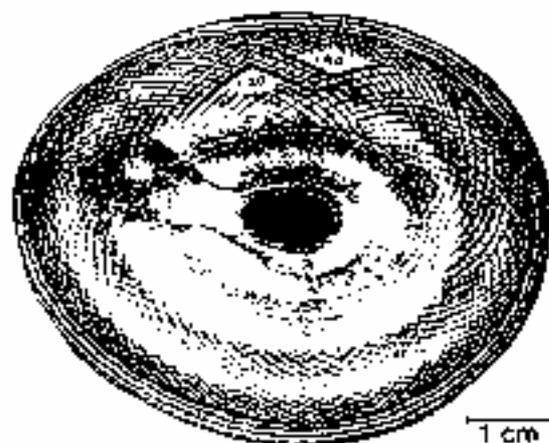


GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL MARFIL Y LOS SUBSTITUTOS DEL MARFIL

Edgard O. Espinoza
Mary-Jacque Mann



TRAFFIC



en cooperación con la
Secretaría CITES

Identificación del marfil: Introducción

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN		2
¿QUÉ ES EL MARFIL?		3
TIPOS DE MARFIL		9
Elefante y mamut		9
Morsa		13
Cachalote y orca		15
Narval		17
Hipopótamo		19
Jabalí verrugoso		21
SUCEDÁNEOS DEL MARFIL		23
SUCEDÁNEOS NATURALES		25
Hueso		25
Concha		25
Cáleo de Borneo		26
Marfil vegetal		27
SUCEDÁNEOS ARTIFICIALES		29
ANEXO 1	Procedimiento para la identificación preliminar del marfil y sus sucedáneos	31
ANEXO 2	Lista de instrumentos y equipo utilizados para la identificación preliminar del marfil y sus sucedáneos	31
GLOSARIO		33
BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA		35

CUBIERTA: Fotografía realizada de la configuración de Schreger en un corte transversal de marfil de elefante actual, en la que se indica un ángulo cóncavo y uno convexo y su medida. La explicación de la configuración de Schreger y el método de medición e interpretación de los ángulos de Schreger vienen dados en las páginas 10-12.

INTRODUCCIÓN

Los métodos, los datos y la información general para la identificación del marfil presentados en este manual son el resultado de la investigación forense realizada por el laboratorio Forense del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos de América, con sede en Ashland, Oregón.

El objetivo de las investigaciones fue elaborar un medio visual y no destructivo para tratar de distinguir en los puertos de entrada el marfil que es claramente legal del que se sospecha que es ilegal. Teniendo en cuenta ese objetivo, era preciso que los métodos 1) fueran de fácil ejecución y 2) no exigieran instrumentos científicos complejos. A ese respecto, se puede decir que hemos obtenido buenos resultados.

El lector notará que no hemos incluido información morfológica detallada sobre los colmillos o dientes completos debido, en gran parte, a que las estructuras completas son fáciles de identificar, pero también porque resulta imposible saber con antelación la parte del colmillo o del diente que se utilizará en una talla determinada. Decidimos, entonces, centrar nuestra atención en las características del marfil que sirven para determinar la especie a la que pertenece.

El resultado es un manual cuyo fin es ofrecer a los funcionarios, dedicados a la represión del tráfico de especímenes silvestres, a los científicos y a los administradores una técnica para distinguir visualmente entre el marfil legal y el ilegal, y una justificación de “causa probable” para la incautación del material cuya legalidad se sospecha.

Conviene destacar que, si bien los métodos que se describen en este manual son fidedignos desde el punto de vista de los objetivos perseguidos (la posibilidad de una identificación visual y la constitución de una evidencia para la incautación), ello no elimina la necesidad de que un científico experimentado analice el objeto de marfil trabajado para identificar positivamente el origen de la especie.

Esperamos que este manual les sea útil en sus tareas de protección de las especies que producen marfil.

Ken Goddard, Director
National Fish & Wildlife Forensics Laboratory

Para más información dirigirse a:

National Fish & Wildlife
Forensics Laboratory
1490 East Main Street, Ashland, Oregón 97250
Estados Unidos de América
Tel.: (503) 482-4191; Fax: (503) 482-4989

La Guía de identificación del marfil y de sus sucedáneos se publicó en forma de folleto en 1991. Esta obra fue publicada en los tres idiomas oficiales de la Convención, por el Fondo Mundial para la Naturaleza y la Fundación para la Conservación.

Habida cuenta de que se agotó este folleto, la Secretaría ha decidido volver a imprimir el texto y las ilustraciones como parte del Manual de Identificación de la CITES.

La Secretaría expresa su agradecimiento al Fondo Mundial para la Naturaleza y a la Fundación para la Conservación por haber permitido que se volviese a imprimir esta obra, así como a los autores de la misma por verificar el texto original, que no ha requerido enmienda alguna.

¿QUÉ ES EL MARFIL?

Aunque normalmente utilizamos la palabra “marfil” para referirnos a los colmillos de elefante, la estructura química de los dientes y los colmillos de todos los mamíferos es la misma, independientemente de la especie. El comercio de dientes y colmillos de otras especies distintas del elefante está bien afianzado y difundido. En consecuencia, el término “marfil” puede utilizarse correctamente para describir cualquier diente o colmillo de mamífero que presente interés comercial y sea suficientemente grande para que pueda ser tallado o grabado.

Dientes y colmillos tienen el mismo origen. Los dientes son estructuras especializadas adaptadas para masticar alimentos. Los colmillos, que son dientes muy grandes que sobresalen de los labios, han evolucionado a partir de los dientes y otorgan a ciertas especies una ventaja evolutiva. Los dientes de la mayoría de los mamíferos constan de raíz, cuello y corona. Los colmillos se componen de raíz y del colmillo propiamente dicho. Dientes y colmillos (fig. 8) tienen las mismas estructuras físicas: cavidad pulpar, dentina, cemento y esmalte. La parte interior es la cavidad pulpar, un espacio vacío dentro del diente que se ajusta a la forma de la pulpa.

La cavidad pulpar está recubierta de células odontoblásticas, que producen la dentina. La dentina, que es el componente principal de los objetos de marfil tallados, forma una capa de espesor homogéneo alrededor de la cavidad pulpar y abarca la mayor parte del diente o colmillo. Se trata de un tejido conectivo mineralizado con una matriz orgánica de proteínas colágenas. El componente inorgánico de la dentina es la dahllita, cuya fórmula general es $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{CO}_3)\text{H}_2\text{O}$. La dentina contiene estructuras microscópicas denominadas túbulos dentinales; se trata de microcanales que se extienden a través de la dentina desde la cavidad pulpar hasta el borde exterior del cemento. Estos canales tienen configuraciones diferentes en cada tipo de marfil, y su diámetro varía entre 0,8 y 2,2 micrones. Su longitud depende del radio del colmillo. La configuración tridimensional de los túbulos dentinales está determinada genéticamente, por lo que resulta una característica única del orden.

Al exterior de la dentina se encuentra la capa de cemento, que recubre la raíz de dientes y colmillos; su función principal es adherir la raíz a las mandíbulas. En el cemento se observan con frecuencia estrías incrementales.

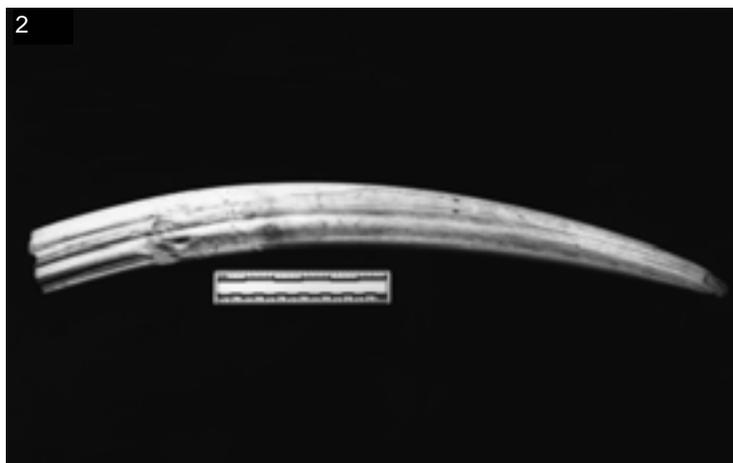
El esmalte, el tejido más duro, recubre la superficie del diente o colmillo que sufre el mayor desgaste, es decir, la corona. Los adamantoblastos producen el esmalte y desaparecen al final del proceso. El esmalte presenta una estructura prismática, con prismas orientados perpendicularmente con respecto a la corona o punta. La configuración prismática del esmalte puede tener importancia taxonómica y evolutiva.

Los dientes y los colmillos pueden tallarse en una variedad casi infinita de formas y objetos. Entre otros, cabe citar estatuillas, y otros pequeños objetos, joyas, mangos de cubertería, incrustaciones de marquetería y teclas de piano. Asimismo, los colmillos de jabalí verrugoso y los dientes de cachalote, de orca y de hipopótamo pueden grabarse o tallarse superficialmente, conservando su forma original, como objetos morfológicamente identificables.

La identificación del marfil y de sus sucedáneos se funda en las características físicas y químicas de esos materiales. El enfoque adoptado aquí para la identificación se basa en una combinación de las características físicas macro y microscópicas del marfil y una prueba química simple utilizando la luz ultravioleta. En el Cuadro 1, se muestra un diagrama destinado a la identificación preliminar del marfil y sus sucedáneos. En el Cuadro 2 se resumen las características de marfiles comerciales seleccionados. En los Cuadros 3 y 4 se resumen las características de sucedáneos de marfil seleccionados. En el Anexo 1 se indican los pasos a seguir para identificar el marfil utilizando el presente texto. En el Anexo 2 se ofrece una lista de los instrumentos y equipo empleados en la identificación preliminar del marfil y sus sucedáneos.

LAMINA 1

MARFIL NATURAL NO TRABAJADO



1. Colmillo de elefante africano (incisivo superior); 2. Colmillo de morsa (canino superior); 3. Diente de morsa.

LAMINA 2

MARFIL NATURAL NO TRABAJADO



4. Dientes de ballena (cachalote/orca); 5. Narval (incisivo superior) Nota: este colmillo ha sido parcialmente trabajado; 6. Dientes de hipopótamo (comenzando por el ángulo superior izquierdo, en el sentido de las agujas del reloj: incisivo superior, canino superior, canino inferior); 7. Colmillo de jabalí verrugoso (canino superior).

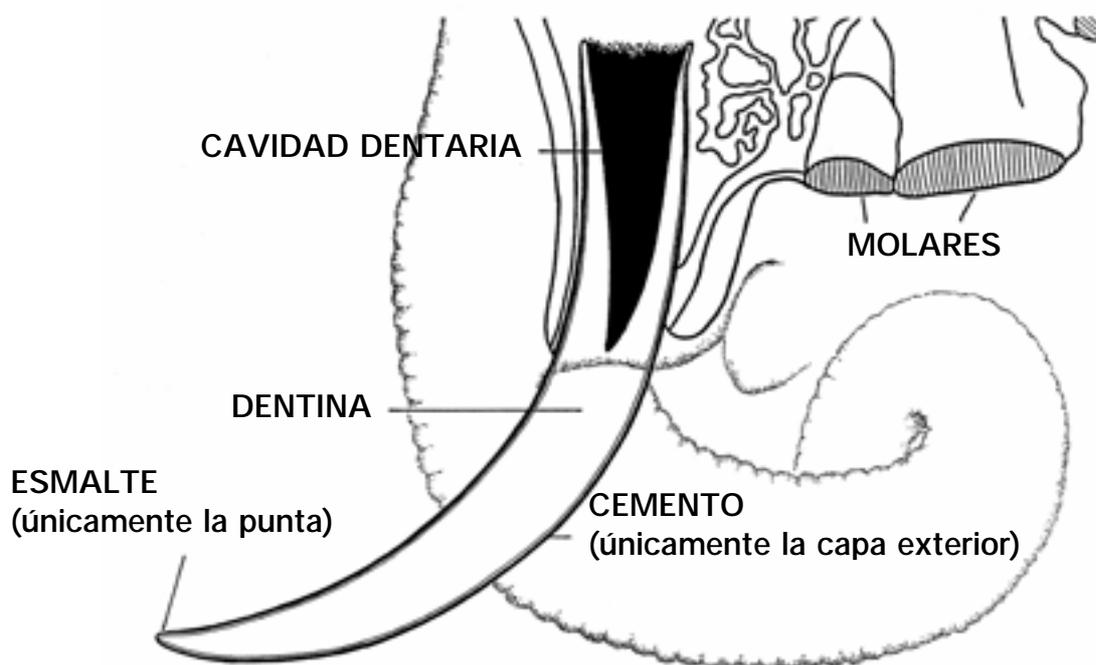
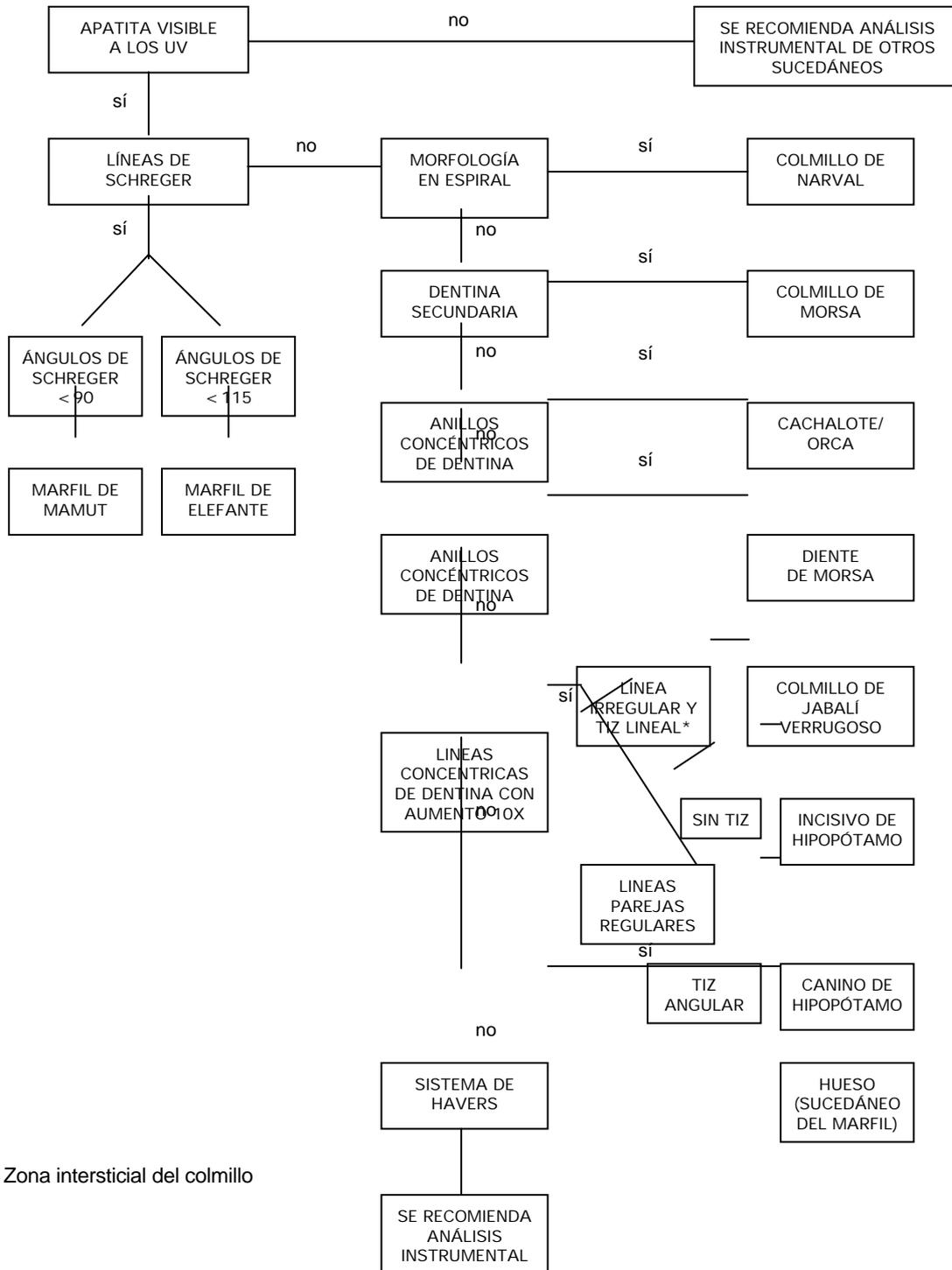


Figura 8. Diagrama de la morfología del colmillo.

CUADRO 1. ESQUEMA PARA LA CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DEL MARFIL Y DE SUS SUCEDÁNEOS EN UN CORTE TRANSVERSAL



* TIZ = Zona intersticial del colmillo

CUADRO 2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MARFILES COMERCIALES SELECCIONADOS

FUENTE	DIENTE MODIFICADO	CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS	CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS	ESMALTE	CARACTERÍSTICAS UV
Elefante (asiático y africano)	incisivos superiores	ángulos de Schreger > 115 grados en corte transversal		extremidad, desgastada	
Mamut	incisivos superiores	ángulos de Schreger < 90 grados en corte transversal			puede haber vivianita
Ccolmillo de Morsa	caninos superiores	dentina secundaria en corte transversal		extremidad, desgastada	
Diente de Morsa	todos los dientes	anillos de cemento en corte transversal, hipercementosis		extremidad, puede estar desgastada	
Cachalote/ Orca	todos los dientes	anillos de dentina en corte transversal		extremidad	
Narval	incisivos superiores	espiral, centro hueco en corte transversal		extremidad, desgastada	
Hipopótamo	caninos superiores	corte ovalado, TIZ angular	finas líneas concéntricas en corte transversal	banda longitudinal	
Hipopótamo	caninos inferiores	corte triangular, TIZ angular	finas líneas concéntricas en corte transversal	banda longitudinal	
Hipopótamo	incisivos inferiores	forma de espiga; sin TIZ (punto)	finas líneas concéntricas en corte transversal	extremidad	
Jabalí verrugoso	caninos superiores e inferiores	corte rectangular, TIZ lineal	finas líneas concéntricas en corte transversal	banda longitudinal	

Identificación del marfil: Tipos de marfil¹⁰

ELEFANTE Y MAMUT (*Loxodonta africana*, *Elephas maximus*, *Mammuthus primigenus*)

Los colmillos de marfil del elefante y del mamut proceden de dos incisivos superiores modificados de especies existentes y extinguidas del mismo orden (Proboscidea). El elefante africano y el asiático aún perduran, mientras que el mamut se extinguió hace 10.000 años. Habidamente de que su área de distribución geográfica era Alaska y Siberia, los colmillos de *Mammuthus primigenus* se han conservado perfectamente. Así pues, *Mammuthus primigenus* es el único proboscideo extinguido que proporciona regularmente marfil de alta calidad, apto para ser tallado.

El colmillo de elefante africano puede alcanzar 3,5 m de longitud. El esmalte, presente únicamente en la punta del colmillo de animales jóvenes se deteriora rápidamente y no se regenera. El corte transversal entero de los colmillos de proboscideos es redondo u ovalado. La dentina constituye el 95% del colmillo y a veces presenta amplias bandas concéntricas. El cemento, que puede ser espeso en los géneros extinguidos, cubre la parte exterior del colmillo y puede consistir en una serie de capas superpuestas, especialmente en el mamut.

El corte transversal pulido de la dentina del marfil de elefante y mamut presentan una característica única, las líneas de Schreger¹, que se denominan normalmente rayado cruzado, torneaduras de motor o salientes y entrantes curvos superpuestos. Las líneas de Schreger pueden dividirse en dos categorías: las líneas exteriores, fácilmente visibles y muy cerca del cemento, y las líneas interiores apenas perceptibles, alrededor del nervio o la cavidad pulpar. Las intersecciones de las líneas de Schreger forman ángulos cóncavos o convexos. Los ángulos cóncavos tienen lados ligeramente cóncavos y se abren hacia la zona media (interior) del colmillo; los ángulos convexos tienen lados convexos y se abren hacia la zona lateral (exterior) del colmillo. Los ángulos de Schreger exteriores, tanto cóncavos como convexos, son agudos en las especies extinguidas y obtusos en las existentes (véase la figura 9).

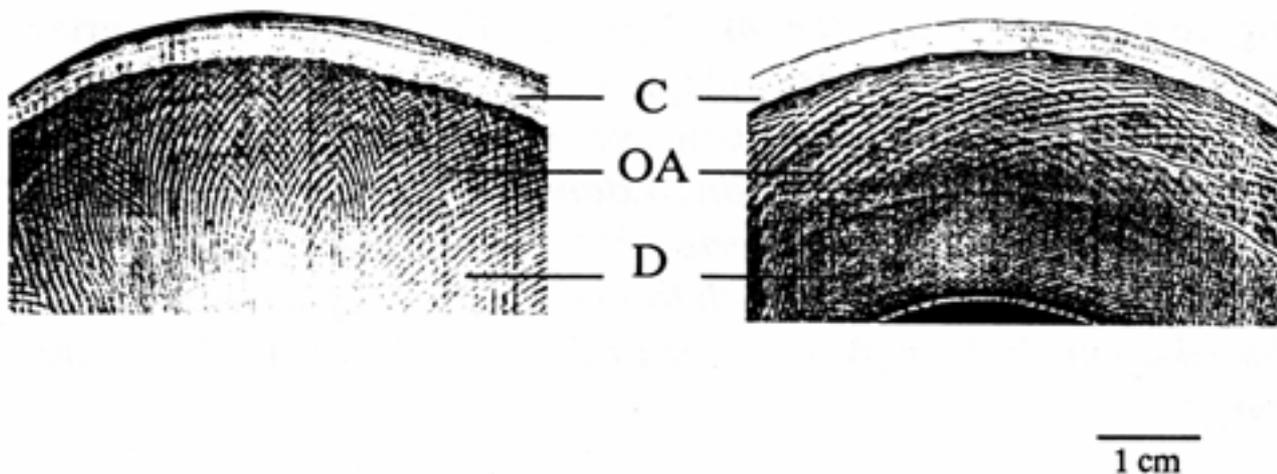


Figura 9. Fotocopia de cortes de marfil de proboscideos extinguidos (izquierda) y existentes (derecha). Los ángulos de Schreger exteriores (AE) son los que se encuentran en la dentina (D) más cerca del cemento (C).

¹ El anatomista alemán Bernhard Gottlob Schreger describió en 1800 las líneas que aparecen en la dentina de los proboscideos, (Obermayer 1881) y no deben confundirse con las bandas de Hunter-Schreger presentes en el esmalte.

Identificación del marfil: Tipos de marfil¹¹

Para captar los ángulos de Schreger en los cortes transversales de marfil de elefante y mamut se utiliza una fotocopidora. El corte transversal se coloca sobre la placa de vidrio, y para realzar los detalles puede ponerse una hoja transparente azul entre el objeto y la placa de vidrio. La ampliación de la fotocopia también puede mejorar la imagen y facilitar medición.

Una vez hecha la fotocopia, pueden marcarse y medirse los ángulos de Schreger. Use un lápiz y una regla para marcar y ampliar los lados de los ángulos exteriores seleccionados. **NOTA: en esta prueba sólo deben utilizarse los ángulos exteriores de Schreger.** Una vez marcados y ampliados los ángulos, se utiliza un transportador para medirlos. Se marcarán y medirán varios ángulos, cóncavos y convexos, y posteriormente, se calculará la medida del ángulo, que se podrá comparar con los datos que aparecen en las figuras 10 y 11.

En las figuras 10 y 11 se muestran los datos relativos a los ángulos exteriores de Schreger obtenidos en el análisis de 26 cortes transversales de marfil de elefante (*Loxodonta africana* y *Elephas maximus*) y otros tantos de marfil de mamut (*Mammuthus primigenus*). En cada una de las 52 muestras se midieron cinco ángulos convexos y cinco cóncavos. En la figura 10 se muestra la distribución de los 520 ángulos y se observa una superposición entre 90 y 115 grados en la extremidad inferior de la zona de ángulos cóncavos en el caso del elefante, y en la extremidad superior de la zona de ángulos cóncavos/convexos en el caso del mamut. *Habida cuenta de que los especímenes de las especies extinguidas y existentes pueden presentar ángulos entre los 90 y 115 grados en la zona externa de Schreger, la distinción entre el marfil de mamut y el de elefante no debe basarse exclusivamente en la medición de los ángulos, cuando éstos se encuentran en esta zona.*

En la figura 11 se muestra la distribución de promedios (medias) de los ángulos exteriores cóncavos y convexos correspondiente a las 52 muestras de marfil de elefante y de proboscidos extinguidos. Al utilizar los promedios para representar los ángulos en las muestras individuales, se observa una clara separación entre los proboscidos extinguidos y los existentes. Todas las muestras de elefante arrojan un promedio superior a los 100 grados y todas las de proboscidos extinguidos un promedio inferior a 100 grados.

Se puede tomar en consideración otro elemento para identificar el marfil de mamut. Este marfil presenta a veces unas manchas de color parduzco o verde azulado ocasionadas por un fosfato ferroso, llamado vivianita. En su estado natural el marfil de elefante no presenta esta decoloración debido a la vivianita. Cabe señalar que cuando esta decoloración es imperceptible a simple vista, si se aplica una luz ultravioleta la zona manchada sobresale de forma espectacular, es decir, adquiere una coloración púrpura aterciopelada. Incluso si ha perdido su color, el marfil de elefante no tendrá la fluorescencia que caracteriza a la vivianita.

Figura 10. Histograma de todos los ángulos exteriores de Schreger de las muestras de marfil de proboscidios extinguidos y existentes (N = 260 cada uno).

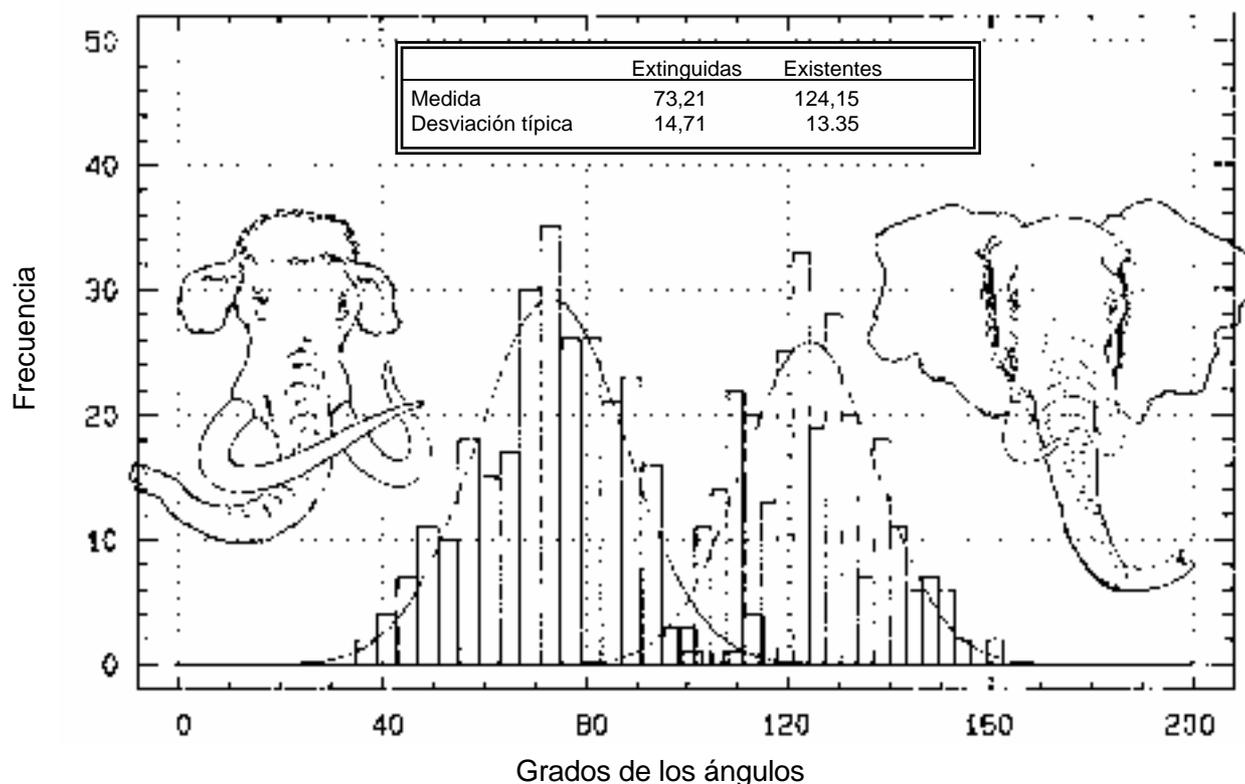
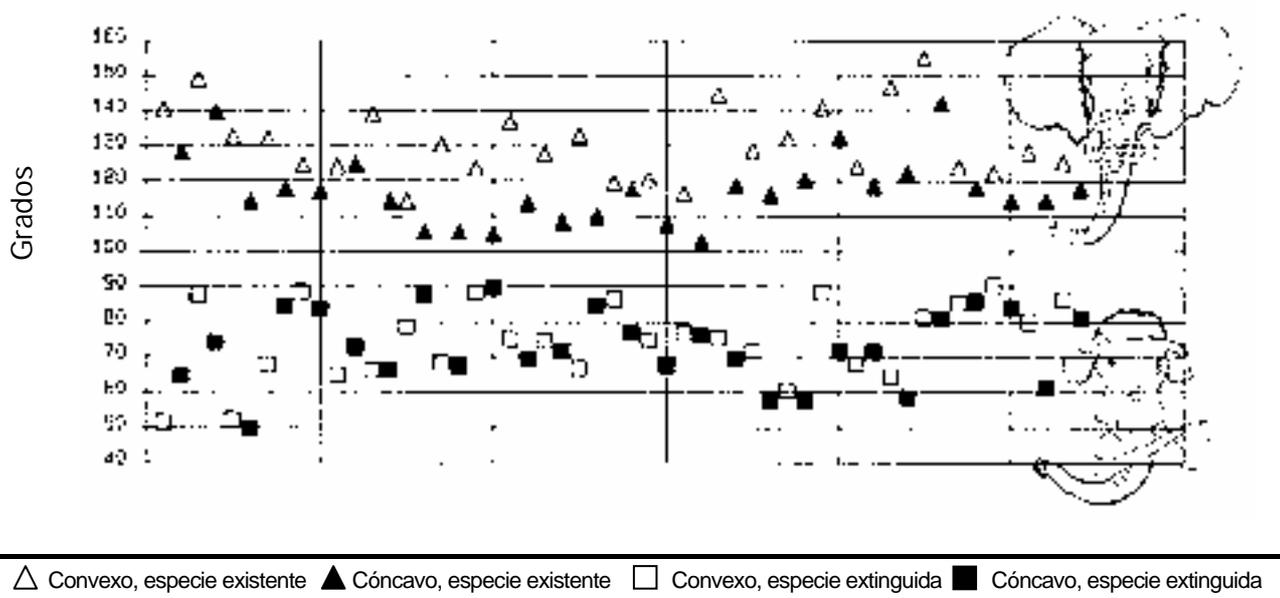


Figura 11. Gráfico de la media de los ángulos exteriores de Schreger cóncavos y convexos correspondientes a las muestras de marfil de proboscidios extinguidos y existentes (N = 26 cada uno).



Identificación del marfil: Tipos de marfil¹³

Identificación del marfil: Tipos de marfil¹⁴

MORSA (*Odobenus rosmarus*)

El marfil de colmillo de morsa procede de dos caninos superiores modificados. Los colmillos de una morsa del Pacífico pueden alcanzar un metro de longitud. Los dientes de morsa son también objeto de talla y comercio. Los dientes de morsa tienen forma de espiga redondeada e irregular y una longitud de aproximadamente 5 cm.

La punta del colmillo de morsa tiene una capa de esmalte que se desgasta durante la juventud del animal. En el cemento se originan delgadas fisuras longitudinales que penetran en la dentina y que en el corte transversal aparecen como fisuras radiales. Estas fisuras pueden verse a lo largo de todo el colmillo. El corte transversal de un colmillo de morsa es generalmente ovalado, con muescas muy separadas. Hay dos tipos de dentina, la dentina primaria y la secundaria (llamada comúnmente osteodentina) (véase la figura 13). La dentina primaria tiene las características típicas del marfil, mientras que la secundaria tiene un aspecto marmóreo o granuloso. La presencia de dentina secundaria permite determinar que se trata de marfil de colmillo de morsa.

La dentina del diente de morsa es esencialmente dentina primaria. En el centro del diente puede haber un pequeño núcleo de dentina secundaria aparente. La dentina está completamente cubierta por una capa de cemento. La presencia de esmalte está en función de la magnitud de desgaste o de la talla del diente. En el corte transversal de un diente de morsa puede observarse una espesa capa de cemento con anillos prominentes (véase la figura 12). Esos anillos concéntricos se deben a la hiper cementosis. La dentina está claramente separada del cemento por un anillo de transición estrecho y claramente definido.

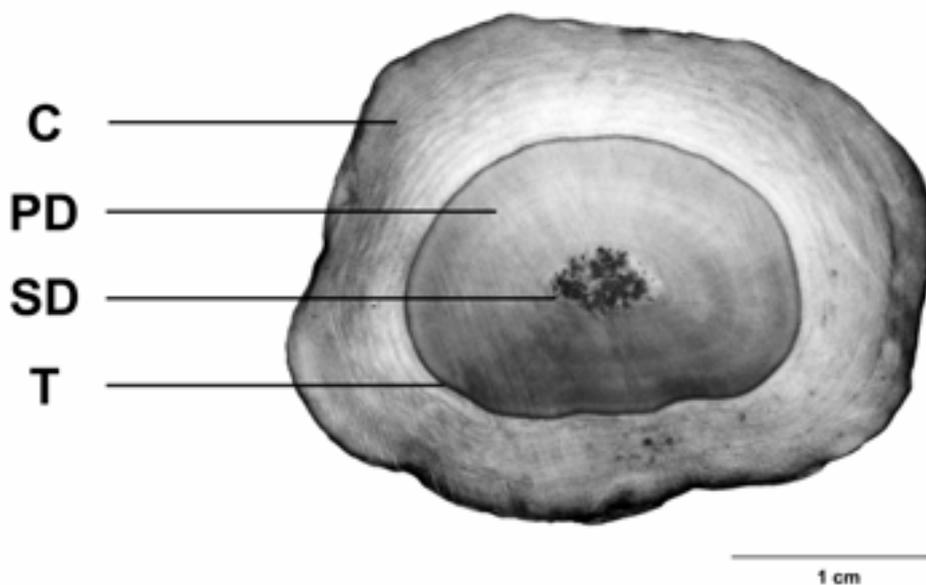


Figura 12. Fotografía ampliada y realzada del corte transversal de un diente de morsa en la que se ve el cemento (C), el anillo de transición (T) y la dentina primaria (PD). En este diente también hay un núcleo pequeño de dentina secundaria aparente (SD). Nótese la presencia de anillos concéntricos en el cemento excepcionalmente espeso.

Identificación del marfil: Tipos de marfil¹⁵

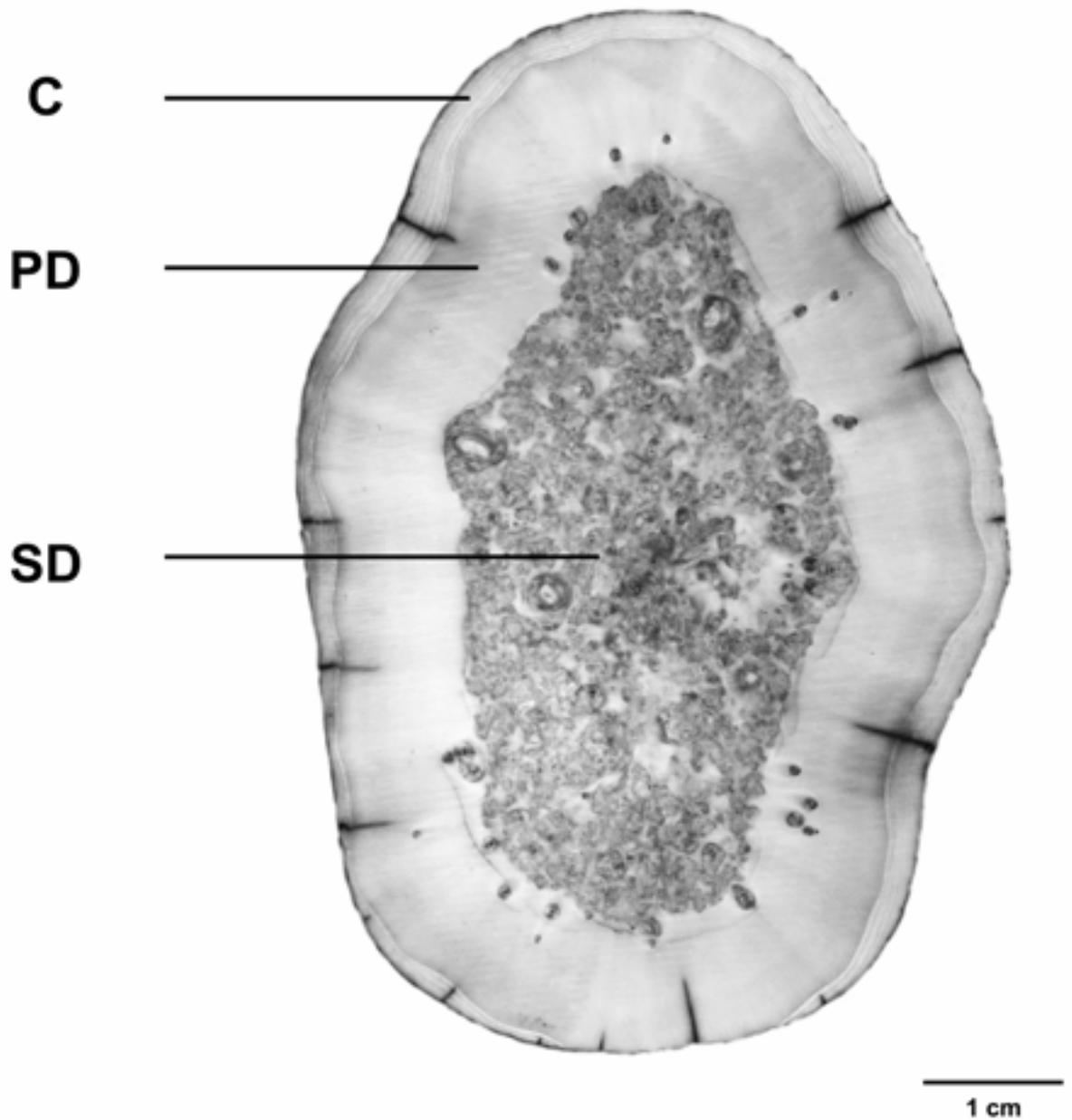


Figura 13. Fotografía ampliada y realzada del corte transversal de un colmillo de morsa en la que se ve el cemento (C), la dentina primaria (PD) y la dentina secundaria (SD).

Identificación del marfil: Tipos de marfil¹⁶

CACHALOTE Y ORCA (*Physeter catodon* y *Orcinus orca*)

Los dientes de cachalote pueden alcanzar un tamaño considerable; su longitud media es de unos 20 cm. Ambas especies tienen dientes cónicos con una pequeña capa de esmalte en la punta; el resto del diente está recubierto de cemento. El corte transversal del diente de ambas especies es redondo u ovalado (véase la figura 14). Además los dientes de orca tienen dos pequeñas mellas periféricas. La dentina tiene una estructura de láminas superpuestas, lo que hace que en los cortes transversales aparece como anillos concéntricos de dentina bien visibles. El diente de orca puede presentar un diseño en forma de roseta apenas perceptible en el corte transversal de la dentina. La dentina está separada del cemento por un anillo de transición claramente definido.

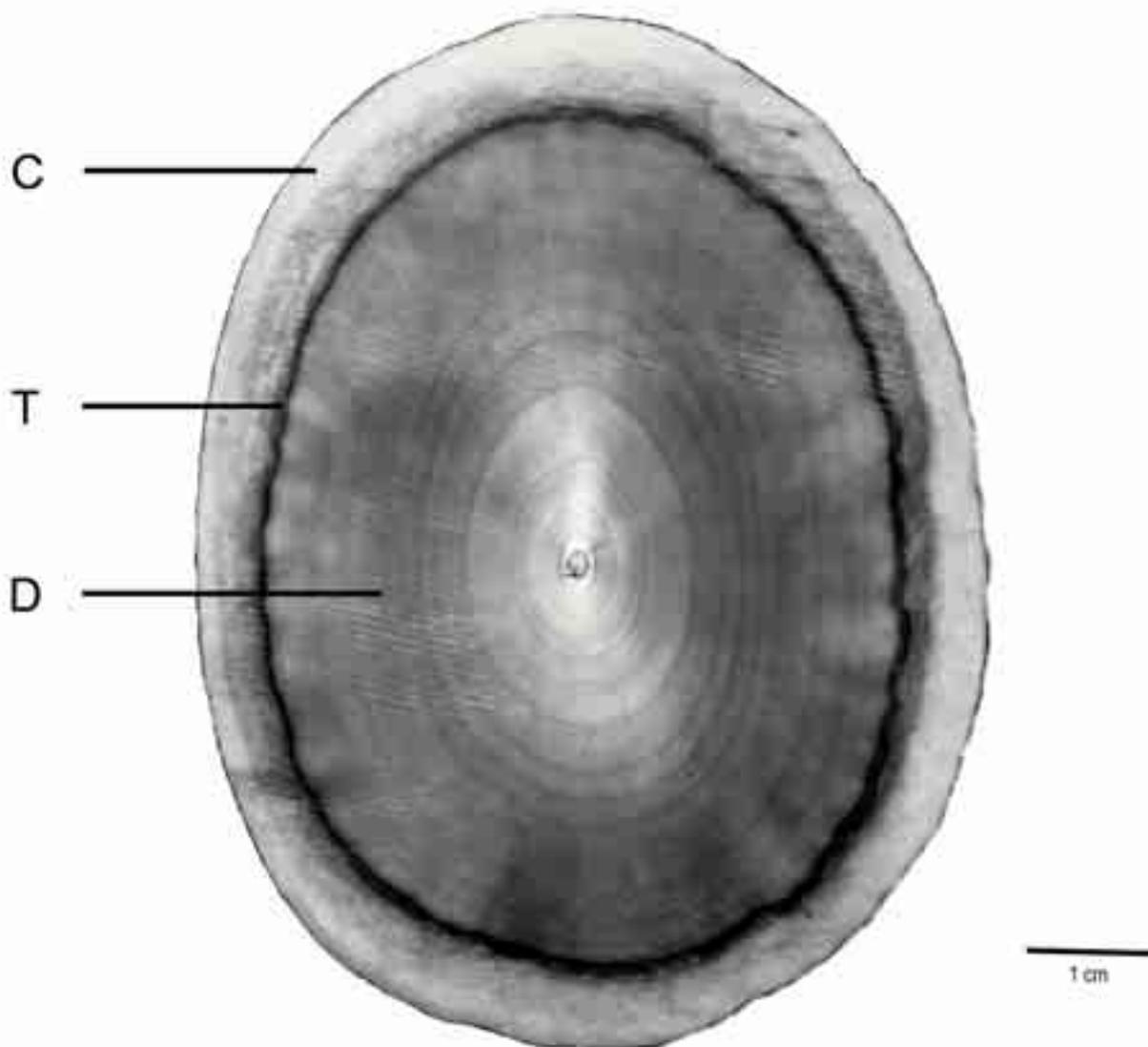


Figura 14. Fotografía ampliada y realzada del corte transversal de un diente de cachalote en la que se ve el cemento (C), el anillo de transición (T) y la dentina (D). Nótese la presencia de anillos concéntricos en la dentina.

Identificación del marfil: Tipos de marfil¹⁷

Identificación del marfil: Tipos de marfil¹⁸

NARVAL (*Monodon monoceros*)

El narval es una ballena ártica que se observa raramente. El macho de esta especie tiene un solo colmillo en el lado izquierdo, que es un incisivo superior modificado y está retorcido helicoidalmente, por lo común en el sentido inverso al de las agujas del reloj. En un individuo maduro el colmillo puede alcanzar una longitud de dos a siete metros. En el extremo del colmillo puede haber esmalte. En el cemento aparecen con frecuencia fisuras longitudinales que siguen las zonas deprimidas de la espiral, lo que hace que el corte transversal sea redondo con muescas periféricas. El cemento está separado de la dentina por un anillo de transición claramente definido. Como en el cachalote y la orca, la dentina presenta anillos concéntricos bien visibles. La cavidad pulpar se extiende a lo largo de prácticamente todo el colmillo, por lo que en el corte transversal el centro aparece hueco (véase la figura 15).

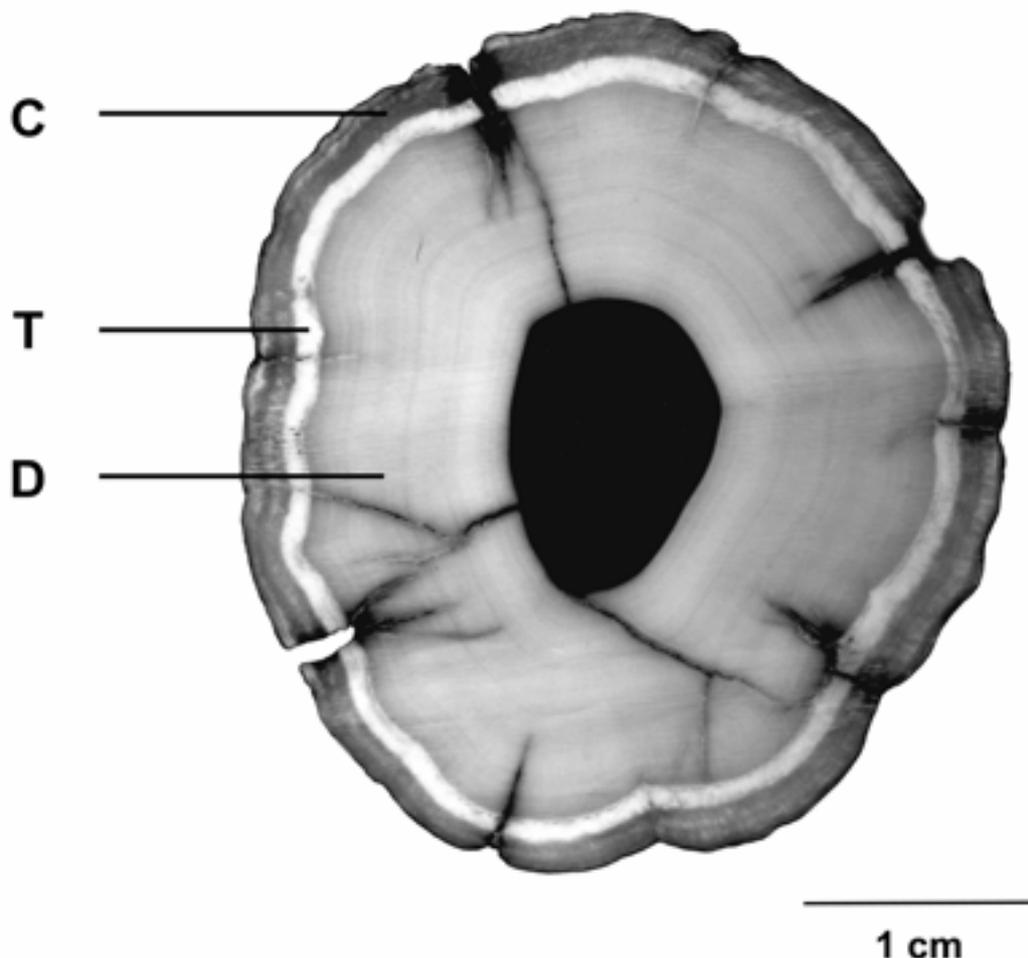


Figura 15. Fotografía ampliada y realzada de un corte transversal de colmillo de narval en la que se ve el cemento (C), el anillo de transición (T) y la dentina (D).

Identificación del marfil: Tipos de marfil¹⁹

Identificación del marfil: Tipos de marfil₂₀

HIPOPÓTAMO (*Hippopotamus amphibius*)

Los caninos superiores e inferiores y los incisivos son las fuentes más comunes de marfil de hipopótamo. Cada tipo de diente tiene una morfología general propia. El examen de un corte transversal de la dentina de hipopótamo con una lupa de 10 aumentos muestra una serie muy compacta de finas líneas concéntricas regular o irregularmente espaciadas. Su orientación corresponde a la forma general del diente. En el centro del diente puede haber una zona intersticial (TIZ) que representa la convergencia de crecimiento del desarrollo de la dentina.

El corte transversal de un canino superior curvo de hipopótamo puede ser redondo u ovalado. Cuando no está trabajado, una muesca longitudinal profunda se extiende a lo largo del diente en la superficie interior de la curva. Una ancha banda longitudinal de esmalte cubre casi las dos terceras partes de la superficie del diente. Esta banda de esmalte desaparece normalmente cuando se talla el diente. La parte no cubierta con esmalte presenta una fina capa de cemento, que también puede desaparecer durante el proceso de talla. La zona intersticial del canino inferior es una línea curva o muy arqueada (véase la figura 16).

Los caninos inferiores son los dientes más grandes del hipopótamo y están claramente curvados. En el corte transversal tienen forma triangular. Los caninos inferiores no trabajados presentan una leve muesca longitudinal, una superficie muy ondeada y aproximadamente las dos terceras partes cubiertas de esmalte. Como sucede con los caninos superiores, una fina capa de cemento recubre las partes no esmaltadas. Con frecuencia, estas características de la superficie desaparecen de los caninos superiores e inferiores durante el proceso de talla. La zona intersticial del canino inferior es una línea muy arqueada (véase la figura 17).

Se puede decir que los incisivos de hipopótamo tienen forma de espiga. La corona está cubierta de esmalte y en el corte transversal aparece un pequeño punto en el centro del diente (véase la figura 18).

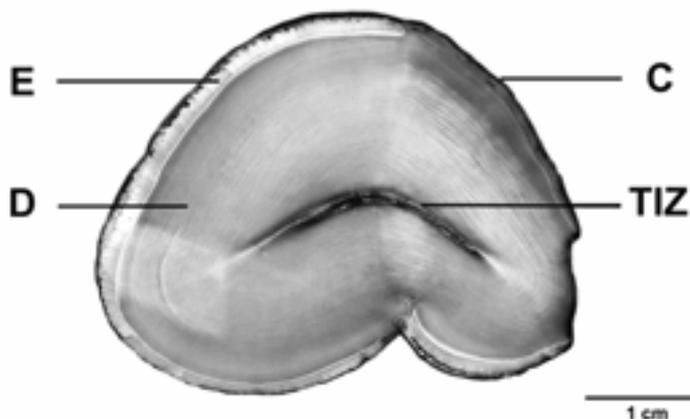


Figura 16. Fotografía ampliada y realizada de un corte transversal de canino superior de hipopótamo en la que se ve el cemento (C), el esmalte (E) y la dentina (D). Nótese la zona intersticial (TIZ) angular y las finas líneas que recorren la dentina.

Identificación del marfil: Tipos de marfil²¹

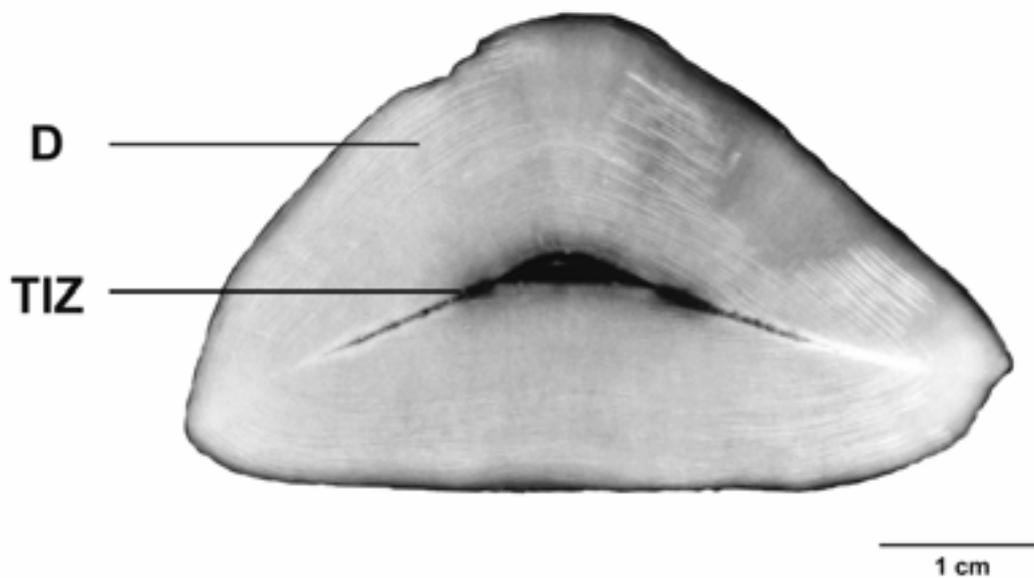


Figura 17. Fotografía ampliada y realzada de un corte transversal de canino inferior de hipopótamo en la que se ve solo la dentina (D). El cemento se eliminó mecánicamente. Nótese la zona intersticial (TIZ) arqueada y las finas líneas que recorren la dentina.

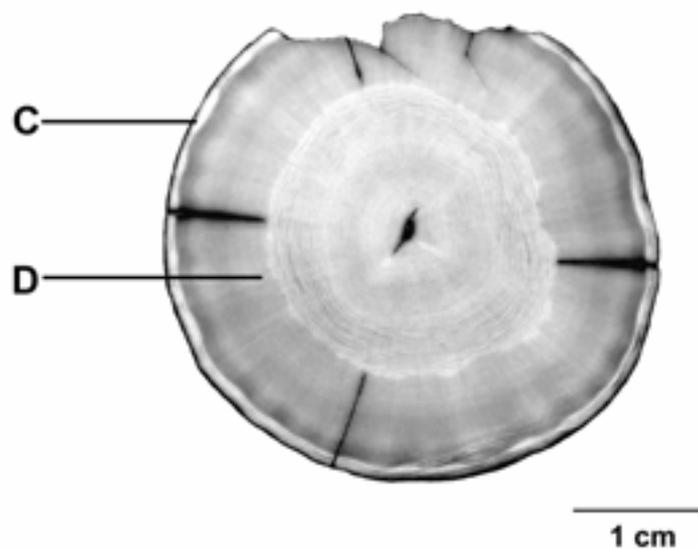


Figura 18. Fotografía ampliada y realzada de un corte transversal de incisivo de hipopótamo en la que se ve el cemento (C) y la dentina (D). Nótese las finas líneas que recorren la dentina.

Identificación del marfil: Tipos de marfil²²

JABALÍ VERRUGOSO (*Phacochoerus aethiopicus*)

El marfil de jabalí verrugoso se obtiene de los caninos inferiores y superiores. Estos colmillos son muy curvados y su corte transversal es generalmente rectangular. En los colmillos no trabajados se observan surcos longitudinales en toda o casi toda su extensión y una banda de esmalte que recubre entre la mitad y las dos terceras partes de su superficie. La zona intersticial es una línea estrecha. El marfil de jabalí verrugoso suele tener un aspecto moteado, y el examen del corte transversal con una lupa de 10 aumentos revela que la dentina está compuesta por líneas concéntricas de distribución irregularmente espaciadas y de espesor variable (véase la figura 19).

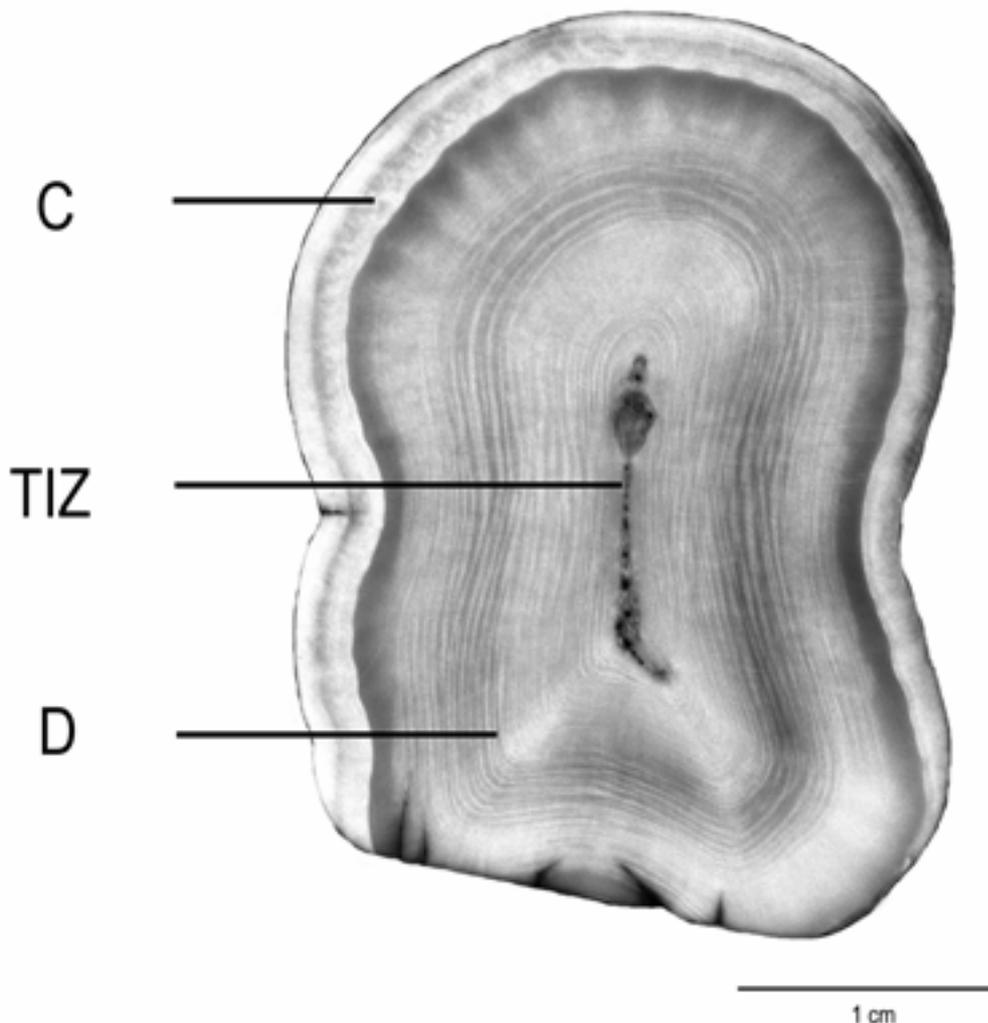


Figura 19. Fotografía ampliada y realzada de un corte transversal de canino superior de hipopótamo en la que se ve el cemento (C), el esmalte (E) y la dentina (D). Nótese la zona intersticial (TIZ) angular y las finas líneas que recorren la dentina.

Identificación del marfil: Tipos de marfil²³

SUCEDÁNEOS DEL MARFIL

Hay dos clases de sucedáneos del marfil: natural y artificial. Entre los sucedáneos naturales cabe destacar el hueso, la concha, el marfil de cálao de Borneo y el marfil vegetal. El plástico es un tipo de sucedáneo artificial. Los sucedáneos del marfil se distinguen fácilmente del marfil por su reacción a la luz ultravioleta y sus características físicas. Los análisis complejos de laboratorio, utilizando una técnica no destructiva, la espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FT-IR), permite ampliar el proceso de identificación mediante el análisis de los componentes químicos de los sucedáneos del marfil. En el Cuadro 3 se resumen las características de los sucedáneos del marfil.

CUADRO 3. CARACTERÍSTICAS DE SUCEDÁNEOS SELECCIONADOS DE MARFIL

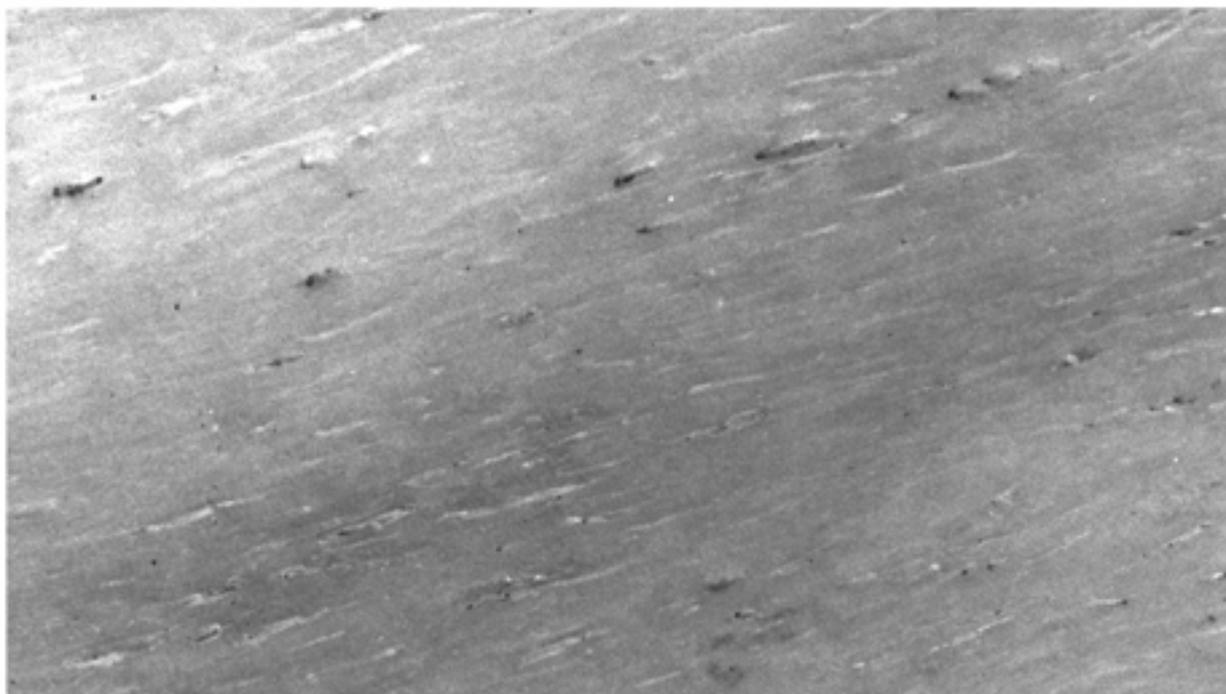
FUENTE	TIPO DE MATERIAL	CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS	CARACTERÍSTICA MICROSCÓPICAS	CARACTERÍSTICAS UV
hueso	dahlita	sistema de Havers		fluorescente como el marfil
concha	carbonato de calcio	puede haber manchas de color		manchas azul apagado fluorescentes
cálao de Borneo	queratina	coloración roja en la periferia		el color rojo aparece azul; el color marfil no cambia
marfil vegetal	celulosa	puede haber una cáscara marrón oscuro	finas líneas concéntricas	fluorescente como el marfil
sucedáneos manufacturados de marfil	caseína y resina			absorbe la luz ultravioleta; aspecto azul apagado; el celuloide color "moka"
sucedáneos manufacturados de marfil	polvo de marfil y resina			absorbe la luz ultravioleta; aspecto azul apagado
sucedáneos manufacturados de marfil	poliéster o resinas fenólicas			absorbe la luz ultravioleta; aspecto azul apagado

Identificación del marfil: Tipos de marfil²⁵

SUCEDÁNEOS NATURALES

Hueso

El hueso es un tejido conjuntivo mineralizado compuesto de dahllita, proteínas y lípidos. El hueso compacto, que se utiliza con mucha frecuencia como sucedáneo del marfil, está atravesado por una serie de canales por los que fluye líquido. Se trata del sistema de Havers. En una superficie del hueso pulido pueden verse los canales de Havers mediante una lupa de 10 aumentos. Los canales parecen hoyos o rayas irregulares (véase la figura 20). A menudo, este aspecto se va acentuando por la presencia de material orgánico decolorado que se adhiere a paredes del hoyo.



1 cm

Figura 20. Fotomicrografía del hueso. Nótese los canales de Havers y las irregularidades de la superficie.

Concha

La concha es un carbonato de calcio que recubre y protege el cuerpo blando de los moluscos. Se puede pulir hasta obtener una superficie dura muy suave. Pueden presentar una coloración moteada que se observa igualmente cuando se examina a la luz ultravioleta. En ausencia de características morfológicas evidentes, la mejor manera de identificar una concha es mediante la técnica FT-IR.

Cálo de Borneo (*Rhinoplax vigil*)

El casco de esta especie autóctona de Borneo (véase la figura 21) puede tallarse y pulirse. El casco es un apéndice hueco más o menos cilíndrico fijado en la parte superior del pico del ave. Se distingue por su tamaño, de unos 8x5x2,5 cm y sus bordes de color rojo vivo. El marfil de este casco se conoce también como “ho-ting” y “jade dorado”.

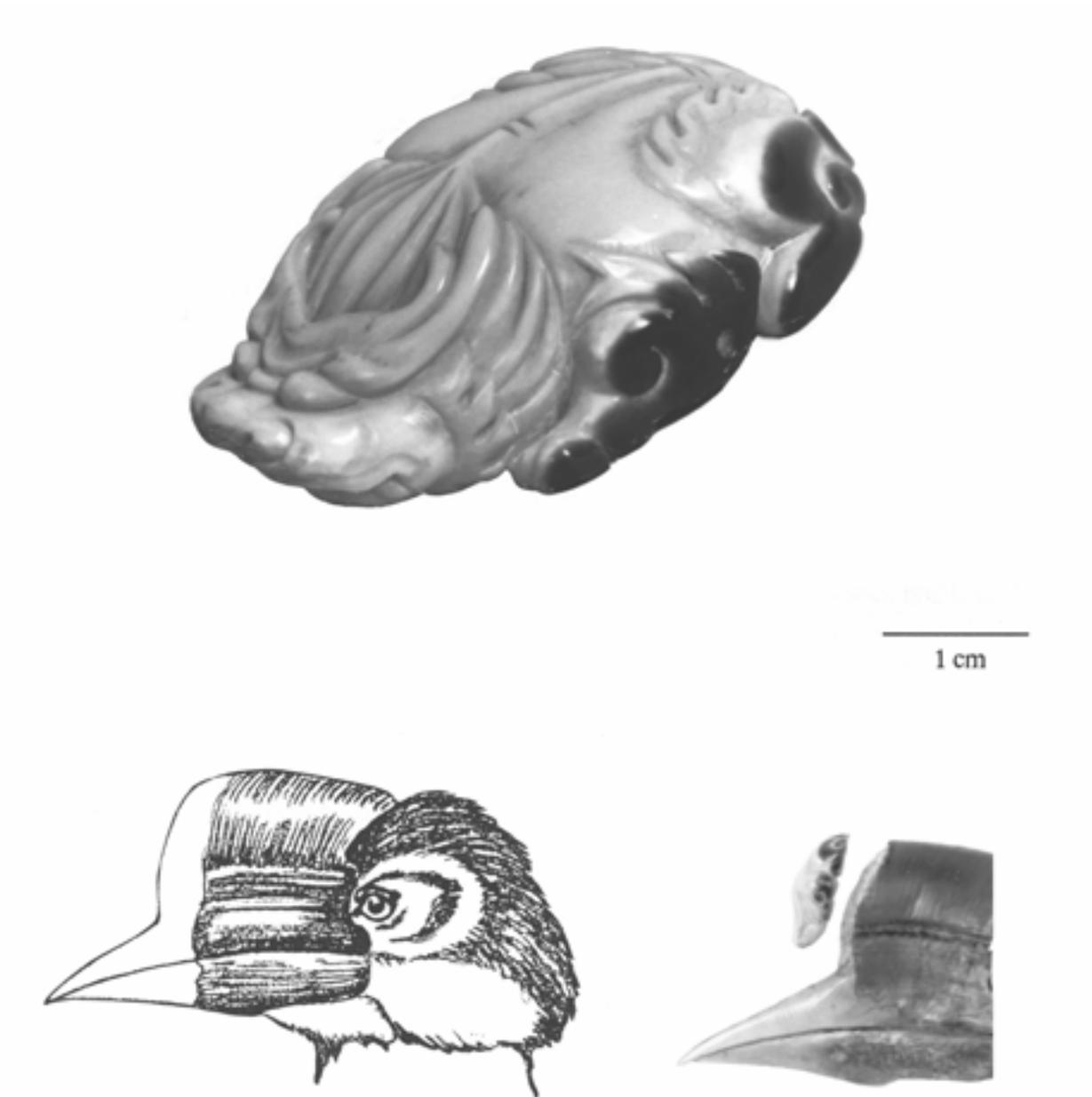


Figura 21. Fotografía de un casco trabajado de cálao de Borneo. Abajo a la izquierda, fotografía de una cabeza intacta de cálao, y la derecha, fotografía de un casco tallado que muestra su posición anatómica normal. Nótese el color de los bordes.

Marfil vegetal (*Phytelephas macrocarpa*)

Se llama marfil vegetal o nuez de marfil principalmente a las semillas óseas de la palmera tagua (*Phytelephas macrocarpa*), aunque otras palmeras de la misma subfamilia también producen nueces de marfil. La palmera tagua prospera principalmente en las zonas húmedas del norte de América del Sur. La nuez madura, que puede alcanzar el tamaño de una manzana, tiene un núcleo celuloso muy blanco, extremadamente duro, que puede trabajarse como el marfil. La cáscara de la nuez (véase la figura 22) es de color castaño oscuro, y frecuentemente se incorpora en la talla.

El examen de la celulosa del marfil vegetal tallado revela una serie de finas líneas concéntricas espaciadas regularmente, semejantes a las del marfil de hipopótamo (véase la figura 23). Si se examina con un microscopio de poco aumento muestra una estructura granulada o arrugada, que no siempre se detecta en las superficies muy curvadas. La fluorescencia del marfil vegetal debida a la radiación ultravioleta es muy semejante a la del marfil. En ausencia de características morfológicas claras, la mejor manera de identificar el marfil vegetal es mediante la técnica FT-IR. Una de las pruebas más antiguas de campo para distinguir el marfil vegetal del auténtico marfil, consiste en aplicar ácido sulfúrico a la pieza. El ácido sulfúrico aplicado al marfil vegetal produce una coloración rosada irreversible en unos 12 minutos. El marfil auténtico no debe cambiar de color. **ADVERTENCIA:** *Habida cuenta de la naturaleza irreversible de esta prueba, se aconseja aplicar una cantidad ínfima de ácido sulfúrico al objeto en cuestión.*

Figura 22. (Izquierda) Fotografía ampliada de una nuez de tagua parcialmente tallada.

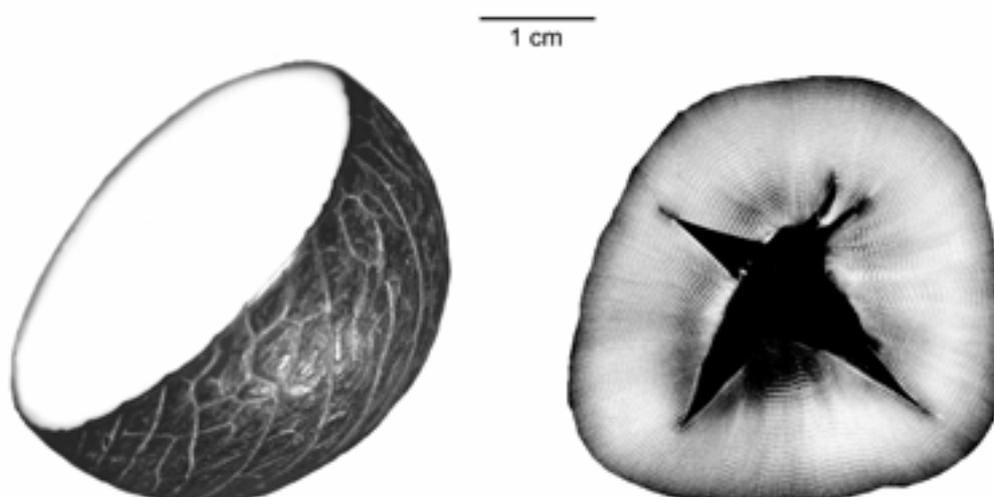


Figura 23. (Derecha) Fotografía ampliada y realzada de un corte transversal de nuez de tagua. Nótense las finas líneas.

SUCEDÁNEOS ARTIFICIALES

Hay tres tipos de sucedáneos artificiales de marfil: 1) compuestos de resina orgánica y de material inorgánico; 2) compuestos de caseína² y de material resinoso y 3) compuestos de polvo de marfil³ con un aglutinante o resina. En el Cuadro 4 se indica una lista de nombres comerciales de algunos sucedáneos artificiales.

CUADRO 4. EJEMPLOS DE SUCEDÁNEOS ARTIFICIALES

MARCA	COMPOSICIÓN	FABRICANTE O DISTRIBUIDOR
Vigopas P71A	resina de poliéster	Raschig Corp., Richmond, Virginia, EE.UU
Dekorit 203 Dekorit V384	resina fenólica	Raschig Corp., Richmond, Virginia, EE.UU
Galolith	caseína y poliéster	Fedra Design Ltd., Providence, Rhode Island, EE.UU
Celuloid	nitrate de celulosa y alcanfor, puede contener caseína	ya no se fabrica
Polímero compuesto	polvo de marfil y resina de estireno	
Ivorita	caseína y endurecedor	Yamaha Corporation, Japón
Alabrita	carbonato de calcio y pasta adhesiva	ya no se fabrica

² La caseína pura presenta una fluorescencia UV similar a la del marfil. Sin embargo, las estructuras químicas se distinguen fácilmente mediante la técnica FT-IR.

³ Los compuestos con polvo de marfil no son sucedáneos en el verdadero sentido del término. Están sujetos a los mismos controles de comercio internacional y la obtención de los mismos permisos que los productos de marfil sólido.

En las figuras 24 y 25 se muestran ejemplos de sucedáneos artificiales manufacturados. La Fig. 24 se trata de un celuloide de principios de siglo, y la Fig. 25, de una nueva resina de poliéster moderno. Cabe señalar la intención de imitar la estructura del marfil auténtico.

Independientemente del aspecto o de la composición química de los sucedáneos de marfil manufacturados, todos comparten una característica común. Cuando se proyecta luz violeta sobre un producto de marfil manufacturado, éste absorbe la luz y presenta un aspecto azul pálido. Por el contrario, el marfil presenta un aspecto blanco/azulado fluorescente.

La identificación de sucedáneos de marfil manufacturados se facilita si se dispone de objetos de marfil manufacturado para poder hacer la comparación cuando se aplica la luz ultravioleta.

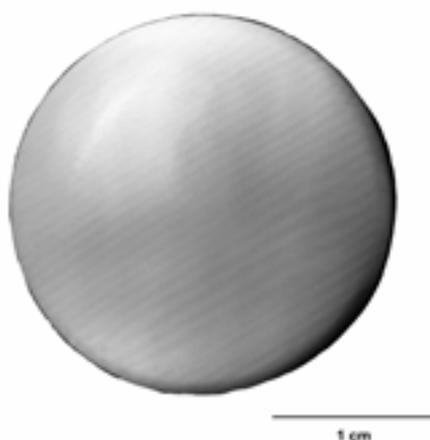


Figura 24. Fotografía ampliada y realzada de un sucedáneo de celuloide de principios de este siglo. Nótese la intención de imitar la estructura del marfil de proboscidio.

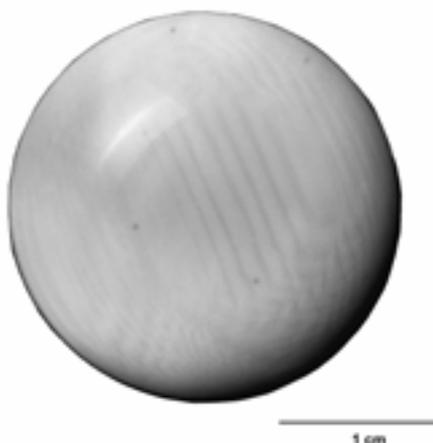


Figura 25. Fotografía ampliada y realzada de un sucedáneo de resina de poliéster moderna. Nótese la intención de imitar la estructura del marfil de proboscidio.

ANEXO 1

PROCEDIMIENTO PARA LA IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DEL MARFIL Y SUS SUCEDÁNEOS

A continuación se propone un procedimiento para la identificación preliminar del marfil y sus sucedáneos. Debería utilizarse junto con las descripciones que figuran en los Cuadros 1, 2, y 3.

1. Examinar el objeto bajo luz ultravioleta de onda larga*.
2. Examinar el objeto para determinar la existencia de características morfológicas significativas (véase los Cuadros 1, 2, y 3).
3. Si hay ángulos de Schreger, sírvase consultar las páginas 10 – 13.
4. Si tras realizar los pasos 1 a 3 se obtiene una identificación específica, someta el objeto a un análisis instrumental controlado en laboratorio.

* *La radiación ultravioleta de onda larga perjudica seriamente los ojos. NUNCA mire directamente una fuente de luz UV.*

ANEXO 2

LISTA DE INSTRUMENTOS Y EQUIPO PARA LA IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DEL MARFIL Y SUS SUCEDÁNEOS

Luz ultravioleta de onda larga*

(Facultativo) Serie normalizada de piezas de marfil, hueso, concha, marfil vegetal y sucedáneos artificiales, para proceder a la comparación

Lupa de 10 aumentos

Fotocopiadora con control de contraste

Regla

Transportador

* *La radiación ultravioleta de onda larga perjudica seriamente los ojos. NUNCA mire directamente una fuente de luz U.V.*

GLOSARIO

Ameloblasto: célula productora de esmalte

Artiodáctilo: orden de mamíferos al que pertenece el hipopótamo y el jabalí verrugoso

Características de clase: elementos que permiten identificar un objeto como miembro de un grupo de objetos semejantes

Casco: protuberancia en la parte superior del pico del cálao de Borneo

Cemento: tejido dental mineralizado que recubre la dentina y permite fijar el diente o colmillo a la quijada

Cetácea: orden de mamíferos al que pertenecen los delfines y las ballenas grandes

Concéntrico: que tiene un centro común

Corte transversal: corte en ángulo recto al eje longitudinal

Dahllita: mineral de fosfato cálcico que engloba la mayor parte de la masa del diente

Dentina: tejido dental mineralizado que constituye normalmente la mayor parte de la masa del diente

Diseño de Schreger: sistema de líneas entrecruzadas exclusivo del marfil de proboscidios

Esmalte: tejido dental mineralizado que cubre temporal o permanente el diente o el colmillo

Existente: que existe actualmente, no se ha destruido o perdido

Extinguido: ha dejado de existir, ha desaparecido

FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy): técnica no destructiva para el análisis químico de materiales, basada en la interacción molecular y la radiación infrarroja. El resultado analítico obtenido se expresa mediante un interferograma

Fosilización: proceso por el que los componentes naturales presentes en un diente o colmillo son reemplazados por los componentes elementales de su medio

Hipercementosis: condición que resulta en el depósito anormalmente importante de cemento en un diente

Macroscópica: lo suficientemente grande como para poder ser observado a simple vista

Mandíbula: maxilar inferior

Maxila: maxilar superior

Media: promedio estadístico

Microscópica: lo suficientemente pequeña como para necesitar una lupa o microscopio, no puede observarse a simple vista

Odontoblasto: célula productora de dentina

Pinípedo: orden de mamíferos al que pertenecen las morsas

Prismático: compuesto por prismas (cristales con configuraciones específicas en sus caras y bordes)

Proboscidea: orden de mamíferos al que pertenecen los elefantes y mamuts

“Scrimshaw”: marfil o hueso grabado o tallado superficialmente

Sistema de Havers: serie de canales interconectados que permiten el transporte de fluido en el hueso

Zona intersticial: espacio entre las zonas convergentes de la dentina

BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

Características químicas del marfil

- Baer, N.S., N. Indicator, J.H. Frantz and B. Appelbaum. 1971. The effect of high temperature on ivory. Studies in Conservation 16:1-8.
- Lafontaine, R.H. and P.A. Wood. 1982 The stabilization of ivory against relative humidity fluctuations. Studies in Conservation 27:109-117.
- LeGeros, R.Z., O.R. Trautz, E. Klein and J.P. LeGeros. 1960. Two types of carbonate substitution in the apatite structure. Experientia 26:5-7.
- Matienzo, L.J. and C.E. Snow. 1986. The Chemical effects of hydrochloric acid and organic solvents on the surface of ivory. Studies in Conservation 31:133-139.
- Mc. Donnel, D. 1965. Crystal chemistry of hydroxyapatite: its relation to bone mineral. Archives of Oral Biology 10:421-431.
- Rajaram, A. 1986. Tensile properties and fracture of ivory. Journal of Materials Science Letters 5:1077-1080.
- Rorimer, J.J. 1931. Ivory and bone. Ultraviolet Rays and Their Use in the Examination of Works of Art. Metropolitan Museum of Art, New York.

Clasificación y morfología del marfil

- Brown, G. and A.W. Moule. 1977. The structural characteristics of elephant ivory. The Australian Gemmologist 13 (1):13-17.
- Brown, G and A.W. Moule. 1977. The structural characteristics of elephant ivory. The Australian Gemmologist 13(2):47-60.
- Espinoza, E.O., M.J. Mann, J.P. LeMay, and K.O. Oakes. 1990. A method for differentiating modern from ancient proboscidean ivory in worked objects. Current Research in the Pleistocene 7:81-83.
- Espinoza, E.O., and Mann, M.J. 1993. The History and Significance of the Schreger Pattern in Proboscidean Ivory Characterization. Journal of the American Institute for Conservation, Vol. 32. No.3:241-248.
- Fisher, D.C. 1987. Mastodont procurement by paleoindians of the Great Lakes region: hunting or scavenging. Evolution of Human Hunting, M.H. Nitecke and D.V. Nitecke (eds.) Plenum Publishing Corp.
- Hanausek, T.F. 1907. The Microscopy of Technical Products (trans. A.L. Winton). John Wiley & Sons, New York, pp.422-429.
- Hohnel, V. 1892. Beitrag zur Kenntniss der technisch verwendeten elfenbeinarten. Zeitschrift fur Nahrungsmittel-Untersuchung, Hygiene und Waarenkunde 7:141-144, 9:183-188, 10:205-211.
- Kingsley, M.C.S. and M.A. Ramsay. 1988. The spiral in the tusk of the narwhal. Arctic (41(3)):236-238.

- Mackinnon, J. 1981. The structure and function of the tusks of babirusa. Mammal Review 11(1):37-40.
- Martin, L.A., Boyde, F. Grine and S. Jones (eds.) 1988. Scanning Electron Microscopy of Vertebrate Mineralized Tissues. Scanning Microscopy International, Chicago.
- Miles, A.E.W. and J. W. White. 1960. Ivory. Proceedings of the Royal Society of Medicine 53:775-780.
- Miles, A.E.W. and D.F.G. Poole. 1967. History and general organizations of dentitions. Structural and Chemical Organization of Teeth, Vol. 1 (A.E.W. Miles, ed.) Academic Press, London.
- Miller, W.D. 1890. Studies on the anatomy and pathology of the tusks of the elephant, minute anatomy of the tusks of elephants. The Dental Cosmos 23:421-429.
- Mitchell, J. 1978. Incremental growth layers in the dentine of dugong incisors [Dugong dugon (Muller)] and their application to age determination. Zoological Journal of the Linnean Society 62:317-348.
- Obermayer, F. 1881. Beitrag zur kenntnis des zahnbeines vom elefanten, nilpferd, walross und narwal. Verlag des Vereines der Wiener Handels-Akademie: 102-113.
- O'Connor, T.P. 1984. On the structure, chemistry and decay of bone, antler and ivory. U.K.I.C. Archaeology Section Proceedings, United Kingdom.
- Owen, R. 1845. Odontography. London
- Owen, R. 1854. The Principle Forms of the Skeleton and of the Teeth. Blanchard and Lea. Philadelphia.
- Owen, F.R.S. 1856. Ivory and the teeth of commerce. Journal of the Society of Arts 5 (213):65-71.
- Penniman, T.K. 1952. Pictures of ivory and other animal teeth, bone and antler. Occasional Paper on Technology 5:13-18.
- Saunders, J.J. 1979. A close look at ivory. The Living Museum 41(4):56-59.
- Sanford, E.C. 1973. The Identification and Working of Ivory. Thesis, Institute of Archaeology. University of London.
- Shell, H.1983. Is it Ivory? Ahio Publishing Co. Tulsa, Oklahoma.
- Thornton, J. 1981. The structure of ivory and ivory substitutes. A.I.C. Preprints of Ninth Annual Meeting, Philadelphia.
- Thornton, J.I., K. Guenther, et.al. 1980. Forensic Identification of Ivory Species. Final Report on contract no. 14-16-0009-031, U.S. Fish & Wildlife Service.
- Vereshchagen, N.K. and A.N. Tikhonov. 1987. A study of mammoth tusks from permafrost of northeastern Siberia. Current Research in the Pleistocene 4:120-122.

Sucedáneos del marfil

- Barfod, A. 1989. Rise and fall of vegetable ivory. Principes 33:181-190.

- Cats-Kuener, C.S.W. Manger 1961. Casque and bill of *Rhinoplax vigil* (Forst.) in connection with the architecture of the skull. Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Verhandelingen Afdeling Naturkunde Series 2.53(3):1-51.
- Harrison, T. 1969. "Ho-ting": hornbill ivory. Chinese Snuff Bottles May: 82-92.
- Hunger, F.J. 1990. Tagua: the vegetable ivory substitute. Fine Woodworking 83:65-67.
- Schabillon, S. 1983. All In a Nutshell: The Story of the Vegetable Ivory Nut. Keystone Comedy, Mississippi.

Comercio del marfil

- Bruemmer, F. 1989. Ancient spell of the sea unicorn. International Wildlife Nov/Dec: 38-43.
- Federal Register. 1989 Moratorium on importation of raw and worked ivory from all ivory producing and intermediary nations. Federal Register 54(110):24758-24761.
- Martin, E.B. 1990. Ivory billiard balls. BBC Wildlife 8(9): 622-623.
- O'Connell, M.A. and M. Sutton. 1990 The Effects of Trade Moratoria on International Commerce in African Elephant Ivory: A Preliminary Report. World Wildlife Fund and the Conservation Foundation [in cooperation with TRAFFIC (USA)], Washington, D.C.
- Tolmachoff, I.P. 1929. The carcasses of the mammoth and rhinoceros found in the frozen ground of Siberia. Transactions of the American Philosophical Society 23:12-14.
- Westendarp, W. 1880. Das gebiet der elephanten und der elfen bein-reichthum indiens und afrikas. Mittheilungen der Geographischen Gesellschaft in Hamburg 1878-79: 201-213.

Varios

- Burack, B. 1984. Ivory And Its Uses. Charles E. Tuttle Co., Vermont.
- Maskell, A. Ivories. 1966, Charles E. Tuttle, Co., Vermont.
- St. Aubyn, F. (ed.) 1987. Ivory: An International History and Illustrated Survey. Harry N. Abrams, Inc. New York.