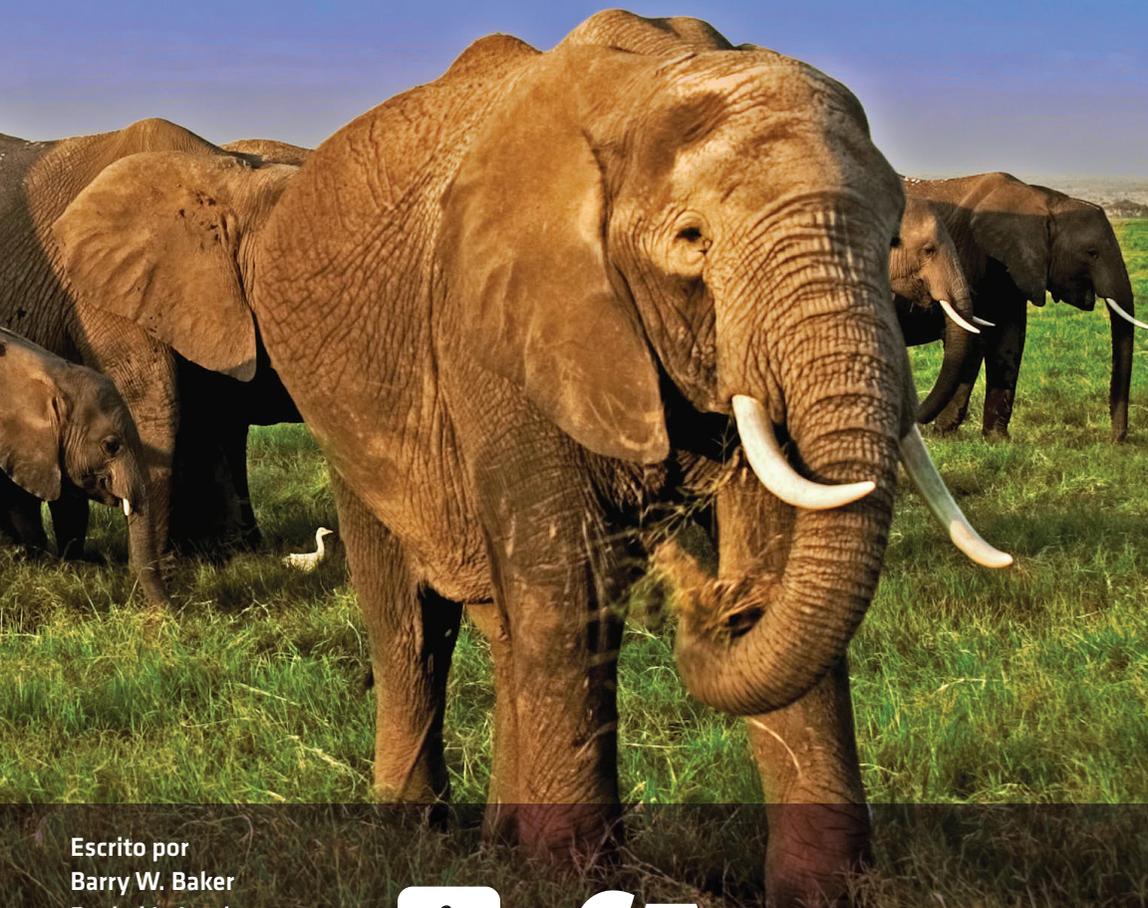


4ª EDICIÓN

GUÍA DE IDENTIFICACIÓN DEL MARFIL Y SUS SUSTITUTOS



Escrito por
Barry W. Baker
Rachel L. Jacobs
Mary-Jacque Mann
Edgard O. Espinoza
Giavanna Grein



TRAFFIC

Editado por Crawford Allan

GUÍA DE IDENTIFICACIÓN DEL **MARFIL** Y SUS SUSTITUTOS

© 2020 por la Secretaría de la CITES y el World Wildlife Fund (WWF por sus sigla en inglés). Todos los derechos reservados. Ninguna parte de este libro puede ser reproducida sin permiso de la Secretaría de la CITES y el WWF.

IMAGEN DE PORTADA

© Martin Harvey–WWF

Créditos de fotografía: Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos, salvo que se indique lo contrario

EXENCIÓN DE RESPONSABILIDAD

Las designaciones geográficas empleadas en el presente documento no implican la expresión de ninguna opinión por parte de la Secretaría de la CITES (o del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), el WWF o TRAFFIC International en relación con la condición jurídica de ningún país, territorio o zona, ni la delimitación de sus fronteras o límites. La responsabilidad del contenido del documento recae exclusivamente en sus autores y el editor.

FINANCIAMIENTO

Esta publicación fue posible gracias al apoyo de la Unión Europea (a través del proyecto de aplicación de las Decisiones de la CdP17 de la CITES) y el WWF.

ACERCA DE LOS AUTORES

Los autores de la sección sobre morfología son y fueron expertos forenses y en identificación de la vida silvestre que trabajan en el Laboratorio Forense del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos. Mary-Jacque Mann y Edgard O. Espinoza fueron colaboradores en versiones anteriores de esta guía de identificación. Giavanna Grein es la autora de la sección sobre comercio de marfil en línea y es una experta en comercio en línea de vida silvestre que coordina la Coalición para Acabar con el Tráfico de Fauna Silvestre en Internet de TRAFFIC y el WWF

RECONOCIMIENTOS

Crawford Allan se encargó de la edición de la Guía y la supervisión de la producción. Giavanna Grein escribió la sección de comercio en línea y se encargó de la gestión del proyecto e investigaciones adicionales. Barry W. Baker, Rachel L. Jacobs, Mary-Jacque Mann y Edgard O. Espinoza escribieron la sección de morfología.

Agradecemos a Abigail Hehmeyer del WWF al igual que Robin Sawyer, Hallie Sacks y Stephanie Pendry de TRAFFIC.

Queremos reconocer el apoyo y las aportaciones del personal de la Secretaría de la CITES, incluyendo a Haruko Okusu, Thea Carroll y Sofie Hermann Flensburg.

Agradecemos al Consorcio Internacional para Combatir los Delitos contra la Vida Silvestre (ICCWC), la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC) y Jorge Rios de UNODC por la reproducción de la sección de análisis de laboratorio de su informe de 2014: *Directrices sobre métodos y procedimientos para la toma de muestras y el análisis de laboratorio del marfil*.

Diseño por Rick Heffner de Fuszion. Traducción al francés por Martin Collete, traducción al español por Transcultural Translations.

CITA SUGERIDA

Baker, B., Jacobs, R., Mann, M., Espinoza, E., Grein, G. (2020). Guía de identificación de la CITES del marfil y sus sustitutos (4ª edición, Allan, C. (ed.)). World Wildlife Fund Inc., Washington DC. Encargado por la Secretaría de la CITES, Ginebra, Suiza.

GUÍA DE IDENTIFICACIÓN DEL MARFIL Y SUS SUSTITUTOS

Escrito por

Barry W. Baker

Rachel L. Jacobs

Mary-Jacque Mann

Edgard O. Espinoza

Giavanna Grein

Editado por Crawford Allan

Prólogo escrito por

Ivonne Higuero, Secretaria General de la CITES

4ª Edición



TRAFFIC

Esta Guía está disponible en chino, francés e inglés en los sitios web de la
CITES (www.cites.org) y el WWF (www.worldwildlife.org).

ÍNDICE

| | |
|--|-------------|
| PRÓLOGO | vi |
| INTRODUCCIÓN | viii |
| COLMILLOS DE ELEFANTE Y MAMUT | 12 |
| MORSA | 28 |
| CACHALOTE Y ORCA | 34 |
| NARVAL | 38 |
| HIPOPÓTAMO | 42 |
| JABALÍ | 50 |
| SUSTITUTOS NATURALES DE MARFIL | 56 |
| SUSTITUTOS MANUFACTURADOS DE MARFIL | 60 |
| LECTURA SUGERIDA | 64 |
| MÉTODOS FORENSES MODERNOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL MARFIL | 70 |
| DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL MARFIL DE ELEFANTE A LA VENTA EN LÍNEA | 87 |

PRÓLOGO

A nombre de las 183 Partes en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y de la Secretaría de la CITES, tengo el honor de presentar la tan esperada 4ª edición de la *Guía de identificación de marfil y sus sustitutos*.

La CITES regula más de 36,000 especies de animales y plantas. Se espera que las Partes apliquen la Convención para todas las especies enlistadas, lo que significa que los administradores, científicos y funcionarios encargados de hacer cumplir la ley deben ser capaces de diferenciar las numerosas especies y sus productos. Establecer la identidad del espécimen es una de las primeras piezas de información que las Partes necesitan para poder regular el comercio internacional de acuerdo con la Convención.

La identificación de los diferentes tipos de marfil, y de los objetos y productos hechos de materiales que imitan o se parecen al marfil, es el principal objetivo de esta guía de identificación. Este guía responde a la Decisión 17.162 adoptada en la Decimoséptima reunión de la Conferencia de las Partes de la CITES (Johannesburgo, 2016), en la que las Partes pidieron a la Secretaría que preparara una versión revisada y actualizada de la *Guía de identificación de marfil y sus sustitutos*, teniendo en cuenta los métodos modernos de identificación. Considerando que la tercera edición de la guía se publicó en 1999, nos complace que en la presente edición se puedan encontrar avances significativos, tanto en la ciencia como en la presentación visual de la publicación.

PRÓLOGO

Quisiera expresar mi agradecimiento a la Unión Europea por su generoso apoyo financiero que permitió esta actualización, y a los colegas de TRAFFIC, WWF-US y el Laboratorio Forense del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos por sus valiosas contribuciones.

Seguimos comprometidos a continuar nuestra colaboración con los expertos y socios avanzando nuestros esfuerzos colectivos para apoyar a las Partes de la CITES y asegurar la conservación y el uso sostenible de la vida silvestre del mundo.

Ivonne Higuero

Secretaria General

Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

INTRODUCCIÓN

Nuestra esperanza es que este manual continúe siendo útil para la comunidad internacional de aplicación de la ley sobre la vida silvestre encargada de identificar las especies productoras de marfil que se encuentran comúnmente en la actividad comercial

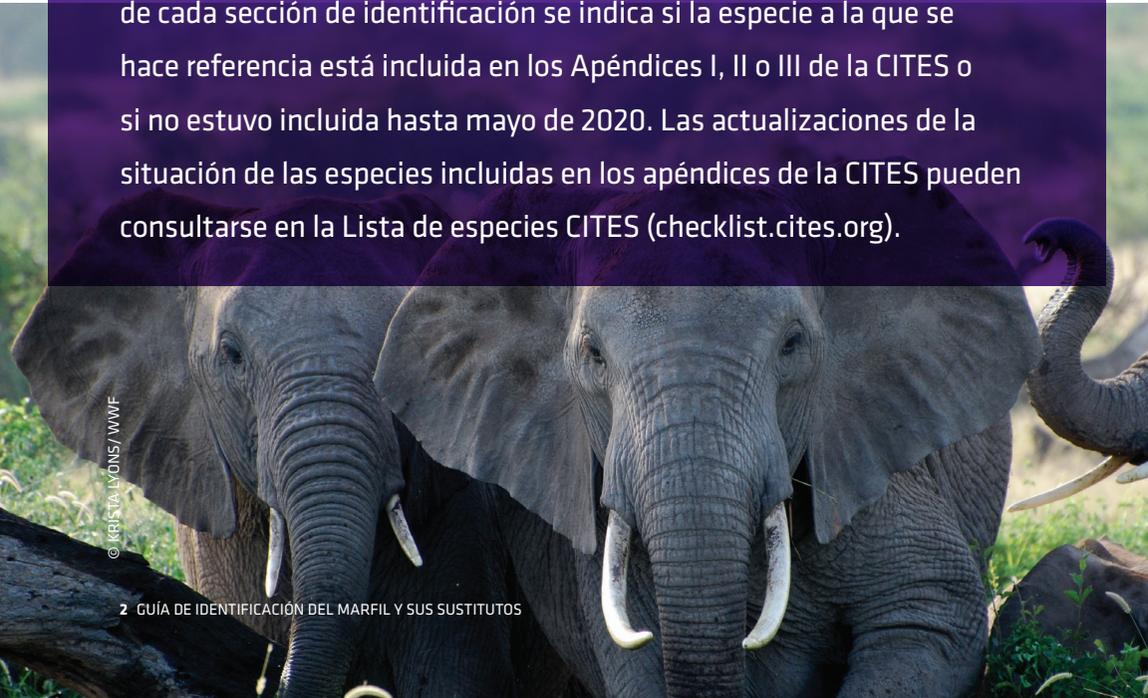


INTRODUCCIÓN

La información contenida en este libro fue desarrollada originalmente para la comunidad encargada de aplicar las leyes sobre la vida silvestre en relación con su mandato de hacer cumplir las regulaciones y restricciones del comercio internacional de especies en peligro de extinción. Miles de copias de ediciones anteriores de esta guía se han distribuido en cuatro idiomas en todo el mundo (chino, español, francés y inglés). Al igual que en las ediciones anteriores, el objetivo es proporcionar a los funcionarios encargados de hacer cumplir las leyes sobre la vida silvestre, a los científicos y a los administradores un medio visual y no destructivo de identificar provisionalmente la autenticidad y la especie de origen de marfil sospechoso para fines de aplicación de la ley, incluida una justificación de “causa probable” para la incautación de material ilegal sospechoso, en los puertos de entrada. También se sigue haciendo hincapié en el marfil tallado, sobre todo porque los dientes enteros se identifican fácilmente. Es importante señalar que los reglamentos internacionales relacionados con la conservación y el comercio de la vida silvestre generalmente definen las protecciones basadas en los nombres de las especies (o en algunos casos en los nombres de las subespecies). Dado que el marfil se origina de una amplia gama de especies cuyo estado de protección varía, la identificación de las especies es fundamental para los esfuerzos de aplicación de la CITES. Nuestra esperanza es que este manual continúe siendo útil para la comunidad internacional de aplicación de la ley sobre la vida silvestre encargada de identificar las especies productoras de marfil que se encuentran comúnmente en la actividad comercial.

INTRODUCCIÓN

Nota sobre los nombres y listados de especies: Aquí utilizamos los nombres científicos de los animales según el acuerdo entre los países signatarios de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). Por ejemplo, la CITES reconoce actualmente dos especies de elefantes vivos, el elefante africano (*Loxodonta africana*) y el elefante asiático (*Elephas maximus*). Muchos científicos consideran que el elefante africano de bosque es una especie única en su género (*Loxodonta cyclotis*), aunque aquí seguimos la nomenclatura de la CITES a efectos de aplicación. Análogamente, aunque las referencias taxonómicas más recientes reconocen al hipopótamo pigmeo como *Choeropsis liberiensis*, aquí utilizamos el nombre científico reconocido por la CITES, *Hexaprotodon liberiensis*. Es importante señalar que la CITES puede adoptar cambios taxonómicos y de nomenclatura con el tiempo. Se les invita a los lectores a mantenerse al día sobre los cambios a través del sitio web de la CITES (www.cites.org y www.speciesplus.net). Al comienzo de cada sección de identificación se indica si la especie a la que se hace referencia está incluida en los Apéndices I, II o III de la CITES o si no estuvo incluida hasta mayo de 2020. Las actualizaciones de la situación de las especies incluidas en los apéndices de la CITES pueden consultarse en la Lista de especies CITES (checklist.cites.org).



INTRODUCCIÓN

GLOSARIO

Caseína: una proteína que se encuentra en la leche de los mamíferos

Cavidad pulpar: la parte más interna de un diente que contiene tejido blando orgánico llamado pulpa

Cemento: una capa que rodea la dentina de las raíces de los dientes y los colmillos

Dentina: un tejido dental mineralizado que normalmente comprende la mayoría de la masa dental

Estado tafonómico: estado de decadencia y fosilización

FT-IR: la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier es una técnica no destructiva para el análisis químico de materiales basada en la interacción molecular con la radiación infrarroja. El producto analítico de esta técnica se expresa en un interferograma

Líneas de Schreger: un rasgo morfológico de diagnóstico visto en cortes transversales de marfil de elefante y mamut

Nervio del colmillo: el nervio y el microcanal asociado que corre longitudinalmente a través del centro de un colmillo

Netsuke: un pequeño adorno tallado, especialmente de marfil o madera, que se lleva como parte de la vestimenta tradicional japonesa como una palanca por la cual un artículo puede ser unido a la banda de un kimono

Proboscidea: orden en el que los elefantes y sus parientes extintos (por ejemplo, mamuts y mastodontes) son agrupados por los biólogos y paleontólogos; un miembro de este orden es conocido como un proboscídeo

Scrimshaw: hueso o marfil grabado o tallado superficialmente, tradicionalmente de diente de ballena

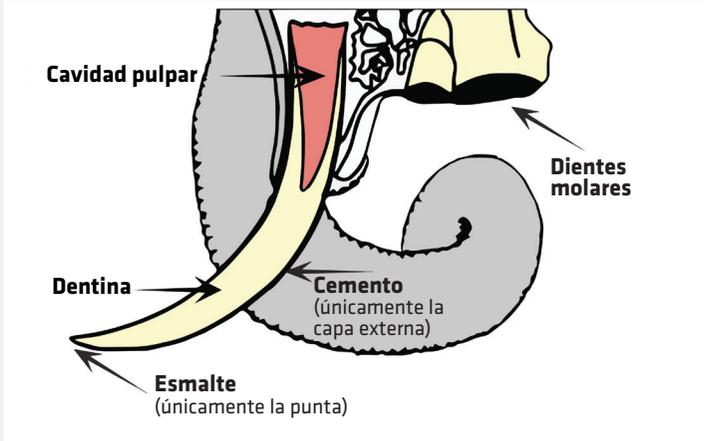
Sistemas/canales de Havers: serie de canales que permite el transporte del fluido por el hueso

Superficies linguales: superficies orientadas hacia la lengua

Zona intersticial del colmillo (TIZ por sus siglas en inglés): un área de convergencia de crecimiento en el centro del diente/colmillo para la dentina en desarrollo

¿QUÉ ES EL MARFIL?

FIGURA 1.1



↑ **Figura 1.1** Diagrama de la morfología de un colmillo

La palabra "marfil" se aplicaba tradicionalmente sólo a los colmillos de los elefantes. Sin embargo, la estructura química de los dientes y colmillos de los mamíferos es la misma independientemente de la especie de origen, y el comercio de ciertos dientes y colmillos que no son de elefante está bien establecido y extendido. Por lo tanto, el término "marfil" se puede aplicar correctamente a cualquier diente o colmillo de mamífero de interés comercial que sea lo suficientemente grande como para ser tallado o grabado.

Los dientes y los colmillos (un tipo de diente específico) tienen el mismo origen. Los dientes son estructuras especializadas adaptadas principalmente para procesar alimentos. Los colmillos, que son dientes extremadamente grandes

INTRODUCCIÓN

que se proyectan más allá de los labios, han evolucionado para realizar una variedad de funciones especializadas. Los dientes de la mayoría de los mamíferos consisten en una raíz, un cuello y una corona. Un colmillo consiste en una raíz y el propio colmillo. Los dientes y los colmillos tienen las mismas estructuras físicas: cavidad pulpar, dentina, cemento y esmalte (Figura 1.1). El área interior es la cavidad pulpar. La cavidad pulpar es un espacio dentro del diente que en vida contiene tejido blando orgánico llamado pulpa.

Las células odontoblásticas recubren la cavidad pulpar y son responsables de la producción de la dentina. La dentina, que es el principal componente de los objetos de marfil tallados, forma una capa gruesa alrededor de la cavidad pulpar y comprende la mayor parte de los dientes y colmillos. La dentina es un tejido conectivo mineralizado con una matriz orgánica de proteínas colágenas. El componente inorgánico de la dentina consiste en hidroxiapatita, cuya fórmula general es $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{CO}_3)\text{H}_2\text{O}$. La dentina contiene estructuras microscópicas llamadas túbulos dentinarios, que son microcanales que se extienden hacia afuera a través de la dentina desde la cavidad pulpar hasta el borde del cemento. Estos canales tienen diferentes configuraciones en cada tipo de dientes y colmillos, y pueden ser taxonómicamente informativos.

Al exterior de la dentina se encuentra la capa de cemento. El cemento forma una capa que rodea la dentina de las raíces de los dientes y los colmillos. Su principal función es adherir la raíz del diente o colmillo al hueso maxilar y la mandíbula. Las líneas incrementales se observan comúnmente en el cemento.

El esmalte, el tejido animal más duro, cubre la superficie del diente o colmillo que experimenta el mayor desgaste, como la punta o la corona.

INTRODUCCIÓN

Los ameloblastos son responsables de la formación del esmalte y desaparecen después de que el proceso de esmaltado se completa. El esmalte presenta una estructura prismática, con prismas orientados perpendicularmente con respecto a la corona o punta. Los patrones de los prismas del esmalte pueden tener una importancia taxonómica y funcional.

El marfil de dientes y colmillos se puede tallar en una variedad casi infinita de formas y objetos. El marfil tallado se ha observado en forma de netsukes, joyas, mangos de cubiertos, incrustaciones de muebles y teclas de piano. Además, los colmillos y dientes (por ejemplo, del jabalí y del cachalote) se pueden grabar o tallar superficialmente, conservando así sus formas originales como objetos morfológicamente reconocibles.

La identificación de marfil y sus sustitutos se puede realizar mediante técnicas físicas, químicas o genéticas. Desde la primera publicación de esta guía, los avances en los métodos de genética forense han revolucionado el conjunto de herramientas disponibles para los científicos que identifican el marfil en un contexto de aplicación de la ley. Sin embargo, estas técnicas suelen requerir una instrumentación costosa y una amplia capacitación en genética y bioquímica. El enfoque adoptado aquí se centra en la identificación del marfil utilizando las características físicas visuales macroscópicas y microscópicas del marfil en combinación con una simple prueba química utilizando la luz ultravioleta. Con cierta capacitación básica, muchas piezas de marfil son fácilmente identificables como provenientes de ciertas especies basándose en los caracteres morfológicos visualmente evidentes. Para las piezas de marfil que carecen de caracteres morfológicos necesarios para identificar la especie, el análisis genético puede ser una herramienta poderosa para su identificación.

PROCEDIMIENTO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MARFIL Y SUS SUSTITUTOS

A continuación se muestra el procedimiento básico que usamos para identificar morfológicamente el marfil y sus sustitutos. Estos pasos son sencillos de seguir, y los caracteres morfológicos que describimos e ilustramos son fáciles de aprender. Sin embargo, como estructuras biológicas, los dientes exhiben variabilidad. La formación, la experiencia y el acceso a una colección diversa de especímenes de marfil en bruto y tallado para investigación comparativa son factores importantes que considerar en la identificación del marfil. A medida que la tecnología continúa avanzando también hay que mantenerse al día en cuanto a los nuevos procesos y materiales que se utilizan como sustitutos del marfil. En muchos casos los primeros pasos de este procedimiento de identificación pueden excluir estos materiales sustitutos:

1. Examinar el objeto usando luz ultravioleta de onda larga (usamos 365 nm). La composición química del marfil, otros dientes y huesos (hidroxiapatita) es tal que se vuelve altamente fluorescente bajo la luz ultravioleta de onda larga. Por el contrario, la mayoría de los plásticos y resinas aparecen de color oscuro, púrpura opaca o un azul oscuro cuando se examinan bajo la luz ultravioleta de onda larga (Figuras 1.2A y 1.2B). El proceso debe incluir una comparación con referencias conocidas de marfil/hueso y plástico/resina. Este sencillo paso se puede utilizar para identificar rápidamente los objetos de posible origen biológico (en este caso, marfil/diente/hueso). Nota: la radiación ultravioleta de onda larga es peligrosa para los ojos. Nunca mire directamente a una luz UV.

INTRODUCCIÓN

2. Examinar el objeto para detectar la presencia de características morfológicas de diagnóstico significativas (véase el diagrama de flujo – pp. 10–11).
3. Si hay ángulos de Schreger (descritos e ilustrados en detalle a continuación), véase la sección de esta guía sobre colmillos de elefante y mamut (pp. 12–27).
4. Si los pasos del 1 al 3 no indican una identificación específica considere la posibilidad de enviar el objeto a un laboratorio para su análisis instrumental.

FIGURA 1.2A



FIGURA 1.2B



↑ Colección de objetos sospechosos de estar hechos de marfil. La Figura 1.2B muestra la reacción de los objetos a luz ultravioleta de onda larga (365 nm). Solamente el peine tiene fluorescencia ultravioleta característica de la hidroxiapatita. Arriba – abridor de cartas de plástico. En orden de las manecillas del reloj de arriba a la izquierda – estuche de caseína para pulidor de uñas; botón de caseína; tallado de resina de tortuga; diente de ballena de resina; diente de león de resina; peine de marfil; dragón de resina.

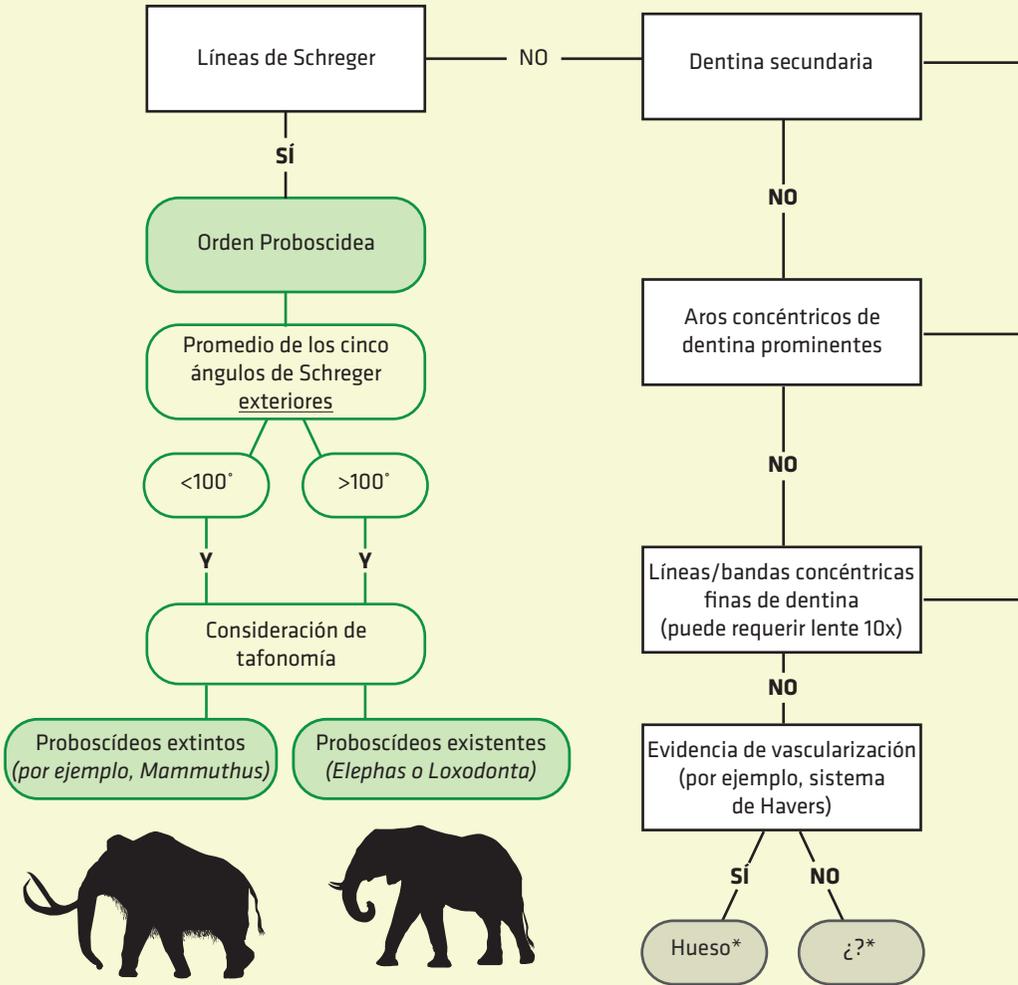
NOTA: LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA DE ONDA LARGA ES PELIGROSA PARA LOS OJOS. NUNCA MIRE DIRECTAMENTE A UNA LUZ UV.

CARACTERÍSTICAS DE CLASE DE MARFILES COMERCIALES SELECCIONADOS

TABLA 1

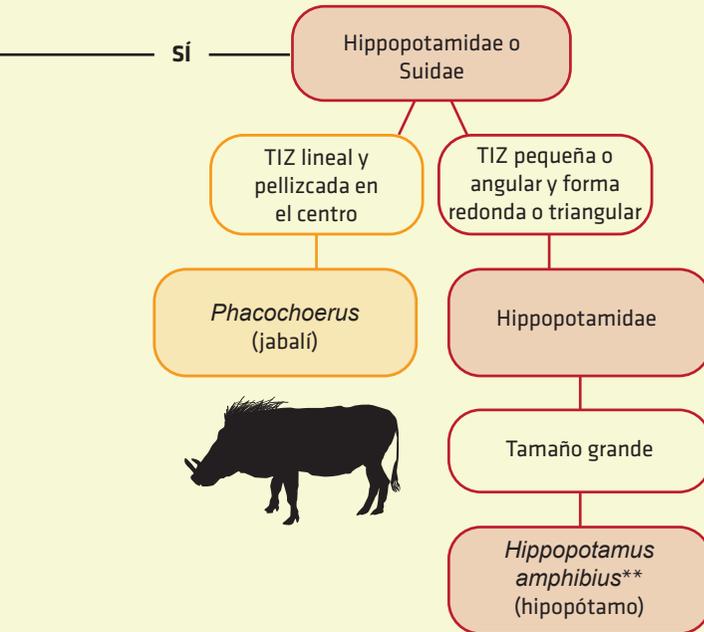
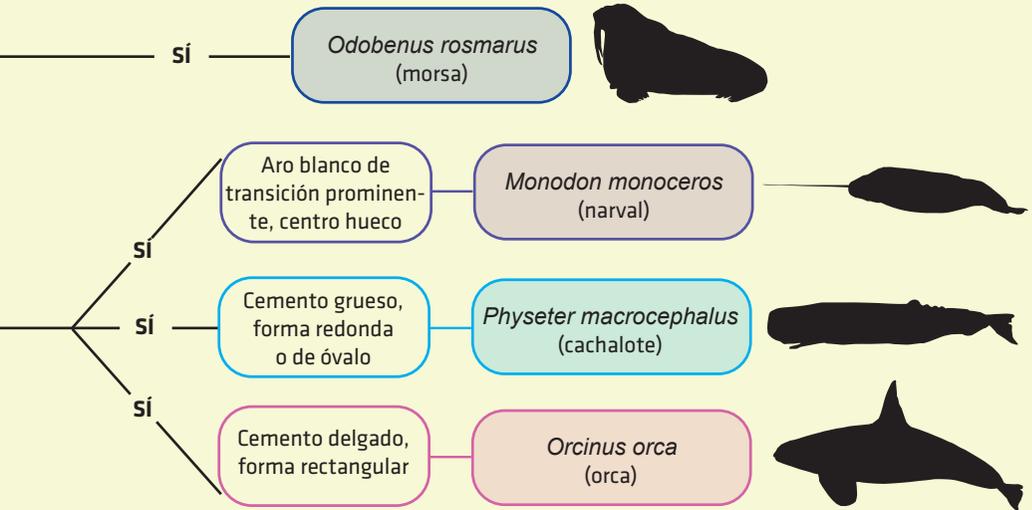
| Fuente | Diente Modificado | Característica Macroscópica | Característica Macroscópica (10x) | Esmalte |
|--------------------------------|----------------------|--|---|-----------------------------|
| Elefante (asiático y africano) | Incisivos superiores | Un promedio de ángulo de Schreger > 100° en la sección transversal | | Punta, desgastada |
| Mamut | Incisivos superiores | Un promedio de ángulo de Schreger < 100° en la sección transversal | | |
| Colmillo de morsa | Caninos superiores | Dentina secundaria en sección transversal | | Punta, desgastada |
| Dientes de morsa | Todos los dientes | Anillos de cemento en la sección transversal; hiper cementosis | | Punta, puede ser desgastada |
| Orca/Cachalote | Todos los dientes | Anillos de dentina en sección transversal | | Punta |
| Narval | Canino superior | Espiral; centro hueco en la sección transversal | | Punta, desgastada |
| Hipopótamo | Caninos superiores | Sección transversal ovalada; TIZ angular | Finas líneas concéntricas en la sección transversal | Banda longitudinal |
| Hipopótamo | Caninos inferiores | Sección transversal triangular; TIZ angular | Finas líneas concéntricas en la sección transversal | Banda longitudinal |
| Hipopótamo | Incisivos inferiores | En forma de clavija; pequeña TIZ (punto solamente) | Finas líneas concéntricas en la sección transversal | |
| Jabalí | Caninos superiores | Sección transversal cuadrada; TIZ lineal | Finas líneas concéntricas en la sección transversal | Banda longitudinal |

PROCESO PARA IDENTIFICAR MARFIL COMÚNMENTE OBSERVADO EN COMERCIO CON BASE EN MORFOLOGÍA DE SECCIÓN TRANSVERSAL



*Se podría requerir análisis instrumental para una identificación más completa.

El diagrama de flujo a continuación asume que el objeto se vuelve altamente fluorescente bajo la luz ultravioleta, una reacción consistente con hidroxiapatita. Si el objeto no se vuelve altamente fluorescente es probable que sea un sustituto de marfil y se recomienda implementar un análisis instrumental.



**Véase el texto para una discusión sobre el poco común hipopótamo pigmeo.



COLMILLOS DE ELEFANTE Y MAMUT

Lista de Especies CITES (2020)

| | |
|---------------------------|---|
| <i>Loxodonta africana</i> | Apéndice I, excepto las poblaciones de Botsuana, Namibia, Sudáfrica y Zimbabue, las cuales están incluidas en la Apéndice II, sujeta a la Anotación 2 |
| <i>Elephas maximus</i> | Apéndice I |
| <i>Mammuthus</i> | Género extinto, no registrado en los Apéndices de la CITES |





Los elefantes modernos (existentes) y sus parientes extintos (por ejemplo, mamuts y mastodontes, entre otros) son agrupados por los biólogos y paleontólogos en la orden Proboscidea. El marfil de proboscídeo más común en el comercio de fauna silvestre proviene de los dos incisivos superiores de los elefantes existentes. El comercio internacional y nacional de marfil de elefante africano y asiático (*Loxodonta africana* y *Elephas maximus* respectivamente) está muy reglamentado y en muchos casos es ilegal debido a las prohibiciones basadas en la legislación nacional o en la inclusión en los apéndices de la CITES.

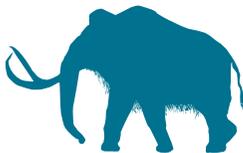
El marfil de la especie de mamut extinguida *Mammuthus primigenius* (una de las muchas especies de mamuts) también se observa comúnmente en el comercio. Bruemmer (1989) ha estimado que en los últimos 350 años más de 7,000 toneladas de marfil de mamut han sido recuperadas y puestas en el comercio, y Vereshchagin (1974) estima que más de 550,000 toneladas de colmillos de mamut todavía están enterrados en Siberia. Debido a que el rango prehistórico del mamut incluía a Alaska y Siberia, los colmillos de

COLMILLOS DE ELEFANTE Y MAMUT

mamuts que se encuentran en el permafrost pueden estar bien conservados y el color y la condición pueden parecerse al marfil de elefante moderno. Por otra parte, los colmillos de mamut que se han depositado en el suelo a menudo presentan manchas de color azul a marrón dependiendo de las condiciones del entierro, lo que puede facilitar su distinción del elefante existente.

El marfil de los mastodontes también se ha encontrado en ambientes paleontológicos, pero de los miles de colmillos de mastodonte descubiertos en América del Norte, sólo dos colmillos eran lo suficientemente prístinos como para tener la apariencia de marfil de elefante moderno (Comunicación personal. D. Fisher, 9 de julio de 2018). Como tal, el marfil de mastodonte puede excluirse generalmente de la consideración cuando se identifica el marfil de proboscídeos en el comercio de fauna silvestre.

En los colmillos de los proboscídeos el esmalte sólo está presente en la punta de los colmillos de los animales jóvenes y pronto se desgasta. La sección transversal completa de los colmillos de los proboscídeos es redonda u ovalada (Figura 2.1). La dentina compone el 95% del colmillo y a veces presenta amplias bandas concéntricas llamadas líneas de Owen. El cemento cubre el exterior del colmillo y puede presentar un aspecto en capas.



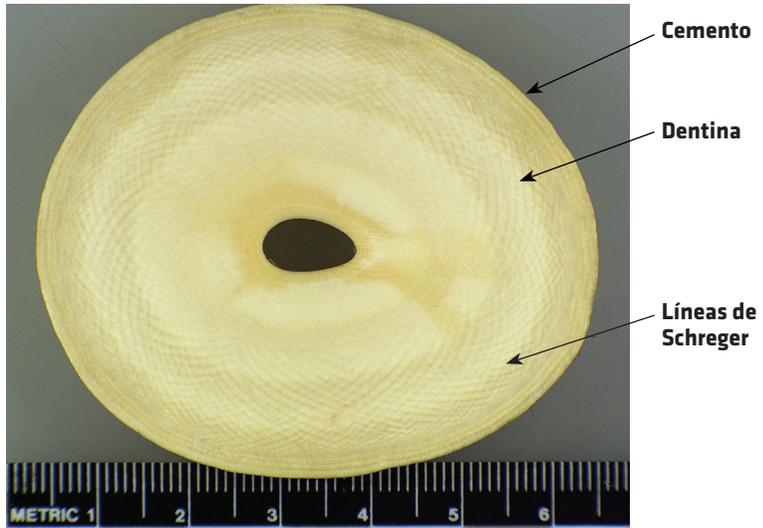
IDENTIFICACIÓN DE COLMILLOS DE ELEFANTE Y MAMUT

Los colmillos de elefante intactos y completos se caracterizan por su forma y tamaño. Históricamente, los colmillos de elefante eran extremadamente grandes. Sin embargo, en parte debido a la continua recolección ilegal de marfil, el tamaño promedio de los colmillos de los elefantes africanos está en rápido declive (Chiyo et al. 2015). Los colmillos de mamut enteros son grandes y tienen una curvatura asimétrica. Estos colmillos enteros son menos comunes y también generalmente exhiben estados tafonómicos más degradados, por lo tanto, no suelen ser confundidos con los de los elefantes modernos. Otros materiales como los dientes de hipopótamo, los colmillos de jabalí, huesos, resina y plástico, se utilizan a menudo para fabricar artículos que se parecen a los colmillos de elefante. Estos parecidos pueden distinguirse fácilmente mediante un examen y análisis cuidadoso como se describe en este libro.

IDENTIFICACIÓN DEL MARFIL DE ELEFANTE TALLADO

Determinar si un objeto de marfil tallado (Figura 2.2) procede de una fuente proboscidea se basa en la presencia de un rasgo morfológico de diagnóstico que se observa en las secciones transversales de marfil de elefante y mamut llamadas “líneas de Schreger”. Sir Richard Owen en 1845 (Owen 1845) describió por primera vez estas líneas como “curvilíneas”, “decusación” y “rombo”, pero Espinoza y Mann (1993) utilizaron por primera vez el término “patrón de Schreger” para describir estos rasgos morfológicos como una

COLMILLOS DE ELEFANTE Y MAMUT



↑ **Figura 2.1** Imagen típica de una sección transversal de un colmillo de elefante. El exterior se compone de capas de cemento que rodean el exterior del colmillo. El componente más abundante es la dentina, la cual en esta fotografía muestra las líneas angulares de Schreger. El ápice de los ángulos apunta hacia las capas de cemento. El interior ovalado es el espacio ocupado por la pulpa en un elefante vivo, por lo tanto, se puede describir como la cavidad pulpar.



↑ **Figura 2.2** Tres ejemplos de netsukes típicos de marfil mostrando los pequeños detalles de los tallados en miniatura.

COLMILLOS DE ELEFANTE Y MAMUT

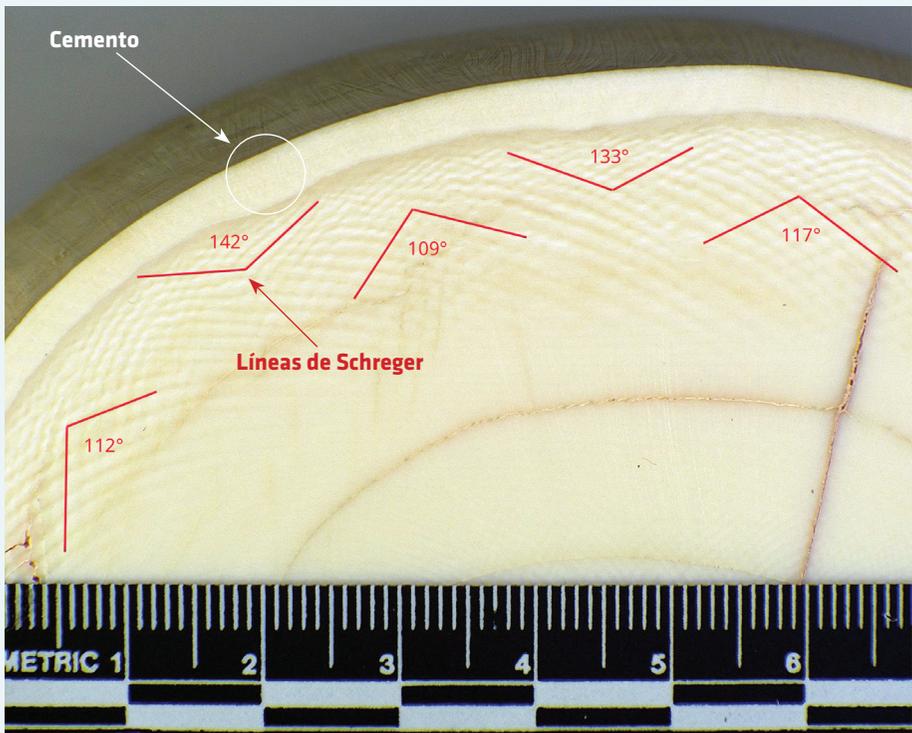
herramienta para distinguir el marfil de los elefantes existentes de los de los mamuts. La histogénesis y el desarrollo del patrón de Schreger se describe en Virag (2012) y Alberic et al. (2017) y se produce por la expresión de los túbulos dentinarios sinusoidales.

Dado que un objeto de marfil tallado es tridimensional, un examen cuidadoso del objeto a menudo revelará un lugar donde la talla expone una superficie de sección transversal. Las líneas de Schreger han sido descritas como rayas cruzadas, guilloche o chevrones apilados en la dentina del elefante. Las líneas de Schreger se pueden dividir en dos grupos: 1) las líneas conspicuas que son adyacentes al cemento, a las que nos referimos como “las líneas de Schreger externas” y 2) las líneas de Schreger débilmente discernibles que se encuentran alrededor del nervio del colmillo (Figura 2.1). Los ángulos formados por la intersección de las líneas de Schreger externas se miden para distinguir entre los proboscídeos extintos y los existentes, mientras que “las líneas de Schreger internas” no son útiles para clasificar la fuente taxonómica del marfil (Figura 2.1).

Para hacer determinaciones taxonómicas, la orientación de los ángulos de Schreger es fundamental. Cuando se examina una sección transversal de marfil de proboscídeo, la capa de cemento rodea la periferia. Adyacente al cemento, las líneas de Schreger se intersecan para formar ya sea 1) ángulos cóncavos (que se asemejan a lancetas o arcos góticos de puertas) con el ápice (punto del ángulo) apuntando hacia el cemento o 2) ángulos convexos formados por las líneas de Schreger externas, donde el ápice (punto del ángulo) apunta hacia el centro del colmillo. La base de datos creada por Espinoza, et al. (1990) y Espinoza y Mann (1993) midió tanto los ángulos externos cóncavos como los externos convexos de Schreger cuando el

COLMILLOS DE ELEFANTE Y MAMUT

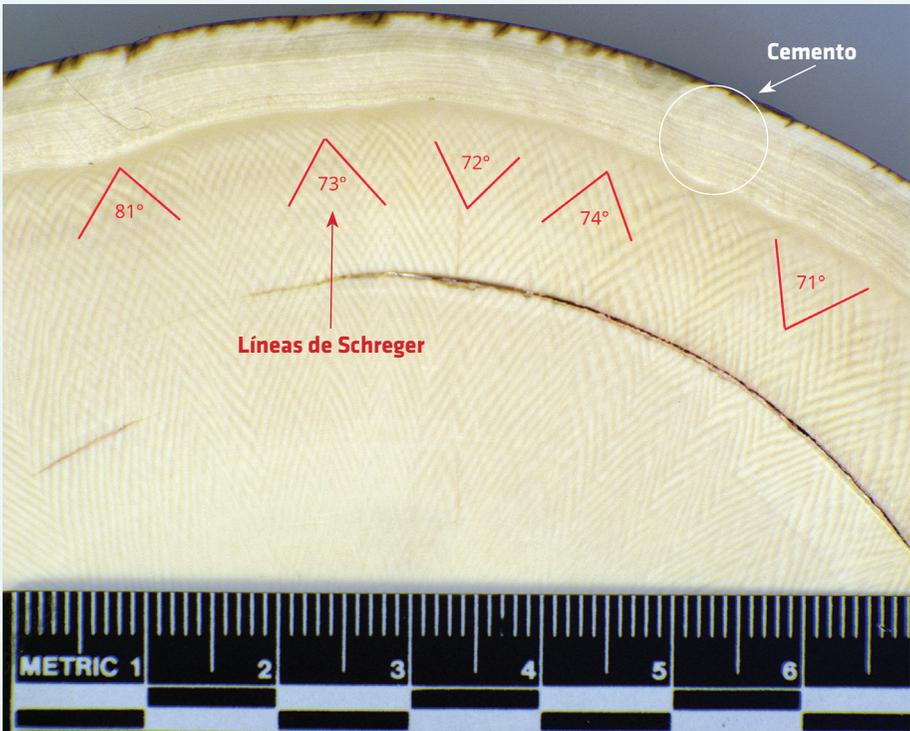
cimiento era observable. Estos autores obtuvieron marfil de referencia de 27 elefantes y 27 mamuts. Para cada espécimen se midieron cinco ángulos de Schreger cóncavos y cinco convexos y se calcularon los promedios resultantes (Figuras 2.3 y 2.4). En total se midieron 270 ángulos en cada grupo taxonómico.



↑ **Figura 2.3** Detalle de la sección transversal de un elefante existente mostrando los resultados de la medición de los ángulos de Schreger. El rango de medida va de 109° a 142°. El promedio de medida de ángulo de Schreger es de 122.6°. Es importante notar que el ápice de los ángulos medidos apunta hacia el cemento o la cavidad pulpar.

COLMILLOS DE ELEFANTE Y MAMUT

Los elefantes modernos exhiben un promedio de ángulo de Schreger superior a 100° (Figura 2.3), mientras que el promedio de los mamuts es inferior a 100° (Figuras 2.4 y 2.5). Las medidas promedios de los ángulos cóncavos y convexos en los 27 elefantes fueron superior a 100° y inferior a 100° en los 27 mamuts. Por consiguiente, la medida promedio de los ángulos cóncavos o convexos ($n \geq 5$) se puede usar para separar el marfil de elefante existente del de mamut.



↑ **Figura 2.4** Detalle de la sección transversal de un colmillo de mamut extinto mostrando los resultados de la medición de los ángulos de Schreger. El rango de medida va de los 71° a los 81° . El promedio de medida de ángulo de Schreger es de 74.2° . Es importante notar que el ápice de los ángulos medidos apunta hacia el cemento o la cavidad pulpar.

COLMILLOS DE ELEFANTE Y MAMUT

La clasificación de los taxones Proboscidea basada en la medición del ángulo de Schreger ha sido corroborada por Fisher et al. (1998), Palombo y Villa (2001) y Ábelová (2008).

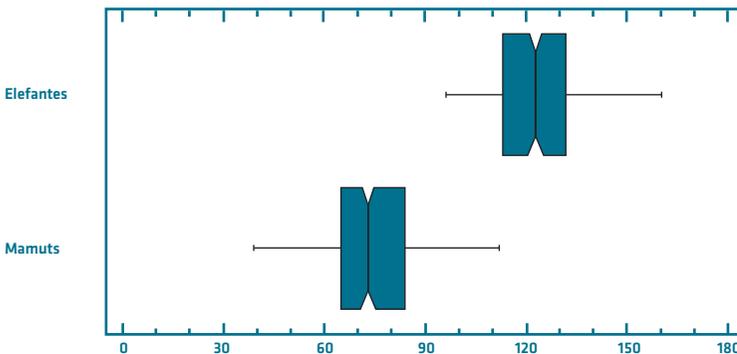
La Tabla 2.1 muestra que la direccionalidad del ángulo de Schreger no afecta a la conclusión. Una estrategia razonable al examinar un objeto de marfil es combinar los ángulos cóncavos y convexos, especialmente cuando el tamaño del objeto es pequeño.

TABLA 2.1

| | Ángulos cóncavos (ápice apuntando hacia el cemento) | Ángulos convexos (ápice apuntando hacia el centro del colmillo) | Todos los ángulos combinados (n=540) |
|-------------------|--|--|---|
| Elefantes: | | | |
| promedio | 131.0° | 117.3° | 124.2° |
| rango | 105.0 – 162.0° | 96.0 – 149.0° | 96.0 – 162.0° |
| Mamuts: | | | |
| promedio | 74.8° | 72.7° | 73.7° |
| rango | 39.0 – 115.0° ¹ | 42.0 – 115.0° | 39.0 – 115.0° |

¹Ábelová (2008) registró medidas de ángulo de Schreger individuales de $\geq 120^\circ$ en mamuts.

FIGURA 2.5



↑ **Figura 2.5** Gráfico de caja y bigote de los ángulos de Schreger medidos de marfil de elefante y mamut.

CÓMO MEDIR LOS ÁNGULOS DE SCHREGER

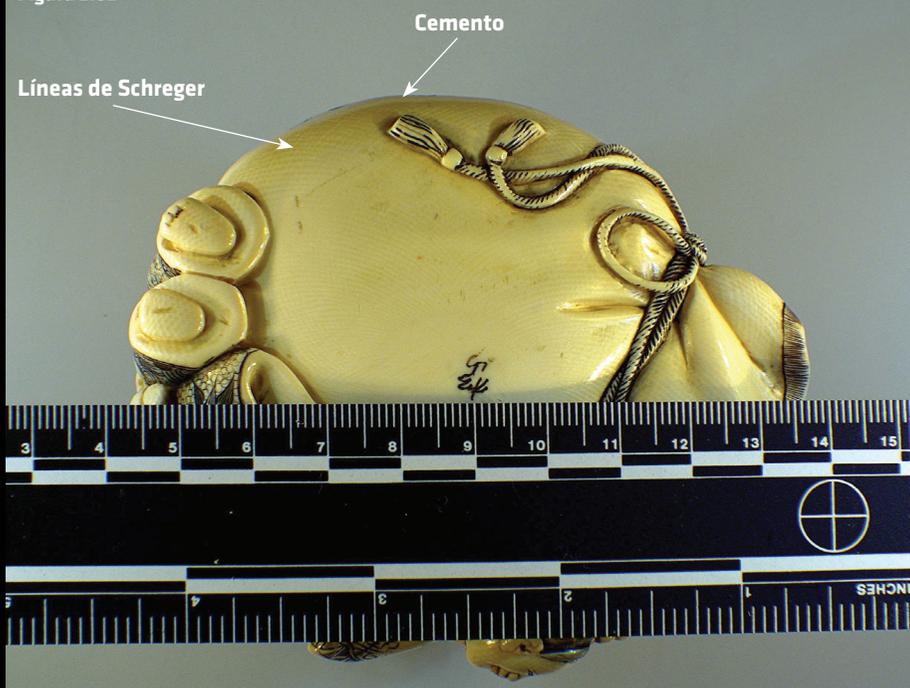
- 1) Los ángulos de Schreger se pueden capturar usando fotografía digital o capturando la imagen con una fotocopidora.
- 2) Orientar la imagen de manera que se note el cemento (Véase Figuras 2.6A, 2.6B y 2.7).
- 3) Haga por lo menos 5 mediciones de ángulos ya sea cóncavos o convexos y calcule el promedio. Si la imagen es digital, hay muchas herramientas de imagen que tienen una calculadora de ángulos incorporada. Si la imagen fue capturada con una fotocopidora, entonces se necesita un transportador para el cálculo del ángulo.
- 4) Si el **promedio** de los ángulos medidos es mayor que 100° , y el estado tafonómico de la dentina no muestra degradación (véase nota abajo), entonces es razonable inferir que el objeto proviene de un elefante. Por el contrario, si el **promedio** de los ángulos medidos es menor que 100° , es razonable inferir que el objeto proviene de un mamut.

COLMILLOS DE ELEFANTE Y MAMUT

Figura 2.6A



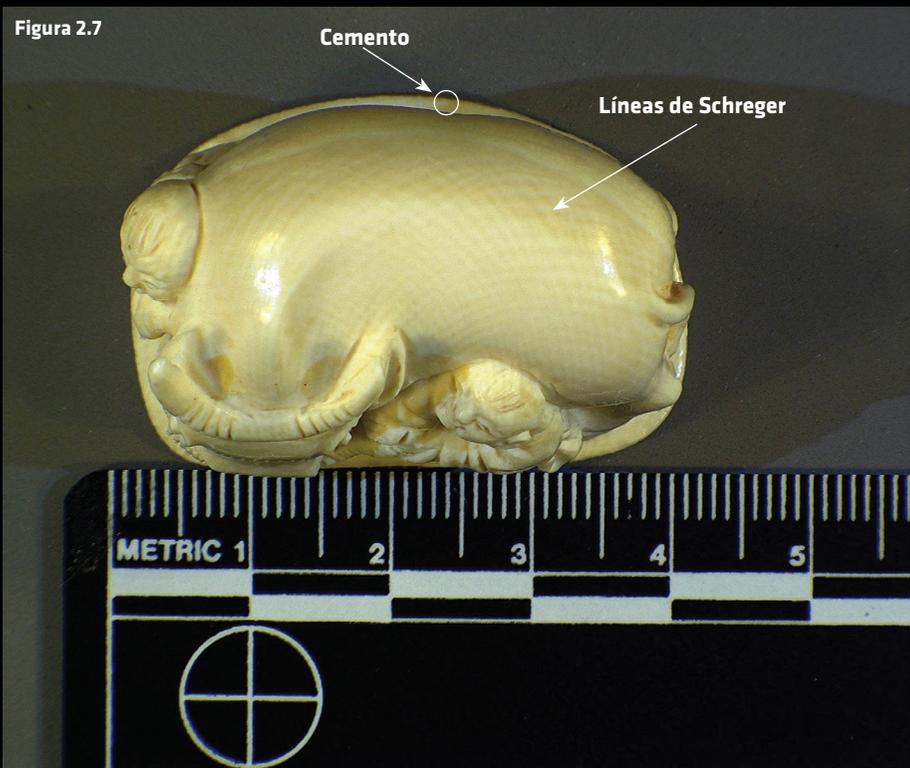
Figura 2.6B



COLMILLOS DE ELEFANTE Y MAMUT

← **Figura 2.6A** Figurilla de marfil que muestra la presencia de líneas de Schreger en varias superficies del tallado. Estas líneas confirman que el objeto es de origen proboscideo.

← **Figura 2.6B** Se muestra la base de la misma figurilla de la Figura 2.6A. Una examinación detallada muestra las capas de cemento y los ángulos de Schreger adyacentes son medibles. El análisis mostró que este objeto es de marfil de elefante existente.



↑ **Figura 2.7** Una pequeña figurilla que exhibe la capa exterior de cemento, así como ángulos obtusos de Schreger, los cuales la identifican como hecha de marfil de elefante existente.

NOTAS DE PRECAUCIÓN

- 1) Si un objeto de marfil no puede orientarse para determinar la ubicación del cemento, entonces hay una alta probabilidad de que se llegue a una conclusión incorrecta. Esto se debe a que:
 - a. El objeto podría haber sido tallado desde el centro del colmillo, en cuyo caso los ángulos vistos corresponden a los ángulos internos de Schreger. Los ángulos internos de Schreger exhiben ángulos agudos y son engañosas para la medición.
 - b. Los ángulos son paralelos al cemento y estos arrojarán conclusiones espurias. La medida correcta es de los ángulos que son **perpendiculares** al cemento.

- 2) Fisher et al. (1998) han informado de que el marfil de mastodonte extinto tiene ángulos de Schreger obtusos que superan los 100° (con un promedio de ~125°). Por lo tanto, basándose sólo en las mediciones de los ángulos, el marfil de mastodonte podría confundirse potencialmente con el marfil de elefante moderno. Sin embargo, de los miles de colmillos de mastodonte descubiertos en América del Norte y Europa, sólo dos colmillos estaban en tan buenas condiciones para tener la apariencia de marfil de elefante

MASTODONTE AMERICANO
(*Mammut americanum*)



ELEFANTE AFRICANO DE SABANA
(*Loxodonta africana*)



MAMUT LANUDO
(*Mammuthus primigenius*)

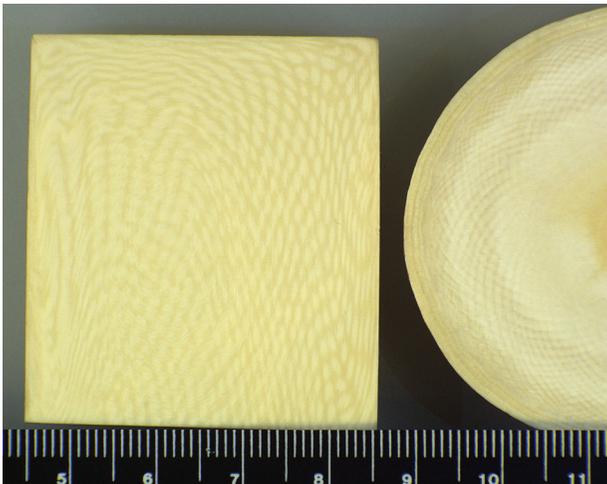


COLMILLOS DE ELEFANTE Y MAMUT

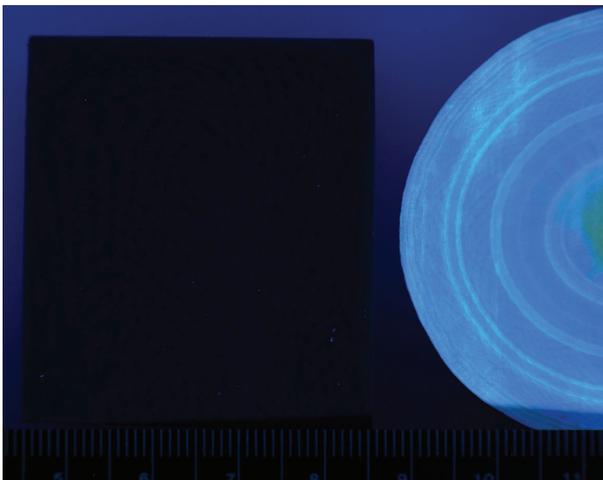
moderno (Comunicación personal. D. Fisher, 9 de julio de 2018).

Por lo tanto, el estado tafonómico del marfil debe tenerse en cuenta antes de inferir la identidad del marfil de proboscídeo existente.

- 3) En casos donde no es posible orientar el objeto correctamente o donde se observan características equívocas, se debe implementar un análisis genético para identificar la especie.



← **Figura 2.8A** Una resina alquídica creada para aparentar ángulos de Schreger (izquierda) junto a una sección transversal de colmillo de elefante mostrando ángulos de Schreger adyacentes al cemento (derecha).



← **Figura 2.8B** Resina alquídica (izquierda) junto a una sección transversal de marfil de elefante bajo luz ultravioleta (312 nm). La resina absorbe la luz ultravioleta mientras que el marfil la refleja.

COLMILLOS DE ELEFANTE Y MAMUT

- 4) Hay caseína y otros polímeros fabricados mediante el depósito sucesivo de capas que dan lugar a líneas y ángulos similares a los de Schreger (Figuras 2.8A y 2.8B). Esos artículos pueden distinguirse del marfil de proboscídeo real examinando visualmente las propiedades fluorescentes ultravioletas del material y/o utilizando instrumentación química analítica, como la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR).

**Véase la página 70
para otros métodos
forenses para la
identificación del
marfil**



COLMILLOS DE ELEFANTE Y MAMUT

Por último, el análisis de los ángulos de Schreger es sólo para determinar si un objeto proviene de un elefante o un mamut. Este análisis no puede diferenciar los elefantes africanos de los asiáticos. Este tipo de consulta requiere un análisis de ADN. El informe del ICCWC publicado por la UNODC titulado *Directrices sobre métodos y procedimientos para la toma de muestras y el análisis de laboratorio del marfil* (2014), así como la página web dedicada a la ciencia forense de la vida silvestre de la CITES (cites.org/esp/prog/imp/Wildlife_forensics), contienen amplias sugerencias para realizar más pruebas.



MORSA

(*ODOBENUS ROSMARUS*)

Lista de Especies CITES (2020)

Odobenus rosmarus

Apéndice III (Canadá)



© WILD WONDERS OF EUROPE / OLE JOERGEN LIODDEN / WWF



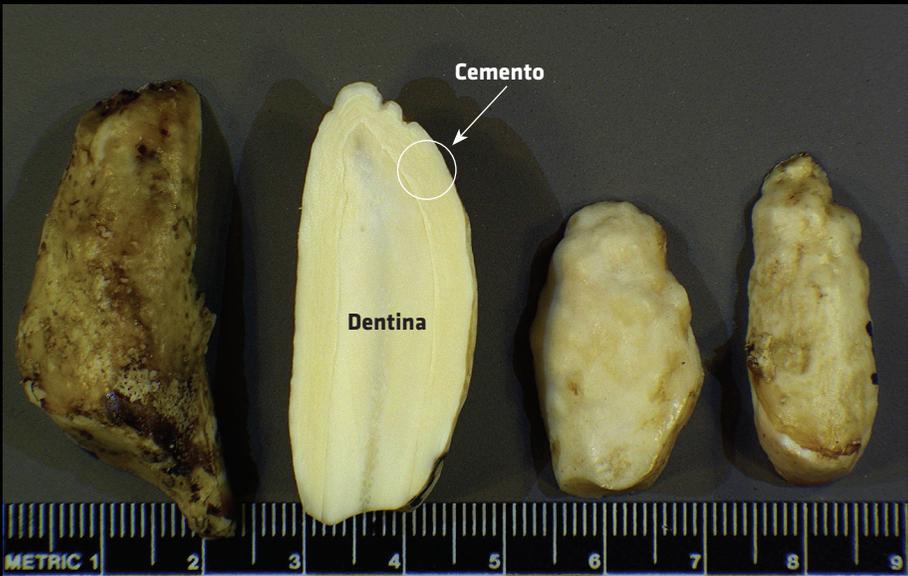
COLMILLOS

El marfil de los colmillos de morsa proviene de dos caninos superiores alterados. Los colmillos de la morsa del Pacífico pueden alcanzar una longitud de un metro (Figura 3.1). Los premolares y los molares de morsa también son tallados y comercializados (Figura 3.2). El premolar y molar promedio de la morsa es redondeado y de forma irregular y crece a ~5 cm de longitud. La punta de los colmillos de una morsa juvenil contiene esmalte pero este se desgasta a medida que la morsa madura. Los colmillos de morsa frecuentemente presentan grietas longitudinales a lo largo del colmillo, que se originan en el cemento (capa externa) y penetran hasta la dentina.



↑ **Figura 3.1** Un par de colmillos típicos de morsa. Es de notar la presencia de repetidas fisuras longitudinales en los colmillos.

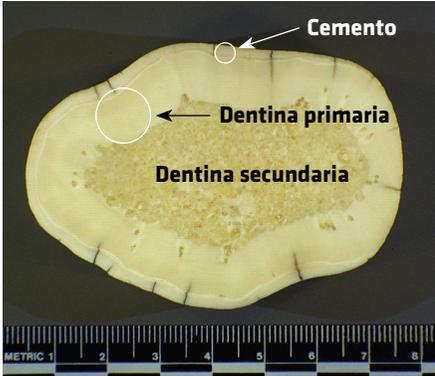
MORSA



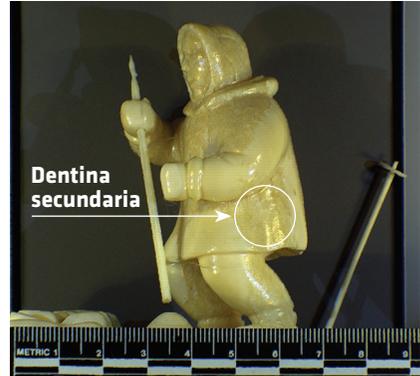
↑ **Figura 3.2** Ejemplos de dientes de morsa. La apariencia globular de estos dientes se da por la sobreproducción de cemento, efecto llamado hipercementosis. El segundo diente de izquierda a derecha ha sido cortado a la mitad longitudinalmente para mostrar la capa densa de cemento que rodea la dentina primaria. En esta instancia la cantidad de cemento es casi igual a la cantidad de dentina.

OBJETOS TALLADOS

Las secciones transversales de los colmillos de morsa, típicamente vistas en el comercio, son generalmente ovaladas con un exterior de cemento ampliamente ondulado. Los objetos tallados y/o secciones transversales se distinguen por un rasgo morfológico único denominado dentina secundaria, que se encuentra en el núcleo (centro) de la sección transversal y tiene un aspecto marmóreo (Figura 3.3). Al interior del cemento se encuentra una amplia capa de dentina que no presenta ningún rasgo morfológico sobresaliente. Se pueden observar fisuras radiales que atraviesan el cemento, pasan a través de la dentina y a veces alcanzan la dentina secundaria al interior del colmillo (Figuras 3.1 y 3.3). La presencia de la dentina secundaria indica que un objeto proviene de un colmillo de morsa (Figuras 3.1 y 3.4).



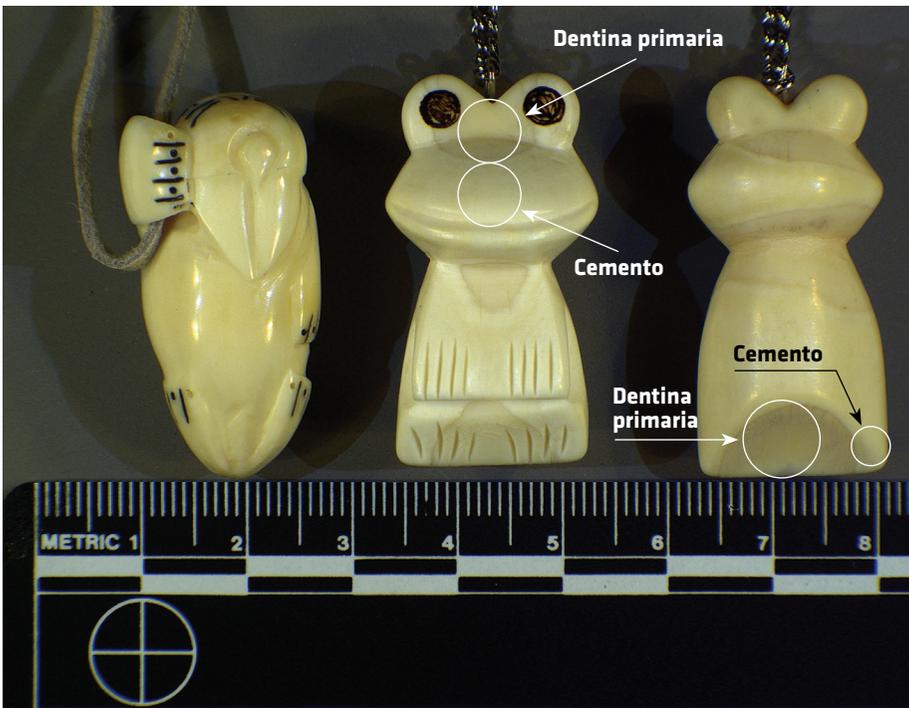
↑ **Figura 3.3** Ejemplo típico de sección transversal de colmillo de morsa. El exterior está compuesto por capas de cemento que rodean el interior del colmillo. Al lado interior del cemento hay dos tipos de dentina. Al tejido con apariencia marmoleada se le llama dentina secundaria y se encuentra en el centro del colmillo. El tejido liso es la dentina primaria tradicional. Es importante notar que el cemento tiene grietas que en ocasiones se extienden hasta la dentina primaria. Estas grietas son causadas por fisuras longitudinales que se ven en la Figura 3.1.



↑ **Figura 3.4** Tallado de marfil hecho de colmillos de morsa. Esta figurilla muestra la dentina secundaria (marmoleada) y la dentina primaria. Una examinación cuidadosa de la mano izquierda de la figura muestra también trazos de cemento.

LOS PREMOLARES Y LOS MOLARES DE MORSA

Los premolares y los molares en el maxilar y la mandíbula de una morsa tienen un aspecto anómalo debido a la excesiva cantidad de cemento que recubre el exterior, denominado hiper cementosis (Figura 3.2). En la sección transversal y en los objetos tallados, los premolares y los molares de una morsa mostrarán un cemento muy grueso con anillos de cemento prominentes (Figura 3.5). Al interior del cemento hay una capa de dentina que está separada del cemento por un estrecho anillo de transición claramente definido. El centro del diente puede contener un pequeño núcleo de dentina secundaria dependiendo del tamaño del diente.



↑ **Figura 3.5** Tres tallados miniaturas hechos de dientes de morsa. La figurilla en el medio muestra una capa ancha de cemento que rodea la dentina primaria.



CACHALOTE Y ORCA

(*PHYSETER MACROCEPHALUS*
Y *ORCINUS ORCA*)

Lista de Especies CITES (2020)

| | |
|-------------------------------|-------------|
| <i>Physeter macrocephalus</i> | Apéndice I |
| <i>Orcinus orca</i> | Apéndice II |



© BRIAN J. SKERRY / NATIONAL GEOGRAPHIC STOCK / WWF

CACHALOTE Y ORCA



Los dientes de los cachalotes pueden ser bastante grandes (Figura 4.1) y suelen estar tallados con temas náuticos en una tradición llamada grabado *scrimshaw* (Dyer 2018). El grabado *scrimshaw* suele implicar el grabado del exterior de un diente entero (Figura 4.2). La altura media de un diente de cachalote entero es de aproximadamente 20 centímetros. Los dientes de las orcas son mucho más pequeños, aunque un diente de cachalote muy pequeño puede corresponder en tamaño con un diente de orca muy grande. Ambas especies tienen dientes cónicos con una pequeña cantidad de esmalte en las puntas. El resto del diente está cubierto por cemento. La sección transversal completa de un diente de cachalote es redondeada u ovalada, mientras que la de una orca es rectangular (Figuras 4.3 y 4.4). La dentina se deposita de forma laminar progresiva. Como resultado de este proceso de depósito laminar, los dientes de orca y cachalote mostrarán prominentes anillos concéntricos de dentina en la sección transversal. Se ha observado que una muestra de diente de orca tiene líneas de dentina débiles que no deben confundirse con las líneas de Schreger (Figura 4.4). Sólo se han observado características estructurales similares en un otro espécimen de marfil no proboscídeo (Sims 2010) en los más de 50 años acumulados de identificación de marfil en el Laboratorio Forense Nacional de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos.

La dentina de los dientes de las orcas y los cachalotes está separada del cemento por un anillo de transición claramente definido. Los dientes de cachalote tallados pueden distinguirse fácilmente de los dientes de orca tallados con base en el grosor del cemento. Los dientes de cachalote tienen un cemento muy grueso, mientras que el de la orca es comparativamente delgado (Figura 4.4) (Yates y Sims 2010).

CACHALOTE Y ORCA

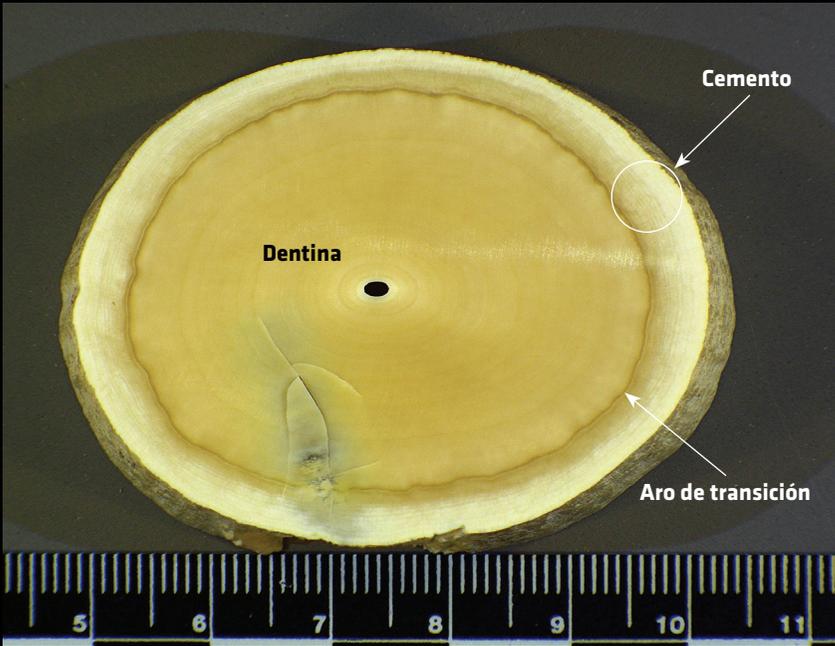


↑ **Figura 4.1** Dientes de cachalote sin tallar.

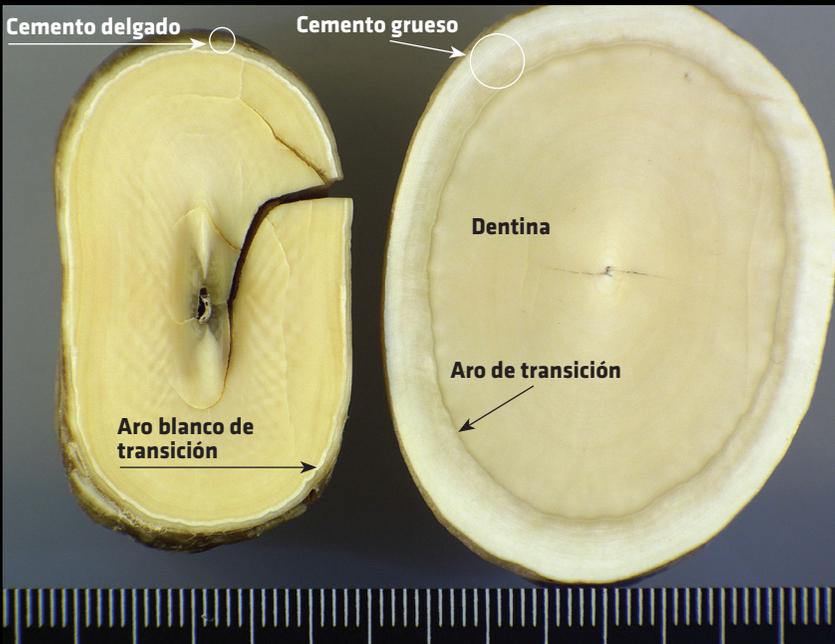


↑ **Figura 4.2** Dientes de cachalote tallado y modificado.

CACHALOTE Y ORCA



↑ **Figura 4.3** Sección transversal de diente de cachalote. Se puede notar el cemento externo ancho, el aro oscuro de transición separando el cemento de la dentina y la dentina compuesta de aros circulares finos.



↑ **Figura 4.4** Secciones transversales de diente de orca (izquierda) y de cachalote (derecha). Se puede notar la forma rectangular del diente de orca y su cemento característicamente delgado.

NARVAL

(*MONODON MONOCEROS*)

Lista de Especies CITES (2020)

Monodon monoceros

Apéndice II



© PAUL NICKLEN / NATIONAL GEOGRAPHIC CREATIVE / WWF-CANADA

NARVAL

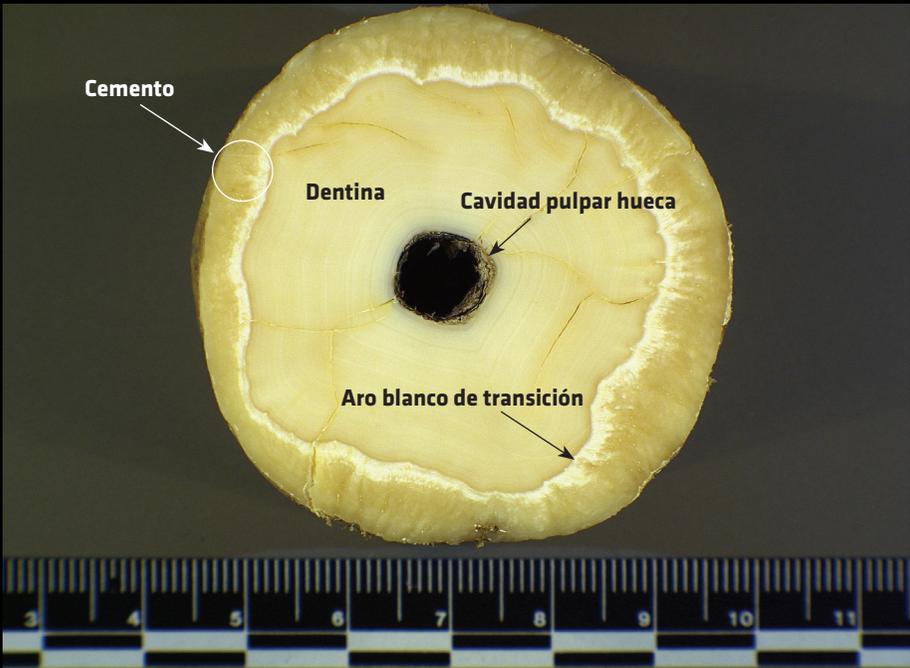


El narval es una ballena ártica raramente vista. El macho de esta especie tiene un solo colmillo, que es un canino modificado. El colmillo está retorcido en espiral, normalmente en sentido contrario a las manecillas del reloj (Figura 5.1). En un espécimen maduro el colmillo puede alcanzar una longitud de dos a siete metros. Puede haber esmalte en la punta del colmillo. El cemento frecuentemente muestra grietas longitudinales que siguen las áreas deprimidas del patrón espiral. Como resultado, las secciones transversales del colmillo de narval son redondas con hendiduras periféricas. El cemento de un colmillo de narval está separado de la dentina por un anillo blanco de transición claramente definido. Como la orca y el cachalote, la dentina puede mostrar anillos concéntricos prominentes, aunque los del narval tienen una forma irregular. La cavidad pulpar de un colmillo de narval se extiende a lo largo de la mayor parte de su longitud, dando a las secciones transversales un interior hueco (Figuras 5.1 y 5.2).

NARVAL



↑ **Figura 5.1** Secciones de colmillo de narval ilustrando su estructura espiral y cavidad pulpar hueca. La cavidad pulpar del colmillo de la derecha ha sido tapada.



↑ **Figura 5.2** Sección transversal de colmillo de narval. Se puede notar especialmente el aro blanco de transición con forma irregular y la cavidad pulpar hueca.



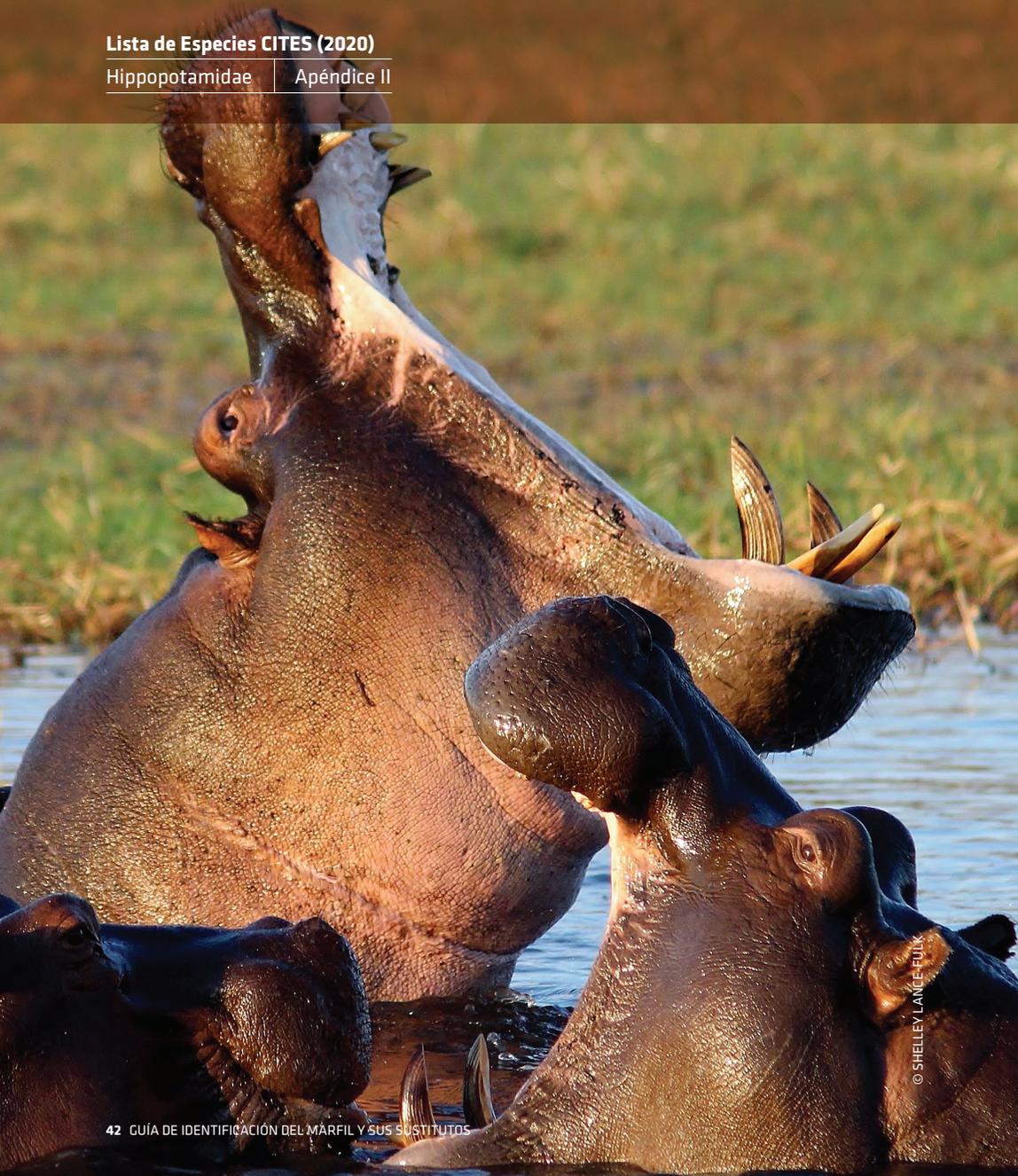
**En un espécimen maduro
el colmillo puede alcanzar
una longitud de dos a
siete metros.**

HIPOPÓTAMO

Lista de Especies CITES (2020)

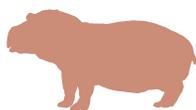
Hippopotamidae

Apéndice II



© SHELLEY LANCEFOLK

HIPOPÓTAMO



Los hipopotámidos exhiben grandes caninos e incisivos que se observan comúnmente en el comercio de marfil. Existen dos especies de hipopotámidos: el hipopótamo común (*Hippopotamus amphibius*) y el hipopótamo pigmeo (*Hexaprotodon liberiensis*). Estos dos taxones difieren notablemente en tamaño. También difieren en su número de población global, siendo este último relativamente raro y de distribución mucho más restringida (Wilson y Mittermeier 2011). Dado el mayor tamaño de los dientes del *H. amphibius*, así como su mayor número de población, este taxón se observa más comúnmente en el comercio de marfil. El *Hex. liberiensis* es actualmente considerado raro en el comercio de marfil. Las características que se describen a continuación se basan en observaciones de los dientes/colmillos del *H. amphibius*, pero al menos algunas de esas características pueden observarse en el *Hex. liberiensis* aunque faltan suficientes datos comparativos. Por consiguiente, aunque no está claro si todas las características se aplican al nivel de la familia (es decir, Hippopotamidae), recomendamos cautela a la hora de excluir al *Hex. liberiensis*, en particular cuando el tamaño es equívoco (por ejemplo, pequeños objetos tallados).

DIENTES/COLMILLOS EN BRUTO

Debido a su tamaño relativamente grande, la mayoría de los objetos de marfil de hipopótamo observados en el comercio de fauna silvestre son incisivos y caninos en bruto o tallados, que se pueden distinguir por las diferencias de forma (Figura 6.1).

HIPOPÓTAMO

Canino superior



Canino inferior



↑ **Figura 6.1** Incisivos y caninos de *Hippopotamus amphibius*.



HIPOPÓTAMO

Incisivos superiores

Debido a su tamaño relativamente grande, la mayoría de los objetos de marfil de hipopótamo observados en el comercio de fauna silvestre son incisivos y caninos en bruto o tallados

Incisivos inferiores



HIPOPÓTAMO

INCISIVOS: Los incisivos inferiores del hipopótamo suelen ser rectos y en forma de clavija. Los incisivos superiores son similares, pero también pueden presentar una ligera curvatura (Figura 6.1). Los incisivos pueden tener o no esmalte en la superficie. Los incisivos centrales inferiores del *H. amphibius* carecen de esmalte, pero exhiben una capa externa de cemento; otros incisivos pueden tener bandas longitudinales de esmalte en la superficie o cemento donde falta el esmalte (Locke 2013).

CANINOS: Los hipopotámidos tienen un único conjunto de caninos superiores e inferiores que son curvos y más grandes que sus incisivos. Los caninos inferiores son generalmente más grandes y más fuertemente curvados, de forma casi semicircular, en comparación con los caninos superiores (Figura 6.1). Se puede encontrar esmalte en las superficies externas de los caninos superiores e inferiores, y hay cemento en las superficies linguales.

MORFOLOGÍA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Uno de los principales caracteres distintivos del marfil de hipopótamo está relacionado con la morfología de la dentina tanto de los caninos como de los incisivos, que presenta finas líneas/bandas concéntricas que pueden ser visibles a simple vista o que requieren un aumento adicional (por lo general, basta con una lupa de mano de 10x; Figuras 6.2A y 6.2B). Algunas zonas de la dentina pueden no exhibir estas líneas, y esta variación está relacionada con la estructura de la superficie del diente (es decir, si hay esmalte o cemento). La dentina con líneas/bandas finas comienza directamente debajo de las superficies de esmalte; debajo de las superficies de cemento, estas líneas/bandas comienzan más cerca de la zona intersticial del colmillo (en adelante TIZ por sus siglas en inglés), que es un área de convergencia de crecimiento en el centro del diente/colmillo para la dentina en desarrollo (Figuras 6.3 y 6.4).

HIPOPÓTAMO

FIGURA 6.2A

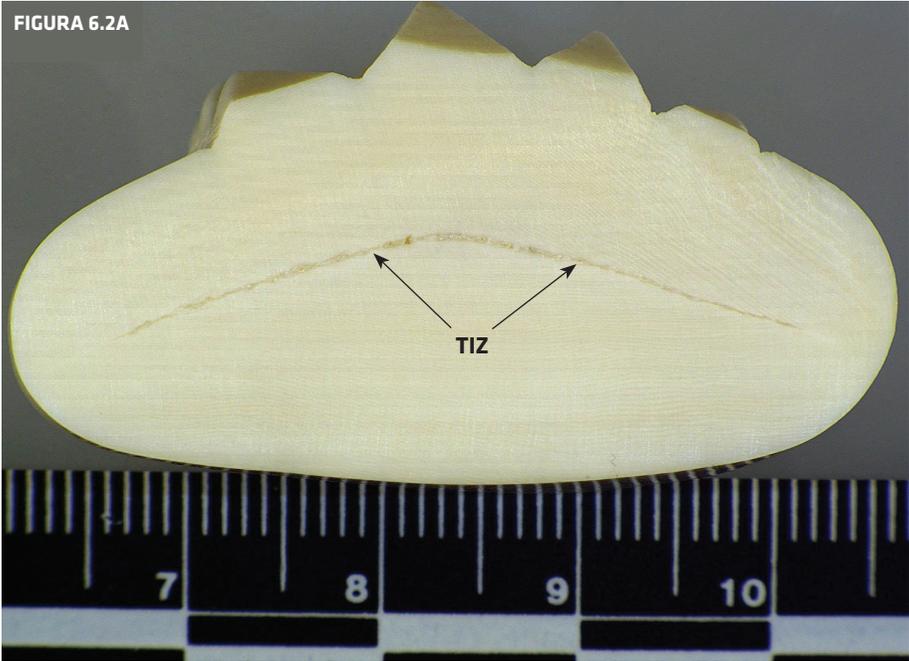
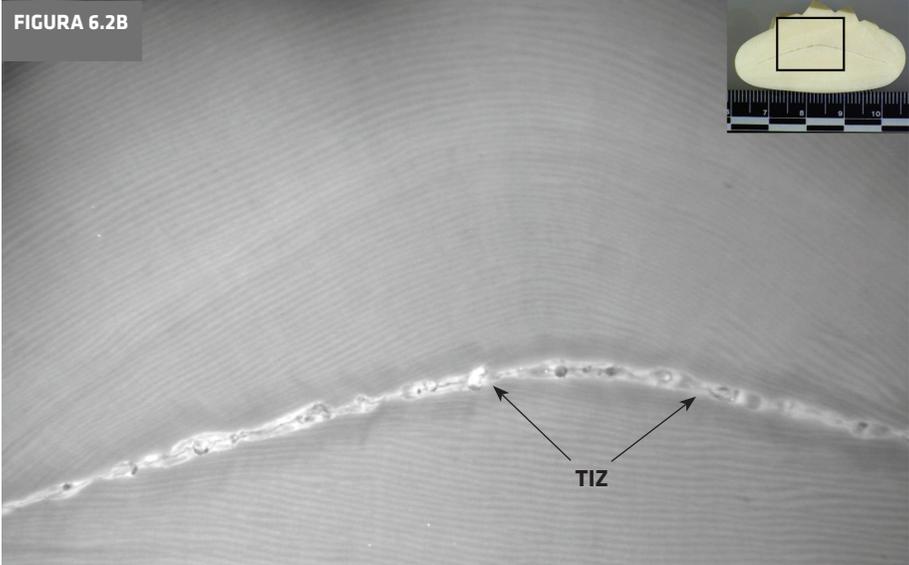


FIGURA 6.2B



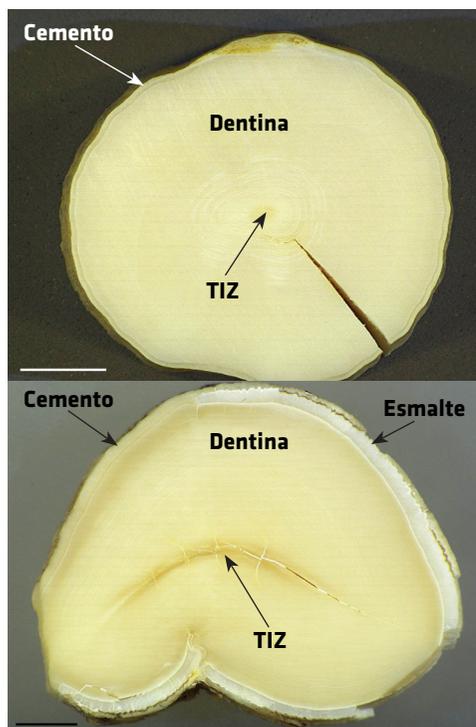
↑ **Figura 6.2A** Sección transversal de un canino inferior de *Hippopotamus amphibius*.

Figura 6.2B Líneas finas concéntricas en la dentina del canino inferior del *H. amphibius* (mostrado en (a)). La imagen se tomó a magnificación 30.48 bajo fluorescencia puntual con la fuente de luz a 485-590 nm y el filtro infrarrojo a 645 nm para facilitar la visualización. Es de notar la TIZ angular en el centro del diente tanto en Figura 6.2A como en Figura 6.2B.

HIPOPÓTAMO

INCISIVOS: Los incisivos del hipopótamo son redondos en sección transversal con una pequeña TIZ. Los incisivos centrales inferiores tienen superficies de cemento y carecen de esmalte (Locke 2013). En consecuencia, la dentina directamente debajo del cemento carece de las distintivas líneas concéntricas finas, pero se observan más cerca de la TIZ (Figura 6.3).

CANINOS: Los caninos superiores son ovalados, redondeados o con cierta forma de corazón en su sección transversal (Figura 6.4). Los caninos inferiores, en cambio, son de sección transversal triangular (Figura 6.2A). Tanto los caninos superiores como los inferiores exhiben TIZ angulares que siguen las formas de los dientes/colmillos. Dado que los caninos pueden exhibir tanto la superficie del esmalte como la del cemento, las finas líneas/bandas concéntricas de la dentina pueden ser visibles directamente debajo de la superficie (esmalte) o más cerca de la TIZ (cemento).



← **Figura 6.3** Sección transversal de un incisivo de *Hippopotamus amphibius*. Es de notar la pequeña TIZ en el centro y las líneas concéntricas finas visibles cerca de la TIZ pero ausentes más cerca del cemento. La barra de escala es de 5mm.

← **Figura 6.4** Sección transversal de un canino superior de *Hippopotamus amphibius*. La barra de escala es de 5mm.

OBJETOS TALLADOS

Muchos objetos tallados de dientes/colmillos de hipopótamo mantienen la estructura del diente en el diseño (Figura 6.5). Por consiguiente, aunque muchos rasgos externos pueden ser eliminados (por ejemplo, el esmalte y el cemento), el marfil de hipopótamo se puede identificar en función de la forma y el tamaño de la pieza en su conjunto, así como de la forma de la sección transversal. En las piezas talladas más pequeñas, el marfil de hipopótamo se puede identificar basado en la presencia de las finas líneas/bandas concéntricas descritas anteriormente y la forma de la TIZ cuando está presente (Figuras 6.6A y 6.6B).



Figura 6.5 Caninos inferiores en bruto y tallados de *Hippopotamus amphibius*.



Figura 6.6A Tallados de un canino superior (izquierda) e inferior (derecha) de *Hippopotamus amphibius*. La barra de escala representa 1 cm. **Figura 6.6B** Lados inferiores de los respectivos tallados en la Figura 6.6A. Es de notar la TIZ angular así como las líneas finas concéntricas visibles en cada pieza.

JABALÍ

Lista de Especies CITES (2020)

Phacochoerus

No incluido en los Apéndices
de la CITES



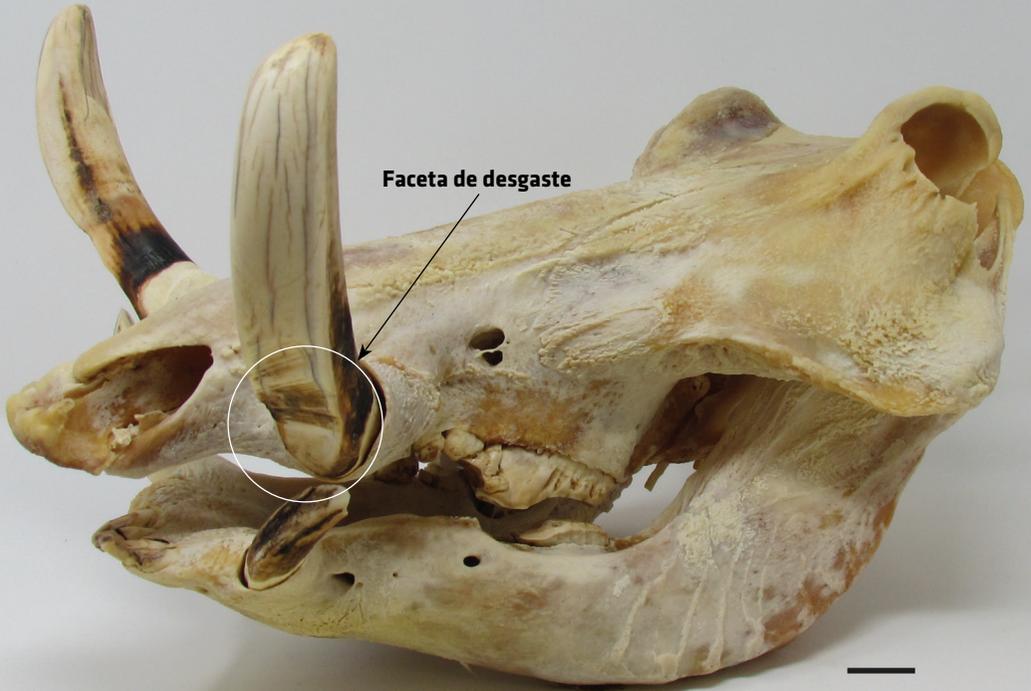
JABALÍ



Los grandes caninos de algunos suidos se encuentran en el comercio

de marfil y los que se observan comúnmente son los colmillos cada vez más grandes de los machos. En toda la familia Suidae hay variaciones en el tamaño de los caninos de los machos, pero los que se observan generalmente en el comercio son algunos de los más grandes y robustos, en particular los caninos superiores de los jabalíes (género *Phacochoerus*, no incluido en los Apéndices de la CITES) (Figura 7.1). Las características que se describen a continuación se basan en las observaciones de los caninos superiores del *Phacochoerus*. Este taxón tiene caninos inferiores relativamente cortos que pueden distinguirse de los caninos superiores por la forma de la sección transversal y la morfología de la dentina. Específicamente los caninos inferiores tienen una sección transversal triangular y carecen de las finas líneas/bandas concéntricas que aparecen en los caninos superiores. Es importante señalar que otra especie, el hilóquero (*Hylochoerus meinertzhageni*), exhibe caninos de tamaño similar a los del *Phacochoerus* y también parecen compartir una forma de sección transversal y una morfología de la dentina similares (Locke 2013). Recomendamos precaución en cualquier intento de distinguir estos taxones, lo que también requiere material de referencia comparativo.

JABALÍ



↑ **Figura 7.1** Cráneo de *Phacochoerus* sp. Es de notar los caninos superiores grandes, los cuales son observados comúnmente en el comercio de vida silvestre. La barra de escala es de 20 mm.

Los caninos del jabalí común (*Sus scrofa*) también podrían encontrarse en el comercio de vida silvestre y, por lo tanto, podrían confundirse con los del *Phacochoerus*. Sin embargo, los grandes colmillos del *S. scrofa* son caninos inferiores y pueden distinguirse de los colmillos del *Phacochoerus* con base en su morfología de sección transversal triangular y a la falta de líneas/bandas concéntricas finas. Además, en el caso de los objetos pequeños y modificados, la exclusión del *Sus scrofa* u otros suidos con colmillos más pequeños (por ejemplo, *Potamochoerus*) puede requerir un análisis de ADN.

Debe considerarse que las características que se describen a continuación, junto con la consideración del tamaño, se aplican al *Phacochoerus*, y potencialmente a *Hylochoerus*, aunque falta suficiente material comparativo para este último.

DIENTES/COLMILLOS EN BRUTO

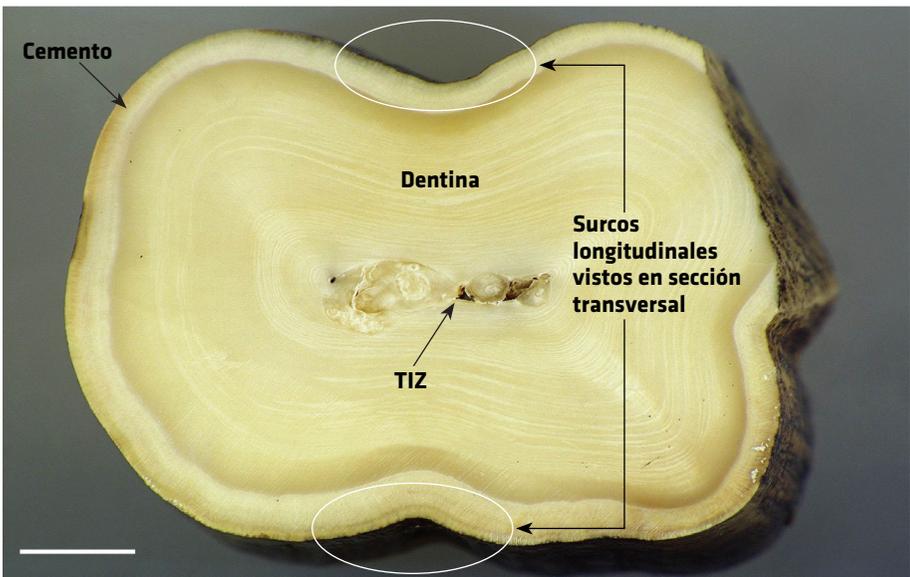
Los caninos superiores en bruto o tallados del *Phacochoerus* que se observan comúnmente en el comercio pueden distinguirse de otros objetos de marfil por su forma general. Los caninos superiores están fuertemente curvados. La superficie anterior tiene una faceta de desgaste por el contacto con el canino inferior (Figura 7.1) y los lados medial y lateral del diente presentan un surco longitudinal a lo largo del diente (Figura 7.2).



↑ **Figura 7.2** Caninos superiores de *Phacochoerus* sp.

MORFOLOGÍA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Uno de los principales caracteres distintivos del marfil del *Phacochoerus* está relacionado con la forma de la sección transversal, que es generalmente rectangular y "entallada" (pellizcada en el centro) (Figura 7.3). Esta morfología "entallada" resulta de los surcos longitudinales a lo largo de las superficies medial y lateral. La dentina también presenta líneas/bandas concéntricas finas pero irregulares que pueden ser visibles a simple vista o usando una lupa de mano de 10x. En esta característica, el marfil del *Phacochoerus* puede parecerse al marfil del hipopótamo, pero las finas líneas del marfil de hipopótamo están generalmente más regularmente espaciadas. Las finas líneas/bandas de la dentina también son onduladas en los dientes del *Phacochoerus*, siguiendo la forma general de la sección transversal (Figura 7.3). Finalmente, los caninos superiores del *Phacochoerus* exhiben una TIZ lineal que difiere de la TIZ de los dientes/colmillos del hipopótamo, que son angulares, o pequeños y redondos.



↑ **Figura 7.3** Sección transversal de canino superior de *Phacochoerus* sp. La barra de escala es de 5mm.

OBJETOS TALLADOS

Muchos objetos tallados de los colmillos superiores del *Phacochoerus* mantienen la estructura del diente en el diseño (Figura 7.4). En consecuencia, el marfil del *Phacochoerus* puede identificarse basándose en la forma de la pieza en su conjunto, así como en la forma y el tamaño de la sección transversal. La identificación de marfil del *Phacochoerus* puede apoyarse además en la presencia de las finas líneas/bandas concéntricas irregulares descritas anteriormente y en la forma de la TIZ cuando está presente.



↑ Figura 7.4 Caninos superiores tallados de *Phacochoerus* sp.

SUSTITUTOS NATURALES DE MARFIL



SUSTITUTOS NATURALES DE MARFIL

HUESO - El hueso es un tejido conectivo mineralizado que consiste en hidroxiapatita, proteínas y lípidos. El hueso compacto que se utiliza más a menudo como sustituto del marfil (Figura 8.1) está ampliamente permeado por una serie de canales a través de los cuales se mueve el fluido. Estos se llaman sistemas de Havers. Los canales de Havers se pueden ver en una superficie ósea pulida usando una lupa de mano de 10x. Estos canales aparecen como fosas o irregularidades parecidas a rayaduras (Figura 8.2). Su aspecto se acentúa a menudo por la presencia de material orgánico descolorido que se adhiere a las paredes de las fosas.



← **Figura 8.1** Figura grande hecha de un mosaico de piezas de hueso pulido. Cada pedazo de hueso mide alrededor de 1 cm². Los pedazos de hueso se pegaron a una base de madera.

↑ **Figura 8.2** Detalle de un hueso pulido. Las picaduras vistas en esta imagen son los canales de Havers, los cuales diagnostican que un objeto está hecho de hueso y no de dentina.

SUSTITUTOS NATURALES DE MARFIL

Lista de Especies CITES (2020)

| | |
|------------------------|------------|
| <i>Rhinoplax vigil</i> | Apéndice I |
|------------------------|------------|

CÁLAO DE YELMO (*Rhinoplax vigil*) - Encontrado en el sudeste de Asia, el casco del cálao de yelmo (Figura 8.3), un ave incluido en el Apéndice I de la CITES, se puede tallar y pulir. El casco color marfil se distingue por su tamaño de hasta aproximadamente 8 x 5 x 2.5 cm y su color periférico rojo brillante. Otros nombres para el “marfil” del casco del cálao son “*ho-ting*” y “jade dorado”.



↑ **Figura 8.3** Cascos de cálao (*Rhinoplax vigil*). Aunque a veces se le llaman cascos de “marfil”, estos cascos de cálaos se componen de queratina y no de dentina. Los dos cascos a la derecha son el cráneo completo, mientras que el casco izquierdo se ha separado de su placa craneal.

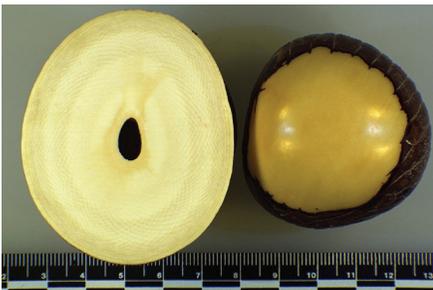
MARFIL VEGETAL - El marfil vegetal o nueces de marfil son principalmente las nueces de la palmera de tagua (*Phytelephas macrocarpa*), aunque otras palmeras de la misma subfamilia también producen nueces de marfil. Los árboles de tagua crecen principalmente en lugares húmedos en el norte de Sudamérica. La nuez madura, que puede alcanzar el tamaño de una manzana, tiene un núcleo de celulosa muy blanco y extremadamente duro que se trabaja como el marfil. La cáscara de la nuez (Figura 8.4) tiene una apariencia marrón oscura y se incorpora frecuentemente en el tallado.

SUSTITUTOS NATURALES DE MARFIL

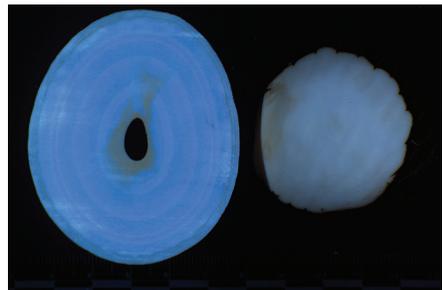
El examen de la celulosa en el marfil vegetal tallado revela una serie de líneas concéntricas finas y regularmente espaciadas similares a las que se ven en el marfil de hipopótamo. Un examen minucioso con un microscopio de baja potencia revela un aspecto granulado o rayado. Estas características no siempre son obvias en las superficies muy curvadas. La fluorescencia UV del marfil vegetal es muy similar a la fluorescencia del marfil (Figuras 8.5A y 8.5B). En ausencia de rasgos morfológicos obvios, la identificación del marfil vegetal se realiza mejor mediante la FT-IR.



↑ **Figura 8.4** Ejemplo de dos tallados de nueces de tagua y una nuez de tagua intacta (*Phytelephas macrocarpa*). Estos productos de plantas se venden como “marfil” vegetal y están compuestos de celulosa y no de dentina.



↑ **Figura 8.5A** Comparación de marfil de elefante (izquierda) con “marfil” vegetal (derecha) usando luz normal.



↑ **Figura 8.5B** Comparación de la fluorescencia de marfil de elefante (izquierda) con “marfil” vegetal (derecha) usando una luz ultravioleta de 365 nm.

SUSTITUTOS MANUFACTURADOS DE MARFIL



SUSTITUTOS MANUFACTURADOS DE MARFIL

Los sustitutos manufacturados de marfil se dividen en dos amplias categorías:

- 1) compuestos hechos de materiales orgánicos y/o inorgánicos y
- 2) compuestos fabricados con caseína, una proteína derivada de la leche. Los nombres comerciales de algunos sustitutos manufacturados de marfil varían según el fabricante. Las Figuras 9.1, 9.2A y 9.2B muestran ejemplos de sustitutos manufacturados de marfil.

Independientemente del aspecto del marfil manufacturado o de la composición química de los mismos, todos comparten una característica común que permite la identificación de un sustituto del marfil: los productos de marfil manufacturado reaccionan a la luz ultravioleta de forma diferente a la del marfil. El marfil tiene una fluorescencia blanca/azul cuando se ilumina con una fuente de luz ultravioleta de onda larga (365 nm), mientras que los sustitutos manufacturados de marfil exhiben un aspecto azul o amarillento apagado, según



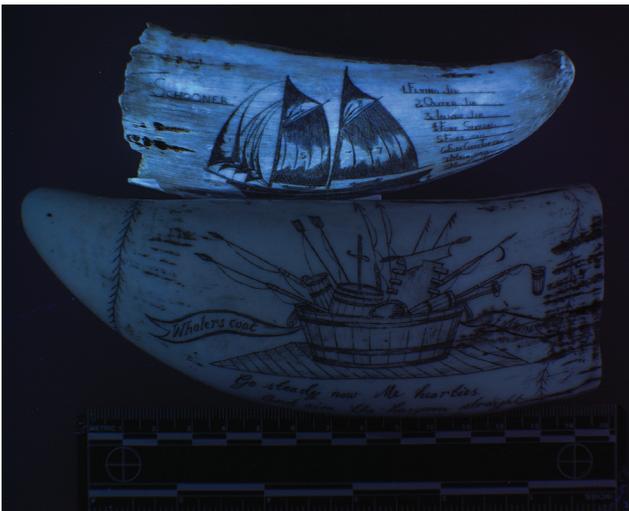
↑ **Figura 9.1** Ejemplos de dos artículos hechos para parecer marfil. El diente de ballena (frente) y el colmillo de morsa (atrás), ambos artificiales, fueron creados de una resina compuesta. Aunque en el exterior tienen la apariencia de diente de ballena y colmillo de morsa, una examinación cuidadosa muestra que no tienen las características morfológicas naturales.

SUSTITUTOS MANUFACTURADOS DE MARFIL

el componente manufacturado (Figura 9.2B). El proceso de identificar los sustitutos manufacturados de marfil usando una luz ultravioleta de 365 nm debe realizarse en un cuarto a oscuras y el análisis debe llevarse a cabo usando materiales de referencia comparativos incluyendo tanto marfil como sustitutos manufacturados de marfil.



← **Figura 9.2A** Dientes de ballena sospechosos de ser de marfil.



← **Figura 9.2B** Reacción de los objetos a luz ultravioleta de onda larga (365 nm). Solamente el objeto en la parte superior tiene fluorescencia ultravioleta característica de dentina, mientras que el inferior tiene fluorescencia característica de una resina fabricada.



LECTURA SUGERIDA Y BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

Página de Labor Forense Aplicada a la Vida Silvestre de la CITES:

https://cites.org/eng/prog/imp/Wildlife_forensics

Ábelová, M. 2008. Schreger pattern analysis of *Mammuthus primigenius* tusk: Analytical approach and utility [Análisis del patrón de Schreger del colmillo del *Mammuthus primigenius*: Enfoque analítico y de utilidad]. Bulletin of Geosciences 83(2):225–232.

Alberic, M., et al. 2017. Relation between the macroscopic pattern of elephant ivory and its three-dimensional micro-tubular network [Relación entre el patrón macroscópico del marfil de elefante y su red microtubular tridimensional]. PLOS ONE <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166671>.

Barfod, A.S. 1989. Rise and fall of vegetable ivory [Auge y caída del marfil vegetal]. Principes 33(4):181-190.

Best, R.C. 1981. The tusk of the narwhal (*Monodon monoceros* L.): Interpretation of its function (Mammalia: Cetacea) [El colmillo del narval (*Monodon monoceros* L.): Interpretación de su función (Mammalia: Cetacea)]. Canadian Journal of Zoology 59:2386-2393.

Brown, G., Moule, A.J. 1977. The structural characteristics of elephant ivory [Las características estructurales del marfil de elefante]. The Australian Gemmologist 13(1):13-17.

Brown, G., Moule, A.J. 1977. The structural characteristics of various ivories [Las características estructurales de varios marfiles]. The Australian Gemmologist 13(2):47-60.

Bruemmer, F. 1989. Arctic treasures [Tesoros del Ártico]. Natural History 98:39-46.

Burack, B. 1984. Ivory and its uses [El marfil y sus usos]. Charles E. Tuttle Co., Vermont, EE. UU.

Butynski, T.M., de Jong, Y.V. 2018. Common warthog *Phacochoerus africanus* [El jabalí verrugoso común *Phacochoerus africanus*] (Gmelin, 1788). En *Ecology, Conservation and Management of Wild Pigs and Peccaries* (Melletti, M. y Meijaard, E., eds.) Cambridge University Press: Cambridge, Reino Unido: 85-100.

CITES Wildlife Forensics [Labor Forense Aplicada a la Vida Silvestre de la CITES]: https://cites.org/esp/prog/imp/Wildlife_forensics

Chiyo, P.I., Obanda, V., Korir, D.K. 2015. Illegal tusk harvest and the decline of tusk size in the African elephant [Cosecha ilegal de colmillos y disminución del tamaño de estos en el elefante africano]. Ecology and Evolution 5(22):5216-5229.

Dyer, M.P. 2018. Scrimshaw [Grabado Scrimshaw]. En Encyclopedia of Marine Mammals, 3ª edición, editado por B. Wursig, et al., Academic Press, Nueva York, EE. UU.: 841-845.

Espinoza, E.O., et al. 1990. A method for differentiating modern from ancient proboscidean ivory in worked objects [Un método para diferenciar el marfil de proboscídeo moderno del antiguo en los objetos trabajados]. Current Research in the Pleistocene 7:81-83.

Espinoza, E.O., Mann, M.J. 1993. The history and significance of the Schreger pattern in proboscidean ivory characterization [La historia y el significado del patrón de Schreger en la caracterización del marfil de proboscídeo]. Journal of the American Institute for Conservation 32(3):241-248.

Fisher, D.C., Trapani, J., Shoshani, J., Woodford, M.S. 1998. Schreger angles in mammoth and mastodon tusk dentine [Ángulos de Schreger en la dentina de colmillo de mamut y mastodonte]. Current Research in the Pleistocene 15:105-107.

Granfield, K., et al. 2014. The narwhal (*Monodon monoceros*) cementum-dentine junction: A functionally graded biointerphase [La unión entre el cemento y la dentina del narval (*Monodon monoceros*): una biointerfase funcionalmente graduada]. Journal of Engineering in Medicine 228(8):754-767.

Ishida, Y., Georgiadis, N. J., Hondo, T., Roca, A. L. 2013. Triangulating the provenance of African elephants using mitochondrial DNA [Triangulación de la procedencia de los elefantes africanos utilizando el ADN mitocondrial]. Evol Appl, 6: 253-265. doi:10.1111/j.1752-4571.2012.00286.x

Kingsley, M.C.S., Ramsay, M.A. 1988. The spiral in the tusk of the narwhal [La espiral en el colmillo del narval]. Arctic 41(3):236-238.

Lambert, W.D. 2005. The microstructure of proboscidean ivory and its application to the subordinal identification of isolated ivory specimens [La microestructura del marfil de proboscídeo y su aplicación a la identificación subordinada de especímenes de marfil aislados]. Bulletin of the Florida Museum of Natural History 45:521-530.

Leslie, Jr., D.M., Huffman, B.A. 2015. *Potamochoerus porcus* (Artiodactyla: Suidae). Mammalian Species 47(919):15-31.

Liang, J., et al. 2014. Identification characteristics of natural and imitation hornbill ivory [Características de identificación del marfil natural y de imitación del calao]. The Journal of Gemmology 34(1):42-49.

Locke, M., Dean, R.L. 2003. Vascular spaces in compact bone [Espacios vasculares en hueso compacto]. The American Biology Teacher 65(9):701-707.

Locke, M. 2004. Structure of long bones in mammals [Estructura de los huesos largos en los mamíferos]. Journal of Morphology 262(2):546-565.

Locke, M. 2008. Structure of ivory [Estructura del marfil]. *Journal of Morphology* 269-423-450.

Locke, M. 2013. Bone, Ivory, and Horn: Identifying Natural Materials [Hueso, marfil y cuerno: identificando los materiales naturales]. Schiffer Publishing, Ltd.: Atglen, Pennsylvania, EE. UU.

Localizador *Loxodonta*. <https://www.loxodontalocalizer.org/>

Manger Cats-Kuenen, C.S.W. 1961. Casque and bill of *Rhinoplax vigil* (Forst.) in connection with the architecture of the skull [Casco y pico de *Rhinoplax vigil* (Forst.) en relación con la arquitectura del cráneo]. *Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Afdeling Natuurkunde. Series 2.* 53(3):1-51.

Mayer, J.J., Brisbin, I.L. Jr. 1988. Sex identification of *Sus scrofa* based on canine morphology [Identificación del sexo de *Sus scrofa* basado en la morfología canina]. *Journal of Mammalogy* 69(2):408-412.

McDonnel, D. 1965. Crystal chemistry of hydroxyapatite: its relation to bone mineral [Química cristalina de la hidroxiapatita: su relación con el mineral óseo]. *Archives of Oral Biology* 10:421-431.

MacKinnon, J. 1981. The structure and function of the tusks of babirusa [La estructura y función de los colmillos de la babirusa]. *Mammal Review* 11(1):37-40.

Maskell, A. 1966. *Ivories* [Marfiles]. Charles E. Tuttle Co., Vermont, EE. UU.

Miles, A.E.W., Boyde, A. 1961. Observations on the structure of elephant ivory [Observaciones sobre la estructura del marfil de elefante]. *Journal of Anatomy* 95(3):450.

Miles, A.E.W., White, J.W. 1960. Ivory [Marfil]. *Proceedings of the Royal Society of Medicine* 53:775-80.

Miller, W. D. 1890. Studies on the anatomy and pathology of the tusks of the elephant [Estudios sobre la anatomía y patología de los colmillos del elefante]. *Dental Cosmos* 32:337-48.

Nweeia, M.T., et al. 2014. Sensory ability in the narwhal tooth organ system [Capacidad sensorial en el sistema de órganos dentales del narval]. *The Anatomical Record* 297:599-617.

Owen, R. 1845. *Odontography* [Odontografía]. Londres, Reino Unido.

Owen, R. 1856. Ivory and the teeth of commerce [El marfil y los dientes del comercio]. *Journal of the Royal Society of Arts* 5:65-71.

Palombo, M.R., Villa, P. 2001. Schreger lines as support in the Elephantinae identification [Líneas de Schreger como soporte en la identificación de Elephantinae]. En *The World of Elephants*, editado por G. Cavarretta, et al., Actas del 1er Congreso Internacional. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, Italia: 656-660.

Penniman, T. K. 1952. Pictures of ivory and other animal teeth, bone and antler [Fotos de marfil y otros dientes, huesos y cuernos de animales]. *Occasional Paper on Technology* 5:4-40.

Raubenheimer, E.J., Bosman, M.C., Vorster, R., Noffke, C.E. 1998. Histogenesis of the chequered pattern of ivory of the African elephant (*Loxodonta africana*) [Histogénesis del patrón a cuadros del marfil del elefante africano (*Loxodonta africana*)]. *Archives of Oral Biology* 43:969-977.

Raubenheimer, E.J. 2000. Early development of the tush and the tusk of the African elephant (*Loxodonta africana*) [Desarrollo temprano del colmillo y semicolmillo del elefante africano (*Loxodonta africana*)]. *Archives of Oral Biology* 45:983-986.

Reyna-Hurtado, R., d'Huart, J.P., Turkalo, A.K. 2018. Forest hog *Hylochoerus meinertzhageni* [El hilóquero *Hylochoerus meinertzhageni*] (Thomas 1904). En *Ecology, Conservation and Management of Wild Pigs and Peccaries* (Melletti, M. y Meijaard, E., eds). Cambridge University Press: Cambridge, Reino Unido: 114-121.

Rorimer, J.J. 1931. Ivory and bone. Ultraviolet rays and their use in the examination of works of art [Marfil y hueso. Los rayos ultravioleta y su uso en la examinación de obras de arte]. Metropolitan Museum of Art, Nueva York.

Schabillion, S. 1983. All in a nutshell: The story of the vegetable ivory nut [Todo en una cáscara de nuez: historia de la nuez de marfil vegetal]. *Keystone Comedy, Flora, Mississippi, EE. UU.*

Scheffer, V.B., Myrick, A.C. Jr. 1970. A review of studies to 1970 of growth layers in the teeth of marine mammals [Una revisión de los estudios hasta 1970 de las capas de crecimiento en los dientes de los mamíferos marinos]. *Reports of the International Whaling Commission, Special Issue No. 3*: 51-63.

Schreger, B.N.G. 1800. Beitrag zur geschichte der zähne [Contribución a la historia de los dientes]. *Beitrage für die Zergliederungskunst* 1:1-7.

Sims, M.E. 2010. Unusual appearance of Schreger-like pattern in *Hippopotamus amphibius* ivory: Wildlife forensics investigation of a netsuke [Inusual aparición de un patrón similar al de Schreger en el marfil del *Hippopotamus amphibius*: investigación forense de la vida silvestre de un netsuke]. *Forensic Science International* 200(1-3):e19-e20.

Sims, M.E., Baker, B.W., Hoesch, R.M. 2011. Tusk or bone? An example of ivory substitute in the wildlife trade [¿Colmillo o hueso? Un ejemplo de sustituto de marfil en el comercio de la vida salvaje]. *Ethnobiology Letters* 2:40-44.

- St. Aubyn, F., editor. 1987. Ivory: An international history and illustrated survey [Marfil: una historia internacional y una encuesta ilustrada]. Harry N. Abrams, Inc., Nueva York, EE. UU.
- Trapani, J., Fisher, D.C. 2003. Discriminating proboscidean taxa using features of the Schreger pattern in tusk dentine [Discriminación de los taxones proboscídeos utilizando características del patrón de Schreger en la dentina del colmillo]. *Journal of Archaeological Science* 30:429-438.
- UNODC. 2014. Guidelines on methods and procedures for ivory sampling and laboratory analysis [Directrices sobre métodos y procedimientos para la toma de muestras y el análisis de laboratorio del marfil]. International Consortium on Combating Wildlife Crime (ICWC). Naciones Unidas, Viena.
- Van der Merwe, N.J., et al. 1990. Identifying ivory [Identificando el marfil]. *The Rhino and Elephant Journal* 4 (julio):12-15.
- Vereshchagin, N.K. 1974. The mammoth “cemeteries” of north-east Siberia [Los “cementérios” de mamuts del noreste de Siberia]. *Polar Record* 17(106):3-12.
- Virag, A. 2012. Histogenesis of the unique morphology of proboscidean ivory [Histogénesis de la morfología particular del marfil de proboscídeo]. *Journal of Morphology* 273(12):1406-1423.
- Weissengruber, G.E., Egerbacher, M., Forstenpointner, G. 2005. Structure and innervation of the tusk pulp in the African elephant (*Loxodonta africana*) [Estructura e innervación de la pulpa del colmillo en el elefante africano (*Loxodonta africana*)]. *Journal of Anatomy* 206(4):387-393.
- Wilson, D.E., Mittermeier, R.A. (editores). 2011. Handbook of the mammals of the world. Vol. 2. Hoofed Mammals [Manual de los mamíferos del mundo. Vol. 2. Mamíferos con pezuñas]. Lynx Edicions: Barcelona, España.
- Witztum, A., Wayne, R. 2012. Button botany: plasmodesmata in vegetable ivory [Botánica de los botones: plasmodesmata en marfil vegetal]. *Protoplasma* 249:721-724.
- Yates, B.C., Sims, M.E. 2010. Tupilak transformations: Traditional ivory objects as modern souvenirs [Transformaciones de Tupilak: Objetos tradicionales de marfil como recuerdos modernos]. *Anthropological Approaches to Zooarchaeology: Colonialism, Complexity, and Animal Transformations*, editado por Campana, D., Crabtree, P., deFrance, S.D., Lev-Tov, J., Choyke, A. Oxbow Books/David Brown Book Co., Oakville, Connecticut, EE. UU: 230-234.



© MARTIN HARVEY / WWF

MÉTODOS FORENSES MODERNOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL MARFIL

Las metodologías de identificación morfológica descritas en la sección anterior pueden utilizarse para comparar rápidamente, y sin destrucción, muestras de marfil natural y muestras similares. Si no es factible identificar una muestra mediante características morfológicas macroscópicas y microscópicas, otros métodos forenses pueden ser útiles para obtener información relativa a la identificación de especies, el año natural del fallecimiento, el origen geográfico y la identificación individual del elefante. Estas metodologías forenses evolucionan rápidamente, teniendo algunos procesos aún en desarrollo y otros ya bien respaldados y aplicados. Pueden incluir tecnologías propietarias así como datos y técnicas de fuente abierta, las cuales son de acceso público a laboratorios forenses y otros usuarios.

La Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC) publicó las *Directrices sobre métodos y procedimientos para la toma de muestras y el análisis de laboratorio del marfil* en 2014 en alianza con el Consorcio Internacional para Combatir los Delitos contra la Vida Silvestre (ICCWC). La sección de Análisis de Laboratorio (Parte II) ha sido reproducida en este documento con su permiso, ya que provee una descripción completa del amplio rango de herramientas, métodos y

exámenes que se pueden aplicar para la examinación forense del marfil. Estas aplicaciones incluyen métodos como la FT-IR (véase la sección 14.1.2), la espectroscopía Raman, (sección 14.1.2), los análisis de ADN, incluyendo el ADN mitocondrial (ADNmt) (secciones 14.1.3, 14.3.1) y el análisis de isótopos (secciones 14.2.2, 14.3.2).

Aunque las Directrices incluyen métodos y análisis de laboratorio relevantes, desde su publicación en 2014 existe una fuente desarrollada más recientemente que es importante referenciar. ‘Loxodonta Localizer’ es una plataforma web que provee al usuario la habilidad de analizar datos de ADNmt para determinar la proveniencia geográfica de muestras de marfil de elefante africano. Esta herramienta de fuente abierta es gratuita. Sus datos han sido revisados por colegas expertos independientes y está disponible en <https://www.loxodontalocalizer.org/>. ‘Loxodonta Localizer’ es una herramienta de base de datos basada en datos de secuencia de ADNmt de elefantes africanos de selva y sabana de 24 países. El set de datos se describe en Ishida et al., 2013 y ha sido actualizado con secuencias adicionales. El usuario pone una secuencia de región control mitocondrial de 316 bp de una muestra de elefante africano y se despliegan las ubicaciones en las cuales muestras con secuencias similares han sido reportadas.

Hay numerosos análisis y pruebas en desarrollo que pueden ser aplicables y estar disponibles en un futuro próximo, pero que no están incluidos en la presente Guía de Identificación de Marfil de la CITES publicada en 2020. Estos podrían ser incluidos en ediciones futuras una vez que los métodos sean validados y reproducibles.

Exclusión de responsabilidad de las *Directrices sobre métodos y procedimientos para la toma de muestras y el análisis de laboratorio del marfil* (2014) de la UNODC en alianza con el ICCWC.

El texto que sigue es una sección extraída y reimpresa directamente de las 2014 Directrices de la UNODC publicadas en alianza con el ICCWC y no refleja los puntos de vista ni las opiniones de los autores de esta Guía de Identificación de Marfil, la CITES, las Naciones Unidas, USFWS, TRAFFIC o el WWF.

Las condiciones operativas y experimentales se reproducen a partir de los materiales de referencia originales, incluidos los métodos inéditos, validados y utilizados según la lista de referencias proporcionada. En muchos casos, podrán obtenerse resultados comparables en otras condiciones y utilizando productos comerciales distintos de los mencionados, pero toda modificación deberá validarse antes de integrar su uso habitual en el laboratorio. La mención de nombres de empresas y productos comerciales no implica su aprobación por parte de CITES, TRAFFIC, las Naciones Unidas, USFWS o el WWF.

Aviso de derechos de autor del texto extraído de las *Directrices sobre métodos y procedimientos para la toma de muestras y el análisis de laboratorio del marfil* (2014) de la UNODC en alianza con el ICCWC.

© Naciones Unidas, noviembre de 2014. Todos los derechos reservados en todo el mundo. Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican juicio alguno por parte de la Secretaría sobre la condición jurídica de ningún país, territorio, ciudad o zona, o de sus autoridades, o sobre el trazado de sus fronteras o límites. Esta publicación no ha sido editada oficialmente. Producción editorial: Sección de Servicios en Inglés, Publicaciones y Biblioteca, Oficina de las Naciones Unidas en Viena.



© CLAIRE CLARKE



UNODC

United Nations Office on Drugs and Crime



Directrices sobre métodos y procedimientos para la toma de muestras y el análisis de laboratorio del marfil



UNODC

United Nations Office on Drugs and Crime

CONSORCIO INTERNACIONAL PARA COMBATIR LOS DELITOS CONTRA LA VIDA SILVESTRE

Parte II. Análisis de laboratorio

Los análisis de laboratorio pueden ser un medio poderoso para confirmar la especie, la edad y el origen de las muestras de marfil, así como para vincular las muestras a algún elefante en particular. Los pasos del análisis de laboratorio pueden ser diferentes según el tipo de muestra y el propósito del análisis. Esta sección es técnica y está dirigida a los analistas de laboratorio con experiencia en áreas específicas.

14 Observaciones sobre los análisis de laboratorio

Los tipos de muestras de marfil se clasifican en dos categorías generales:

- Marfil en bruto: colmillo seccionado o entero sin procesar;
- Marfil trabajado: secciones de colmillos, como adornos tallados, *hankos* (sellos), aretes, dijes, etc.

Es necesario tener en cuenta el tipo de muestra de marfil al tomar decisiones sobre todo la metodología y los procedimientos que se utilizarán para el análisis.

La metodología científica que se debe aplicar para analizar las muestras de marfil depende de la pregunta que se aborde y de la capacidad forense/científica que esté disponible, incluyendo el equipo y los conocimientos apropiados. Típicamente, las preguntas de investigación relacionadas con el marfil se clasifican dentro de las siguientes categorías:

- ¿Es marfil? Si lo es, ¿cuál es la especie de origen?
- ¿Cuándo murió el animal? ¿Qué edad tiene la muestra de marfil?
- ¿Dónde murió el elefante?
- ¿Cuántos elefantes murieron?

Es esencial que todos los que lleven a cabo los procedimientos que se indican a continuación comprendan la necesidad de las buenas prácticas de laboratorio. Todos los procesos deben validarse y se deben establecer procedimientos operativos estándar. El laboratorio que realiza el análisis debe estar seguro de que los métodos son robustos, fiables y reproducibles. La verificación de los métodos es necesaria cuando un laboratorio utiliza por primera vez métodos publicados y validados. Esto asegura la reproducibilidad de los resultados en otro laboratorio.

14.1 Métodos para la identificación de especies

El marfil puede provenir de varias especies. Existe un comercio bien establecido y generalizado para los colmillos que no son de elefantes, por lo que es importante determinar de qué especie animal procede el marfil. Para ello, se pueden utilizar varias pruebas. La aplicabilidad de estos métodos a los diferentes tipos de muestras de marfil se presenta en la Tabla 1. Los métodos varían desde los no destructivos y basados en las habilidades, hasta las pruebas destructivas basadas en el equipo que se utiliza.

14.1.1 Morfología

El estudio de la morfología mediante una inspección visual puede ser todo lo que se necesite. Es posible que el colmillo entero no requiera más pruebas científicas. Si las muestras son secciones de colmillos que se presumen ser de marfil, entonces, se puede emplear la microscopía como primera prueba. Se ha elaborado una guía para la identificación del marfil por medios visuales y no destructivos. Incluye información sobre la identificación del marfil mediante el análisis de las líneas de Schreger, que se puede utilizar para distinguir entre el marfil de diferentes especies [10].

14.1.2 Espectroscopía vibracional: La espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier y la espectroscopía Raman

Ciertas moléculas, cuando se exponen al láser o a la energía infrarroja, muestran patrones vibratorios de diagnóstico. Estos patrones (bandas) ofrecen una indicación general de la composición del material que se está analizando. En el caso del marfil, estas técnicas se han utilizado principalmente con dos fines:

- Para determinar si un objeto tallado está hecho de marfil o de plástico;
- Para determinar si un objeto tallado se originó de marfil de mamut o de elefante moderno.

La espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR, pos sus siglas en inglés), y la espectroscopía Raman son las mejores herramientas para distinguir los plásticos con aspecto de marfil del marfil genuino basado en hidroxiapatita. Las técnicas de espectroscopía vibracional son no destructivas y rápidas de realizar. Sin embargo, estas herramientas analíticas no pueden determinar la especie exacta entre la variedad de animales que producen marfil [25-32].

14.1.3 El ADN mitocondrial

El ADN mitocondrial se utiliza en muchas áreas de la taxonomía y la ciencia forense, tanto para los seres humanos como para la vida silvestre. La clasificación del ADN mitocondrial tiene el potencial de identificar especies y requiere el acceso a equipos específicos. Se trata de un método destructivo; sin embargo, solo se necesita una muestra de tamaño pequeño para el análisis.

Tabla 1. Aplicabilidad de los métodos de identificación de especies

| Prueba | Colmillo | Colmillo procesado | Tejido |
|--|--|------------------------------|-----------------------|
| Morfología <ul style="list-style-type: none"> • No-destructiva • Requiere poco equipo | Basado en toda la estructura Se puede utilizar la morfología dependiendo del detalle disponible | Basado en toda la estructura | No siempre es posible |
| La espectroscopía Raman <ul style="list-style-type: none"> • No-destructiva | Puede identificar la familia o el género dependiendo de la calidad de la muestra disponible | | No es ideal |
| FTIR <ul style="list-style-type: none"> • No-destructiva • Requiere un instrumento específico | | | |
| ADN <ul style="list-style-type: none"> • Destructiva • Requiere equipo | Los <i>loci</i> del ADN mitocondrial, como el citocromo b (cyt b) o el citocromo oxidasa 1 (COI) proporcionan información sobre las especies y se pueden analizar en todos los tipos de muestras | | |

14.2 Métodos para determinar la edad de la muestra

La determinación de la edad puede indicar si los colmillos incautados provienen de actos recientes de caza furtiva, al proporcionar información útil sobre la fecha en que un animal estuvo vivo. Además, la determinación de la edad proporciona información crucial para que las Autoridades Administrativas de la CITES decidan si el marfil se puede clasificar como material previo a la Convención y, por lo tanto, si las disposiciones de la Convención aplican a ese espécimen. La aplicabilidad de los métodos para determinar la edad del marfil según el tipo de muestra se presenta en la Tabla 2.

14.2.1 Morfología

En algunos casos, las características físicas de la muestra se pueden utilizar para determinar la edad; por ejemplo, la presencia de sangre, la presencia de un fuerte olor a animal muerto o el estilo del tallado que indique alguna determinada época. Sin embargo, hay que tener cuidado al dar una opinión sobre la edad basada en la apariencia, ya que es posible hacer que el marfil reciente parezca una muestra antigua.

14.2.2 Isótopos

Un método científico más definitivo para determinar la edad de la muestra es a través del análisis de isótopos. Los isótopos son diferentes formas de un elemento que tienen una masa diferente debido a los distintos números de neutrones del núcleo. La mayoría de los

isótopos de la Tierra son estables, pero algunos son radioactivos y se desintegran en un período de tiempo característico de su vida media. El marfil se secreta en los márgenes de la cavidad de la pulpa dentaria interna de los colmillos; por lo tanto, el marfil más joven se encuentra a lo largo de estos márgenes, volviéndose progresivamente más viejo a medida que la distancia hacia el exterior de los márgenes aumenta. La tasa de crecimiento transversal es de aproximadamente 5 mm por año y la tasa de crecimiento longitudinal es de aproximadamente 5 cm por año [33]. El marfil está compuesto de bioapatita (dentina) y colágeno, con porcentajes de alrededor de 70:30. La bioapatita y el colágeno del marfil no intercambian elementos o isótopos una vez que se han formado y, por lo tanto, ofrecen una secuencia temporal de las relaciones isotópicas [34]. En el caso de los isótopos estables, se registra un historial del régimen alimenticio (C, N, S incorporados en los alimentos) o el agua (H, O en los alimentos y el agua) utilizando la abundancia natural de estos isótopos.

Los radioisótopos se pueden utilizar para determinar la edad del marfil de elefante en bruto o trabajado. Si se dispone de colmillos enteros, es común que se pueda determinar el año de la muerte; si se dispone de marfil trabajado, es común que se pueda determinar el año en que creció la muestra. Las pruebas de armas nucleares en la década de 1950 y principios de la década de 1960 casi duplicaron la concentración de carbono 14 (^{14}C) en la atmósfera. Desde entonces, la concentración ha disminuido gradualmente debido a los procesos naturales, principalmente a la absorción y el reciclaje en la biosfera y los océanos. En 2014, disminuyó a un nivel de alrededor del 4 % por encima de la concentración natural. Debido al largo periodo de la vida media del radiocarbono (5,730 años), la “curva de la bomba”, que ha sido ampliamente calibrada durante los últimos 50 años, se ha utilizado de manera extensa para datar las muestras formadas desde mediados de la década de 1950. Las concentraciones de ^{14}C registradas en plantas y tejidos animales se pueden asignar a una edad de formación con un margen de error de unos cuantos años utilizando protocolos de muestreo apropiados; en algunas situaciones particulares, la edad de formación se puede determinar dentro de un margen de ± 0.5 años. Si las muestras se tomaron a lo largo de la interfase de crecimiento activo, se puede determinar la edad de la muerte [31, 33]. Por lo tanto, la “curva de la bomba” es útil para una datación precisa desde alrededor de 1955 hasta hoy en día.

Sin embargo, la “curva de la bomba” tuvo un rápido ascenso, alcanzando su nivel máximo alrededor de 1964, seguido de un descenso gradual. Por lo tanto, es probable que la mayoría de las muestras incautadas se encuentren en la parte descendente de la “curva de la bomba”. Aun así, en ciertos casos, se pueden obtener dos resultados de la edad (uno de 1955 a 1965; el otro de 1965 hasta el presente). Una forma de verificar los resultados es utilizando un isótopo diferente con un historial distinto al del ^{14}C , por ejemplo, el ^{90}Sr , como sugiere una investigación reciente [35]. Otro método se basa en la captación relativa del radio (biodisponible) en comparación con el torio (no biodisponible). Este método determina el tiempo absoluto desde que se formó el tejido y es independiente de cualquier “curva de la bomba” [36]. Una tercera forma consiste en medir dos submuestras de ^{14}C tomadas de posiciones adyacentes a lo largo del eje de crecimiento de la muestra de interés.

En la mayoría de los casos, y hasta que la concentración de isótopos de ^{14}C en la atmósfera alcance niveles de radiación de fondo, el ^{14}C puede datar las muestras de marfil dentro de un margen de pocos años. Utilizando la espectrometría de masas con aceleradores para la datación del ^{14}C , el contenido de carbono de la muestra debería ser de aproximadamente 1 mg, lo que normalmente corresponde a unos 10 mg de marfil en bruto. Así, las muestras tomadas a lo largo del margen interno del marfil, a lo largo de la interfase de la pulpa dentaria del colmillo, se pueden utilizar para determinar la fecha de la muerte. En ciertos casos en que es necesario resolver el problema de las soluciones duales de la curva de la bomba de ^{14}C del marfil, se requiere la medición de las relaciones del ^{90}Sr o del $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$, o la medición de dos submuestras de ^{14}C tomadas de posiciones adyacentes a lo largo del eje de crecimiento; para la medición de las relaciones del ^{90}Sr o del $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ se necesita un mínimo de 10 g de marfil para realizar el análisis [33, 37].

Tabla 2. Aplicabilidad de los métodos para determinar la edad de la muestra de marfil

| Prueba | Colmillo | Colmillo procesado | Tejido |
|--|--|--|--|
| Morfología, si hay alguna indicación de envejecimiento o la muestra parece muy nueva | Toda la estructura | Toda la estructura Métodos o estilos de tallado | No es posible |
| Radioisótopos | Margen de \pm x años dependiendo de la combinación de radionúclidos (^{14}C , ^{90}Sr , $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$) | | Útil solo para el tejido que es metabólicamente inerte |

14.3 Métodos de identificación del origen geográfico

La identificación del origen geográfico del marfil puede proporcionar información a los funcionarios encargados de hacer cumplir la ley y ayudarles a detectar las zonas críticas de caza furtiva. La aplicabilidad de los métodos para determinar el origen geográfico de una muestra de marfil se presenta en la Tabla 3.

14.3.1 Análisis de ADN

Hay tres regiones del ADN que se pueden utilizar para la identificación del origen geográfico: ADNmt, las repeticiones cortas en tándem (STR) del cromosoma Y, y microsatélites de ADN autosómico (nuclear). La clasificación del ADN mediante microsatélites es un método comprobado para la asignación geográfica. Otros marcadores genéticos, como el uso de ADN mitocondrial, son posibles, en particular si no hay suficiente ADN para los marcadores nucleares, y se podrían utilizar microsatélites ligados al cromosoma Y. Sin embargo, la asignación de origen geográfico utilizando el ADNmt y el Y-STR tiene un poder de discriminación menor en comparación con el uso de marcadores de microsatélites nucleares autosómicos. Adicionalmente, estos

requieren un muestreo muy completo debido a su transmisión específica por sexo. La presencia compartida de un haplotipo puede que no provea información sobre el origen si ese haplotipo está presente en poblaciones sin muestreo de otras zonas. Del mismo modo, la ausencia de un haplotipo de alguna ubicación podría ser el resultado de un muestreo incompleto y, por lo tanto, no implica necesariamente que la muestra proceda de otra zona.

Los microsátélites del cromosoma Y tienen una ventaja específica, ya que solo se transmiten del elefante macho a las crías macho. Tanto la clasificación del ADN mitocondrial como los marcadores Y-STR tienen un poder de discriminación significativamente menor cuando se comparan con los marcadores descritos [38].

14.3.2 Análisis isotópico

El análisis de isótopos estables se utiliza comúnmente para determinar el régimen alimenticio de los animales. Los mapas isotópicos de distribuciones geográficas se utilizan para determinar los orígenes geográficos de plantas, animales y materiales procesados [39]. El estudio de la procedencia de la fauna y la flora silvestres se basa en la herencia de las relaciones de abundancia natural de los isótopos según las redes alimenticias de la zona (carbono), la ecología (nitrógeno), la geología (estroncio), la geografía (azufre, incluidos los aerosoles marinos) y la elevación (oxígeno e hidrógeno). En conjunto, una combinación de isótopos puede producir una intersección de espacio que corresponde a un espacio geográfico limitado. La bioapatita en el marfil se puede analizar a través de los isótopos de carbono, oxígeno y estroncio; el colágeno en el marfil se puede analizar a través de los isótopos de carbono, nitrógeno y azufre; el oxígeno e hidrógeno en el colágeno se puede analizar si se toman las precauciones necesarias para los isótopos intercambiables.

Van der Merwe *et al.* y Vogel *et al.* demostraron que los isótopos estables (carbono y nitrógeno) podían utilizarse para distinguir diferentes poblaciones de elefantes africanos [40, 41]; van der Merwe *et al.* y Vogel *et al.* demostraron que los isótopos pesados, como el $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, que están relacionados con la edad geológica del lecho rocoso de la zona, también pueden distinguir a las poblaciones de elefantes [42, 43]. La obra de Lee-Thorp *et al.*, Hall-Martin *et al.* y Hart *et al.* [44-46] la continuaron Emslie *et al.* (2001) y Amin *et al.* [47-49] y descubrieron que la composición química de la relación de los isótopos estables del cuerno de rinoceronte también variaba de una zona a otra y de una especie a otra, lo que reflejaba diferencias tanto geológicas como de pluviosidad. Más recientemente, Ehleringer *et al.*, Valenzuela *et al.* y Chesson *et al.* crearon un mapa de los isótopos en el agua y en los seres humanos en toda América del Norte, y han demostrado que surgen patrones coherentes debido a la geología, el régimen alimenticio y los patrones meteorológicos del área [50-52]. Se denominan “*isoscapas*” [39] y se están utilizando ampliamente en diversos estudios sobre la fauna y la flora silvestres. Ziegler *et al.* han desarrollado “*isoscapas*” para el marfil de elefante para ayudar a determinar el origen del marfil [53]. Cerling *et al.* han aplicado isótopos de carbono, oxígeno y nitrógeno para determinar los “*isoscapas*” de los elefantes en Kenia [54], y Ziegler *et al.* han demostrado que la medición de múltiples isótopos en el marfil mejora enormemente la capacidad de predicción en los estudios de procedencia [55].

El análisis de isótopos estables puede ser útil para responder a preguntas específicas de cumplimiento, como por ejemplo si una muestra procede de una región específica. Según la naturaleza de la muestra y la base de datos de referencia, el análisis de isótopos estables puede permitir la identificación de una fuente geográfica precisa en muestras desconocidas. La precisión de cualquier instrumento de discriminación depende del número y la variabilidad de las medidas utilizadas, así como de la exhaustividad del mapa de muestras de referencia de una geografía específica que se haya utilizado para realizar las asignaciones, lo que puede proporcionar información complementaria sobre el origen geográfico del marfil.

Tabla 3. Aplicabilidad de los métodos para determinar la asignación geográfica del marfil

| Prueba | Colmillo | Colmillo procesado | Tejido |
|--------------------------|---|--------------------|---|
| Microsatélites nucleares | Posible en todos los tipos de muestras, siempre que se pueda aislar ~ 1 ng de ADN | | |
| ADN mitocondrial | Posible en todos los tipos de muestras, siempre que se pueda aislar ~ 1 ng de ADN | | |
| Microsatélites Y | Posible en todos los tipos de muestras, siempre que se pueda aislar ~ 1 ng de ADN | | |
| Isótopos estables | Posible en material de colmillos y huesos si se proporciona al menos 30 mg de material para el análisis de isótopos múltiples | | Posible si se establece una base de datos de referencia |

14.4 Métodos para determinar el número de elefantes individuales

Vincular el marfil con elefantes individuales les permite a los científicos estimar el número de elefantes asesinados. La aplicabilidad de los métodos para vincular el marfil con elefantes individuales se presenta en la Tabla 4.

El número mínimo de elefantes de los que pudiera proceder el marfil se puede determinar simplemente contando el número (n) de colmillos y dividiéndolo por dos si se incautan colmillos enteros (o casi enteros). Sin embargo, este método puede subestimar en gran medida el número real de elefantes asesinados cuando no hay colmillos enteros en pares, y es completamente inaplicable cuando los colmillos han sido trabajados.

Actualmente existe un solo método científico que puede determinar el número de elefantes individuales, es decir, la clasificación del ADN (Tabla 4) [56]. Los microsatélites descritos por Wasser *et al.* y demás se pueden utilizar para vincular una muestra incautada con un cadáver o con otras muestras incautadas de manera muy

similar a como se utilizan las pruebas de ADN en la identificación humana [38, 57, 58]. Del mismo modo, la clasificación del ADN nuclear mediante el sistema RhODIS se ha utilizado con éxito en las investigaciones forenses de rinocerontes y como parte de procesamientos judiciales [59]. El ADN mitocondrial—heredado por todos, pero transmitido por el linaje materno—y los microsatélites Y—transmitidos solo por el linaje paterno—tienen un papel específico pero complementario en la vinculación de una muestra incautada con un cadáver o con otras muestras incautadas, y también puede desempeñar un papel importante en la vinculación familiar (la vinculación de los colmillos con sus familiares).

Tabla 4. Aplicabilidad de los métodos de identificación específica de individuales a partir de muestras de marfil

| Prueba | Colmillo | Colmillo procesado | Tejido |
|----------------------------|---|--------------------|---------------|
| Número mínimo de elefantes | Posible si hay colmillos enteros incluyendo piezas reensambladas, usando n/2 | No es posible | No es posible |
| Microsatélites | Permite estadísticas de asignación de ADN estándar y la identificación específica | | |
| ADN mitocondrial | Funciona en todas las muestras, pero solo identifica el linaje materno | | |
| Microsatélites Y | Solo funciona en muestras de machos y solo identifica el linaje paterno | | |

14.5 Procedimientos

14.5.1 Análisis de ADN

Pretratamiento de muestras

Lo ideal sería que todo el trabajo se realizara en instalaciones adecuadas a fin de reducir al mínimo la posibilidad de contaminación de las muestras, en particular de otras muestras de marfil, de cualquier material de referencia de elefante y especialmente de productos de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) [60, 61].

Hay poco ADN dentro del marfil y potencialmente menos en el marfil procesado. Es probable que haya ADN humano en la superficie exterior del marfil. La mejor manera de eliminar este contaminante humano es lavando la superficie de la muestra, seguido de un hisopado con un 10 % de lejía (o con agua desionizada, seguido de 30 U/ml de Benzonase® Nuclease). Una vez limpia, es importante manipular la muestra con guantes para evitar la contaminación adicional de ADN humano. También es necesario evitar la contaminación del material con ADN de otro material de elefante al procesarlos en diferentes momentos y lugares, o asegurándose de una separación física.

Procedimiento de preparación y extracción de muestras de ADN genómico y mitocondrial

Se debe seguir un método estándar para la extracción de ADN. Para la extracción de ADN del marfil, véase Mailand y Wasser [62]. Además, es importante evitar el sobrecalentamiento del marfil cuando se pulveriza para la extracción de ADN, ya que esto puede degradar el ADN. Una forma de evitar esto es utilizando un molino congelador, que utiliza nitrógeno líquido para congelar el marfil a -200°C para facilitar la pulverización y al mismo tiempo resguardar el ADN durante el proceso. Ya sea que se utilice equipo mecánico o de forma manual, es importante asegurarse de que las posibilidades de contaminación de una extracción de marfil a otra se reduzcan al mínimo. El aparato se debe limpiar a fondo entre cada muestra. La limpieza con un 10 % de lejía y luz ultravioleta son algunas opciones.

Se necesitan aproximadamente 200 mg de marfil en polvo por cada extracto para garantizar suficiente ADN al final del proceso. El marfil tiene cantidades relativamente bajas de ADN de elefante recubierto en grandes cantidades de minerales como el calcio. Debido a esto, el marfil se debe desmineralizar después de ser pulverizado finamente. Incubar el polvo de marfil pulverizado en una alta cantidad de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) es una forma muy eficaz de eliminar el calcio de la solución. Incube el marfil en polvo durante la noche a 4°C en una solución de 0.5 M de EDTA en un tubo estéril, lávelo y repita durante otras 24 horas. Es ideal realizar dos extractos de la misma muestra, ya que el ADN no está distribuido de manera uniforme en el colmillo. La toma de dos extractos ayuda a asegurar que se obtenga una cantidad confiable de ADN para maximizar las posibilidades de amplificar todas las formas de alelos presentes en la muestra [62, 63].

El ADN se purifica del tampón de extracción mediante una serie de métodos, entre ellos el uso de productos disponibles comercialmente. Se pueden combinar múltiples extractos de la misma muestra para aumentar la cantidad de ADN, pero hay que tener cuidado de combinar solo las muestras que se hayan desmineralizado por completo.

Amplificación del ADN por reacción en cadena de la polimerasa

Algunas muestras de marfil pueden resultar difíciles de analizar por diversas razones. Si ambos extractos no logran amplificar el ADN mientras que otras muestras funcionaron bien, puede ser mejor descartar esa muestra de los análisis posteriores si todavía hay muchas muestras alternativas disponibles. Si uno de los dos extractos funciona y el otro no, puede valer la pena añadir un tercer extracto de esa muestra. Si la mayoría de las muestras fallan, entonces es importante revisar todos los pasos para asegurarse de que cada uno de ellos se está realizando correctamente.

Si hay ADN presente, pero la muestra no se amplifica, es probable que la muestra contenga inhibidores que impiden que el ADN se amplifique. Hay una variedad de técnicas de limpieza de muestras disponibles para eliminar inhibidores. A veces, la dilución de la muestra ayuda porque reduce el número de inhibidores en el extracto. En este caso, el ADN también está diluido. Sin embargo, mientras los cebadores de

ADN puedan encontrar ADN, lo podrán amplificar. Concentrar el ADN también es una opción. A veces, es mejor probar ambos procedimientos para ver cuál método ayuda más en ese caso específico.

La amplificación del ADN por PCR tiene el gran beneficio de ser altamente sensible, pero esta sensibilidad puede ser un problema si no se realiza en instalaciones limpias con el fin de minimizar la posibilidad de contaminación. El material de referencia no debe analizarse en el mismo espacio de laboratorio que el ADN de los artículos incautados. Se necesitan guantes limpios, junto con el uso de controles negativos y positivos [60, 61]. Los controles negativos reemplazan el ADN con H₂O estéril. (Las muestras en blanco contienen agua estéril sin ADN en lugar de la solución de ADN.) Para la amplificación de microsatélites autosómicos, el ADN de una de las dos especies de elefantes africanos actúa como un control positivo. Para el ADNmt, el ADN de cada especie actúa como un control positivo. En este caso, el ADN de los controles también debe amplificar el mismo producto, que es idéntico al genotipo conocido del ADN añadido del animal de control.

Debido a que el ADN está distribuido de manera desigual en los colmillos, se recomienda que el ADN de microsatélites se amplifique a partir de dos o más extractos por muestra, y que cada extracto se amplifique en dos reacciones separadas. Cada alelo heterocigoto se debe detectar al menos dos veces para poder confirmar el resultado. Un alelo homocigoto se debe detectar al menos tres veces para poder confirmar el resultado. Esto ayudará a evitar que falte uno de los dos alelos por cada *locus* si el ADN se degrada (es decir, si tiene un pico fluorescente muy pequeño en el analizador genético, o una banda menos intensa en un gel, múltiples *loci* faltantes y un exceso de *loci* homocigotos entre los que sí se amplifican). Se puede encontrar más información sobre los marcadores de microsatélites en Wasser *et al.* [38].

Hay dos *loci* principales de ADN mitocondrial que se utilizan en las pruebas de especies: los *loci* del citocromo b (cyt b) o del citocromo oxidasa 1 (COI), ya que ambos tienen amplios datos de referencia para las comparaciones. Como ejemplo, véase Lee *et al.* [64]. Estos dos *loci* tienen suficientes secuencias de ADN dentro de las áreas examinadas, de tal manera que todas las especies de elefantes existentes pueden separarse entre sí y de cualquier otra especie de mamíferos, incluido el mamut extinto. La labor del Consorcio del Código de Barras de la Vida* ha estandarizado una sección del *locus* COI y combina la asignación de especies mediante la clasificación del ADN con la taxonomía y los conocimientos basados en la morfología para ayudar a una asignación precisa de las especies.

En los estudios científicos publicados se pueden encontrar juegos de cebadores para ambos *loci* que amplificarán, por ejemplo, una fracción de 400 pares de bases del *locus* cyt b o una fracción de 645 pares de bases del *locus* COI. Se trata de secciones estándar

* El Consorcio del Código de Barras de la Vida apoya el desarrollo del código de barras de ADN como un estándar mundial para la identificación de especies. El código de barras de ADN es un método que utiliza un marcador genético en el ADN de un organismo para identificarlo como perteneciente a una especie en particular. Para más información, véase <http://www.barcodeoflife.org/>.

de los *loci* que cuentan con amplios datos de referencia disponibles para efectos de comparación. Los detalles completos se encuentran en Linacre y Lee [65].

La alineación de secuencias de cualquier dato de ADN del marfil con los datos de referencia se puede realizar utilizando un software gratis (como MEGA v4). Las diferencias entre los elefantes asiáticos, de sabana, de bosque y de mamut son superiores al 2.5 % para cualquier *locus*. Una diferencia inferior al 1.5 % al comparar dos muestras de la misma especie se puede considerar como variación dentro de la especie [66].

Procedimiento de análisis de fragmentos de ADN

El equipo de electroforesis capilar debe tener acceso al software GeneMapper o GeneMarker. Un indicador de tamaño como el 500 ROX se debe usar como patrón interno de peso molecular. El perfil de ADN debe proceder de una sola fuente y no mostrar ninguna indicación de que se trate de una mezcla de varios individuos (por ejemplo, detectando ≥ 3 alelos por *locus* en la misma muestra). El control negativo debe estar libre de cualquier perfil de ADN. El control positivo debe generar el perfil de ADN correcto.

Análisis de datos de ADN

Análisis de datos de secuencias de ADNmt

La alineación de secuencias de cualquier dato de ADN del marfil con los datos de referencia se puede realizar utilizando un software gratis (como el *Molecular Evolutionary Genetics Analysis* [MEGA], de la Universidad Estatal de Arizona) [67]. Las diferencias entre los elefantes asiáticos, de sabana, de bosque y de mamut son superiores al 2.5 % para cualquier *locus*. Una diferencia inferior al 1.5 % al comparar dos muestras de la misma especie se puede considerar como variación dentro de la especie.

Análisis de fragmentos de ADN de microsatélites autosómicos

Registra el tamaño en pares de bases o puntos de datos y la altura de cada pico. Los datos de la altura del pico ayudan a confirmar que los datos sean fiables. Los datos sobre el tamaño son esenciales tanto para la asignación del individual como para las pruebas geográficas, por ejemplo, utilizando el software SCAT (*Smoothed and Continuous Assignment Tests*).*

El SCAT se utiliza para identificar muestras como proveniente de bosque, de sabana o de subespecies híbridas [38]. El SCAT utiliza un método bayesiano implementado con el suavizado espacial del método de Monte Carlo basado en cadenas de Markov para estimar simultáneamente las frecuencias alélicas de cualquier lugar de África [68, 69]. Se supone que las frecuencias alélicas dependen de todas las muestras de referencia con una correlación espacial que depende de la distancia entre las poblaciones. El SCAT se utiliza entonces para asignar la población de origen a todas las muestras puras (no híbridas) utilizando las frecuencias alélicas estimadas de la misma subespecie, bosque

* El software está disponible gratuitamente para Windows y Macintosh en <http://conservationbiology.uw.edu/research-programs/tracking-poached-ivory/scat-win/> y en <http://stephenslab.uchicago.edu/software.html> respectivamente.

o sabana. Múltiples muestras de la misma subespecie se asignan independientemente utilizando una distribución *a priori* uniforme en todas las partes de África, o como grupo utilizando una distribución *a priori* basada en un diagrama de Voronoi que aprovecha las similitudes genéticas entre las muestras [63]. En la asignación de grupos se supone que las muestras de la consulta se tomaron uniformemente de la misma región que consiste en uno o más polígonos, no necesariamente adyacentes, identificados por un proceso conocido como teselado de Voronoi [63, 70].

La inclusión de un *locus* requiere que se confirmen ambos alelos. Lo ideal sería que se excluyeran del análisis estadístico las muestras con menos de 10 de los 16 *loci* confirmados. Sin embargo, el análisis todavía se puede realizar de manera fiable con un mínimo de 7 *loci* confirmados.

14.5.2 Análisis isotópico Isótopos estables

Se deben tomar fragmentos de marfil de al menos 30 mg de diferentes posiciones en el extremo proximal del colmillo utilizando una pequeña sierra manual o, alternativamente, una pinza. Por lo tanto, como esta es la parte más joven del colmillo, se supone que la señal isotópica refleja el ambiente donde el animal vivió justo antes de su muerte. Las muestras recogidas del margen de la cavidad de la pulpa dentaria darán los últimos 6 a 12 meses de información geográfica. Los fragmentos deben ser sellados en bolsas de polietileno hasta su análisis posterior. También se pueden tomar muestras de colmillos procesados, pero entonces la determinación de la procedencia correspondiente a donde murió el elefante es menos segura porque se desconoce el tiempo entre la formación de ese trozo de marfil y el momento en que murió el elefante, y el animal podría haberse dispersado muy lejos en ese intervalo. Esta preocupación es particularmente significativa para los machos.

Después de la pulverización en un molino de bolas de acero endurecido con el recipiente para moler continuamente enfriado con nitrógeno líquido a -196°C , las muestras deben limpiarse con diclorometano para extraer el agua débilmente unida y adsorbida de las superficies minerales y óseas así como las sustancias apolares, como la grasa de los tejidos, y luego se dejan secar al aire a 60°C durante 36 horas. Después, las muestras se deben almacenar en un desecador para evitar la humidificación. Las mediciones isotópicas de submuestras (1-4.5 mg) de diferentes relaciones isotópicas estables de elementos ligeros deben llevarse a cabo con espectrómetros de masas de relaciones isotópicas (IRMS) de flujo continuo y de alta precisión. El marfil pulverizado se puede medir directamente, pero los protocolos convencionales sugieren la separación del marfil en componentes de colágeno y de minerales. Esto permitirá realizar mediciones de alta precisión de las relaciones isotópicas para el carbono y el oxígeno (bioapatita), el carbono y el nitrógeno (colágeno), el hidrógeno y el oxígeno (colágeno) y el azufre (colágeno). Las relaciones isotópicas estables (R) se expresarán en notación delta (δ) en la unidad convencional por cada mil (‰), donde $\delta = [(R_{\text{muestra}} / R_{\text{estándar}}) - 1] \times 1000$, y se interpreta como la diferencia, en partes por cada mil, entre la muestra y el estándar internacional de referencia. El control de calidad se debe asegurar con muestras de control de composición isotópica conocida, como se describe en Valengula *et al.* [50].

Para evaluar la precisión de los análisis, se deben realizar al menos dos mediciones repetidas de cada muestra. Las relaciones isotópicas se pueden utilizar para asignar muestras de marfil de origen desconocido a zonas de presunta procedencia utilizando la opinión de expertos o datos de referencia espacial que se almacenarán en la base de datos Ivory ID. Esta base de datos en Internet almacenará inicialmente unas 600 muestras de referencia de marfil de origen comprobado de 25 Estados del área de distribución del elefante africano y 6 asiáticos.

Radionucleidos

Las muestras se deben recoger del extremo proximal del colmillo o del margen de la cavidad de la pulpa dentaria para calcular el año de la muerte. Se necesitan aproximadamente 10 g de marfil utilizando los métodos convencionales de ^{14}C (por ejemplo, técnica de recuento por centelleo líquido [LSC], ^{14}C); para el método de espectrometría de masa con aceleradores (AMS) de ^{14}C , se necesitan dos muestras que suman unos 20 mg de marfil en bruto.

Si se aplica el método radioanalítico combinado para determinar la actividad específica de $^{14}\text{C}/\text{C}$ y $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$ y $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$, se necesita un mínimo de 10 g de marfil para realizar valores suficientemente bajos de los límites inferiores de detección.

El método radioanalítico consiste en la incineración, la separación radioquímica y la preparación de muestras de detección adecuadas. Los métodos de análisis se deben ejecutar con la mayor eficiencia posible y sin perturbaciones, realizando los límites inferiores de detección extremos. Es necesario separar y concentrar primero los elementos de interés sin pérdidas significativas y purificarlos de radionucleidos posiblemente interferentes como el ^{40}K y el ^{137}Cs . Se aplican diferentes métodos de detección de la radiación nuclear de bajo nivel para determinar las actividades de los radionucleidos de interés. Se trata del recuento por centelleo líquido (LSC) para detectar el ^{14}C , el recuento beta por un contador de flujo de gas para detectar el ^{90}Sr , y la espectrometría alfa por un detector de unión de barrera de superficie de silicio para detectar los radionucleidos ^{228}Th y ^{232}Th . Para cumplir con los requisitos, debe disponerse de un laboratorio radioanalítico bien equipado, además de personal bien capacitado y dispositivos de detección nuclear de bajo nivel [33, 37].

14.6 Ensayos de aptitud o análisis de concordancia

Los laboratorios que realizan análisis forenses deben formar parte de un programa de ensayos de aptitud. Es parte fundamental del sistema de gestión de la calidad del laboratorio y un requisito para fines de acreditación. Los ensayos de aptitud ayudan a identificar problemas analíticos y a apoyar a los laboratorios en sus esfuerzos por mejorar la calidad de sus resultados analíticos. Las muestras de origen conocido o desconocido son analizadas por el laboratorio y los resultados se devuelven a un administrador para determinar si se han obtenido los resultados correctos. Hay varios ensayos de aptitud disponibles.

DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL MARFIL DE ELEFANTE A LA VENTA EN LÍNEA

por Giavanna Grein y Crawford Allan



CADA VEZ MÁS, LOS PRODUCTOS DE MARFIL E IMITACIONES SE VENDEN A TRAVÉS DE PLATAFORMAS EN INTERNET (en adelante denominadas "plataformas") como sitios web de comercio electrónico, motores de búsqueda y aplicaciones de redes sociales. Identificar marfiles a través de estas plataformas es más difícil ya que un artículo representado en línea no se puede examinar de cerca, a diferencia de un artículo físico que sí se puede. A menudo, la información proporcionada por un vendedor en línea, como las descripciones e imágenes, puede ser insuficiente para determinar si un producto está hecho de marfil de elefante o contiene elementos de este. Sin embargo, hay algunos indicadores clave que deben buscarse en el monitoreo en línea para identificar el marfil de elefante versus otros marfiles y sus sustitutos e imitaciones conocidos. Es importante señalar que no todos estos indicadores confirman la autenticidad, sino que más bien contribuyen a la reunión de pruebas para determinar si el producto merece atención y la adopción de medidas adicionales.

INDICADOR PRIMARIO: PRESENCIA DE LÍNEAS DE SCHREGER

Como se demuestra en la “Introducción” y en la sección sobre “Colmillos de elefante y mamut”, las líneas de Schreger son propiedades físicas exclusivas de los marfiles de elefante y de mamut. Pueden ser visibles en imágenes en línea cuando la resolución es lo suficientemente alta y se muestran los ángulos adecuados del producto. Para buscar las líneas de Schreger, haga clic en la imagen del producto para agrandarla, y utilice una función de zoom si está presente en la plataforma para observar de cerca las secciones transversales y los bordes redondeados. Véase la página 18 de esta guía para ejemplos. Si estas líneas son visibles en la imagen del producto, es probable que el artículo sea auténtico marfil de elefante o de mamut.

INDICADORES SECUNDARIOS:

LENGUAJE - PISTAS DE PALABRAS DE BÚSQUEDA

ANUNCIOS DE PRODUCTOS DE 'MARFIL'

Algunos vendedores anunciarán sus productos como *marfil* o *marfil de elefante* a pesar de las prohibiciones de estos productos de las plataformas. Esto puede ser cierto incluso si el artículo está hecho de sustitutos como el hueso o el plástico. Si el anuncio dice que el artículo es de *marfil* esto no confirma la autenticidad, sin embargo, puede valer la pena revisarlo.

PALABRAS CLAVE DE BÚSQUEDA

Con las crecientes restricciones sobre los productos de marfil de elefante que se comercializan en línea, los vendedores están utilizando descripciones de texto de los artículos en venta que intentan engañar a los filtros de detección de la plataforma automatizada. Las descripciones de texto pueden estar en el idioma relevante de la plataforma o en otro idioma y seguirán atrayendo a los compradores que entenderán lo que es el producto y tal vez que es auténtico. Por ejemplo, en lugar de describir una pieza de marfil como un producto de elefante, el anuncio puede decir que el producto está hecho de *hueso* y de un *gran mamífero africano*. Estas soluciones provisionales evolucionan constantemente a medida que los filtros automatizados captan las palabras de búsqueda conocidas, aunque los engaños de los vendedores usando el texto generalmente se clasifican en las siguientes categorías:

- **EDAD:** El comercio de marfil de elefante se reguló por primera vez bajo la CITES en 1975 con la inclusión de los elefantes asiáticos en el Apéndice I y posteriormente con la inclusión de los elefantes africanos en el Apéndice II en 1977. En 1990 entró en vigor una prohibición de comercio internacional cuando se incluyó al elefante africano en el Apéndice I (y la subsiguiente regreso al Apéndice II de las

poblaciones de Botsuana, Namibia, Sudáfrica y Zimbabue en 1997).

Los vendedores pueden tratar de indicar que el marfil que ofrecen es lo suficientemente antiguo como para ser legal para el comercio sin violar estas regulaciones. El marfil que se alega como *anterior a la Convención* sería cualquier marfil de elefante producido antes de 1975 y el marfil de elefante que se afirma como *anterior a la prohibición* sería el marfil de elefante africano producido antes de 1990. Los vendedores también pueden anunciar un artículo en venta como *antigüedad*, aunque esto depende de la definición de antigüedad de marfil en el país en el que se comercializa (por ejemplo, “de más de 100 años de antigüedad”).

Es común ver un anuncio que se refiere a un período de tiempo, por ejemplo, *victoriano, de los años 30, anterior a la prohibición, anterior a la Convención*. Visualmente, es casi imposible estar seguro de si el producto es del período de tiempo al que se refiere el vendedor en línea. En raras ocasiones, un vendedor incluirá una tasación o una copia de un documento oficial como un permiso de la CITES o un certificado de venta. Sin embargo, hay muchas lagunas potenciales en la provisión de esos documentos cuando se comercia en línea y sería necesario examinar y verificar los documentos originales. **EJEMPLOS DE PALABRAS CLAVE INCLUYEN: *antigüedad, anterior a la prohibición, anterior a la Convención y vintage.***

- **AUTENTICIDAD:** Un vendedor puede incluir palabras para indicar que el producto no está hecho de marfil de elefante, sino de un sustituto conocido o de una imitación para evitar las regulaciones de la plataforma, suponiendo que un comprador pueda identificar el producto auténtico a partir de otras pistas del anuncio.

EJEMPLOS DE PALABRAS CLAVE INCLUYEN: *falso, color marfil y réplica de marfil.*

- **RAREZA:** Los vendedores pueden tratar de demostrar la rareza de un producto para indicar que es auténtico marfil de elefante en lugar del sustituto de marfil publicado en el anuncio. En este caso, el vendedor puede no mencionar el material sino simplemente que el producto es raro. **EJEMPLOS DE PALABRAS CLAVE INCLUYEN** (seguidas de un material sustituto, por ejemplo, hueso): ***ya no disponible, raro y único.***
- **SUSTITUTOS:** Un vendedor puede afirmar que el marfil en venta es de otro material legal. Puede ser un marfil natural alternativo, como el de la morsa, o de un sustituto conocido como el plástico. **EJEMPLOS DE PALABRAS CLAVE INCLUYEN:** ***hueso, resina y marfil vegetal (por ejemplo, nuez de tagua).***
- **RAYAS CRUZADAS:** Algunos vendedores pueden aludir a la presencia de líneas de Schreger sin anunciar explícitamente al producto como marfil de elefante. **EJEMPLOS DE PALABRAS CLAVE INCLUYEN:** ***rayas cruzadas, vetas naturales y hacer zoom en todos los ángulos.***
- **PRUEBA DE LA AGUJA CALIENTE:** Si un vendedor observa que un artículo pasaría la *prueba de la aguja caliente*, esto indica que el producto es un material natural como el marfil. Cuando una aguja o un alfiler se calienta y se presiona contra materiales artificiales como la resina, esto se derrite y huele a plástico quemado y la aguja se hunde en la superficie del producto.

- **PROCESO Y PRODUCTO:** Ciertas palabras clave del vendedor se refieren al proceso por el cual el producto fue producido (por ejemplo, *tallado a mano*) o al producto final en sí que se crea comúnmente utilizando marfil de elefante (por ejemplo, *okimono, netsuke*).
- **MENSAJES PRIVADOS:** Los vendedores pueden pedir a los compradores que envíen un PM (mensaje privado) o un DM (mensaje directo) para obtener más detalles sobre el precio y el intercambio de productos. Esto puede ser porque el producto es auténtico marfil de elefante y por lo tanto es probable que esté prohibido comerciar en la plataforma.
- **USO DE EMOJIS:** Aunque hasta la fecha no se ha investigado a fondo, el uso de emojis en lugar de texto para representar a animales vivos y productos de animales se ha identificado en algunos casos en las redes sociales y requerirá una mayor investigación.

Es importante señalar que si bien la presencia de esas palabras y frases de búsqueda temática puede ser un indicador de que el vendedor está tratando de anunciar el marfil auténtico de elefante sin alertar a los filtros de la plataforma que buscan artículos prohibidos, no verifica la autenticidad de esos productos. También hay muchas situaciones de fraude en que se venden artículos falsos como reales, o el mismo vendedor puede no saber realmente de qué material está hecho el producto que está tratando de vender.

PISTAS DE LA IMAGEN

Cada vez más los vendedores utilizan menos descripciones de texto para acompañar los anuncios de productos de marfil de elefante, confiando en gran medida en las imágenes para comunicarles la autenticidad a los compradores. Esto puede hacerse subiendo imágenes que muestren claramente las líneas de Schreger, fotografiando los productos con etiquetas o rótulos en la imagen que digan marfil e incluyan el país de origen (por ejemplo, joyas de marfil en una bolsa o joyero), o subiendo una imagen de marfil de elefante en una báscula para indicar que el producto es más denso que los productos sustitutos como el plástico. En la tabla que figura a continuación se incluyen ejemplos de estas pistas de imágenes y del lenguaje de los anuncios asociados en línea. *Nótese que las imágenes y el texto han sido extraídos directamente de anuncios reales.*

TABLA 11: ANUNCIOS DE PRODUCTOS DE MARFIL DE ELEFANTE EN LÍNEA TOMADOS DE UN ESTUDIO PUBLICADO POR TRAFFIC EN EL 2017²

Imagen del anuncio



Lenguaje del anuncio

“Vintage~ Brazaletes de hueso chino tallado ~ color marfil ~ con bolsa ~ Usada en excelente condición Precioso brazaletes vintage tallado de Hong Kong en color marfil. Creo que es hueso chino...pero no estoy 100% seguro. En excelente estado~ con bolsa rosa. El diámetro interior es de unos 2 5/8” ~ el diámetro exterior es un poco más de 3.25”. Por favor, vea todas las fotos y contácteme con cualquier pregunta. Gracias por tu interés.”

¿Por qué sospechar? La imagen del producto contiene la palabra "marfil" mientras que el vendedor anuncia el producto como hueso de color marfil.

²Kramer, R., Sawyer, R., Amato, S., LaFontaine, P. 2017. The US elephant ivory market: a new baseline [El mercado de marfil de elefante de EE. UU.: una nueva referencia]. TRAFFIC. Washington, DC.

Imagen del anuncio



Lenguaje del anuncio

“Escultura asiática vintage de un caballo tallada a mano, figura de color marfil sobre una base de madera. Por favor, haga zoom en todas las fotos ya que es parte de la descripción. Altamente detallada. Dicen que una imagen vale más que mil palabras, así que por favor miren las fotos para más detalles.”

¿Por qué sospechar? Las líneas de Schreger son visibles en la imagen, lo que el vendedor insinúa pidiendo al comprador que haga zoom en todas las fotos como parte de la descripción.



“Antiguos palillos chinos tallados con inscripciones: AQUÍ TENGO UN PAR DE PALILLOS CHINOS TALLADOS CON INSCRIPCIONES DE UN TIGRE Y UN POEMA. ESTÁ EN MUY BUEN ESTADO. NO HAY GRIETAS NI HENDIDURAS. Por favor, miren las fotos”

¿Por qué sospechar? El vendedor indica que una mayor inspección de las imágenes mostrará las líneas de Schreger, que son visibles cuando las imágenes se amplían.



“Antiguo...Brazalete TALLADO A Mano... Anterior a la guerra con Caja original... Caras J194. Artículo vintage de los años 30. Materiales: plata de ley, marfil, pintura. Antiguo... Brazalete TALLADO a mano... Hermanos Makino.....Raro”

¿Por qué sospechar? Marfil aparece como uno de los materiales y el vendedor indica que el producto es raro.

Imagen del anuncio



Lenguaje del anuncio

“DIJE DE MEDALLÓN DE MARFIL CON CENTRO GIRATORIO - HONG KONG 1966. ESTÁ OFERTANDO POR UN DIJE DE MEDALLÓN DE MARFIL DE COLMILLO DE ELEFANTE ANTERIOR A LA PROHIBICIÓN (1989) BELLAMENTE TALLADO DE 2 1/4" DE DIÁMETRO. DENTRO DEL DRAGÓN TALLADO EN EL ARO EXTERIOR HAY UN DISCO CON UN PERSONAJE CHINO TALLADO A TRAVÉS DE ÉL. ESTE DISCO ESTÁ REALMENTE TALLADO DE LA PIEZA MÁS GRANDE DEL DIJE, LO QUE LE PERMITE GIRAR O DAR VUELTAS SIN CAERSE. (PUEDE VER CÓMO GIRA PERO MIRANDO LA SECUENCIA DE FOTOS.) LA GRANULACIÓN TRANSVERSAL DE LA PIEZA ES MUY DÉBIL PERO SUTIL. EL MEDALLÓN ESTÁ ASEGURADO POR UN ARO DE ORO CON FORMA DE LÁGRIMA. ESTA ES UNA PIEZA ÚNICA Y ESPECIAL QUE REFLEJA LA HISTORIA DEL TALLADO DEL MARFIL DURANTE VARIAS DÉCADAS”

¿Por qué sospechar? El vendedor anuncia el producto como marfil de elefante que es anterior a la prohibición y usa el término 'granulación transversal' para referirse a las líneas de Schreger.



“Este maravilloso collar de huesos de buey de los años 30/40 es una obra de arte. El anciano barbudo lleva un bastón que está conectado a la figura en la parte posterior de la cabeza. Su kimono tiene un patrón verde tanto delante como detrás y la pieza parece tener una firma en el pie. No estoy seguro de la edad, pero las cuentas (0.34") que también son de hueso, están ensartadas y anudadas entre cada cuenta. Esto me lleva a creer que es antiguo. La fijación del netsuke parece ser de oro (¿placa?) sin ninguna mancha. El collar es de 18". Una hermosa pieza en gran estado”

¿Por qué sospechar? Las líneas de Schreger están presentes en la imagen. Además, los netsuke suelen ser tallados de marfil de elefante, lo que justifica una mayor revisión.

Imagen del anuncio



Lenguaje del anuncio

“Marfil, salero y pimentero antiguos imitación. Artículo vintage de los años 40. Mínimo desgaste...ver fotos.”

¿Por qué sospechar? La descripción incluye marfil junto con una referencia a las imágenes que revelan las líneas de Schreger.

RESTRICCIONES DE ENVÍO

Aunque no siempre es un indicador de autenticidad, si un vendedor restringe el envío del producto a través de las fronteras internacionales y/o subnacionales relevantes (por ejemplo, estados o provincias dentro de un país) puede deberse a que el producto está hecho de marfil de elefante y no cumple los requisitos de envío comercial legal a nivel internacional bajo la CITES/ a través de las fronteras bajo las leyes regionales y nacionales.

PRECIO

El precio del producto solía ser un indicador más fiable para distinguir al auténtico marfil de elefante de otros materiales, como los plásticos, que se venden en línea. Sin embargo, con el aumento de la regulación del comercio de marfil de elefante a nivel mundial y con un mayor mercado de vendedores que pueden desconocer el valor del producto que se vende, los precios del

DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL MARFIL DE ELEFANTE A LA VENTA EN LÍNEA

marfil en línea son menos estables que los que se vieron anteriormente.

Aún así, el precio puede ser un indicador útil cuando se comparan artículos similares. Por ejemplo, un netsuke de calidad que se venda por 300 USD tiene más probabilidades de ser auténtico en comparación con un anuncio similar por 20 USD.

CONCLUSIÓN

Identificar productos auténticos de marfil de elefante en línea es un reto, dado a que no se puede inspeccionar el artículo de cerca, el acceso limitado a las imágenes, la mala calidad de las fotos, las descripciones de texto confusas o limitadas y la capacidad de anonimizar los datos del vendedor. Es importante utilizar el contenido de la sección morfológica de esta guía para emitir un juicio a partir de las fotos que acompañan a estos anuncios y sopesar la información recogida de los indicadores secundarios para determinar la autenticidad cuando las imágenes por sí solas no proporcionan suficiente información. Para obtener información y asistencia adicionales, póngase en contacto con la autoridad de la CITES en su país, puede encontrar esta autoridad en el sitio web de la CITES en

(<https://www.cites.org/cms/index.php/component/cp/>).

