

APORTES TAFONÓMICOS PARA EL DIAGNÓSTICO EN LA CONSERVACIÓN ARQUEOLÓGICA: EL CASO DE UN ASTA DE *ANTIFER ULTRA* (QUEREO, REGIÓN DE COQUIMBO, CHILE)

Michele Dinator Esterio¹ y Felipe de la Calle Morales²

RESUMEN

La conservación arqueológica evalúa la integridad de la información con potencial de estudio que contiene el registro arqueológico-paleontológico, a partir de los procesos de transformación y preservación que lo afectan. En este marco, los estudios tafonómicos aportan a la disciplina al abordar las dinámicas de estos procesos y cómo inciden en la información del registro. Se presenta el caso de un asta del ciervo extinto sudamericano *Antifer ultra*, procedente del sitio arqueológico Quereo (Los Vilos, Región de Coquimbo, Chile), en la actualidad bajo el resguardo del Museo del Limarí (Chile). A partir de la vinculación de antecedentes, técnicas imagenológicas y observaciones comparativas, se realizó un análisis crítico de sus alteraciones, que determinó las probables causas y contextos de origen. Los resultados permitieron identificar posibles procesos diagenéticos que afectaron a este material —información con valor analítico interdisciplinar—, reconocer posibles sesgos derivados de alteraciones culturales contemporáneas y determinar las acciones de intervención.

Palabras clave: *Antifer ultra*, asta, conservación arqueológica, tafonomía, Pleistoceno.

¹ Museo del Limarí, Servicio Nacional del Patrimonio Cultural, Chile. michele.dinator@museoschile.gob.cl

² Unidad de Patrimonio Arqueológico y Etnográfico, Centro Nacional de Conservación y Restauración, Chile. felipe.delacalle@patrimoniocultural.gob.cl

TAPHONOMIC CONTRIBUTIONS TO DIAGNOSIS IN ARCHAEOLOGICAL CONSERVATION: THE CASE OF AN ANTLER OF *ANTIFER ULTRA* (QUEROO, COQUIMBO REGION, CHILE)

ABSTRACT

Archaeological conservation assesses the integrity of the research potential of the archaeological-palaeontological record, based on the transformation and preservation processes that affect it. Within this framework, taphonomic studies contribute to the discipline by examining the dynamics of these processes and their impact on the information preserved in the record. This paper presents the case of an antler from the extinct South American deer *Antifer ultra*, originating from the Quereo archaeological site (Los Vilos, Coquimbo Region, Chile), currently under the care of the Museo del Limarí (Chile). Drawing on background information, imaging techniques, and comparative observations, a critical analysis of its alterations was conducted to determine their probable causes and contextual origins. The results enabled the identification of potential diagenetic processes affecting this material —information of interdisciplinary analytical value— as well as the recognition of possible biases arising from contemporary cultural alterations, and the definition of appropriate intervention actions.

Keywords: *Antifer ultra*, antler, archaeological conservation, taphonomy, Pleistocene.

CONTRIBUIÇÕES TAFONÔMICAS PARA O DIAGNÓSTICO NA CONSERVAÇÃO ARQUEOLÓGICA: O CASO DE UM CHIFRE DE *ANTIFER ULTRA* (QUEROO, REGIÃO DE COQUIMBO, CHILE)

RESUMO

A conservação arqueológica avalia a integridade das informações com potencial de estudo contidas no registro arqueológico-paleontológico, a partir dos processos de transformação e preservação que o afetam. Nesse contexto, os estudos tafonômicos contribuem para a disciplina ao abordar a dinâmica desses processos e como eles afetam as informações do registro. Apresenta-se o caso de um chifre do cervo extinto sul-americano *Antifer ultra*, proveniente do sítio arqueológico Quereo (Los Vilos, Região de Coquimbo, Chile), atualmente sob a guarda do Museu do Limarí (Chile). A partir da ligação entre antecedentes, técnicas de imagem e observações comparativas, foi realizada uma análise crítica de suas alterações, que determinou as prováveis causas e contextos de origem. Os resultados permitiram identificar possíveis processos diagenéticos que afetaram este material —informação com valor analítico interdisciplinar—, reconhecer possíveis vieses derivados de alterações culturais contemporâneas e determinar as ações de intervenção.

Palavras chaves: *Antifer ultra*, chifre, conservação arqueológica, tafonomia, Pleistoceno.

INTRODUCCIÓN

En el marco del “Programa de Estudio y Restauración de obras: *Puesta en valor de las Colecciones DIBAM y otras instituciones que cautelan patrimonio de uso público*”, (período 2016–2018, cuarta etapa), la Unidad de Patrimonio Arqueológico y Etnográfico (UPAE) del Centro Nacional de Conservación y Restauración (CNCR) recibió desde el Museo del Limarí (MDL), el asta izquierda de un ciervo juvenil (familia Cervidae) extinto *Antifer ultra* (*sensu* Labarca y Alcaraz, 2011), perteneciente al Museo Arqueológico de La Serena y en préstamo para exhibición en el MDL desde 1996. Presentaba fractura en dos partes (Figura 1) e intervenciones contemporáneas.

El motivo inicial de ingreso fue la restauración de su morfología para la exhibición permanente, pero desde la conservación arqueológica las intervenciones deben basarse en un proceso diagnóstico que integre estudios contextuales, objetuales y de alteraciones, para facilitar la comprensión del objeto (López-Polín, 2012), evaluando el estado de conservación, e integridad de la información contenida con potencial de investigación.

En este contexto, la tafonomía aporta herramientas valiosas para el diagnóstico, al analizar los procesos de preservación y su impacto en la información contenida en el registro paleontológico (Efremov, 1940) y arqueológico (Behrensmeyer y Kidwell, 1985). A través de distintos métodos, identifica y caracteriza los fenómenos de formación y transformación del registro e investiga las modificaciones de las propiedades originales de los materiales y su contexto (Thiébaud et al., 2010; Domínguez-Rodrigo et al., 2011). Su incorporación a la conservación responde a la ampliación de su campo de acción, que actualmente abarca alteraciones posdepositacionales y sesgos en la información en los organismos y sus materiales asociados, orgánicos e inorgánicos (Domínguez-Rodrigo et al., 2011; Behrensmeyer et

al., 2018), aportando nueva información contextual y temporal mediante el análisis de patrones de alteración (Domínguez-Rodrigo et al., 2011; Pokines, 2014).

También se ha expandido a los distintos momentos en que ocurren las transformaciones que sufren los restos biológicos desde su origen hasta su análisis (Pokines, 2014), incluyendo alteraciones producto de prácticas culturales contemporáneas como preparaciones anatómicas, rituales o exhibiciones museográficas (Paloello y Klales, 2014). Los materiales arqueológicos y paleontológicos pueden modificarse durante su extracción, traslado, estudio y depósito, permaneciendo largos periodos de custodia en instituciones patrimoniales, donde se realizan intervenciones, montajes, tratamientos de restauración y de conservación (Fernández-Jalvo y Marin-Monfort, 2008). Esta expansión del campo tafonómico se basa en su objetivo fundamental: comprender los procesos de preservación y sus efectos materiales, lo que permite identificar sesgos que puedan alterar la información relevante para distintas disciplinas (Behrensmeyer et al., 2018).

Aunque poco difundidos en conservación (Díaz-Cortés et al., 2021), los estudios tafonómicos son muy útiles, pues permiten comprender la naturaleza de los materiales óseos, sus modificaciones y la integridad de la información que contienen, optimizando las decisiones de intervención, para actuar sobre los procesos de deterioro y minimizar la generación de nuevas alteraciones que puedan sesgar la información (López-Polín, 2012; Valtierra et al., 2022).

El caso del asta de *Antifer ultra*, da cuenta de los aportes de la tafonomía en la conservación para interpretación de las alteraciones, identificación de elementos con potencial de investigación y definición de las acciones de intervención.



Figura 1. Vistas iniciales de asta de *Antifer ultra*: a. Cara interna; b. Cara externa (Fotografías: Correa, C. 2016. Archivo CNCR).

Initial views of the Antifer ultra antler: a. Inner side; b. Outer side (Photographs: Correa, C. 2016. CNCR Archive).

Vistas iniciais da haste do Antifer ultra: a. Face interna; b. Face externa (Fotografias: Correa, C. 2016. Arquivo CNCR).

ANTECEDENTES

Antecedentes arqueológicos

La pieza proviene del sitio arqueológico Quereo, (31°55'S, 71°34'W), ubicado a 2 km al sur de Los Vilos y a 500 m de la desembocadura del estero Quebrada de Quereo, provincia del Choapa, Región de Coquimbo (Jackson et al., 2014) (Figura 2). Las primeras excavaciones se realizaron en los años 70 por Montané y Bahamondes (1973), basándose en los hallazgos previos de Phillips (reseñados en Sundt, 1903) y el asta fue extraída en 1978 por un equipo interdisciplinario (Núñez et al., 1983). El sitio corresponde al Pleistoceno tardío-Holoceno y se compone de seis miembros de arenas, calizas y turbas, donde el asta procede del miembro 3, nivel cultural II, que se desarrolló entre los 11.100 ± 150 AP y 9.370 ± 180 AP (Núñez et al., 1983, 1994 Labarca y Alcaraz, 2011). No se han registrado evidencias directas de actividad humana sobre los restos ciervo en este nivel (Núñez et al. 1983, 1994; Labarca et al., 2005), aunque existe discusión sobre la actividad antrópica en el sitio (Borrero, 2009).

Ambiente de depositación y antecedentes paleoambientales

El asta fue hallada en el techo del miembro 3 de arenas arcillosas grises a pardas, con bloques y cascajos angulosos (Jackson et al., 2014), durante la formación del miembro se infiere un ambiente fluvial de bajo caudal con playas arenosas y hacia el final un clima más cálido y seco que el actual (Núñez et al., 1994). Se encontraba dispuesta de manera oblicua en un depósito de arena parda con un recubrimiento continuo y bolsones de pisadas de animales con rellenos diferenciados, lo que sugiere un enterramiento breve (Núñez et al., 1994). El sedimento actual es seco, poco permeable y con ausencia de restos orgánicos, en contraste con los depósitos inferiores (Núñez et al., 1994). Estos factores, y su posición sobre un piso blando y poco estable encima de niveles con ambiente acuoso, generaron condiciones favorables para la preservación (Núñez et al.,

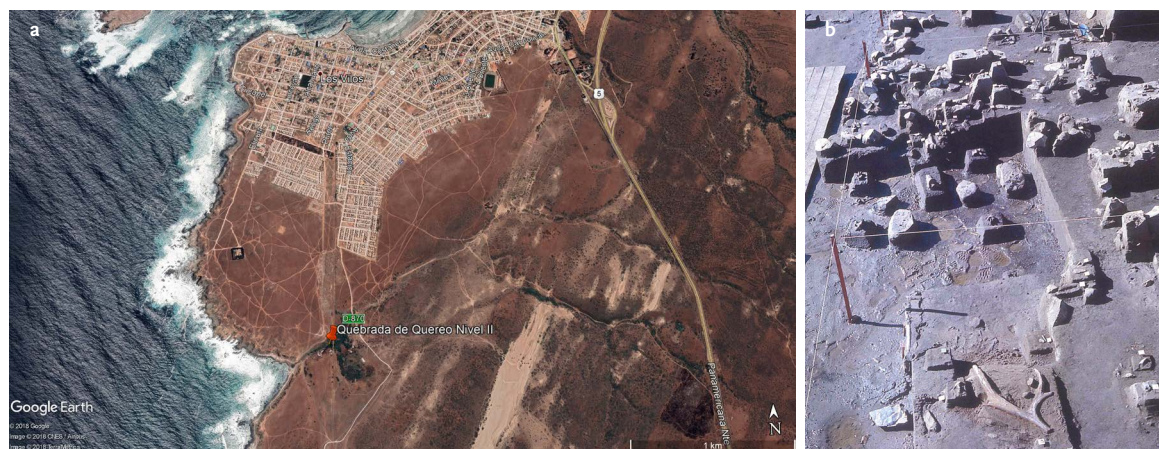


Figura 2. a. Imagen satelital del sitio Quebrada de Quereo; b. Vista de cornamenta de *Antifer ultra* in situ durante excavación del nivel II (Fotografía a: Google Earth, 2018; Fotografía b: Núñez, L., 1978, en Seguel y Jackson, 2014).

a. Satellite image of the Quereo site; b. View of *Antifer ultra* antlers in situ during excavation of Level II (Photograph a: Google Earth, 2018; Photograph b: Núñez, L., 1978, in Seguel and Jackson, 2014).

a. Imagem de satélite do sítio Quebrada de Quereo; b. Vista da extremidade de *Antifer ultra* in situ durante a escavação do nível II (Fotografia a: Google Earth, 2018; Fotografía b: Núñez, L., 1978, em Seguel e Jackson, 2014).

1983). Si bien inicialmente se propuso un hábitat lacustre con clima subtropical para la especie (Núñez et al., 1983, p. 30), otros autores asocian a *Antifer* con ambientes abiertos de vegetación arbustiva (Menegaz y Ortiz-Jaureguizar, 1995), coherentes con la información paleoambiental del nivel II de Quereo y Chile central, compatibles con condiciones más cálidas y secas, con reducción de la vegetación arbórea (Villagrán y Varela, 1990, como se citó en Labarca y Alcaráz, 2011) y posible presencia de vegetación de pradera para ese nivel (Labarca et al., 2005).

Antecedentes del material de estudio

El asta se considera como una remuda o asta de volteo, por la existencia exclusiva de elementos poscraneanos en el nivel (Núñez et al., 1983) y la presencia de una línea de abscisión en la base característica de estas (Demarais y Strickland, 2011).

A partir de hallazgos de astas en Tagua Tagua y Quereo, Casamiquela (1984) fundó la especie *Antifer niemeyeri*. Con posterioridad, Labarca y López (2006) revisaron la sistemática de los materiales de Quereo, reasignando el ejemplar S3-E0-17 a *Antifer* sp. y señalando la necesidad de una revisión exhaustiva de los fósiles del género. Labarca y Alcaraz (2011) determinaron que *Antifer niemeyeri* es un sinónimo de *Antifer ultra*, incorporando los ejemplares de Tagua Tagua y Quereo bajo esta denominación, confirmando el registro de *Antifer ultra* para Chile central durante el Pleistoceno tardío-Holoceno temprano. Cabe notar que Labarca y López (2006) refieren como material la cornamenta S3-E0-17, aunque la fotografía incluida (p. 95) es del ejemplar adulto S3-E0-18 del nivel I de Quereo (Dinator, 2018).

Características generales de las astas de ciervo

Las astas de ciervo son una forma de hueso modificado, con una capa externa de tejido compacto (cortical) y una sección interna de tejido esponjoso (trabecular). Se diferencian por tener menor mineralización y mayor proporción de colágeno que otros huesos, lo que aumenta su densidad y flexibilidad (O'Connor, 1987; Lyman, 1994; Stone, 2010). La composición varía según la edad, genética y nutrición del animal (Demarais y Strickland, 2011). Son estructuras únicas de los cérvidos, que destacan por su capacidad de muda y regeneración (Goss, 1983; Bubenik y Bubenik, 1990; Lincoln, 1992; Demarais y Strickland, 2011) y existe una morfología distintiva por especie (Lincoln, 1992).

Relevancia patrimonial y referencial

Aún se desconocen muchos aspectos taxonómicos y de distribución de las especies extintas de *Cervidae* en Sudamérica (Menegaz y Ortiz-Jaureguizar, 1995; Labarca y López, 2006), y el material fósil de esta familia en Chile es escaso (Labarca y Alcaraz, 2011; Labarca y López, 2006). Dado que el principal rasgo diagnóstico de los cérvidos fósiles es la morfología de sus astas (Labarca y Alcaraz, 2011), esta pieza ha sido empleada como material de referencia en estudios sobre la taxonomía del género *Antifer* (Casamiquela, 1984; Labarca y López, 2006; Labarca y Alcaraz, 2011).

Actualmente, además de su valor científico, constituye un recurso educativo que, mediante su exhibición, evidencia la presencia de *Antifer ultra* en Chile central durante el Pleistoceno tardío-Holoceno temprano, siendo uno de los registros más recientes del género en Sudamérica (Labarca y Alcaraz, 2011).

METODOLOGÍA

Se desarrolló documentación y análisis para definir el curso de intervención más adecuado, según los estándares de la UPAE y los requerimientos de la institución mandante. Los registros visuales e imagenológicos fueron realizados por la Unidad de Documentación Visual e Imagenología (UDVI) del CNCR.

Estudio bibliográfico y recopilación de antecedentes contextuales

Se realizó una revisión bibliográfica y de consulta con la institución mandante para reconstruir los contextos por los que transitó el objeto, para vincularlos con los fenómenos naturales y culturales responsables de las alteraciones. Se recopilaban antecedentes paleoambientales, paleobiológicos, arqueológicos, de la excavación y museográficos.

Registro textual y visual

El registro fotográfico fue realizado con cámara digital MAMIYA™ RB67 Pro SD acoplada a un Back digital LEAF APTUS II 6. Los indicadores de alteración se observaron mediante un Microscopio Estereoscópico Olympus™ modelo SZ60, con cámara digital acoplada Micrometrics™ modelo CO-5 serie MX300123, procesando las imágenes en Micrometrics™ SE Premium 4. Se elaboró una ficha de registro de conservación, con campos básicos para su identificación, descripción y estado de conservación (indicadores de alteración y deterioro), para levantar información de manera sistemática y establecer relaciones entre las alteraciones. Como referencia cromática, se usó la carta de color Munsell (1994) para suelos disponible. La descripción morfológica siguió las nomenclaturas y descripciones de Labarca y Alcaraz (2011) (Figura 3).

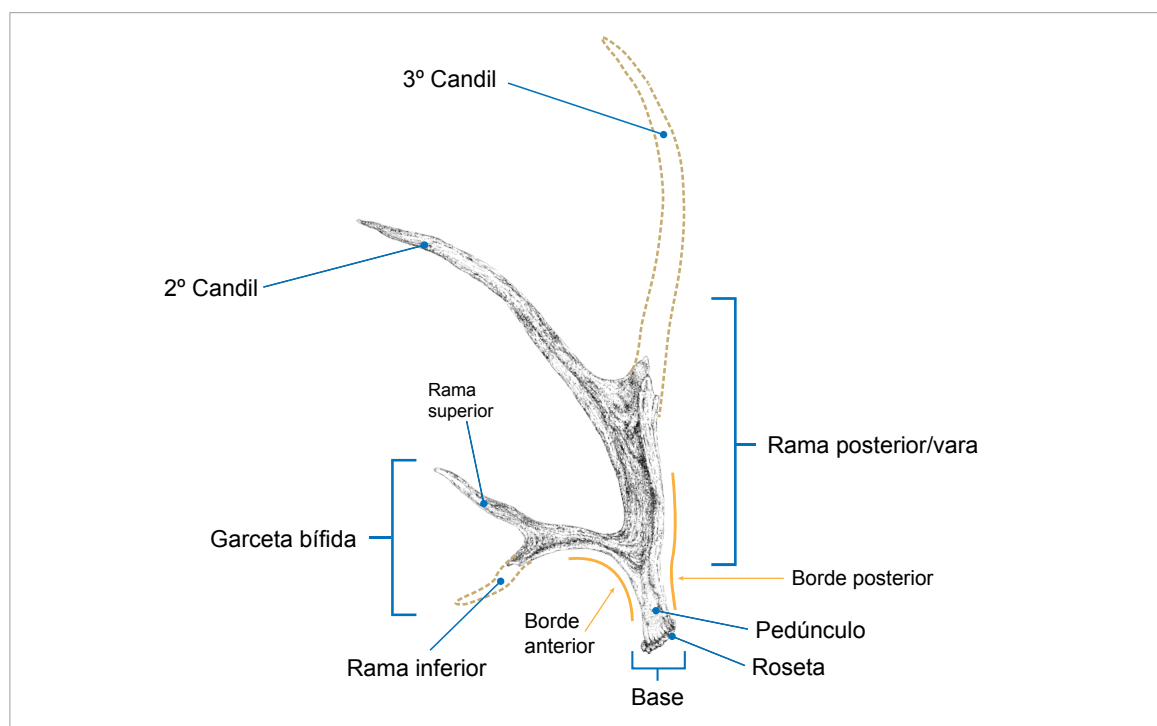


Figura 3. Nomenclatura de las partes que componen el asta (Ilustración y diagrama: Dinator, M. 2018).

Nomenclature of the parts comprising the antler (Illustration and diagram: Dinator, M. 2018).

Nomenclatura das partes que compõem a haste (Ilustração e diagrama: Dinator, M. 2018).



Figura 4. Fluorescencia visible inducida por luz UV: a. Cara interna; b. Detalle del segundo candil (Fotografías: Monteverde, P. 2017. Archivo CNCR).

Visible fluorescence induced by UV light: a. Inner side; b. Detail of the second tine (Photographs: Monteverde, P. 2017. CNCR Archive).

Fluorescência visível induzida por luz UV: a. Face interna; b. Detalhe da segunda extremidade (Fotografias: Monteverde, P. 2017. Arquivo CNCR).

Estudio tafonómico

Se revisaron antecedentes sobre propiedades, características y procesos tafonómicos en materiales óseos (Behrensmeyer, 1978; Lyman, 1994; Paoletto, J. M. y Klales, A. R., 2014; Fernández-Jalvo y Andrews, 2016.) y astas de ciervo (Olsen, 1989; O'Connor, 1987; Jin y Shipman, 2010), lo que permitió interpretar las alteraciones observadas y relacionarlas con la

documentación contextual. Esto se complementó mediante una comparación cualitativa con una remuda actual de ciervo dama (*Dama dama*), recuperado en el territorio nacional, sirviendo de referencia para evaluar la naturaleza y magnitud de las alteraciones.

Análisis imagenológicos

Análisis por fluorescencia visible inducida por UV (FV-UV): se empleó una cámara multi-espectral, NIKON D90 UV-IR-VIS y tres filtros (SCHOTT HOT MIRROR BG38, PECA HOT MIRROR 918 y KODAK WRATTEN 2E) sobre un fondo negro y 2 lámparas CLE de 6 tubos Philips UV-A BLB 18W 24" 365nm. Se obtuvieron tomas generales y de detalles (Figura 4) para detectar y delimitar espacialmente las intervenciones anteriores, junto con identificar posibles evidencias de agentes de biodeterioro (Espinoza y Rivas, 2011).

Análisis radiológicos: siguiendo las recomendaciones de Chhem y Brothwell (2008) y los antecedentes en el caso del asta de *Megaloceros giganteus* en Pawłowska et al. (2014), se adaptaron los parámetros a las condiciones técnicas disponibles, correspondiente a un equipo portátil de rayos X Softex K-4, con placas Kodak AA400. Se obtuvieron tres placas radiográficas del ejemplar de *Antifer ultra* y dos del ejemplar actual *Dama dama* para efectos de comparación. Los parámetros utilizados se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros radiológicos utilizados para captura (Elaboración propia, 2019).

Radiological parameters used for image capture (Own elaboration, 2019).

Parâmetros radiológicos utilizados para captura (Elaboração própria, 2019).

Parámetros	<i>Antifer ultra</i>	<i>Dama dama</i>
<i>Intensidad (mA)</i>	1	1
<i>Energía (Kv)</i>	63	60
<i>Tiempo de exposición (segundos)</i>	60	50
<i>Distancia focal DFF (metros)</i>	1	1

RESULTADOS

Meteorización

El asta evidencia meteorización diferenciada, con decoloración, abrasión, textura fibrosa, descamaciones y grietas concentradas en la cara externa, mientras la interna presenta menor alteración. Esto coincide con su posición de hallazgo (Figura 2b), donde la superficie y parte del pedúnculo estuvieron más expuestos a los agentes externos antes del enterramiento. Los bordes de fractura de la rama inferior de la garceta y del tercer candil se encuentran redondeados. Estos indicadores, permiten valorar el asta en un estadio 3 de meteorización (Behrensmeyer, 1978). Para los materiales óseos del nivel Quereo II se reporta baja meteorización (estados de 0 a 3), con características similares a las descritas para algunos huesos, donde se distinguen con claridad las caras de exposición y abrasión por arrastre, con un sepultamiento rápido y homogéneo (Labarca, 2003; Labarca et al., 2005). Estos antecedentes son coherentes con lo observado en este caso.

Raíces

Se identificaron restos de fibras vegetales, al interior de la grieta con fragmentación en la vara principal y en el tejido trabecular del segundo candil (Figura 5). Aunque no se observan improntas radiculares, estas pudieron ser obliteradas por los procesos de meteorización. Además, se registran marcas hechas por raicillas muy finas en otros restos óseos del nivel Quereo II (Labarca, 2003; Labarca et al., 2005).

Por la ubicación de los restos vegetales, no se descartan posibles alteraciones físicas generadas por presión radicular en la vara y el segundo candil. Es de consideración que, a diferencia de Quereo I, en este nivel las marcas afectan porciones discretas de los huesos y se deduce un paleoambiente con vegetación del tipo pasto o maleza para este nivel (Labarca et al., 2005).

Procesos de fracturación

El asta presenta fracturas completas en todos sus candiles, estando faltantes el tercero y la rama inferior de la garceta. Gran parte del segundo candil se encuentra disociado, con una concentración de fragmentaciones en la zona media y proximal, agrietamientos y fisuras. La vara principal presenta un significativo agrietamiento en su borde posterior, con fragmentaciones y fisuras en toda la superficie, que se intensifican en la cara externa. Los bordes y cara externa en la garceta también presentan fisuras. Las diferencias de radiopacidad en las radiografías permiten visualizar una alta pérdida de tejido trabecular, grietas y fisuras; en particular, en el fragmento del segundo candil y en el remanente del tercer candil (Figura 6). El tejido trabecular expuesto en las fracturas se encuentra friable al tacto.

En los antecedentes no se registra la identificación de fracturas durante su hallazgo (Núñez et al., 1983, 1994) y en la fotografía no se observa una disociación que acuse las fracturas en la rama superior de la garceta y el segundo candil (Figura 2b). Sin embargo, se percibe redondeamiento en los bordes de fractura, lo que sugiere exposición prolongada a los factores y agentes del contexto de enterramiento. En este caso, la arena del depósito movilizadora por viento o agua podría ser uno de los principales agentes que provocaron las abrasiones (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016) y las fracturas pudieron generarse antes o durante el enterramiento, preservándose las estructuras en posición, posiblemente por pisoteo de animales, ya que se reportan fracturas y huellas asociadas a pisoteo en el registro óseo de ambos niveles de Quereo (Labarca, 2003; Labarca et al., 2005).

Se percibe alta debilidad estructural en el segundo candil debido a la ausencia de tejido trabecular y faltantes, especialmente en los fragmentos del área de fractura y con intervenciones anteriores, los que además presentan bordes aguzados. La alta fragmentación se atribuye a intentos fallidos de restitución del candil a su posición original. La

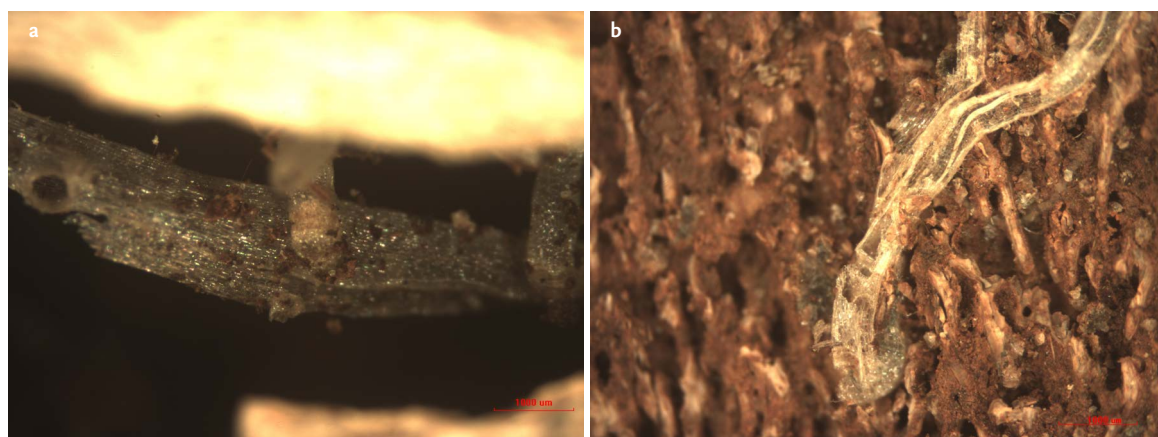


Figura 5. Fibras vegetales en: a. Interior de grieta en vara principal, aumento 15x; b. Tejido trabecular en fragmento del segundo candil, aumento 15x (Fotografías: Dinator, M. 2017. Archivo CNCR).

Plant fibres in: a. Interior of crack in the main beam, 15x magnification; b. Trabecular tissue in fragment of the second tine, 15x magnification (Photographs: Dinator, M. 2017. CNCR Archive).

Fibras vegetais em: a. Interior da fenda na vara principal, aumento de 15x; b. Tecido trabecular em fragmento da segunda extremidade, aumento de 15x (Fotografias: Dinator, M. 2017. Arquivo CNCR).

debilidad estructural, junto al peso, la ubicación de la fractura y un adhesivo ineficaz, posiblemente generaron tensiones localizadas en la línea de fractura que, por efecto de la gravedad, provocaron el colapso del candil y nuevas fracturas tras su impacto con una superficie.

En el registro fotográfico, se observa que el tercer candil y el candil inferior de la garceta estaban ausentes al momento del hallazgo, y el alto grado de abrasión en los bordes de fractura, indican que la pérdida ocurrió en el contexto sistémico primario o arqueológico.

Los procesos de fracturación en el asta se asocian a su capacidad higroscópica, cuya elasticidad pudo verse afectada por estrés mecánico resultante de ciclos de contracción y expansión a partir de variaciones de humedad relativa ambiental, generando grietas y fisuras (Stolow, 1987; Cronyn 1990; Minnesota Historical Society, 2009; Stone, 2010). Además, la degradación del componente orgánico, posiblemente influida por un ambiente dinámico con presencia de aguas subterráneas, habría aumentado la friabilidad del tejido, haciéndolo más susceptible a fracturas por distintas fuerzas físicas desde su abandono hasta su extracción (O'Connor, 1987; Stolow, 1987; Cronyn, 1990).

Alteraciones diagenéticas

El análisis organoléptico y radiográfico, comparado con el ejemplar de *Dama dama*, permiten inferir posibles transformaciones químicas y físicas ocurridas durante el contexto arqueológico. En el asta de *Antifer ultra*, las zonas estructuralmente íntegras, como la base, pedúnculo y parte de la vara principal, muestran alta radiopacidad, superior a la observada en *Dama dama* (Figura 6). Esto indica una mayor densidad y composición que dificultan la penetración de la radiación, lo cual se refuerza en que fue necesario aplicar mayor energía y tiempo de exposición para las radiografías de *Antifer ultra* (Tabla 1). Además, el asta presenta un tacto más seco y rígido, evidenciando pérdida de flexibilidad respecto al ejemplar actual.

La alta radiopacidad y las características físicas del asta de *Antifer ultra* podrían deberse a un proceso diagenético de mineralización parcial o subfosilización (Dumont et al., 2011; Tütken y Vennemann, 2011; Díaz-Cortés et al., 2021). En general, a mayor tiempo de enterramiento, los huesos experimentan recristalización mineral y pérdida progresiva de colágeno, acelerada por factores ambientales como temperatura, pH y

humedad (Collins et al., 2002; Smith et al., 2002). En ausencia de ataque microbiano, esta pérdida se asocia a la hidrólisis de los enlaces peptídicos (Smith et al., 2002). La sustitución del colágeno y el relleno de poros con minerales constituyen mecanismos claves en la fosilización (Collins et al., 2002; Smith et al., 2002). Además, en ambientes

con suelos bien drenados y altas temperaturas, la combinación de calor y lixiviación genera ciclos de dilatación y contracción de los tejidos por pérdida y absorción de agua, resultando en microfisuras, recristalización y pérdida de colágeno, promoviendo una alta mineralización incluso en huesos en cierto grado modernos (Smith et al., 2002).



Figura 6. Comparación imagenológica: a. Radiografías de *Antifer ultra*. b. Radiografías de *Dama dama* (Fotografías: Correa, C. 2018, Archivo CNCR).

Imaging comparison: a. Radiographs of Antifer ultra; b. Radiographs of Dama dama (Photographs: Correa, C. 2018. CNCR Archive).

Comparação imagológica: a. Radiografias de Antifer ultra; b. Radiografias de Dama dama (Fotografias: Correa, C. 2018, Arquivo CNCR).

En este caso, el ambiente de depositación con suelos arenosos y temperaturas más elevadas que las actuales, pudo favorecer procesos de microfracturación, recristalización y degradación del colágeno durante el enterramiento. A ello se suma la presencia de aguas subterráneas, que pudieron facilitar el reemplazo gradual de los componentes orgánicos por minerales (Stolow, 1987), resultando en una composición con mayor proporción mineral.

Alteraciones contemporáneas

Se observaron múltiples manchas negras dispersas en la superficie del asta, con morfologías irregulares o puntiformes, probablemente originadas por la precipitación de dióxido de manganeso, alteración frecuente en restos arqueológicos expuestos a aguas subterráneas y vegetación (Chang, 2011; Fernández-Jalvo y Andrews, 2016). No obstante, se identificaron también manchas negras de formas regulares, lineales y alargadas, coincidentes con surcos, pequeños pulimentos y delaminaciones, cuyo origen se vincula a un proceso físico-mecánico de transferencia por contacto y fricción con un material exógeno.

No se evidenció colonización biológica por hongos, ni en lupa binocular ni en FV-UV, al que pudiese asociarse la alteración. Al comparar la ubicación de las alteraciones con la información contextual de la pieza, se estableció como causa de origen probable la interacción con el montaje museográfico, estructura metálica de color negro. La distribución y posición de las alteraciones coinciden con los puntos de apoyo en el montaje, donde no hay material aislante entre las superficies y presenta un ajuste deficiente al objeto, lo que habría permitido movimientos y fricción entre las superficies de contacto (Figura 7). En las fotografías se aprecian desgastes en la estructura metálica, con ausencia del recubrimiento de color negro (Figura 8). Los factores y agentes corresponden las posibles fuentes de las fuerzas físicas (vibración, abrasión, impacto, presión, etc.) con intensidad variable, que pudiesen provocar fricción entre las superficies, como fuerzas de trabajo (manipulación, tránsito interno, transporte), fuerzas acumulativas (manipulación, transporte y gravedad),

fuerzas de nivel bajo (vibraciones del edificio) y/o fuerzas catastróficas (sismos, accidentes, etc.) (Marcon, 2009), junto con los ciclos de expansión y contracción de la pieza ante cambios de temperatura y humedad ambientales.

Asimismo, se detectaron uniones de fragmentos realizadas posterior al hallazgo, mediante un adhesivo plástico transparente con burbujas visibles. Bajo FV-UV, algunas áreas emitieron fluorescencia azul lechosa (Figura 4B) y otras, débil o nula, sugiriendo el uso de un mismo tipo de adhesivo en distintos momentos, posiblemente nitrato de celulosa, polyvinilalcohol (PVOH) o una resina acrílica (Dinator, 2018). Las uniones presentan errores de aplicación como desfases, exceso de adhesivo y su uso inadecuado como relleno estructural.

Pulimentos

Se identificaron pulimentos en las puntas y a lo largo de los candiles, con similitudes morfológicas y de distribución entre las astas de *Antifer ultra* y *Dama dama*, (Figura 9). La textura suave y brillo en materiales óseos pueden ser el resultado de abrasiones producidas por sedimentos arrastrados por agua o viento (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016), pero en el caso particular de las astas de ciervo, esta alteración ha tendido a ser malinterpretada como una modificación cultural (Olsen 1989; Lyman, 1994; Jin y Shipman, 2010). Olsen (1989) demostró que este patrón de pulimento es la modificación natural más frecuente en las astas de ciervos y atribuyó su origen a la conducta del animal, mientras que Jin y Shipman (2010) reportaron la presencia de la alteración en las puntas de candiles aún cubiertas de felpa que nunca tuvieron contacto con el ambiente externo, por tanto, esta apariencia de pulimento sería una característica natural en los ciervos y la existencia de puntas de candiles muy pulimentadas no puede ser considerada como huella de uso por humanos. En este caso, los pulimentos tendrían entonces su origen en el contexto sistémico primario antes de su remuda, siendo de origen natural por anatomía o comportamiento.

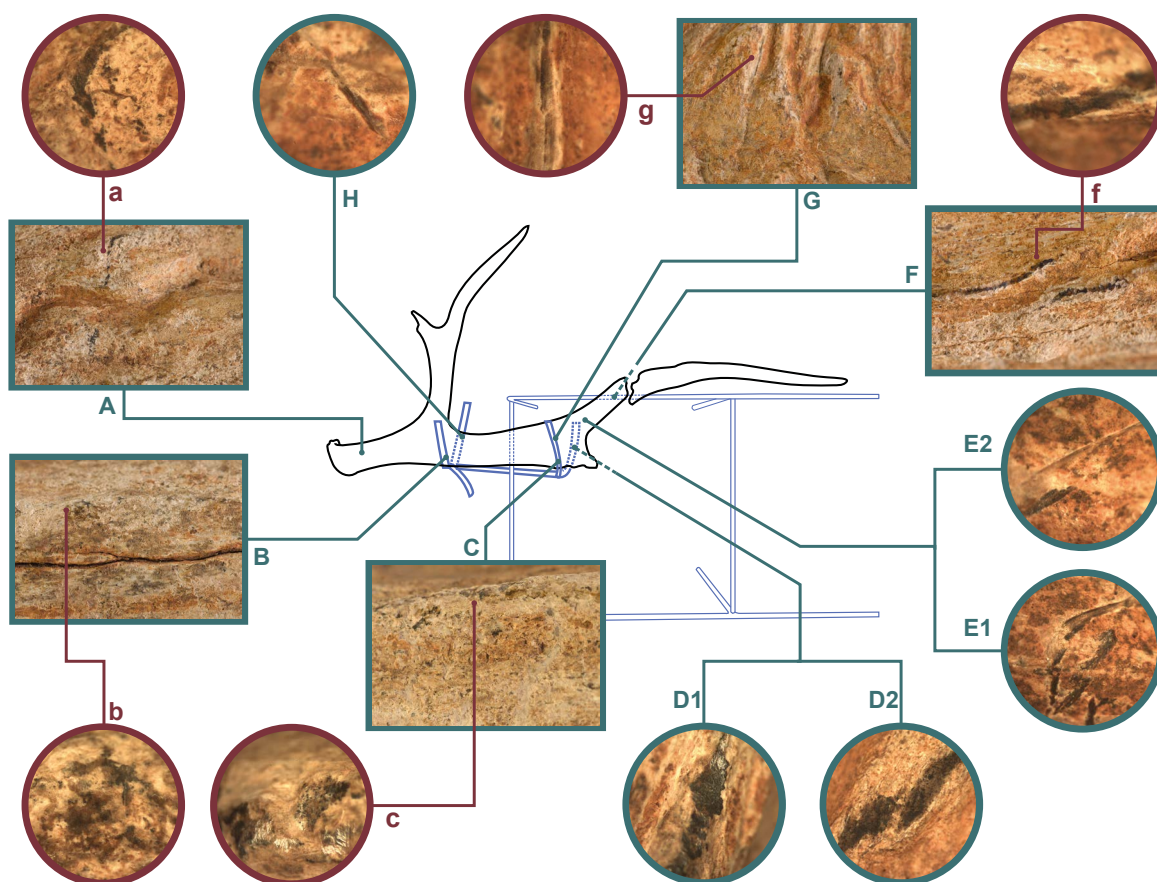


Figura 7. Diagrama de alteraciones producidas por montaje museográfico. A. Marca negra; a. Detalle de surco con adherencia negra, aumento 15x; B. Marcas negras; b. Detalle de surcos, pulimento y adherencias negras, aumento 15x; C. Marcas negras y surcos; c. Detalle de pulimentos, surcos y adherencias negras, aumento 22,5x; D1. Detalle de adherencia negra lineal, aumento 22,5x; D2. Detalle de adherencias negras lineales, aumento 15x; E1. Detalle de surcos y adherencias negras, aumento 15x; E2. Detalle de surcos y adherencias negras lineales, aumento 30x; F. Marcas negras; f. Detalle de adherencias negras lineales, aumento 30x; G. Surcos, marcas negras lineales y faltantes; g. Detalle de surco y adherencia negra lineal, aumento 22,5x; H. Detalle de surco con adherencia negra lineal, aumento 30x (Diagrama y fotografías a, b, c, D1, D2, E1, E2, f, g, H: Dinator, M. 2018. Fotografías A, B, C, F, G: Ormeño, L., 2018, Archivo CNCR).

Diagram of alterations caused by museographic mounting. A. Black mark; a. Detail of groove with black residue, 15x magnification; B. Black marks; b. Detail of grooves, polish and black residues, 15x magnification; C. Black marks and grooves; c. Detail of polish, grooves and black residues, 22.5x magnification; D1. Detail of linear black residue, 22.5x magnification; D2. Detail of linear black residues, 15x magnification; E1. Detail of grooves and black residues, 15x magnification; E2. Detail of linear grooves and black residues, 30x magnification; F. Black marks; f. Detail of linear black residues, 30x magnification; G. Grooves, linear black marks and losses; g. Detail of groove and linear black residue, 22.5x magnification; H. Detail of groove with linear black residue, 30x magnification (Diagram and photographs a, b, c, D1, D2, E1, E2, f, g, H: Dinator, M. 2018. Photographs A, B, C, F, G: Ormeño, L., 2018. CNCR Archive).

Diagrama das alterações produzidas pela montagem museográfica. A. Marca preta; a. Detalhe do sulco com aderência preta, aumento de 15x; B. Marcas pretas; b. Detalhe dos sulcos, polimento e aderências pretas, aumento de 15x; C. Marcas pretas e sulcos; c. Detalhe dos polimentos, sulcos e aderências pretas, aumento de 22,5x; D1. Detalhe de aderência preta linear, aumento de 22,5x; D2. Detalhe de aderências pretas lineares, aumento de 15x; E1. Detalhe de sulcos e aderências pretas, aumento de 15x; E2. Detalhe de sulcos e aderências pretas lineares, aumento de 30x; F. Marcas pretas; f. Detalhe de aderências pretas lineares, aumento de 30x; G. Sulcos, marcas pretas lineares e faltantes; g. Detalhe de sulco e aderência preta linear, aumento de 22,5x; H. Detalhe de sulco com aderência preta linear, aumento de 30x (Diagrama e fotografias a, b, c, D1, D2, E1, E2, f, g, H: Dinator, M. 2018. Fotografias A, B, C, F, G: Ormeño, L., 2018, Arquivo CNCR).

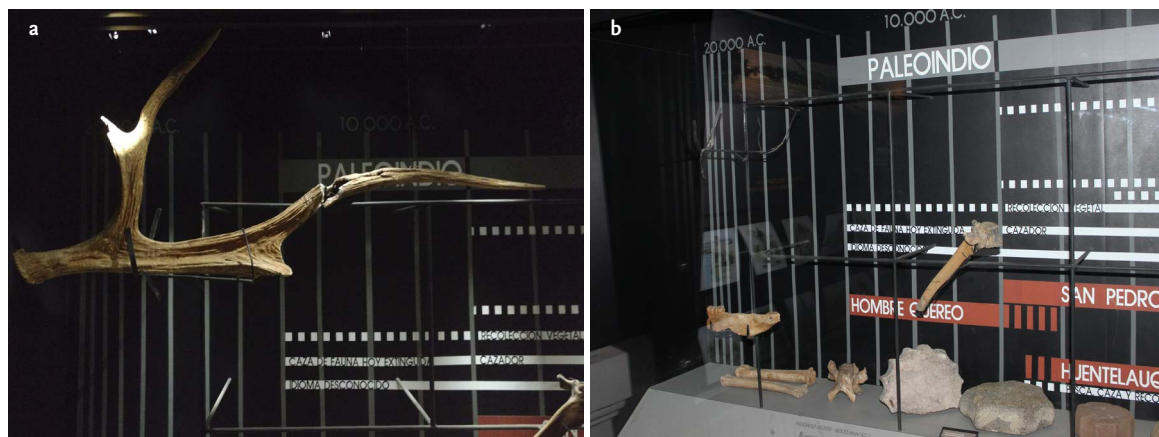


Figura 8. Montaje museográfico: a. Posición del asta en el montaje; b. Vista general de la estructura de montaje (Fotografía: Museo del Limarí, 2017).

Museographic mounting: a. Position of the antler within the display; b. General view of the mounting structure (Photograph: Museo del Limarí, 2017).

Montagem museográfica: a. Posição do mastro na montagem; b. Vista geral da estrutura de montagem (Fotografia: Museu do Limarí, 2017).



Figura 9. Pulimentos en: a. Garceta de Antifer ultra; b. Garceta de Dama dama (Fotografías: Ormeño, L., 2018, Archivo CNCR).

Polishing marks on: a. Antifer ultra burr; b. Dama dama burr (Photographs: Ormeño, L. 2018. CNCR Archive).

Polimentos em: a. Extremidade de Antifer ultra; b. Extremidade de Dama dama (Fotografías: Ormeño, L., 2018, Arquivo CNCR).

Estado de conservación y decisiones de intervención

El asta presenta debilidad estructural asociada a procesos diagenéticos y de meteorización, lo que la hace vulnerable a deterioros por acciones físico-mecánicas y dificulta su manipulación, ante la posible generación de marcas, intensificación de agrietamientos, desprendimientos, delaminación y pérdida del tejido friable. Por ello, se evaluó su estado de conservación como regular a malo (Comité ConservaData, 2007).

Se definió el plan de intervención en consenso con la institución mandante con un enfoque de tratamiento con mínima invasión (Cronyn, 1990; Odegaard y Cassman, 2007) para mitigar y prevenir deterioros, evitando introducir modificaciones drásticas a nivel estructural. Algunas de las acciones fueron la remoción de los adhesivos de intervenciones anteriores mediante la aplicación de acetona de grado técnico con hisopos y jeringas desechables para liberar los fragmentos con problemas de unión y eliminar los excedentes. Se realizó una nueva unión de fragmentos aplicando con pincel una solución de Paraloid B-72® (B-72) al 25% en acetona (Figura 10). Para prevenir pérdidas materiales por manipulación, se aplicaron refuerzos estructurales de fragmentos de papel japonés de 11 g/m² adheridos con B-72 al 10% en las zonas con riesgo de desprendimiento y se consolidaron áreas con riesgo de delaminación aplicando B-72 al 5% por goteo con una jeringa, ambas soluciones en acetato de butilo, ya que genera

un consolidante más estable ante la radiación UV (Linares y Carrascosa, 2016).

Se descartó recuperar la morfología del objeto mediante acciones restaurativas para minimizar la generación de sesgos en la información. Por el mal estado de conservación en los puntos de fractura, la restauración del segundo candil a su posición original requería de acciones muy invasivas, como incorporar refuerzos internos que comprometerían el tejido trabecular remanente. Se acordó que la posición anatómica fuese resuelta modificando el montaje museográfico. Para ello se plantearon dos propuestas (Dinator, 2018): la primera consiste en revestir los puntos de contacto del montaje actual con un material suave para evitar generar marcas y manchas por roce, la segunda propone un nuevo sistema de montaje con materiales diferentes y que incorpore la posición anatómica del asta en el animal, para evitar que el peso recaiga sobre el borde posterior de la vara principal, ya que concentra alteraciones estructurales. La determinación del tipo de materiales y de las modificaciones específicas al montaje quedó pendiente de definición, a partir de los planes museográficos y recursos del MDL.

Con el objetivo de preservar la información, junto con evitar la disociación y descontextualización de las partes que no fueron unidas, estas se rotularon aplicando una fina capa de B-72 en acetato de butilo al 10%, sobre la que se inscribió la información con tinta blanca y se selló con otra capa del mismo adhesivo. La inscripción anterior inadecuada se retiró con solventes para evitar duplicidad de información.

DISCUSIÓN

Si bien el ciervo dama (*Dama dama*) es una especie introducida en Chile, a diferencia de *Antifer ultra*, originario de América del Sur, el pulimento en las puntas es el rasgo natural más común en las astas de los cérvidos a nivel mundial, presente incluso en especies endémicas actuales como el huemul (*Hipocalemus bisulcus*) (Olsen, 1989). La comparación entre ejemplares permitió profundizar en esta característica y formular las primeras inferencias

sobre posibles modificaciones diagenéticas. En este sentido, la homologación entre especies de la familia Cervidae representa un recurso valioso para reconocer, en una etapa inicial, las características propias de estas materialidades poco usuales para la conservación local.

En términos metodológicos, identificar procesos diagenéticos resulta fundamental para el diagnóstico



Figura 10. a. Vista del segundo candil antes de la intervención. b. Vista del segundo candil después de limpieza, unión de fragmentos y aplicación de refuerzos (Fotografía a: Correa, C., 2016; fotografía b: Ormeño, L., 2017, Archivo CNCR).

a. View of the second tine before intervention; b. View of the second tine after cleaning, fragment joining and reinforcement application (Photograph a: Correa, C. 2016; Photograph b: Ormeño, L. 2017. CNCR Archive).

a. Vista da segunda extremidade antes da intervenção; b. Vista da segunda extremidade após limpeza, união de fragmentos e aplicação de reforços (Fotografia a: Correa, C., 2016; fotografia b: Ormeño, L., 2017, Arquivo CNCR).

de conservación, ya que los huesos sufren transformaciones en su composición, donde los huesos más modernos pueden preservar ambas fases (orgánica y mineral), con el tiempo pueden mineralizarse por completo (fósiles) y los de cronologías intermedias, como los del Pleistoceno, pueden presentar composiciones variables e inclusive alta mineralización (Smith et al., 2002), según el ambiente de depositación (Díaz-Cortés et al., 2021). El asta de *Antifer ultra* pertenece a este grupo y podría ser un caso de mineralización parcial. No existe un criterio consensuado para estos casos, ya que el concepto de subfósil varía según el autor (Díaz-Cortés et al. 2021). En conservación los huesos arqueológicos que no están completamente fosilizados se consideran materiales orgánicos, aplicando criterios estandarizados que no siempre contemplan esta variabilidad composicional ni sus implicancias para el diagnóstico y las decisiones de intervención.

La incorporación de estudios tafonómicos en el diagnóstico de conservación permitió vincular los procesos asociados al ambiente de depositación, que generaron esta posible subfosilización, con la debilidad estructural del asta, favoreciendo la aparición de fracturas durante su enterramiento y tras su recuperación. Asimismo, la meteorización pudo intensificar las modificaciones diagenéticas, ya que la exposición a los agentes de intemperismo produce pérdidas de colágeno, procesos de disolución y recristalización de la fase mineral (Díaz-Cortés et al., 2021). La ausencia de indicios macroscópicos de actividad microbiana en los análisis con lupa estereoscópica y FVI-UV respalda la hipótesis de una pérdida del componente orgánico por hidrólisis química atribuible al ambiente de depositación (Smith et al., 2002).

Estas inferencias iniciales fundamentan la necesidad de realizar análisis complementarios que aporten información más precisa sobre la naturaleza y magnitud de las modificaciones diagenéticas en el asta (Tütken y Vennemann, 2011), con el propósito de comprender su incidencia en la integridad estructural y química del material. Estos estudios permiten estandarizar las descripciones del estado de conservación de los huesos, considerando

variables como el aumento de la porosidad, la pérdida del componente orgánico y el incremento de la cristalinidad (Díaz-Cortés et al., 2021). En este caso, análisis histológicos serían pertinentes para descartar un eventual ataque microbiano, mientras que técnicas como la difracción de rayos X (DRX) y la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier con reflectancia total atenuada (FTIR-ATR) permitirían evaluar el grado de degradación de las fases orgánica e inorgánica del tejido (Díaz-Cortés et al., 2021). Este tipo de información resulta esencial para determinar la factibilidad de futuros análisis biomoleculares, como los de isótopos estables, que requieren verificar la preservación del colágeno y la bioapatita (Tütken y Vennemann, 2011; Dal Sasso et al., 2016).

Las modificaciones antrópicas ocurridas en contextos posteriores a la recuperación del objeto del contexto arqueológico son un aspecto relevante al evaluar pérdidas de información y posibles errores interpretativos. En Quereo, se han documentado fracturas contemporáneas en materiales óseos atribuibles a una manipulación inadecuada en el museo, provocando distorsiones en los análisis arqueológicos (Labarca, 2003). El asta de *Antifer ultra*, al igual que estos otros materiales del sitio, ejemplifica una problemática común en colecciones arqueológicas y paleontológicas chilenas que llevan varias décadas almacenadas en instituciones, las cuales hacia inicios de la década de los 80 del siglo XX, carecían de personal especializado en conservación (Alegoría et al., 2005), por lo que no existía un adecuado manejo de colecciones y se provocaron alteraciones como fracturas, modificaciones superficiales e intervenciones inadecuadas.

Dado que estas colecciones aún poseen un alto potencial informativo sin explorar (Labarca, 2003), resulta importante identificar el contexto de origen de las alteraciones durante el diagnóstico de conservación. En este caso, algunas marcas y manchas pudieron vincularse con su montaje museográfico, pero también existen evidencias de fragmentaciones y uso de materiales exógenos inadecuados (Cronyn, 1990; Odegard y Cassman, 2007), junto con la ausencia de registros de intervenciones previas. Esto sugiere una pérdida de

información contenida en la topografía superficial del asta al obliterarse marcas del contexto primario y arqueológico, junto con la generación de nuevas alteraciones como fisuras, desprendimientos y surcos (López-Polín, 2012; Valtierra et al., 2022).

Asimismo, el uso de adhesivos y consolidantes puede interferir en futuros análisis de la superficie del asta,

por microscopía óptica o electrónica (López-Polín, 2012). Por ello, se recomienda que las investigaciones posteriores consideren cuidadosamente las áreas de extracción y preparación de muestras, ya que, si bien la intervención actual está documentada, no se cuenta con certeza sobre los tratamientos aplicados en el pasado.

CONCLUSIONES

Estos estudios permitieron iniciar una discusión fundamentada sobre la intervención y reexhibición del asta, considerando su valor patrimonial y potencial de investigación. El diagnóstico reveló la intensidad de intervenciones anteriores y deterioros estructurales, ofreciendo una visión integral del daño y orientando decisiones consensuadas entre la institución mandante y la UPAE, abordando problemáticas propias de materiales de referencia poco comunes en el registro arqueológico y paleontológico.

Los análisis, junto con el enfoque tafonómico, ampliaron la comprensión de los procesos y agentes de alteración, evidenciando la necesidad de estudios complementarios para caracterizar con mayor precisión las transformaciones diagenéticas y evaluar el potencial informativo del tejido óseo.

En el estudio se asoció una modificación en el asta a un rasgo natural del animal, siendo un aporte de información para el estudio de la fauna extinta en Chile, al ser esta una especie con escasos antecedentes y materiales de estudio locales. Estos resultados abren potenciales líneas de investigación en paleontología, donde una comparación más profunda de los pulimentos en otros ejemplares, podría entregar nuevos antecedentes sobre las variables que influyen en la generación de este rasgo y motivar estudios actualísticos sobre los patrones tafonómicos en la paleofauna chilena, que pueden nutrir a la conservación arqueológica.

El trabajo destaca la relevancia de identificar y relacionar correctamente las causas y contextos de origen de las alteraciones, ya que interpretaciones imprecisas pueden conducir a pérdidas de información o a atribuciones erróneas. Si bien la distinción de los contextos de producción de las alteraciones se fundamenta en las observaciones directas, análisis imagenológicos y documentación disponible, se reconocen limitaciones en los alcances de los estudios tafonómicos ante la falta de documentación sobre las antiguas intervenciones realizadas en el contexto del museo.

Finalmente, el diagnóstico del asta de *Antifer ultra* evidencia que, una descripción adecuada del estado de preservación de materiales óseos arqueológicos y paleontológicos, requiere la inclusión de estudios tafonómicos para identificar alteraciones bioestratinómicas y fosildiagenéticas, que determinen agentes, procesos y mecanismos; pudiendo complementarse con análisis microestructurales para conocer la degradación de las distintas fases del hueso. En materiales de cronologías intermedias, se debe considerar una posible variabilidad composicional que es determinada por el tiempo y el ambiente de depositación. Profundizar acerca de los mecanismos de alteración diagenética puede aportar tanto a futuros estudios de otros materiales del sitio, como al desarrollo de metodologías de diagnóstico en conservación de huesos arqueológicos y paleontológicos en el territorio.

AGRADECIMIENTOS

Al Museo del Limarí, por facilitar las imágenes del montaje museográfico de la pieza.

REFERENCIAS CITADAS

- Alegría, L., Alvarado, I., Espinoza, F., Martínez, J. M. y Núñez, G.** (2005). Manejo integral de colecciones en el Museo Histórico Nacional. Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos (DIBAM), Museo Histórico Nacional.
- Behrensmeyer, A.** (1978). Taphonomic and ecological information from bone weathering. *Paleobiology*, 4(2), 150-162. <https://doi.org/10.1017/S0094837300005820>
- Behrensmeyer, A., Denys, C. y Brugal, J. P.** (2018). What is taphonomy and What is not? *Historical Biology*, 30(6), 718-719. <https://doi.org/10.1080/08912963.2018.1432919>
- Behrensmeyer, A. y Kidwell, M.** (1985). Taphonomy's contribution to paleobiology. *Paleobiology*, 11(1), 105-119. <https://doi.org/10.1017/S009483730001143X>
- Borrero, L.** (2009). The Elusive Evidence: The Archeological Record of the South American Extinct Megafauna. En Haynes, G. (ed.) *American Megafaunal Extinctions at the End of the Pleistocene. Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology* (pp. 145-168). Springer.
- Bubenik, G. y Bubenik A.** (eds.). (1990). *Horns, Pronghorns, and Antlers. Evolution, Morphology, Physiology, and Social Significance*. Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8966-8>
- Casamiquela, R.** (1984). Critical catalogue of some Chilean fossil vertebrates. I. The Deers: Complementary considerations on *Antifer* (*Antifer niemeyeri* n.sp.), the Pleistocene Giant Deer. En *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 2. 41-50. CRC Press.
- Chang, V.** (2011). Expertise arqueológico basado en la mancha de manganeso. En *Actas del II Congreso Latinoamericano de Arqueometría*, 189-199. Universidad Nacional de Ingeniería, Instituto Peruano de Energía Nuclear-IPEN, Organización de los Estados Americanos-OEA.
- Chhem, R. y Brothwell, D.** (2008). *Paleoradiology. Imaging Mummies and Fossils*. Springer.
- Collins, M. J., Nielsen-Marsh, C.M., Hiller, J., Smith, C.I., Roberts, J.P., Prigodich, R.V., Wess, T.J., Csapò, J., Millard, A.R. and Turner-Walker, G.** (2002). The survival of organic matter in bone: A review. *Archaeometry*, 44(3), 383-394. <https://doi.org/10.1111/1475-4754.t01-1-00071>
- Comité ConservaData.** (2007). Determinación del estado de conservación: criterios. Santiago, Chile: Centro Nacional de Conservación y Restauración. Documento no publicado.
- Cronyn, J. M.** (1990). *The elements of Archaeological Conservation*. Routledge.
- Dal Sasso, G., Lebon, M., Angelini, I., Maritan, L., Usai, D. y Artioli, G.** (2016). Bone diagenesis variability among multiple burial phases at Al Khiday (Sudan) investigated by ATR-FTIR spectroscopy, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Elsevier B.V., 463, 168-179. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.10.005>
- Demarais, S. y Strickland, B. K.** (2011). Antlers. En D.G. Hewitt (ed.) *Biology and Management of White-tailed Deer* (pp. 107-145). CRC Press.

Díaz-Cortés, A., López-Polín, L., Del Valle Blanco, H., y Cáceres Cuello de Oro, I. (2021). La naturaleza del hueso y su fosilización. La Tafonomía para el estudio del estado de conservación del hueso arqueológico y paleontológico. *Ge-Conservación*, 20(1). 51–63. <https://doi.org/10.37558/gec.v20i1.1001>

Dinator, M. (2018). *Estudio e intervención de tres materialidades representativas del registro arqueológico en el Laboratorio de Arqueología del Centro Nacional de Conservación y Restauración: conservación y restauración de un fragmento textil, un jarro cerámico y un asta del cérvido Antifer ultra* [Memoria para optar al grado de Postítulo en Restauración del Patrimonio Cultural Mueble]. Departamento de Postgrado, Facultad de Artes, Universidad de Chile.

Domínguez-Rodrigo, M., Fernández-López, S. y Alcalá, L. (2011). How can Taphonomy be defined in the XXI century? *Journal of Taphonomy*, 9(1), 1–13.

Dumont, M., Kostka, A., Sander, P.M., Borbely, A., Kaysser-Pyzalla, A. (2011). Size and size distribution of apatite crystals in sauropod fossil bones, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 310(1–2), 108–116. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2011.06.021>

Efremov, I. A. (1940). Taphonomy: a new branch of paleontology. *Pan American Geologist*, 74(2), 81–93.

Espinoza, F. y Rivas, V. (2011). Fluorescencia visible inducida por radiación UV. Sus usos en conservación y diagnóstico de colecciones. Una revisión crítica. *Conserva*, 16, 27–38.

Fernández-Jalvo, Y. y Andrews, P. (2016). *Atlas of Taphonomic Identifications: 1001+ Images of Fossil and Recent Mammal Bone Modification*. Springer.

Fernández-Jalvo, Y. y Marin-Monfort, M.D. (2008). Experimental taphonomy in museums: preparation protocols for skeletons and fossil vertebrates under the scanning electron microscopy. *Geobios*, 41, 157–181. <https://doi.org/10.1016/j.geobios.2006.06.006>

Goss, R. (1983). *Deer Antler. Regeneration, Function and Evolution*. Academic Press.

Jackson, D., Méndez, C., Seguel, R. y Núñez, L. (2014). Geoarqueología de los contextos costeros de la comuna de Los Vilos. En R. Seguel y D. Jackson (eds.) *Geoarqueología en ambientes costeros y paisajes patrimoniales de la costa del Choapa: Guía de campo. II Taller de Geoarqueología de América Latina*. Los Vilos. Centro Nacional de Conservación y Restauración; Departamento de Antropología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile.

Jin, J.J.H. y Shipman, P. (2010). Documenting natural wear on antlers: A first step in identifying use-wear on purported antler tools. *Quaternary International*, 211(1–2): 91–102, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.06.023>.

Labarca, R. (2003). Relación hombre-mastodonte en el semiárido chileno: el caso de quebrada Quereo (IV Región, Coquimbo). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile*, 52, 151–175. <https://doi.org/10.54830/bmnhn.v52.2003.315>

Labarca, R. y Alcaraz, M. (2011). Presencia de *Antifer ultra Ameghino* (= *Antifer niemeyeri Casamiquela*) (Artiodactyla, Cervidae) en el Pleistoceno tardío-Holoceno temprano de Chile central (30–35°S). *Andean Geology*, 38(1), 156–170.

Labarca, R. y López, P. (2006). Los mamíferos finopleistocénicos de la Formación Quebrada Quereo: (IV Región-Chile): biogeografía, bioestratigrafía e inferencias paleoambientales. *Mastozoología Neotropical* 13(1), 89–101.

Labarca, R., López, P. y Núñez, L. (2005). Nuevas consideraciones en torno a los niveles I y II (Paleoindio) del sitio Quereo (IV Región): Una aproximación tafonómica y zooarqueológica. En *Actas del XVI Congreso Nacional de Arqueología* (pp. 519–527). Escaparte Ediciones.

Linares, M. A., & Carrascosa, M. B. (2016). Consolidation of bone material: Chromatic evolution of resins after UV accelerated aging. *Journal of Paleontological Techniques*, 15(15): 46–67.

Lincoln G. (1992). Biology of Antlers. *Journal of Zoology*, 226, 517–528. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1992.tb07495.x>

López-Polín, L. (2012). Possible interferences of some conservation treatments with subsequent studies on fossil bones: A conservator's overview. *Quaternary International*, 275, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.07.039>

Lyman, R. (1994). *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139878302>

Marcon, P. (2009). *Agentes de deterioro: fuerzas físicas*. Canadian Conservation Institute, ICCROM. Recuperado el 30 de septiembre de 2025. https://engine.patrimoniocultural.gob.cl/static/cache/binaries/articles-56474_recurso_1.pdf?binary_rand=1750

Menégar, A. N. y Ortiz-Jaureguizar, E. (1995). Los Artiodáctilos. En M. T. Alberdi, G. Leone, E. P. Tonni, E.P (eds.) *Evolución biológica y climática de la región Pampeana durante los últimos cinco millones de años. Un ensayo de correlación con el Mediterráneo occidental*. Monografías 12 (pp. 311–337). Museo Nacional de Ciencias Naturales. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Minnesota Historical Society (2009). *Bone, Antler, Ivory, and Teeth. Found in such items as tools, jewelry, and decorations*. Care of collections: Practical guidelines. MNHS GitLab Archive. http://www.mnhs.org/preserve/conservation/connectingmn/docs_pdfs/repurposedbook-bone...000.pdf

Montané, J. y Bahamondes. R. (1973). Un nuevo sitio paleoindio en la provincia de Coquimbo, Chile. *Boletín del Museo Arqueológico de La Serena* 15, 215–222.

Munsell, A. (1994). *Soil color chart*. New York, United State: Macberth Division of Kollmorgen Instruments Corporation Revised edition.

Núñez, L.; Varela, J.; Casamiquela, R. (1983). *Ocupación paleoindio en Quereo: reconstrucción multidisciplinaria en el territorio semiárido de Chile (IV Región)*. Imprenta Universitaria, Universidad del Norte.

Núñez, L.; Varela, J.; Casamiquela, R.; Villagrán, C. (1994). Reconstrucción multidisciplinaria de la ocupación prehistórica de Quereo, centro de Chile. *Latin American Antiquity*, 5(2), 99–118. <https://doi.org/10.2307/971558>

O'connor, T. (1987). On the structure, chemistry and decay of Bone, Antler and Ivory. En K. Starling y D. Watkinson (eds.), *Archaeological bone, antler and ivory: the proceedings of a conference held by UKIC Archaeology Section, December 1984* (pp. 6–8). United Kingdom Institute for Conservation.

Odegaard, N. y Cassman, V. (2007). Treatment and Invasive Actions. En V. Cassman, N. Odegaard, y J. Powell (eds.), *Human Remains: Guide for Museums and Academic Institutions* (pp. 77–95). AltaMira Press.

Olsen, S. (1989). On Distinguishing Natural from Cultural Damage on Archaeological Antler. *Journal of Archaeological Science*, 16(2), 125–135. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(89\)90061-7](https://doi.org/10.1016/0305-4403(89)90061-7)

Paoletto, J. M. y Klaes, A. R. (2014). Contemporary cultural alterations to bone. En J. T. Pokines y S. A. Symes (eds.) *Manual of Forensic Taphonomy*. CRC Press.

Pawłowska, K., StefaniaK, K. y Nowakowski, D. (2014). Healed antler fracture from a giant deer (*Megaloceros giganteus*) from the Pleistocene in Poland. *Palaeontologia Electronica*, 17(1), 23A, 9p. <https://doi.org/10.26879/448>

Pokines, J. (2014). Introduction: Collection of Macroscopic Osseous Taphonomic Data and the Recognition of Taphonomic Suites of Characteristics. En J. T. Pokines y S. A. Symes (eds.) *Manual of Forensic Taphonomy* (pp. 1–17). CRC Press.

Smith, C.I., Nielsen–Marsh, C.M., Jans, M.M.E., Arthur, P., Nord, A.G. y Collins, M.J. (2002). The strange case of Apigliano: early “fossilization” of medieval bone in southern Italy, *Archaeometry*, 44(3): 405–415. <https://doi.org/10.1111/1475-4754.t01-1-00073>.

Stolow, N. (1987). *Conservation and Exhibitions. Packing, transport, storage, and environmental considerations*. Butterworths.

Stone, T. (2010) [1983]. *Care of Ivory, Horn and Antler*. CCI Notes 6/1. Canadian Conservation Institute. <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/care-ivory-bone-horn-antler.html>

Sundt, L. (1903). Restos de un mastodonte encontrados cerca de Los Vites. *Anales de la Universidad de Chile*, 113, 555–560.

Thiébaud, C., Coumont, M. P. y Averbouh, A. (2010). The taphonomic approach: an archaeological necessity. *Actes du workshop no 16 - XVe congrès international de l'UISPP Lisbonne, septembre 2006*, Paléo. Supplément 3, 21–28.

Tütken, T.; Vennemann, T. W. (2011). Fossil bones and teeth: Preservation or alteration of biogenic compositions? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 310(1-2), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2011.06.020>.

Valtierra, N., Díaz-Cortés, A., Courtenay, L., Fabregat-Sanjuan, A. y López-Polín, L. (2022). Microscopic modifications produced by mechanical cleaning interventions on archaeological bone. *Journal of Cultural Heritage*, 55, 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.03.001>

Villagrán, C. y Varela, J. (1990). Palynological evidence for increased aridity on the Central Chilean coast during the Holocene. *Quaternary Research*, 34(2), 198–207. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(90\)90031-F](https://doi.org/10.1016/0033-5894(90)90031-F)