se ha aceptado que los elefantes africanos muestran prácticamente los mismos problemas en las patas que los asiáticos, pero en este estudio no se representaron los elefantes africanos lo suficiente como para poder hacer una declaración definitiva. Las diferencias macroscópicas y microscópicas encontradas entre elefantes silvestres y en cautiverio son otra explicación para los desórdenes en las patas de los animales en cautiverio y para demostrar que los elefantes cautivos han cambiado, de manera involuntaria, parte de la anatomía de sus patas. De igual forma, la tasa de crecimiento del tejido córneo que se midió en la pared córnea, es una aproximación de la prognosis del tiempo necesario para que cualquier alteración patológica en la pared córnea se recupere con el crecimiento de ésta.

Este estudio demostró que en la mayoría de los zoológicos, el suelo puede consistir de un sustrato demasiado duro. Además, la suela y el cojinete delgados favorecen los desórdenes en las patas y son ocasionados por un suelo demasiado abrasivo y un pedicure demasiado frecuente. De cualquier forma, debe hacerse el pedicure en las cuatro patas al mismo tiempo debido al riesgo de una distribución artificial de la presión. Otra causa de los problemas en las patas y la mala calidad del tejido córneo puede ser la alimentación, lo que no se había considerado hasta ahora. Para aclarar estas consideraciones, se necesitan más investigaciones.

Los cuidados en cautiverio de los elefantes asiáticos y africanos pueden compararse, en cierto grado, a los de los rinocerontes indios y africanos, que se mantienen en condiciones semejantes, aunque el rinoceronte indio necesita un material suave y no abrasivo en el suelo, que concuerde con su hábitat natural. Se ha demostrado que los problemas en las patas de los rinocerontes se deben a un mantenimiento inadecuado (von Houwald, 2001), lo mismo es válido para ambas especies de elefantes. Las diferencias en el hábitat de los elefantes asiáticos y africanos deben considerarse al elegir el tipo de piso cuando se planea un nuevo albergue. Lo anterior se confirma por las diferencias anatómicas macroscópicas en las patas de ambas especies.

Según las discusiones de diferentes estudios, puede darse por sentado que el suministro de sangre dentro de la pata es de primordial importancia. Por lo tanto, el ejercicio y el movimiento en cautiverio no es sólo esencial para la abrasión del tejido córneo, sino para mejorar el suministro de sangre y por tanto tener una mejor calidad y tasa de crecimiento del tejido córneo en ambas especies.

Se presentan las características para evaluar la calidad del tejido córneo y éstas se pueden tomar como referencia para evaluar muestras córneas. Si en forma temprana se detecta que la calidad del tejido córneo se encuentra deteriorada en un animal o en un grupo, antes de que se presenten alteraciones macroscópicas, posiblemente puedan evitarse desórdenes en las patas.

Debido a que incluso elefantes recién nacidos y juveniles mostraron alteraciones histológicas y signos de mala calidad córnea, la conclusión es que se trata de un fenómeno que no se limita a los individuos (por supuesto con excepciones), sino que se trata de un problema de cuidados en cautiverio, que consiste de diversos factores. Incluso puede también haber un factor genético.

Para tener un juicio definitivo y exacto de la calidad córnea, se requieren más investigaciones, como revisar la fuerza tensora, la dureza y contenido de la materia seca y realizar pruebas con el tejido córneo colocado en diferentes sustancias ambientales (como heces, orina). De igual forma, se recomienda hacer estudios detallados del cojín digital, debido al hecho de que esta estructura anatómica es la parte más importante para acolchonar el enorme peso de este animal.

En los elefantes, al igual que con los cerdos (Geyer *et al.*, 1984), la enorme tensión sobre las patas y la consecuente susceptibilidad a heridas, hace necesario mejorar la calidad de las patas adaptando las instalaciones, mejorando la calidad de los cuidados y la nutrición de los animales.

Se pudieron establecer referencias del grosor del tejido córneo en diferentes sitios, lo que ayuda al realizar el pedicure. Hubo una gran diferencia entre los elefantes en cautiverio y los silvestres. Surgen nuevas preguntas, por ejemplo, cómo se ven las estructuras histológicas de los elefantes silvestres y si existen síntomas histológicos de laminitis en muestras de tejido córneo en las patas de los elefantes (Marks y Budras, 1987; Clauss y Kiefer, 2003). Está claro que aún hay muchas preguntas sin responder y que deben aclararse. Las causas de muchos problemas en las patas de los elefantes siguen especulándose, debido a la falta de posibilidades para la experimentación directa en elefantes. Por tanto, las opiniones al respecto varían ampliamente entre los especialistas en elefantes. La nutrición, el tipo de suelo, el peso corporal, el pedicure, la higiene, el acceso a humedad, clima o ejercicio ciertamente influyen la salud de las patas de los elefantes. Por tanto, deben considerarse todos estos factores cuando se evalúen problemas en las patas. Buckley (2001) resumió algunas consideraciones de las causas de los problemas en las patas y dio algunas recomendaciones para adaptar los sistemas de cuidados en cautiverio. El

estudio presenta un límite para reconocer la suplementación por biotina, que es alrededor de 500 ng/l de biotina en el plasma de animales suplementados o no suplementados. Se puede proporcionar biotina como profilaxis en una dosis terapéutica y no sólo después de la ocurrencia de desórdenes en las patas, puesto que si ya están presentes las alteraciones, el suministro de sangre, una condición para que la biotina tenga efecto, puede estar alterado y el efecto de la biotina verse disminuido. Ésta podría ser la causa de la falta de efectividad de la biotina en muchos casos. Por tanto, el tratamiento con biotina sólo puede ser efectivo si no se eliminan los factores que la disparan. Debido al hecho de que la biotina no aumenta la tasa de crecimiento del tejido córneo, debe transcurrir el tiempo de reemplazo del tejido córneo, antes de que se vea cualquier resultado de la suplementación con biotina. En caso de que no haya eficacia terapéutica durante la suplementación con biotina, es posible que el daño en el tejido córneo se deba a causas no sensibles a la biotina, como influencias mecánicas o ambientales (como el piso, el microclima, la alimentación). Por supuesto, serán necesarias más investigaciones para evaluar el efecto de la biotina durante un mayor periodo de tiempo observando varios elefantes bajo las mismas condiciones en un estudio que incluya un control microscópico de las mejoras macroscópicas visibles y la mejoría de la calidad del tejido córneo provocado por la biotina. Además, un estudio más detallado del desarrollo de la concentración de biotina en sangre después de la suplementación con varios elefantes durante un periodo de tiempo, puede esclarecer las tasas de absorción y retención de biotina. El propósito, en favor de los elefantes, debe fomentar la colaboración entre los cuidadores, veterinarios y zoólogos, así como entre instituciones zoológicas para encontrar soluciones para mejorar permanentemente los cuidados en cautiverio y particularmente la salud de las patas de los elefantes.

## 8 Apéndice

### HISTORIA DE CASO

Nombre \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ la \_\_\_\_\_ institución: \_\_\_\_\_

#### Particularidades:

Nombre \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_ elefante: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Especie: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_

#### Cuidados en cautiverio:

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> Encierro en interiores           | <input type="checkbox"/> Encierro en el exterior           | <input type="checkbox"/> Encadenado durante la Alimentación |
| <input type="checkbox"/> Encadenado durante la noche      | <input type="checkbox"/> Deambular libre                   | <input type="checkbox"/> Pastura                            |
| <input type="checkbox"/> Área de terreno diverso          | <input type="checkbox"/> Sustratos naturales               | <input type="checkbox"/> Se monta al elefante               |
| <input type="checkbox"/> Ejercicio                        | <input type="checkbox"/> Camina                            | <input type="checkbox"/> Excava                             |
| <input type="checkbox"/> Baño diario                      | <input type="checkbox"/> Área de baño de lodo              | <input type="checkbox"/> Alberca                            |
| <input type="checkbox"/> Mueve troncos de árbol           | <input type="checkbox"/> Se echa polvo encima              | <input type="checkbox"/> Espectáculos                       |
| <input type="checkbox"/> Entrenamiento                    | <input type="checkbox"/> Varias estaciones de alimentación | <input type="checkbox"/> Varios horarios de alimentación    |
| <input type="checkbox"/> Arroyo que atraviesa el encierro | Otros: _____   |   |

Alimentación: \_\_\_\_\_

¿Cambios de alimentación? En caso que sí, ¿qué tipo de cambios? \_\_\_\_\_

Tipo de suelo en albergue interior: \_\_\_\_\_

Tipo \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ suelo \_\_\_\_\_ en \_\_\_\_\_ albergue \_\_\_\_\_ exterior: \_\_\_\_\_

#### Información sobre la salud del animal:

Para hembras: Gestaciones: \_\_\_\_\_ Nacimientos: \_\_\_\_\_

Enfermedades previas: \_\_\_\_\_

Enfermedades recientes: \_\_\_\_\_

#### Enfermedades en las patas:

Pedicure:

Con qué frecuencia al año \_\_\_\_\_ La última vez \_\_\_\_\_ Realizada por \_\_\_\_\_

#### Historia del caso de las enfermedades de las patas / tratamiento previo / eficacia terapéutica

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



FORMATO DE EXAMEN POR CLAUDICACIÓN

Nombre del elefante: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Examen clínico: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Posición de las extremidades:

Patas delanteras: \_\_\_\_\_ Patas traseras: \_\_\_\_\_

Examen visual en reposo:

Patas delanteras: \_\_\_\_\_ Patas traseras: \_\_\_\_\_

Evaluación del paso:

normal  precavido  tieso

Diferencia entre superficies suaves y duras: \_\_\_\_\_

Tipo y grado de cojera:

Definición del grado: 0 = ninguna, 1 = ligera, 2 = moderada, 3 = mucha

Pata delantera izquierda: \_\_\_\_\_

Pata delantera derecha: \_\_\_\_\_

Pata trasera izquierda: \_\_\_\_\_

Pata trasera derecha: \_\_\_\_\_







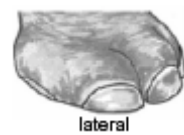




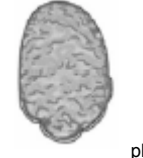


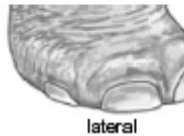

Tipos de síntomas en las patas (MAD: miembro anterior derecho, MAI: miembro anterior izquierdo, MPD: miembro posterior derecho, MPI: miembro posterior izquierdo):

Dolor: MAD, MAI, MPD, MPI  Calor: MAD, MAI, MPD, MPI  Inflamación: MAD, MAI, MPD, MPI

Otros: \_\_\_\_\_

FORMATO DE EXAMEN PARA PATAS DE ELEFANTE ASIÁTICO

Nombre del elefante: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

	Miembro anterior izquierdo		Miembro anterior derecho	
<u>Calidad del tejido córneo</u> <u>Dureza:</u> suave duro muy duro <u>Consistencia:</u> desmoronado compacta <u>Humedad:</u> húmedo seco rugoso	 apical	 L palmar	 apical	 R palmar
	 lateral	 medial	 lateral	 medial
<b>Uña</b>				
<b>Frontera de soporte del peso</b>				
<b>Suela</b>				
<b>Cojinete</b>				
	Miembro posterior izquierdo		Miembro posterior derecho	
<u>Calidad del tejido córneo</u> <u>Dureza:</u> suave duro muy duro <u>Consistencia:</u> desmoronado compacta <u>Humedad:</u> húmedo seco rugoso	 apical	 plantar	 apical	 plantar
	 lateral	 medial	 lateral	 medial
<b>Uña</b>				
<b>Frontera de soporte del peso</b>				
<b>Suela</b>				
<b>Cojinete</b>				

Las diferentes alteraciones se subdividen en grados: 0 = ninguna, 1 = ligera, 2 = moderada, 3 = grande. Pueden dibujarse en las figuras e indicar el número de dígito en el que está la alteración:




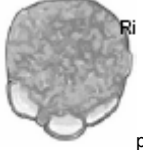












Uña: absceso, cuarteadura (vertical y horizontal), fístula, fisura, sobrecrecimiento, infección, exungulación, grietas, otras alteraciones, ángulo de la uña contra el suelo. Frontera de soporte del peso: absceso, cuarteadura (vertical y horizontal), fístula, fisura, sobrecrecimiento, infección, otras alteraciones.

Suela: absceso, cuarteadura (vertical y horizontal), fístula, fisura, sobrecrecimiento, infección, otras alteraciones.

Cojinete: absceso, cuarteadura (vertical y horizontal), fístula, fisura, sobrecrecimiento, cuerpo extraño, infección, tipo de superficie (1 = piezas córneas circulares, 2 = menos arrugado, 3 = suave), grosor de la parte córnea (1 = delgada, 2 = normal, 3 = gruesa)

FORMATO DE EXAMEN PARA PATAS DE ELEFANTE AFRICANO

Nombre del elefante: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

	Miembro anterior izquierdo		Miembro anterior derecho	
<u>Calidad del tejido córneo</u> <u>Dureza:</u> suave duro muy duro <u>Consistencia:</u> desmoronado compacta <u>Humedad:</u> húmedo seco rugoso				
				
<b>Uña</b>				
<b>Frontera de soporte del peso</b>				
<b>Suela</b>				
<b>Cojinete</b>				
	Miembro posterior izquierdo		Miembro posterior derecho	
<u>Calidad del tejido córneo</u> <u>Dureza:</u> suave duro muy duro <u>Consistencia:</u> desmoronado compacta <u>Humedad:</u> húmedo seco rugoso				
				
<b>Uña</b>				
<b>Frontera de soporte del peso</b>				
<b>Suela</b>				
<b>Cojinete</b>				

Las diferentes alteraciones se subdividen en grados: 0 = ninguna, 1 = ligera, 2 = moderada, 3 = grande. Pueden dibujarse en las figuras e indicar el número de dígito en el que está la alteración: Uña: absceso, cuarteadura (vertical y horizontal), fístula, fisura, sobrecrecimiento, infección, exungulación, grietas, otras alteraciones, ángulo de la uña contra el suelo. Frontera de soporte del peso: absceso, cuarteadura (vertical y horizontal), fístula, fisura, sobrecrecimiento, infección, otras alteraciones. Suela: absceso, cuarteadura (vertical y horizontal), fístula, fisura, sobrecrecimiento, infección, otras alteraciones. Cojinete: absceso, cuarteadura (vertical y horizontal), fístula, fisura, sobrecrecimiento, cuerpo extraño, infección, tipo de superficie (1 = piezas córneas circulares, 2 = menos arrugado, 3 = suave), grosor de la parte córnea (1 = delgada, 2 = normal, 3 = gruesa)

PROCESO DE RECUPERACIÓN

Nombre del elefante: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Día	Uña	Frontera de soporte del peso	Suela	Cojinete	Comentarios

Recurrencia de diferentes problemas o la misma enfermedad en diferentes elefantes o en el mismo animal?

---



---



---



---



---

## 9 Bibliografia

ABGOTTSPON, S. (2001): Histologische Veränderungen am Ballen des Rindes bei Ballenfäule, Diss. med. vet. Zürich

ADAMS, O.R. (1979): Lameness in horses, Lea & Febiger, Philadelphia

ALAHAKOON, J. (2003): pers. comm., National Zoological Gardens, Dehiwela, Sri Lanka

ALBARANO, T. (1993): Der Einfluss der Umgebung auf die Zugfestigkeit und Härte des Klauenhorns von Rind und Schwein, Diss. med. vet. Zürich

ALTEVOGT, R., E. THENIUS, F. KURT and B. GRZIMEK (1987): Rüsseltiere, in: Grzimek, B. (ed.): Grzimeks Enzyklopädie - Säugetiere, Bd. 4, Kindler Verlag GmbH, München, pp. 462 - 520

BELTERMAN, R. (2003): Asian elephant studbook (*Elephas maximus*). Europe regional, Rotterdam Zoo, Rotterdam/The Netherlands

BOLLIGER, CH. (1991): The equine hoof: Morphological and histochemical findings, Diss. med. vet. Zürich

BOLLIGER, CH. and H. GEYER (1992): Zur Morphologie und Histochemie des Pferdefusses, Pferdeheilkunde, 8, pp. 269 – 286

BOOSMAN, R., F. NEMETH and E. GRUYS (1991): Bovine laminitis: clinical aspects, pathology and pathogenesis with reference to acute equine laminitis, Veterinary Quarterly, 11, pp. 144 – 155

BRAGULLA, H. and R. HIRSCHBERG (2001): Comparative morphology of the digital organ in different mammals - a light and scanning electron microscopical study, Abstracts of the International Congress of Vertebrate Morphology ICVM 6. 21st to 26th July, Jena/Germany, p. 209

BUCKLEY, C. (2001): Captive elephant foot care: natural - habitat husbandry techniques, in: Csuti, B., et al. (ed.): The elephant's foot, first edition, Iowa State University Press, Ames/Iowa, pp. 53 – 55

BUFFA, E. A., S. S. VAN DEN BERG, F. J. M. VERSTRAETE and N. G. N. SWART (1992): Effect of dietary biotin supplement on equine hoof horn growth rate and hardness, Equine Veterinary Journal, 24, pp. 472 – 474

CAMERON, R.D.A. (1999): Diseases of the skin, in: Straw, B. E., et al. (ed.): Diseases of swine, eighth edition, Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin, pp. 941 - 954

CHANDRASEKHARAN, K. (2002): Specific diseases of Asian elephants, Journal of Indian Veterinary Association, 7, pp. 31 - 34

CHANDRASEKHARAN, K., K. RADHAKRISHNAN, J. V. CHEERAN, K. N. MURALEEDHARAN NAIR and T. PRABHAKARAN (2004): Review of the incidence, etiology and control of common diseases of Asian elephants with special reference to Kerala, Resource Materials of Refresher Course on Healthcare and Management of Asian Elephants. Elephant Study Centre, College of Veterinary and Animal Sciences, Mannuthy, Thrissur, Kerala, pp. 76 – 85 Distrib.: Kerala Agricultural University

CLAUSS, M. and B. KIEFER (2003): Digestive acidosis in captive wild herbivores - implications for hoof health, Verhandlungsbericht des 41. Internationalen Symposiums über die Erkrankungen der Zoo- und Wildtiere. 28. Mai - 1. Juni, Rom, pp. 57 – 70 Distr.: Institut für Zoo- und Wildtierforschung (IZW) Berlin, Germany

- CLAUSS, M., W. LOEHLEIN, E. KIENZLE and H. WIESNER (2003): Studies on feed digestibilities in captive Asian elephants (*Elephas maximus*), *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 87, pp. 160 - 173
- CSUTI, B., E.L. SARGENT and U.S. BECHERT (2001): *The elephant's foot*, first edition, Iowa State University Press, Ames/Iowa
- DIMEO-EDIGER, N. (2001): Results of a survey of elephant foot condition and care in North America, In: *The elephant's foot*, first edition, Iowa State University Press, Ames, Iowa, p. 153
- EVANS, G.H. (1910): *Elephants and their diseases*, Government Printing, Rangoon
- FESSL, L. (1992): Erkrankungen des Bewegungsapparates, in: (ed.): *Rinderkrankheiten Band I*, 3. überarb. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, pp. 184 – 204
- FLÜGGER, M. (2002): Zwei Möglichkeiten für die Behandlung von Nagelspalten beim Asiatischen Elefanten (*Elephas maximus*) unter Berücksichtigung individueller anatomischer Unterschiede, Tagungsbericht der 22. Arbeitstagung der Zootierärzte im deutschsprachigen Raum. 1. - 3. November, München/Germany, pp. 134 – 136
- FOWLER, M. E. (1978): Hoof problems in zoo animals, *Proceedings of the American Association of Zoo Veterinarians*, pp. 88 – 106
- FOWLER, M.E. (1980): Hoof, claw and nail problems in nondomestic animals, *Journal of the American Veterinary Medicine Association*, 177, pp. 885 – 893
- FOWLER, M.E. (1993): Foot care in elephants, in: Fowler, M. E. (ed.): *Zoo and wild animal medicine. Current therapy*, third edition, W.B. Saunders Company, Philadelphia/London/Toronto, pp. 448 - 453
- FOWLER, M.E. (2001): An overview of foot conditions in Asian and African elephants, in: Csuti, B., et al. (ed.): *The elephant's foot*, first edition, Iowa State University Press, Ames/Iowa, pp. 3 - 7
- FRIEDRICH, W. (1988): *Vitamins*, de Gruyter, Berlin/New York
- FRIGG, M and G. BRUBACHER (1976): Biotin deficiency in chicks fed a wheatbased diet, *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 46, pp. 314 – 321
- FRITSCH, A., G.A. MATHIS and F.R. ALTHAUS (1991): Pharmakologische Wirkungen von Biotin auf Epidermiszellen, *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, 133, pp. 277 – 283
- FÜRST, A. (1992): Makroskopische und mikroskopische Anatomie der Rinderklaue, *Diss. med. vet.* Zürich
- GEYER, H., J. SCHULZE, K. STREIFF, F. TAGWERKER and L VÖLKER (1984): Der Einfluss des experimentellen Biotinmangels auf Morphologie und Histochemie von Haut und Klauen des Schweines, *Zentralblatt für Veterinärmedizin. Reihe A*, 31, pp. 519 - 538
- GEYER, H. and F. TAGWERKER (1986): *The pig's hoof: Its structure and alterations*, Press Hoffmann-La Roche, Basel, Switzerland
- GEYER, H. and J. SCHULZE (1994): The long-term influence of biotin supplementation on hoof horn quality in horses, *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, 136, pp. 137 - 149
- GEYER, H. (2004): pers. comm., Institute of Veterinary-Anatomy, Vetsuisse Faculty of the University of Zurich, Switzerland

- GEYER, H. (2005): Die Krallen von Hund und Katze, in: Salomon, F.-V., et al. (ed.): Anatomie für die Tiermedizin, Verlag Enke, Stuttgart, pp. 673 – 675
- GEYER, H. (2005): Das Zehenendorgan, in: Salomon, F.-V., et al. (ed.): Anatomie für die Tiermedizin, Verlag Enke, Stuttgart, pp. 655 - 676
- GÖLTENBOTH, R. and H.G. KLÖS (1995): Krankheiten der Zoo- und Wildtiere, Blackwell Wissenschafts-Verlag GmbH, Berlin
- GÜßGEN, B. (1988): Vergleichende Zusammenstellung der Literaturbefunde über die Anatomie des Indischen und Afrikanischen Elefanten als Grundlage für tierärztliches Handeln, Diss. med. vet. Hannover
- HACKENBERGER, M. K. (1987): Diet digestibilities and ingesta transit times of captive Asian and African elephants, MS Thesis, University of Guelph, Canada
- HATT, J.-M. and A. LIESEGANG (2001): Nutrition of Asian elephants (*Elephas maximus*) in captivity - an overview and practical experience, Verhandlungsbericht des 40. Internationalen Symposiums über die Erkrankungen der Zoo- und Wildtiere. 23. - 26. Mai, Rotterdam, pp. 117 - 122 Distr.: Institut für Zoo- und Wildtierforschung (IZW) Berlin, Germany
- HECK, H. and U. SCHLOSSAREK (1955): Heilung von sogenanntem Hufkrebs zweier indischer Arbeitselefanten durch S66, Berliner und Münchner Tierärztliche Wochenschrift, 23, pp. 401 - 403
- HERMANS, W.A. (1992): Hornspalten, Hornkluft, in: Hermans, W. A. (ed.): Hufpflege und Hufbeslag, Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, pp. 175 – 180
- HERTSCH, B., S. HÖPPNER and H. DALLMER (1997): Der Huf und sein nagelloser Hufschutz, 2. Auflage, FN-Verlag, D-48205 Warendorf
- HORSTMANN, E. (1966): Die Epidermis des Elefanten, Zeitschrift für Zellforschung, 75, pp. 146 – 159
- HURTIENNE, H. (1985): pers. comm., Tierklinik Freiburg
- INTERNATIONAL ELEPHANT FOUNDATION (2003): About elephants, <http://www.elephantconservation.org/viewindex.asp?MainpageID=1> last accessed 19th July 2005
- IUCN/SSC, AFRICAN ELEPHANT SPECIALIST GROUP (2005): What are the closest relatives of elephants?, Frequently Asked Questions about Elephants, copyright © 1995 - 2005, <http://www.iucn.org/themes/ssc/sgs/afesg/faq/faq.html> last accessed 19th July 2005
- JOSSECK, H. (1991): Hufhornveränderungen bei Lipizzanerpferden und ein Behandlungsversuch mit Biotin, Diss. med. vet. Zürich
- JOSSECK, H., W. ZENKER and H. GEYER (1995): Hoof horn abnormalities in Lipizzaner horses and the effect of dietary biotin on macroscopic aspects of hoof horn quality, Equine Veterinary Journal, 27, pp. 175 – 182
- KEELE, M. (1998a): African elephant 98 fact sheet (2/1/98), Nutrition Advisory Group, <http://www.nagonline.net/Fact%20Sheet%20pdf/AZA%20-%20African%20Elephant%20Species%20Survival%20Plan.pdf> last accessed 19th July 2005

KEELE, M. (1998b): Asian elephant 98 fact sheet (2/1/98), Nutrition Advisory Group, <http://www.nagonline.net/Fact%20Sheet%20pdf/AZA%20-%20Asian%20Elephant%20Species%20Survival%20Plan.pdf> last accessed 19th July 2005

KEET, D.F., D.G. GROBLER, J.P. RAATH, J. GOUWS, J. CARSTENS and J.W. NESBIT (1997): Ulcerative pododermatitis in free-ranging African elephant (*Loxodonta africana*) in the Kruger National Park, Onderstepoort Journal of Veterinary Research, 64, pp. 25 – 32

KESSLER, J., A. DE FARIA and M. JOST (1996): Organische Zinkverbindung in der Ferkelfütterung, Agrar Forschung, 3, pp. 547 – 550

KOCK, C. (1997): Fusspflege beim Elefanten, Tagungsbericht des 3. Elefantenpfleger – Treffen. 7. - 9. März, Schönbrunner Tiergarten, Wien, pp. 12 – 13 Distr.: Schönbrunner Tiergarten Vienna, Austria

KOEHL, D. (2005): "Elephant anatomy", Absolut Elephant, Elephant Anatomy, copyright © 1995 - 2005, [http://www.ephant.se/ephant\\_anatomy.php](http://www.ephant.se/ephant_anatomy.php) last accessed 19th July 2005

KOLLER, U. (1998): Der Einfluss von Biotin auf die Heilung von Sohlengeschwüren beim Rind - Ein Versuch unter kontrollierten Bedingungen, Diss. med. vet. Zürich

KÜNG, M. (1991): Die Zugfestigkeit des Hufhornes von Pferden, Diss. med. vet. Zürich

KUNTZE, A. (1972): Nageltritt (Pododermatitis traumatica profunda purulenta) bei Trampeltier (*Camelus bactrianus*) und Elefant (*Elephas maximus*), Verhandlungsbericht des 14. Internationalen Symposiums über die Erkrankungen der Zootiere. 14. - 18. Juni, Wrocław, pp. 291 – 293 Distr.: Akademie Verlag, Berlin, Germany

KUNTZE, A. (1980): Erkrankungen der Gliedmassen beim Elefanten (*Elephas maximus*) unter besonderer Berücksichtigung des Hufes, Verhandlungsbericht des 22. Internationalen Symposiums über die Erkrankungen der Zoo- und Wildtiere. 28. Mai - 1. Juni, Arnheim, pp. 247 – 253 Distr.: Akademie-Verlag Berlin, Germany

KUNTZE, A. (1997): Chirurgische Erkrankungen bei Zirkuselefanten, Der praktische Tierarzt, 78, pp. 194 – 202

LAHIRI-CHOUDHURY, D.K. (2001): Historical lessons for the treatment of foot diseases in captive Asian elephants, in: Csuti, B., et al. (ed.): The elephant's foot, Iowa State University Press, Ames/Iowa, pp. 81 - 83

LAMPS, L.W., B.R. SMOLLER, L.E.L. RASMUSSEN, B.E. SLADE, G. FRITSCH and T.E. GOODWIN (2001): Characterization of interdigital glands in the Asian elephant (*Elephas maximus*), Research in Veterinary Science, 71, pp. 197 - 200

LEU, U. (1987): Vergleichende Untersuchungen über den Einfluss von oral verabreichtem Biotin auf das Hufhorn beim Pferd, Diss. med. vet. Zürich

LISCHER, CH. J., H. GEYER, P. OSSENT, K. FRIEDLI, J. NÄF and R. PIJL (2000): Handbuch zur Pflege und Behandlung der Klauen beim Rind, 1. Auflage, Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, CH-3052 Zollikofen, Parey Verlag, Berlin

LISCHER, CH. J., U. KOLLER, GEYER H., CH. MULLING, J. SCHULZE and P. OSSENT (2002): Effect of therapeutic dietary biotin on the healing of uncomplicated sole ulcers in dairy cattle--a double blinded controlled study, Veterinary Journal, 163, pp. 51 – 60



- MARIAPPA, D. (1955a): The anatomy of a foetal Indian elephant - part I, the bones and joints of the fore-limb, *Indian Veterinary Journal*, 32, pp. 94 - 104
- MARIAPPA, D. (1955b): The anatomy of a foetal Indian elephant - part II, the muscles, nerves and blood vessels of the fore-limb, *Indian Veterinary Journal*, 32, pp. 170 – 202
- MARIAPPA, D. (1955c): The anatomy of a foetal Indian elephant - part III, the bones and joints of the hind-limb, *Indian Veterinary Journal*, 32, pp. 322 - 329
- MARIAPPA, D. (1955d): The anatomy of a foetal Indian elephant - part IV, the muscles, nerves and blood vessels of the hind-limb and tail, *Indian Veterinary Journal*, 32, pp. 407 – 430
- MARIAPPA, D. (1986): *Anatomy and histology of the Indian elephant*, Indira Publishing House, Oak Park, Michigan
- MARKS, G. and K.-D. BUDRAS (1987): Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen über die akute Hufrehe des Pferdes, *Berliner und Münchner Tierärztliche Wochenschrift*, 100, pp. 82 – 88
- MIKOTA, S.K., E.L. SARGENT and G.S. RANGLACK (1994): The musculoskeletal system, in: Mikota, S. K., et al. (ed.): *Medical management of the elephant*, Indira Publishing House, West Bloomfield/Michigan, pp. 147 – 150
- MONHART, B (2002): *Die Einwirkung von Umgebungsfaktoren auf das Hufhorn des Pferdes*, Diss. med. vet. Zürich
- MYERS, P. (2000): "Proboscidea", *Animal diversity web*, <http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Proboscidea.html>  
last accessed 19th July 2005
- NEUVILLE, M. H. (1927): Note préliminaire sur l'organisation du pied des éléphants, *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*. Paris, 33, p. 60
- NIJBOER, J. and M. CASTELEIJN (2001): Elefanten-Ernährung, Tagungsband Elefantenpflegertreffen: Beiträge zur Elefantenhaltung in Europa. 7. - 9. Februar, Rotterdam, pp. 49 – 54 Distr.: Schöningh Verlag, Germany
- NOWAK, R.M. (1999): *Walker's mammals of the world*, sixth edition, The Johns Hopkins University Press, Baltimore
- OFFER, J. E. and D. N. LOGUE (1998): The effect of lameness in the dairy cow on the fatty acid profile of claw horn lipids, 10th International Symposium on Lameness in Ruminants. 6<sup>th</sup> to 10th September, Lucerne/Switzerland, pp. 220 – 221 Distr.: Faculty of Veterinary Medicine, University of Zurich, Switzerland
- OLLIVET-COURTOIS, F., A. LECU, R.A. YATES and L.H. SPELMAN (2003): Treatment of a sole abscess in an Asian elephant (*Elephas maximus*) using regional digital intravenous perfusion, *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 34, pp. 292 - 295
- PILASKI, J., P. VON WITZENDORFF, H.-P. BRANDT and D. HOHR (1995): Ein Pockenausbruch bei Elefanten (*Elephas maximus*, *Loxodonta africana*) in einem Wanderzirkus während des Aufenthaltes im Winterquartier, *Verhandlungsbericht des 37. Internationalen Symposiums über die Erkrankungen der Zoo- und Wildtiere*. 24. - 28 Mai, Dresden, pp. 357 - 363 Distr.: Institut für Zoo- und Wildtierforschung (IZW) Berlin, Germany.

- POLLIT, CH. (1999): Farbatlas Huf - Anatomie und Klinik, Schlütersche Verlag, Hannover
- PONNAPPAN, A.K. (2000): Bathing an elephant, Training on Elephant Management. Elephant Study Centre, College of Veterinary and Animal Sciences, Mannuthy, Thrissur, Kerala, p. 37 Distr.: Kerala Agricultural University, India
- RÄBER, M. E. (2000): Das Ballenpolster beim Rind - Ein Beitrag zur funktionellen Anatomie der Klaue, Diss. med. vet. Zürich
- RÄBER, M. E., CH. J. LISCHER, H. GEYER and P. OSSENT (2004): The bovine digital cushion - a descriptive anatomical study, The Veterinary Journal, 167, pp. 258 – 264
- RAJANKUTTY, K. (2004): Foot disorders and its care in elephants, Resource Materials of Refresher Course on Healthcare and Management of Asian Elephants. Elephant Study Centre, College of Veterinary and Animal Sciences, Mannuthy, Thrissur, Kerala, pp. 150 – 152 Distr.: Kerala Agricultural University, India
- RAKES, R. (1996): Treatment of splitting nails, Journal of the Elephant Managers Association, 7, pp. 38 – 39
- RAMSAY, E.C. and R.W. HENRY (2001): Anatomy of the elephant foot, in: B. Csuti, B., et al. (ed.): The elephant's foot, first edition, Iowa State University Press, Ames/Iowa, pp. 9 – 12
- REDMOND, I. and D. KING (2000): Elephant, DK Publishing Inc
- REES, P.A. (2000): Are elephant enrichment studies missing the point?, International Zoo News, 27, pp. 230 – 232
- RICHARD (1999): Veterinary care of the Asian elephant, Resolutions from the Regional Workshop on Asian Elephant Health Care: Programme Development. March 12th to 13<sup>th</sup> 1999, Chiang Mai, p. 41
- ROOCROFT, A. and D. ATWELL ZOLL (1994): Managing elephants. An introduction to their training and management, Fever Tree Pr, Ramona, California
- RÜEDI, D. (1995): Elefanten, in: Göltenboth, R. and Klös, H.-G. (ed.): Krankheiten der Zoo-und Wildtiere, Blackwell Wissenschafts-Verlag GmbH, Berlin, pp. 156 - 189
- RUTHE, H. and G. SEILKOPF (1962): Hornspalten an den Zehennägeln der Elefanten, Der Zoologische Garten (N.F.), 26, pp. 238 - 243
- RUTHE, H., H. MÜLLER and F. REINHARD (1997): Der Huf - Lehrbuch des Hufbeschlags, 5. Auflage, Verlag Enke, Stuttgart
- SADLER, W.C. (2001): The role of nutrition and its possible impact on elephant foot care, in: Csuti, B., et al. (ed.): The elephant's foot, first edition, Iowa State University Press, Ames/Iowa, pp. 13 -15
- SALZERT, W. (1972): Elefanten - Ihre Pathologie und den Tiergärtner interessierende physiologische Daten, Diss. med. vet. Hannover
- SCHALLER, K. (1986): Erfolgreiche Behandlung einer chronischen eitrigen Pododermatitis beim Indischen Elefanten (*Elephas maximus*), Der praktische Tierarzt, 1, pp. 25 – 30
- SCHANBERGER, A (1990): Successful treatment of chronic toenail cracks in an Asian elephant, Animal Keeper's Forum, 17, pp. 243 – 247

- SCHMID, M. (1995): Der Einfluss von Biotin auf die Klauenhornqualität beim Rind, Diss. med. vet. Zürich
- SCHMITT, A. (1998): Verlaufsuntersuchungen zum Hufstatus von Lipizzanerpferden mit und ohne Biotinbehandlung, Diss. med. vet. Zürich
- SCHMITT, D.L. (2003): Proboscidea (*Elephants*), in: Fowler, M. E. and Miller, R. E. (ed.): Zoo and wild animal medicine, Fifth edition, W.B. Saunders Company, St. Louis/Missouri, pp. 541 – 550
- SEILKOPF, G. (1959): Fussleiden der Elefanten, Diss. med. vet. Humbolt Universität zu Berlin
- SHINDO, T. and M. MORI (1956): Musculature of the Indian elephant. Part II. Musculature of the hindlimb, Okajimas Folia Anatomica Japonica, 28, pp. 114 – 147
- SHOSHANI, J. and J.F. EISENBERG (1982): *Elephas maximus*, Mammalian Species, 182, pp. 1 - 8
- SHOSHANI, J. and P. TASSY (1996): The Proboscidea - evolution and palaeoecology of elephants and their relatives, Oxford University Press, Oxford/New York/Tokyo
- SMITH, F. (1890): The histology of the skin of the elephant, The Journal of Anatomy and Physiology, 24, pp. 493 – 503
- SMUTS, M.M.S. and A.J. BEZUIDENHOUT (1994): Osteology of the pelvic limb of the African elephant (*Loxodonta africana*), Onderstepoort Journal of Veterinary Research, 60, pp. 1 - 14
- STEEL, J. H. (1885): A manual of the diseases of the elephant, Lawrence Asylum Press, Madras, India
- STERN, A. (2000): Der Einfluss von Zink auf die Klauenhornqualität von Maststieren, Diss. med. vet. Zürich
- STÖBER, M. (2002): Erbliches Zinkmalabsorptionssyndrom, in: Dirksen, G., et al. (ed.): Innere Medizin und Chirurgie des Rindes, 4., vollständig neubearbeitete Auflage, Parey Buchverlag im Blackwell Verlag GmbH, Berlin/Wien/Oxford, pp. 36 - 38
- SUKUMAR, R. (1999): The Asian elephant: ecology and management, Cambridge University Press, Cambridge/New York/Melbourne
- TERKEL, A. (2002): African elephant studbook (*Loxodonta africana*), Ramat Gan Zoological Center, Tel Aviv/Israel
- ULLREY, D.E., S. D. CRISSEY and H. F. HINTZ (1997): Elephants: Nutrition and dietary husbandry, in: Nutrition Advisory Group Handbook, [http://www.ephantcare.org/protodoc\\_files/nutrdiet.pdf](http://www.ephantcare.org/protodoc_files/nutrdiet.pdf) last accessed 19th July 2005
- ULLREY, D. E., K. J. WILLIAMS, P. K. KU, A. H. LEWANDOWSKI and J. G. SIKARSKIE (1988): Pharmacokinetics of biotin in horses and elephants, Proceedings of the Annual Meeting of the American Association of Zoo Veterinarians. Toronto, Canada, pp. 203 - 204
- ULLREY, D. E. (2004): pers. comm., Departments of Animal Science, Michigan State University
- VAN SOEST, P. J. (1996): Allometry and ecology of feeding behavior and digestive capacity in herbivores: A review, Zoo Biology, 15, pp. 455 – 479

VIRCHOW, H. (1910): Hand und Fuss des Elefanten nach der Form zusammengesetzt, Sitzungsbericht der Gesellschaft der naturforschenden Freunde, pp. 77 – 87

VON HOUWALD, F. (2001): Foot problems in Indian rhinoceroses (*Rhinoceros unicornis*) in zoological gardens: Macroscopic and microscopic anatomy, pathology and evaluation of the causes, Diss. med. vet. Zürich

WALLACH, J.D. and M.S. SILBERMAN (1977): Foot care for captive elephants, Journal of the American Veterinary Medicine Association, 171, pp. 906 – 907

WARZECHA, CH. (1993): The ruminant hoof: Morphological and histochemical findings in cattle, sheep and goat, Diss. med. vet. Zürich

WATSON, M. (1873): Contributions to the anatomy of the Indian elephant (*Elephas maximus*), Part II. Urinary and generative organs, The Journal of Anatomy and Physiology, 7, pp. 60 - 74

WEST, G. (2001): Occurrence and treatment of nail/foot abscesses, nail cracks and sole abscesses in captive elephants, in: Csuti, B., et al. (ed.): The elephant's foot, Iowa State University Press, Ames/Iowa, pp. 93 - 97

WETTSTEIN, O. (1920): Äussere morphologische Unterschiede zwischen Feten von *Elephas africanus* und *E. maximus*, Arkiv för Zoologi., 13, pp. 1 - 15

WHEELER, J.L., J.W. BENNETT and J.C.D. HUTCHINSON (1972): Effect of ambient temperature and daylength on hoof growth in sheep, Journal of Agricultural Science, Cambridge, 79, pp. 91 - 97

WHITE, T. and R. SANTOS (2004): Artungulata: Overview, PALAEOS: The Trace of Life on Earth, <http://www.palaeos.com/Vertebrates/Units/Unit530/530.000.html>  
last accessed 19<sup>th</sup> July 2005

ZENKER, W. (1991): Hufhornveränderungen bei Lipizzanerpferden und ein Behandlungsversuch mit Biotin, Diss. med. vet. Zürich

ZENKER, W., H. JOSSECK and H. GEYER (1995): Histological and physical assessment of poor hoof horn quality in Lipizzaner horses and a therapeutic trial with biotin and a placebo, Equine Veterinary Journal, 27, pp. 183 - 191

ZENKER, W. (2004): pers. comm., Tiergarten Schönbrunn, Vienna

ZIMMER, H. R. (1929): Spiel um den Elefanten, R. Oldenbourg, München-Berlin

## 10 Agradecimientos

Esta tesis fue posible gracias al apoyo y ayuda de mucha gente. Estoy agradecido en particular con:

Prof. Dr. H. Geyer por proporcionarme el tema, por la excelente colaboración científica y por su apoyo financiero y moral. Siempre estuvo convencido de que todo iba bien. Su trato amigable y de ayuda en todo momento fue un gran ejemplo para mí.

Prof. Dr. K. Eulenberger por tomar el papel de co-tutor y por la detallada corrección del manuscrito así como por su apoyo durante el estudio.

Dr. T.B. Hildebrandt y Dr. G. Fritsch del Instituto de Investigación de Zoología y Vida Silvestre, Berlín.

Dr. G. Weissengruber del Departamento de Anatomía de la Universidad de Medicina Veterinaria, Viena, Dr. R. Asher y Dr. P. Giere del Museo de Ciencias Naturales, Berlín, Mr. D. Oppliger de Museo de Historia Natural, Basel, Zoológico de Zurich y Zoológico Blijdorp, Rotterdam por su donación de patas de elefantes o muestras de patas de elefantes para la parte histológica del estudio.

Dr. F. von Houwald del Zoológico de Basel, Dr. W. Schaftenaar del Zoológico Blijdorp/Rotterdam, Dr. W. Rietschel del Jardín Zoológico y Botánico Wilhelma, Stuttgart, Dr. A. Ochs del Zoológico de Berlín, Prof. Dr. J.-M. Hatt de la Universidad de Zurich y Dr. R. Zingg del Zoológico de Zurich por apoyarme a mí y a mi tesis de diversas maneras.

Dr. W. Zenker del Zoológico Schönbrunn, Viena, por su apoyo, esfuerzos y ayuda especial durante el estudio. Tiene un trato amigable y de apoyo y siempre está abierto a todo tipo de preguntas.

Dr. J. Deepanij por dirigirme a diferentes instituciones con elefantes en la hermosa Sri Lanka y por convertirse en un buen amigo.

A todos los cuidadores de elefantes y veterinarios de los zoológicos que participaron en este estudio por su cooperación e interés en el tema y a todos los elefantes de los zoológicos visitados, quienes tuvieron que levantar una pata durante algún tiempo o pararse sobre plásticos chistosos. No todos ellos lo apreciaron todo el tiempo.

Dr. M. Hofmeyer y Dr. I. Whyte del Parque Nacional Kruger, Sudáfrica, así como a Dr. P. Martelli del Jardín Zoológico de Singapur, y Dr. H. Schwammer del Zoológico de Schönbrunn, Viena, por enviarme datos de elefantes silvestres y en cautiverio y por apoyarme con información.

Mrs. J. Peter por el enorme trabajo de insertar las gráficas que adornan esta tesis. Siempre fue de gran ayuda y entusiasta, así como muy interesada en el tema.

Dr. M. Hässig por la asesoría en el análisis estadístico.

Mrs. J. Leclerc, Mrs. V. Horvat y Mrs. E. Bohrer-Siegenthaler por su ayuda en el trabajo de laboratorio.

A todos los miembros del Instituto de Anatomía Veterinaria por su ayuda en todo lo posible y por asegurarse de que pasara un rato agradable.

Roche Vitamine GmbH, Grenzach-Wyhlen, Alemania, por proporcionarme Rovimix® H-2 (biotina).

Un agradecimiento especial al Dr. G. Weber de Productos Nutricionales DSM/R&D Análisis de Nutrición y Salud Humana, (VFHA), Kaiseraugst, Suiza por determinar la concentración de biotina en las muestras de sangre y por patrocinar la impresión de la tesis, lo que fue llevado a cabo por R. Affentranger, RoNexus Services AG, Basel, Suiza.

Kristin Munzinger, Christa Blessing, Nicola Benz por su lectura del manuscrito y a August Benz por ayudarme a editar y organizar el texto.

Finalmente, a mi familia y a Stephanie Blessing por su apoyo y motivación de diversas maneras y por estar ahí en tiempos difíciles conmigo. Estoy en deuda con todos ustedes. Y por último, muchas gracias Carmen, por hacerme compañía durante todo el tiempo frente al microscopio y la computadora.

Queridos amigos, estoy de vuelta!

## Curriculum Vitae

Nombre: Andreas Benz

Fecha de nacimiento: Julio 8, 1974

Nacionalidad: Suizo

Lugar de origen: Schübelbach Suiza

Estudios: 1989 – 1994 Christ-King College Nuolen  
Matura Type B

1995 – 2001 Medicina Veterinaria en la Facultad de Medicina Veterinaria en la Universidad de Zurich

2001 Exámenes finales en la Facultad de Medicina Veterinaria en la Universidad de Zurich

2002 – 2003 Asistente en la Clínica de grandes animales del Dr. Bernhard Benninger, Mettau

2002 Inicio de la tesis de doctorado en el Instituto de Anatomía Veterinaria de la Universidad de Zurich

2003 – 2004 Veterinario responsable de los gorilas en el Zoológico de Schmiding, Austria

Desde 2005 Asistente en la Clínica de pequeños animales “Kleintierklinik am See” del Dr. Markus Fehr, Rorschach

29 Septiembre 2005