



MUSEO DE HISTORIA
NATURAL DE VALPARAÍSO



ANALES

del Museo de Historia Natural
de Valparaíso (En línea)



Arqueología y Geología

Puco, vasija de contorno simple perteneciente a la Cultura Aconcagua, Chile central. N° de inventario MHN-803 27. Colección Juan Ludwig donada en 1921 al Museo de Historia Natural de Valparaíso.

Hallazgos de mamíferos extintos del pleistoceno en la cuenca de Santiago (Región Metropolitana, Chile). Observaciones geológicas y taxonómicas

Findings of extinct mammals of the pleistocene in the Santiago basin (Metropolitan Region, Chile). Geological and taxonomic observations

Patricio López Mendoza*
Valentina Flores-Aqueveque**
Ismael Martínez Rivera***

RESUMEN

El presente trabajo describe los hallazgos fósiles recobrados de depósitos pleistocénicos de dos sectores del área Norte de la Cuenca de Santiago. Del sector denominado CT N°2 proviene un fragmento distal de tibia de Equidae, mientras que del sector Pique Vivaceta se recuperaron un maléolo y una metáfisis y epífisis distal de tibia de un Camelidae de gran talla,

superior a la de los actuales guanacos. La secuencia identificada en la columna estratigráfica de CT N°2 permite definir dos unidades, una inferior caracterizada por sedimentos estratificados, de tamaño relativamente más gruesos (arenas finas a gruesas), de forma generalmente angulosas a subangulosas y con baja esfericidad, y otra unidad superior masiva dominada por

* Arqueólogo (Universidad de Chile), Magíster y Doctor en Antropología (UCN). E-mail: patriciolopezmend@gmail.com

** Departamento de Geología, Universidad de Chile. E-mail: vfloresa@uchile.cl

*** Arqueólogo (Universidad de Chile) y Conservador-Restaurador (PUC). E-mail: ismart68@gmail.com

partículas finas (limo y/o arcilla), con un grado mayor de redondeamiento y baja esfericidad. Para el caso de Pique Vivaceta se identificó una secuencia compuesta por estratos sub horizontales de escala centimétrica a decimétrica. De acuerdo con los cambios tanto texturales como de color fue posible definir 8 subunidades, las cuales fueron agrupadas en 4 unidades mayores. Para ambos sectores se interpretan sedimentos depositados en un ambiente aluvial de baja energía, desarrollados sobre sedimentos relativamente más antiguos de origen aluvial y/o coluvial.

Palabras clave: Pleistoceno, Cuenca, Santiago, Camelidae, Equidae.

ABSTRACT

The present work describes the fossil finds recovered from Pleistocene deposits of two sectors of the northern area of Santiago Basin. From the sector named CT N°2 comes a distal fragment of Equidae tibia, while the Pique Vivaceta sector recovered a malleolus and a metaphysis and distal epiphysis of the tibia of a large Camelidae, superior to that of the current guanacos. The sequence identified in the stratigraphic column of CT N°2 allows to define two units, the lower one characterized by stratified sediments, of relatively coarse grain size (fine to coarse sands) and generally angular to subangular shape and low sphericity, and another upper massive unit dominated by fine particles (silt and/or clay), with higher degree of roundness and low sphericity. In the case of Pique Vivaceta, a sequence composed of sub-horizontal strata of centimetric to decimetric scale was identified. According to changes in both, texture and color, 8 subunits were defined, which were grouped into 4 major units. For both sectors, sediments deposited in a low energy alluvial environment developed on older sediments of alluvial and/or colluvial origin, were interpreted.

Key words: Quaternary, Basin, Santiago, Camelidae, Equidae.

INTRODUCCIÓN

La cuenca de Santiago y sus sedimentos cuaternarios reflejan distintos eventos fluviales, aluviales, lacustres, volcánicos, y glaciares (Wall et al. 1999, Araneda et al. 2000, Yáñez et al. 2015). Asociados a depósitos pleistocénicos, el descubrimiento de mamíferos extintos en su mayoría ha sido azaroso, conllevando en algunos casos la pérdida de información contextual y estratigráfica. Pese a esta carencia de información para algunos de estos hallazgos, el registro paleontológico permite ser re-evaluado taxonómica y cronológicamente a partir de técnicas radiométricas junto al mayor conocimiento que se tiene en la actualidad sobre la distribución estratigráfica y cronológica de los taxones extintos, y que para el caso de la cuenca de Santiago ha motivado una serie de trabajos y revisiones (ver Casamiquela 1999, Alberdi y Frassinetti 2000, Frassinetti y Alberdi 2000, Frassinetti y Alberdi 2001, Labarca 2015). Junto a esto, en las últimas décadas y con el aumento del desarrollo urbano e industrial y la necesaria implementación de los Estudios de Impacto Ambiental que velan por el registro y resguardo de evidencias científicas y de alto valor patrimonial arqueológico, histórico y especialmente paleontológico, el rescate de fósiles ha ido de la mano con un registro más acabado, aunque dicha información no es del todo pública para los círculos científicos y de difusión general.

En este contexto, el presente trabajo aborda la descripción del contexto geológico y discusión taxonómica de dos hallazgos de mamíferos extintos de las familias Equidae y Camelidae provenientes de depósitos pleistocénicos del sector norte de la Cuenca de Santiago. Estos hallazgos fueron realizados durante labores de

excavación llevadas a cabo por la empresa Metro S.A. en dos sectores denominados CT N°2 y Pique Vivaceta, emplazados a poca distancia de los hallazgos de *Scelidodon cf. chilense*, *Equus (Amerhippus)* y *Megatherium* en la ya desaparecida fábrica de Cerámicas Princesa en la comuna de Conchalí (Berdichewsky 1969-1970, Casamiquela 1967, 1969, 1999). De esta manera, los objetivos de este artículo corresponden a: (1) describir los hallazgos paleontológicos en base a criterios anatómicos y métricos, (2) comparar la morfología y medidas de los especímenes de CT N°2 y Pique Vivaceta con ejemplares afines taxonómicamente y provenientes de otros yacimientos del Pleistoceno de Chile y América del Sur, y por último (3) entender el contexto sedimentológico y depositacional de los restos fósiles. Así mismo, una de las principales motivaciones de este trabajo es el aportar más antecedentes sobre los mamíferos que habitaron la Cuenca de Santiago durante el Pleistoceno y entregar datos que permitan complementar los listados existentes a la fecha.

ÁREAS DE ESTUDIO

Los dos hallazgos que se describen en este trabajo se encuentran distanciados por 2,5 km. El hallazgo del Sector CT N°2 (6307107 N-342596 E, Cota 477, y km 1+261.000) fue realizado a 18,63 m de profundidad, mientras que el fósil recuperado de Pique Vivaceta (6305168 N-343908 E, Cota 484 y km 4+055,943) se recobró a aproximadamente 30 m de profundidad (Figura 1). El área de estudio está situada en la Depresión Central, unidad geomorfológica ubicada entre la Cordillera de la Costa y la Cordillera Principal caracterizada por una topografía extremadamente suave (450-550 m.s.n.m) interrumpida ocasionalmente por la presencia de algunos cerros islas. Este relieve suave y llano es reflejo de la gran cantidad de sedimentos cuaternarios que rellenan la Cuenca de Santiago, los que alcanzan potencias de hasta 500 m de espesor

(Araneda et al. 2000, Yáñez et al. 2015). Entre los depósitos que rellenan la cuenca predominan los de origen fluvial, aluvial y coluvial; estando los dos primeros ampliamente distribuidos, mientras que los últimos se encuentran restringidos principalmente a los márgenes de la cuenca. Subordinadamente, la cuenca presenta además sedimentos de tipo piroclástico y sedimentos finos de origen lacustre (Figura 2). De acuerdo con el esquema de Wall et al. (1999), los yacimientos se encuentran emplazados sobre formaciones con depósitos aluviales caracterizados por sedimentos de tamaño grava y arena con intercalaciones de sedimentos finos, que gradan a limos y arcillas con intercalaciones de arenas y gravas hacia la parte más distal y que se intercalan con sedimentos lacustres (limos, arcillas y arenas limosas).

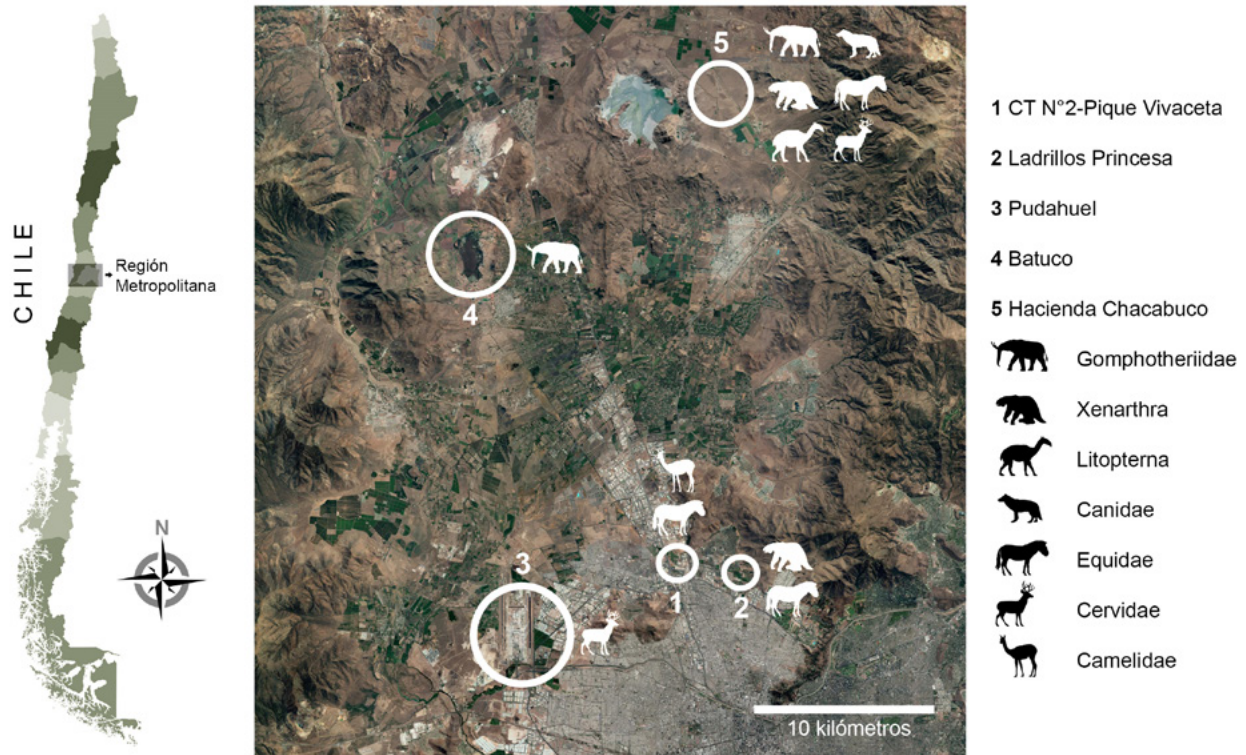


Figura 1: Ubicación de los yacimientos estudiados y localización de hallazgos de mamíferos extintos cercanos en la cuenca de Santiago Norte (ver Fuenzalida 1936, Berdichewsky 1969-1970, Tamayo y Frassinetti 1980, Frassinetti y Alberdi 2000, 2001, Labarca 2015).

A partir de las unidades geoambientales definidas por Fernández (2001), el área de estudio corresponde a la unidad A3 compuesta principalmente de limos y arcillas. Particularmente, los hallazgos se ubican entre las subunidades 'A3a' correspondiente a la zona intermedia a distal de los abanicos aluviales del estero Colina y el río Mapocho, caracterizada por depósitos de limos y arcillas con intercalaciones de arenas y gravas importantes hacia la zona más apical, y la subunidad 'A3b' la cual está compuesta principalmente por limos y arcillas distribuidos en zonas de depresiones de muy baja pendiente. Esta descripción concuerda con la definición de unidades desarrollada por Leyton et al. (2010), según la cual los sedimentos estarían caracterizados por gran cantidad de finos (limos y arcillas) con intercalaciones métricas de arenas y gravas

de tamaños muy variables, asociados a abanicos aluviales (Unidad VII, Leyton et al. 2010). En esta unidad es posible encontrar además intercalaciones de ceniza volcánica, siendo interpretada, además, como una zona de mezcla de los sectores más distales de abanicos aluviales principales y abanicos menores. Yáñez *et al.* (2015) estimaron la densidad del relleno sedimentario de la cuenca a partir de información de 368 pozos resultando para el área de estudio densidades de entre 1,79-1,84 [g/cm³]. Estos valores son consistentes con un predominio de sedimentos finos (limos y/o arcillas) en la zona. Por otro lado, a partir de información estratigráfica de perfiles desarrollados en la zona por Morales (2002) y Gálvez (2012) se observa también para el área una estratigrafía dominada por sedimentos finos.

En un perfil estratigráfico con rumbo SSE-NNW realizado por Morales (2002) alrededor de 4 km hacia el oeste del sitio de ambos hallazgos, es posible observar que los primeros metros de relleno corresponden a sedimentos de la unidad C, definidos por el autor como un nivel generalmente discontinuo y delgado de limos arcillosos, arenosos, ligeramente gravosos. Esta información subsuperficial coincide con lo descrito por Gálvez (2012). El perfil estratigráfico realizado por este autor, a menos de 2 km del sector CT N°2, muestra un evidente predominio de sedimentos finos, limos y/o arcillas y algunas arenas, hasta los 40 m de profundidad aproximadamente. Bajo este estrato de sedimentos finos se observa una capa de grava de alrededor de 60 m de espesor. La escasa extensión de este estrato y su cercanía al Cerro Renca

sugieren que su origen se relaciona a un efecto local producto de la erosión de los cordones montañosos cercanos. Al igual que Leyton (2010), Gálvez (2012) destaca también la aparición de horizontes métricos a decimétricos de ceniza volcánica observados en algunos pozos, entre los 5 y 30 m de profundidad aproximadamente. La presencia de capas de ceniza es reconocida también por Berdichewsky (1969-1970) quien reportó el hallazgo de restos fósiles de un *Scelidodon cf. chilense* a aproximadamente 3,5 km al nororiente de CT N°2 (Figura 1). A diferencia de los hallazgos paleontológicos descritos en este trabajo, los restos rescatados por Berdichewsky se enmarcan en un contexto geológico de conos de deyección considerando su ubicación y cercanía relativa al Cerro La Región (Cerro Guanaco).

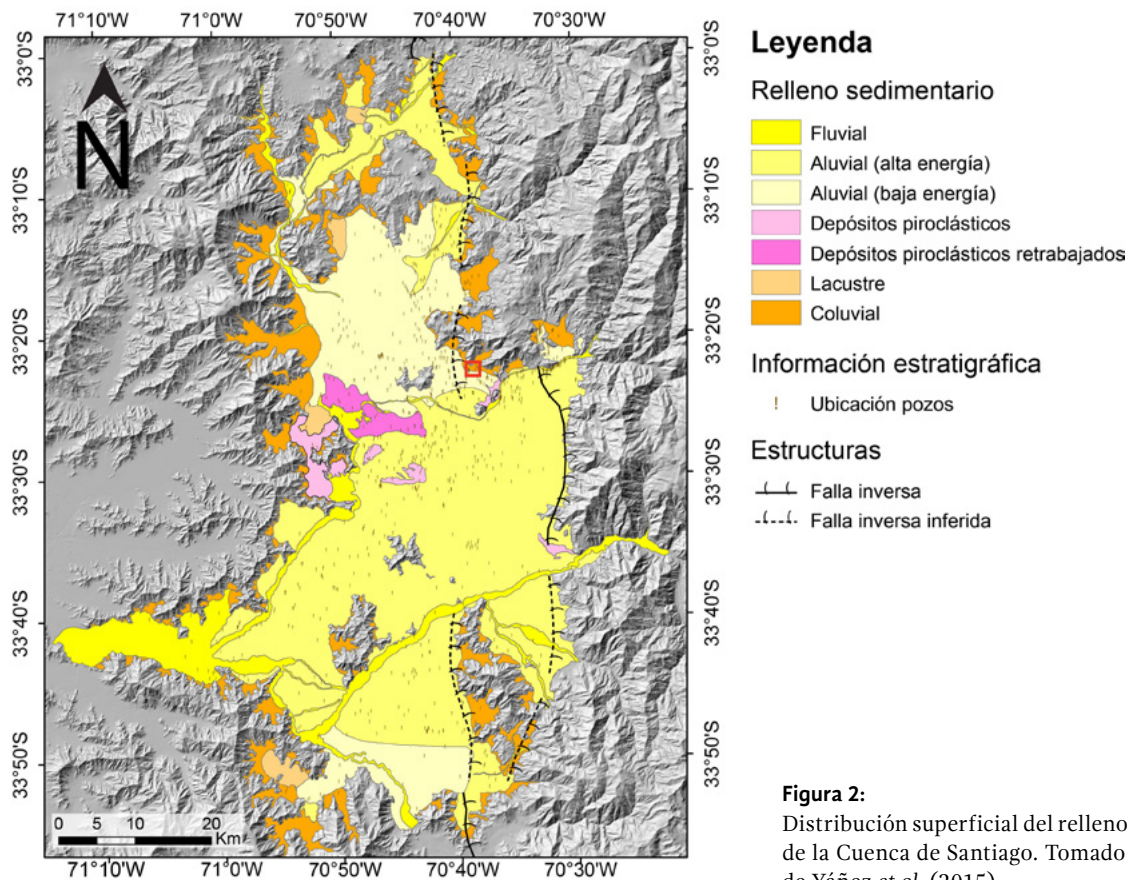


Figura 2: Distribución superficial del relleno sedimentario de la Cuenca de Santiago. Tomado y modificado de Yáñez *et al.* (2015).

METODOLOGÍA

En el caso del espécimen de CT N°2, las muestras utilizadas para el análisis morfológico correspondieron al *Hippidion saldiasi* del sitio Betecsa 1 (Calama. Ver Alberdi *et al.* 2007), depositado en el Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama (MUHNCAL en adelante), y un fragmento de tibia distal de *Equus (Amerhippus)* sp. del sitio de Quereo (Los Vilos. Ver Núñez *et al.* 1994), depositado en el Museo Arqueológico de La Serena (código Qr n3-e3 77/III-MLS). Junto a estas muestras fósiles, se utilizaron especímenes actuales de *Equus ferus caballus* (caballo actual) y *Equus africanus asinus* (asno/burro) provenientes de las colecciones del Laboratorio de Zooarqueología de la Universidad de Chile (código DA-17-2/UCh). En el caso de la muestra de *Equus africanus asinus*, ésta se utilizó debido a que la cuenca de Santiago se encuentra altamente intervenida en tiempos históricos por el desarrollo urbano, y no era descartable *a priori* una situación de *palimpsesto*. Para el análisis osteométrico, los rangos métricos considerados se basaron en las nomenclaturas y normas recomendadas por la *Hipparion Conference* celebrada en Nueva York en 1981 (Eisenmann *et al.* 1988). Este análisis tuvo por objetivo el comparar un par de medidas de la muestra de CT N°2 con muestras fósiles con clasificaciones taxonómicas más precisas. Las medidas utilizadas fueron la **N°7** o **anchura máxima distal** y la **N°8** o **anchura antero-posterior máxima distal**. Las medidas fueron tomadas mediante *caliper* digital y son expresadas en mm. Los datos métricos del espécimen de CT N°2 se compararon además con muestras fósiles de Chile y Argentina, publicadas en distintas contribuciones especializadas. Estos datos osteométricos corresponden a *Hippidion* sp. de Tierras Blancas-Aconcagua, Chile (Alberdi y Frassinetti 2000), e *Hippidion* sp. de Barro Negro-Jujuy, Argentina (Alberdi *et al.* 1986).

La muestra de Pique Vivaceta fue comparada con especímenes de camélidos tanto fósiles como vivientes. En el caso de las muestras de especies actuales, se utilizó la colección de referencia de *Lama guanicoe* (guanaco) y *Vicugna vicugna* (vicuña) del Laboratorio de Zooarqueología de la Universidad de Chile. A estas muestras, se sumaron los restos fósiles clasificados como cf. *Palaeolama* sp. recuperados de los sitios de Los Vilos, Quereo y LV105 (López *et al.* 2005a, Labarca y López 2006, López 2007), y resguardas en el Museo Arqueológico de La Serena y en el Departamento de Antropología de la Universidad de Chile, y de *Lama gracilis* depositados en el Museo de La Plata, y que provienen de depósitos pleistocénicos de la Provincia de Buenos Aires. Además, se realizaron comparaciones con muestras clasificadas como cf. *Lama gracilis* del sector de Calama (Región de Antofagasta), depositados en el MUHNCAL. Para el análisis osteométrico del yacimiento Pique Vivaceta, las medidas consideradas se basaron en los estándares de von den Driessh (1999), los cuales corresponden para el caso del maléolo a **GD** (profundidad máxima), **GH** (altura máxima) y **GB** (anchura máxima). En el caso de la tibia, las medidas tomadas corresponden a **GH** (Altura máxima) y **GD** (profundidad máxima) del extremo distal. Las comparaciones métricas fueron realizadas con medidas obtenidas por Cartajena (2002) en restos de *Lama guanicoe* y *Vicugna vicugna*, junto a muestras de estos taxa depositados en las colecciones del Laboratorio de Zooarqueología de la Universidad de Chile.

Para el análisis sedimentológico, se elaboró en el caso del sitio CT N°2 una columna estratigráfica tipo, de la cual se extrajeron a lo largo de 3,5 m un total de 7 de muestras de sedimentos que permitieron, en conjunto a las observaciones realizadas en terreno, definir unidades y subunidades estratigráficas. Estas muestras

sedimentológicas se analizaron con el fin de identificar la distribución granulométrica, forma de las partículas y color, para la posterior clasificación de cada estrato. Para la determinación de la distribución granulométrica se analizó una fracción de 100 ml de muestra mediante tamizado en seco en el agitador manual (*Geotech*

Sand Shaker). Cada muestra fue tamizada durante un periodo de 5 a 6 minutos considerando la serie de tamices detallada en la Tabla 1. Para el caso de Pique Vivaceta se analizó una columna de 1,5 m a partir de muestras de sedimentos obtenidas durante las faenas de recuperación de los fósiles.

TAMICES UTILIZADOS

Código tamiz	Diámetro apertura malla (mm)
40 OPN	1,016
20 OPN	0,508
09 OPN	0,228
024 OPN	0,061

Tabla 1: Características de los tamices utilizados en el análisis de muestras de sedimentos

El peso del contenido de sedimento retenido en cada tamiz fue calculado como porcentaje de la muestra. A partir de las clases de tamaños definidas por Wentworth (1922), se clasificó el material sedimentario según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (*USCS, Unified Soil Classification System*). Adicionalmente, para el caso de CT N°2 se analizó el material extraído de una pequeña cavidad encontrada en el hueso. Sin embargo, este sedimento (Muestra ED) sólo pudo ser clasificado basado en un análisis

granulométrico realizado mediante inspección visual al microscopio estereométrico (marca Olympus, modelo SZ61) debido a la escasa cantidad de material. Por último, la forma de las partículas, que considera el grado de redondeamiento y esfericidad, se estimó a partir de la cartilla de comparación desarrollada por Powers (1953). Mientras que para la determinación del color de los sedimentos se utilizó la carta de clasificación de colores de suelo definida por Munsell (2009).

RESULTADOS

SECTOR CT N°2
Sistemática Paleontológica
Orden Perissodactyla Owen, 1848
Familia Equidae Gray, 1821
Subfamilia Equinae (Gray, 1821) Steinmann y Döderlein, 1890
Equidae, gen. et sp. indet.

Material asignado: Epífisis distal de tibia izquierda proveniente del sector CT N°2 (ver Figura 3).



Figura 3: Distintas vistas de la epífisis distal de équido recuperada del sector CT N°2.

Descripción y comparación anatómica

El espécimen corresponde a un fragmento de diáfisis y epífisis distal de tibia izquierda de un animal adulto y sexo indeterminado, el que a la altura de diáfisis presenta una fractura postdeposicional. Para este espécimen, está presente tanto el maléolo medial, además del surco para el tendón extensor lateral y las escotaduras para la articulación con el astrágalo.

En comparación a la tibia de *Hippidion saldiasi* del sitio de Betecsa-1, el espécimen de CT N°2 presenta un surco para el tendón extensor lateral muy poco excavado y prácticamente ausente, y con rugosidades menos marcadas, lo cual se asocia a zonas de inserciones musculares menos desarrolladas. En comparación con los especímenes actuales de *Equus caballus* (caballo actual), el resto fósil de CT N°2 es prácticamente indiferenciable en morfología. Las diferencias más relevantes corresponden al tamaño, por cuanto el espécimen fósil es de mayor envergadura a las muestras comparativas de *Equus caballus*, ambos machos adultos, aspecto que será discutido más adelante.

El maléolo medial, en su superficie o extremo distal, presenta una orientación más diagonal versus la orientación más horizontal observada en las muestras actuales, en el espécimen de *Equus (Amerhippus)* sp. procedente del sitio de Quereo y en el espécimen de *Hippidion saldiasi*

de Betecsa-1. Esta orientación diagonal es semejante a la observada en el espécimen de *Equus africanus asinus*. A este taxa además se asocia la menor robustez de las tuberosidades asociadas al surco para el tendón extensor lateral, las cuales se encuentran más desarrolladas para *Equus caballus*. Si bien, y como se mencionó anteriormente, estas diferencias pueden deberse a la erosión tafonómica observada en ambas tuberosidades, la proyección de éstas, no reflejan un gran desarrollo.

En las escotaduras astragalianas no se observaron mayores diferencias, sobre todo en su profundidad, forma y extensión. Además, en la epífisis distal, las zonas de inserciones musculares son menos marcadas en comparación a las muestras actuales de *Equus caballus*. Se desprende de esta comparación, que el espécimen de Quilicura presenta una morfología que no permite una asignación certera al subgénero *Equus (Amerhippus)* o al género *Hippidion*.

Comparación métrica

Como se señaló anteriormente, para comparar las medidas obtenidas de la muestra de CT N°2, se tomaron datos métricos de muestras actuales como fósiles junto a la recopilación de datos disponibles en la bibliografía especializada y que son detallados en la Tabla 2.

Código-Depósito	Sitio	Localidad	Clasificación	Medida 7	Medida 8
Sin código	CT N°2	Quilicura-Región Metropolitana	Equidae	78,3	55,7

Tabla 2: Medidas de Equidae del sector CT N°2.

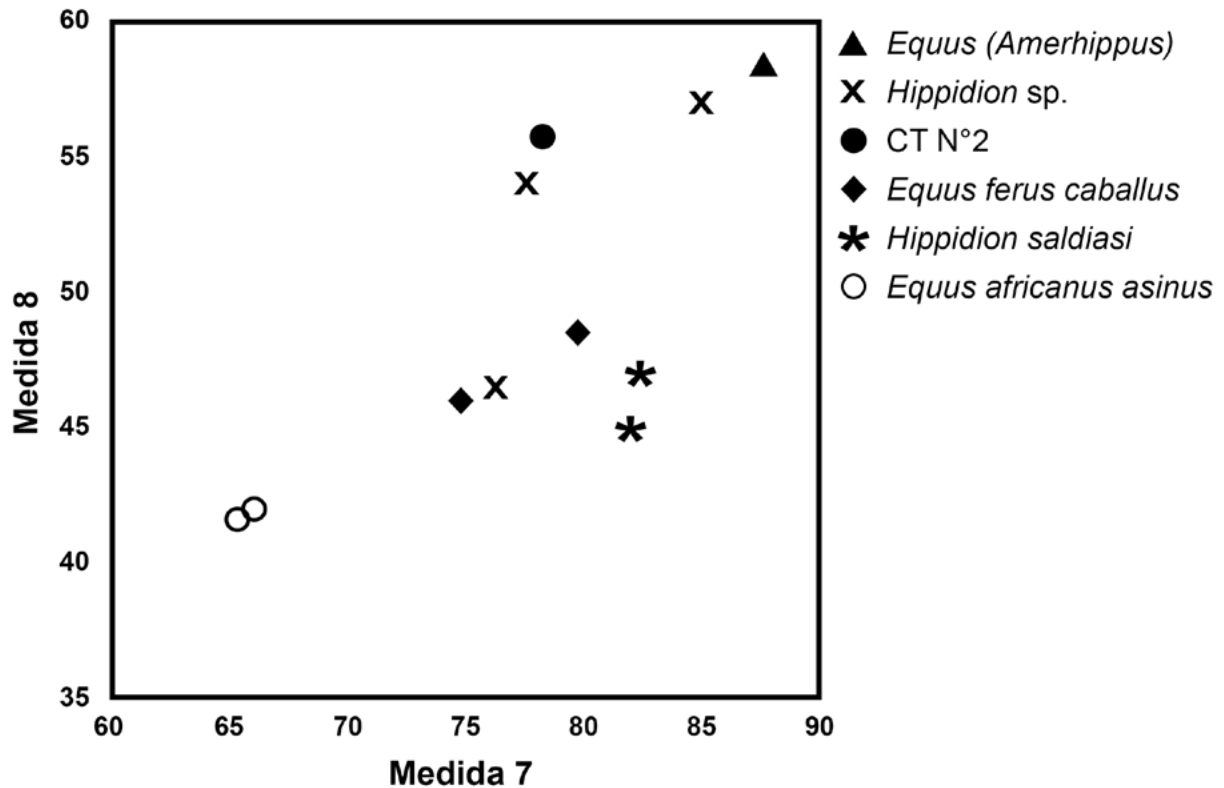


Figura 4: Dispersión de las medidas tomadas de la muestra de Equidae de CT N°2, comparadas con distintas muestras de *Hippidion saldiasi*, *Hippidion sp.*, y *Equus (Amerhippus)* sp. de sitios paleontológicos de Argentina y Chile. Referencias: Alberdi *et al.* (1986, 2007), Alberdi y Frassinetti (2000).

Un acercamiento al rango de tamaño del espécimen de CT N°2 se observa en la Figura 4, en la cual se grafica la dispersión de distintas muestras de acuerdo con las medidas antes mencionadas. En el espécimen de CT N°2, la **Medida 8** se distribuye en la parte alta de la nube mientras que la **Medida 7** en la parte media a baja si no se consideran las muestras de *Equus africanus asinus* que se caracteriza por su tamaño pequeño. Esta distribución no es del todo diagnóstica en cuanto a una asignación taxonómica más específica, puesto que las medidas consideradas se asocian tanto a *Hippidion* de gran talla, como a la muestra de *Equus (Amerhippus)* de Los Vilos y que se caracteriza por su gran tamaño en relación con otras especies del subgénero. El espécimen más próximo en tamaño corresponde a la muestra de *Hippidion sp.* de la localidad de Tierras Blancas (SGO.PV.36-MNHN); sin embargo, esta relación métrica entre ambos especímenes no es diagnóstica debido a la alta diversidad de tamaños en los restos de équidos en ambos géneros.

SECTOR PIQUE VIVACETA

Sistemática Paleontológica

Superorden Cetartiodactyla Montgelard et al. 1997

Orden Artiodactyla Owen, 1848

Familia Camelidae Gray, 1821

Subfamilia Camelinae Gray, 1821

Tribu Lamini Gray, 1821

Camelidae Gray, 1821, morfotipo de gran tamaño

Material asignado: Maléolo completo y diáfisis-epífisis distal de tibia derechos provenientes del sector de Pique Vivaceta (ver Figuras 5a y 5b).

Descripción y comparación anatómica

Los especímenes corresponden a un maléolo derecho y a un fragmento de diáfisis y epífisis distal de tibia derecha, ambos de un mismo animal adulto. En el caso de la tibia, gran parte de la diáfisis se encuentra fragmentada, por lo que algunos especímenes fueron remontados en laboratorio. El maléolo lateral presenta sus superficies anteriores y posteriores erosionadas producto de la acción de los sedimentos. Esta erosión trajo consigo la pérdida parcial de la articulación para la tróclea lateral del astrágalo. A nivel morfológico, el maléolo de Pique Vivaceta no se diferencia de los especímenes de referencia de *Lama guanicoe* actuales, salvo por las diferencias de tamaño discutidas más adelante. En el fragmento de tibia están representados los distintos hitos anatómicos del extremo distal, como la hendidura sinovial, maléolo medial, superficie articular distal, superficie articular del maléolo y la cavidad articular maleolar. La comparación morfológica con especímenes de *Lama guanicoe* no arrojó dema-

siadas diferencias. La comparación del fósil de Pique Vivaceta con muestras actuales de *Vicugna vicugna* y especímenes de *Lama gracilis* también presentan una similitud morfológica general, salvo en el extremo distal del maléolo medial, el cual es más redondeado para la vicuña, y levemente redondeado en *Lama gracilis*. La comparación de la muestra con dos especímenes de tibia distal del sitio de Quereo (Los Vilos, Región de Coquimbo) y asignadas al género extinto *Palaeolama* indican mínimas diferencias de tamaño (ver más adelante), aunque con leves variaciones en términos de forma. Estas variaciones se expresan en el caso de *Palaeolama* de la proyección del maléolo medial hacia distal, alcanzando prácticamente la altura de la superficie articular distal.

Los especímenes recuperados de Pique Vivaceta se compararon con muestras actuales como fósiles. En las Tablas 3 y 4 se detallan las muestras utilizadas para fines comparativos. Para el

caso del maléolo, éste fue comparado sólo con muestras actuales debido a la ausencia de especímenes fósiles comparativos. Las diferencias de tamaño observadas entre el espécimen de Pique Vivaceta son esperables en relación con las muestras de *Lama guanicoe*, *Vicugna vicugna* y la especie fósil de *Lama gracilis*, la cual presenta el menor tamaño de todo el conjunto (ver Figura 6a). En la actualidad el guanaco (*Lama guanicoe*) es la especie de camélido silvestre más grande. Sin embargo, hacia el Pleistoceno son diversas las especies con rangos de tamaños superiores (Menegaz y Ortíz Jaureguizar 1995, Scherer 2013).

Dentro de estos taxa de gran tamaño, *Palaeolama*, *Hemiauchenia*, *Lama angustimaxila* y *Lama owenii* fueron camélidos cuyas envergaduras superan ampliamente a los guanacos actuales, agrupándose el fósil de Pique Vivaceta dentro de la talla de este género a partir de las muestras del sitio de Quereo. Una situación similar a la anterior se observa para el caso del maléolo comparado con muestras actuales de *Lama guanicoe* y *Vicugna vicugna*, puesto que se distancia notablemente sobre todo con la medida GD, y se ubica en un tamaño mucho mayor a la de los camélidos actuales (ver Figura 6b).



Figura 5: (a) Tibia distal de Camelidae de morfotipo de gran tamaño del sector de Pique Vivaceta; (b) Maléolo de Camelidae de morfotipo de gran tamaño del sector de Pique Vivaceta.

Código-Depósito	Sitio	Localidad	Clasificación	Depósito	Dd	Bd
Sin código	Pique Vivaceta	Conchalí- Región Metropolitana	Camelidae	Sin depósito	39,84	57,38

Tabla 3: Medidas de tibia distal del camélido del sector Pique Vivaceta.

En el caso de la medida GH, su cercanía en el caso de Pique Vivaceta con los rangos obtenidos para el guanaco se debe a la erosión de las superficies anteriores y posteriores en el espécimen fósil. Debido a la diversidad de géneros y especies extintas, a la aún discutida sistemática de los camélidos extintos, a lo fragmentario de la muestra y a su baja diagnosis, se han clasificado a los especímenes de Pique Vivaceta como Camelidae indeterminado de gran tamaño, el cual puede corresponder tanto a géneros como *Palaeolama*, *Hemiauchenia* o también a especies extintas del género *Lama*.

Código-Depósito	Sitio	Localidad	Clasificación	Depósito	GD	GH	GB
Sin código	Pique Vivaceta	Conchalí- Región Metropolitana	Camelidae	Sin depósito	30,57	22,35	16,16

Tabla 4: Medidas de maléolo del camélido del sector Pique Vivaceta.

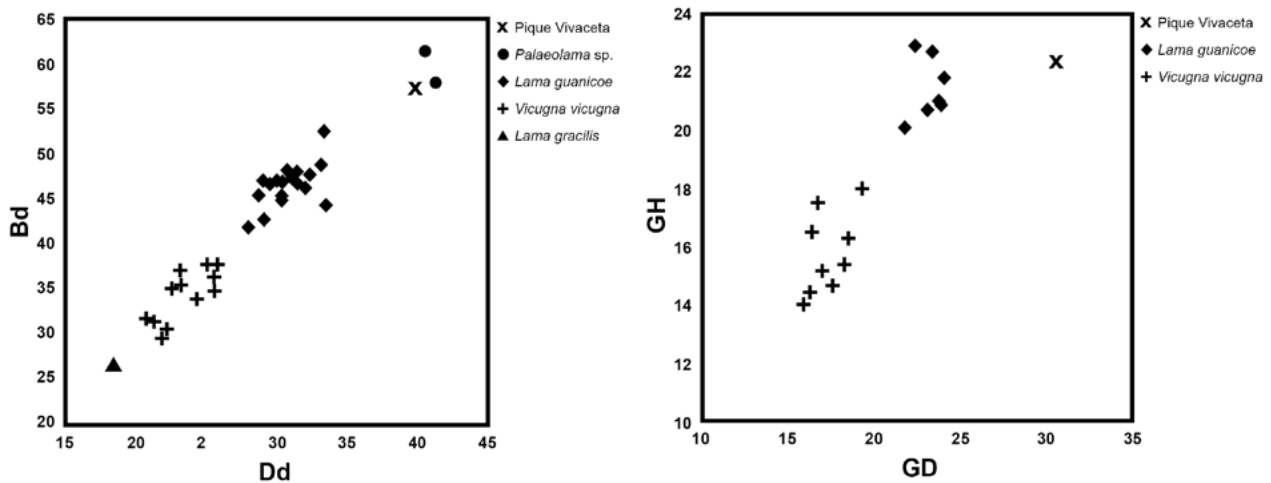


Figura 6: (a) Dispersión de las medidas tomadas (Bd y Dd) del fragmento de tibia distal de Pique Vivaceta comparadas con distintas muestras de *Lama guanicoe*, *Vicugna vicugna*, *Lama gracilis*, y *Palaeolama*. Referencias: Cartajena (2002), Cartajena et al. (2010); (b) Dispersión de las medidas tomadas (GH y GD) del maléolo de Pique Vivaceta comparadas con distintas muestras de *Lama guanicoe* y *Vicugna vicugna*. Referencias: Cartajena (2002), Cartajena et al. (2010).

CONTEXTO GEOLÓGICO - SEDIMENTOLÓGICO

Sector CT N°2

En el caso del sector CT N°2 la secuencia analizada, de alrededor de 3,5 m de espesor, está caracterizada por estratos horizontales masivos de escala centimétrica a decimétrica. Se reconocen dos unidades, una unidad basal (Unidad I) caracterizada por sedimentos relativamente más gruesos, estratificados y una unidad superior (Unidad II) conformada por sedimentos más finos de carácter masivo (Figura 7a).

El contacto entre ambas unidades corresponde a una superficie irregular interpretada como una discordancia de erosión que interrumpe la continuidad del estrato 2. Al interior de cada unidad el contacto entre las capas es nítido, horizontal y regular sin evidencias de otros eventos erosivos.

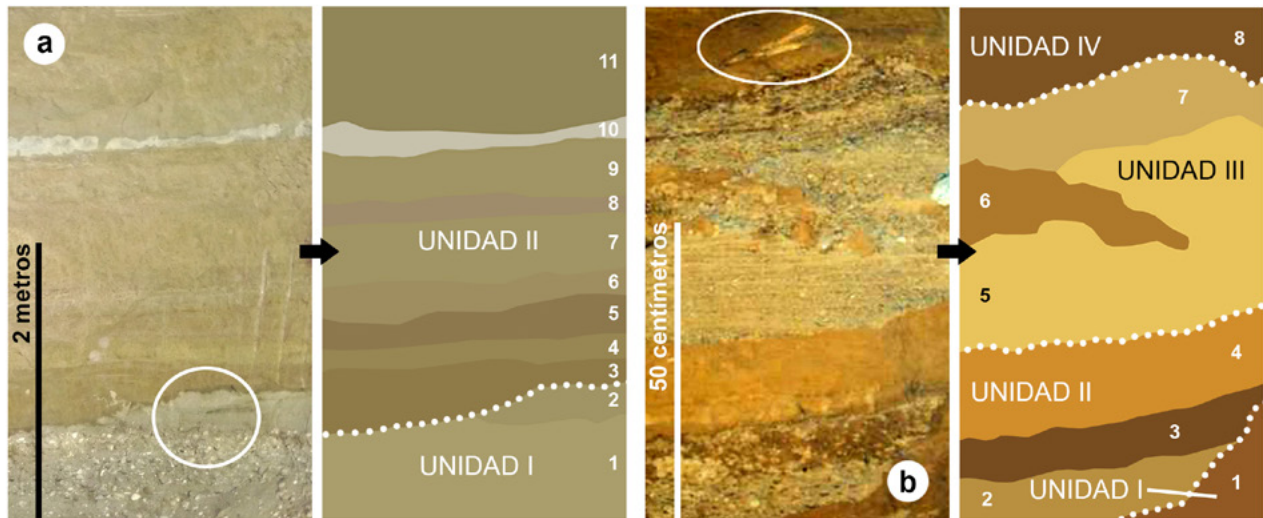


Figura 7: Columnas estratigráficas de las secuencias analizadas, incluyendo un esquema con la distribución de estratos y definición de unidades: (a) CT N°2 y (b) Pique Vivaceta.

Sedimentología de los estratos asociados al sector CT N°2

El resultado del análisis granulométrico para cada una de las muestras analizadas arrojó que la secuencia corresponde principalmente a sedimentos que varían entre arena gruesa y sedimentos finos (limo y/o arcilla), presentando una tendencia general grano-decreciente de base a techo de la secuencia. Los sedimentos del **estrato 1** (Unidad I), base de la secuencia, corresponden a arena fina a gruesa, con fragmentos

de grava de tamaño centimétrico. Según el USCS estos sedimentos corresponden a arena con buena selección (SW). El color de los sedimentos es café grisáceo oscuro (HUE 2.5Y 4/2). Un análisis al microscopio reveló que la textura de los granos está caracterizada por partículas muy angulosas a subangulosas y de baja esfericidad. El **estrato 2** (Unidad I) está caracterizado por una distribución unimodal de sedimentos de

tamaño arena media con buena selección (SW) de color café (HUE 7.5 YR 4/2). La textura superficial de los granos indica que se trata de partículas altamente angulosas y de baja esfericidad. Por su parte, los sedimentos del **estrato 3** (Unidad II) corresponden a arena fina a muy fina con bajo contenido (~6%) de matriz limosa/arcillosa. Estos sedimentos corresponden a arena con buena selección (SW) de color café oliva claro (HUE 2.5 Y 5/3). La forma de los granos varía de anguloso a sub-redondeado con baja esfericidad.

La muestra perteneciente al **estrato 4** (Unidad II) corresponde principalmente a sedimentos finos (54% de limo y/o arcilla), y secundaria-mente a arena muy fina. La distribución granulométrica de los sedimentos de esta subunidad corresponde a limo (ML/MH) o arcilla (CL/CH) de color café oliva claro (HUE 2.5 Y 5/3). La forma de las partículas varía de angulosas a subredondeadas con esfericidad baja a moderada. La sedimentología del **estrato 5** (Unidad II) indica que el sedimento corresponde principalmente a finos (77% de limo y/o arcilla) con presencia de arena fina a muy fina. Según el USCS la muestra se clasifica como limo (ML/MH) o arcilla (CL/CH) de color café (HUE 10YR 5/3). La forma de los granos es subangulosa a subredondeada, con baja esfericidad. Los sedimentos del **estrato 6** (Unidad II) están compuestos principalmente por finos (61% de limo y/o arcilla), con un contenido secundario de arena muy fina a media. Corresponde a limo (ML/MH) o arcilla (CL/CH) de color café claro (HUE 10YR 6/3). La forma de las partículas varía de subangulosa a redondeada con baja esfericidad. Por último, los sedimentos del **estrato 7** (Unidad II) son similares a la muestra del estrato 6 y corresponden principalmente a sedimentos finos (59% de limo y/o arcilla) con contenido secundario de arena muy fina a media. Según el

USCS los sedimentos del estrato 7 se clasifican como limo (ML/MH) o arcilla (CL/CH). De acuerdo con la carta de colores de Munsell (2009), los depósitos son de color café amarillento claro (HUE 2.5Y 6/3). La forma de los granos es subredondeada a redondeada y su esfericidad es baja (Powers 1953).

La muestra de sedimento asociada a una pequeña cavidad del hueso corresponde principalmente a arenas medias a muy gruesas con algunos fragmentos de grava muy fina (gránulos). El análisis reveló además que las partículas tienen formas redondeada a subangulosa, mientras que la esfericidad es moderada a baja. Es decir, estos sedimentos presentan un grado de redondeamiento y esfericidad mayor al sedimento que contenía los fragmentos óseos (Estrato 2, Unidad I). Esto sugiere que los restos óseos encontrados experimentaron cierto grado de transporte desde su área de depositación inicial.

Sector Pique Vivaceta

El perfil analizado, de alrededor de 80 cm de espesor, se caracteriza por su complejidad y la gran variabilidad observada en sus componentes. En general, consiste en una secuencia compuesta de estratos subhorizontales de escala centimétrica a decimétrica. De acuerdo con los cambios tanto de color como texturales observados en datos obtenidos en terreno fue posible definir 8 subunidades, las cuales fueron agrupadas en 4 unidades mayores (ver Figura 7b). La **Unidad I** (base de la secuencia), está compuesta de un estrato de alrededor de 20 cm de potencia máxima (**estrato 1**). Granulométricamente está caracterizado por sedimentos relativamente finos, de carácter masivo y de color café (7.5YR 4/4). El techo de esta capa corresponde a una superficie irregular interpretada como una discordancia de erosión, implicando un hiato en la depositación de esta

unidad y la unidad suprayacente (Unidad II). La **Unidad II** corresponde a una secuencia de tres estratos masivos (**estratos 2, 3 y 4**), con disposición subhorizontal, de entre 10 y 20 cm de potencia. Los límites entre capas son nítidos y regulares, sin evidencias de erosión. La granulometría de las capas muestra una tendencia granodecreciente hacia el techo de la unidad con sedimentos de tamaños arena y grava en la base a sedimentos finos en la porción superior. Además de variaciones en el tamaño de grano, los estratos que componen esta unidad presentan variaciones importantes de color. Los colores de los estratos 2, 3 y 4 son amarillo pardusco (10YR 6/8), café oscuro (7.5YR 4/6) y amarillo rojizo (7.5YR 6/8), respectivamente.

Por su parte, la **Unidad III** está compuesta de tres capas (**estratos 5, 6 y 7**) de sedimentos de algunos a varios centímetros de espesor, que presentan estratificación horizontal. Los sedimentos que componen estos estratos son relativamente gruesos, de tamaño estimado arena a grava media o guijarros, según la clasificación de Wentworth (1922). En esta unidad los estratos 5 y 7 se presentan sub-horizontales, a diferencia del estrato 6 que aparece como una cuña cuya potencia disminuye hacia el sur. El contacto entre los estratos es nítido y aproximadamente regular, excepto con el estrato 6 que a pesar de ser nítido es altamente irregular. Los estratos de la Unidad III presentan color amarillo (10YR 7/6), amarillo rojizo (7.5YR 6/8) y amarillo (10YR 7/6). Por último, la **Unidad IV**, situada en el techo de la secuencia, está compuesta de un estrato masivo (**estrato 8**) de color café fuerte (7.5YR 4/6) y una potencia mínima de alrededor de 10 cm. Esta capa corresponde al sedimento asociado a los restos fósiles. El tamaño de grano de estos sedimentos es relativamente más fino que los de la unidad subyacente (Unidad III) con la cual presenta un contacto nítido y aproximadamente subhorizontal.

Los depósitos del **estrato 8** (Unidad IV) y asociados directamente a la muestra fósil de Pique Vivaceta, techo de la secuencia anteriormente descrita, corresponden principalmente a sedimentos finos con tamaños que van de arena fina a limo y/o arcilla (54%) con contenido secundario de arena media (37%) y arena muy gruesa (9%). Estos sedimentos se clasifican como arena limosa (SM) a arena arcillosa (SC). La textura de los granos está caracterizada por partículas generalmente subangulosas a redondeadas y de esfericidad moderada, con un aumento de la esfericidad observado en las partículas de mayor tamaño.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Como se señaló anteriormente, el registro de fauna pleistocénica en la cuenca de Santiago, si bien no es escaso, corresponde a hallazgos en su mayoría fortuitos, aunque la falta de datos cronológicos y estratigráficos no permiten una correlación clara entre cada yacimiento (Frassinetti y Alberdi 2000). Para el caso del hallazgo de CT N°2 y Pique Vivaceta, las evidencias paleontológicas más cercanas corresponden a las descritas por Bernardo Berdichewsky a fines de la década de los 60 (Berdichewsky 1969-1970). Estos hallazgos fueron realizados en la antigua fábrica de Ladrillos Princesa entre las coordenadas 33°22' latitud S y 70°39' longitud O, en la actual comuna de Conchalí. El hallazgo fue realizado en los faldeos del cerro *La Región* también llamado *Guanaco* en el antiguo fundo *Guanaco Alto*. Este fósil se recolectó a 6 m por debajo de la cota original del terreno en un viejo cono de deyección, en antiguas capas de acarreo, constituidas por areniscas finas atravesadas por capas arcillosas de sedimentos fluviales y coluviales asignadas al último interglacial durante el Pleistoceno (Berdichewsky 1969-1970). El análisis de los restos, realizado por Rodolfo Casamiquela, indicó la presencia de dos individuos, uno juvenil

y otro adulto asignados a *Scelidodon* cf. *chilense* dentro de una edad geológica “suprapleistocénica” que puede ir de los 20.000 a 30.000 años AP (Casamiquela 1967). De este mismo yacimiento, proviene un resto de mandíbula asignado por Casamiquela (1969) como *Equus* sp. (sic) y depositado actualmente en el Museo Nacional de Historia Natural de Santiago con el código SGO.PY.38 y clasificado posteriormente como cf. *Equus* (*Amerhippus*) sp. por Frassinetti y Alberdi (2001). Además, Casamiquela (1999) menciona para este sitio la presencia de *Megatherium* sp. Otros hallazgos cercanos corresponden a los de Colina (en un área indeterminada), los cuales corresponden a dientes superiores, un fragmento de cráneo y restos de vértebras asignados cf. *Equus* (*Amerhippus*) sp. (Alberdi y Frassinetti 2000, Frassinetti y Alberdi 2001).

Un rasgo tafonómico interesante para el espécimen de CT N°2 es la presencia de rastros atribuibles a la acción de carnívoros en la tuberosidad asociada al maléolo medial. Dichos rastros se relacionan a una puntura o perforación producida por el canino de un carnívoro y una erosión atribuible al mismo agente en la tuberosidad. El tamaño de esta puntura es de 6,5 mm de ancho y 8,45 mm de largo con una morfología oval, lo que se asocia a un depredador de un tamaño atribuible a un felino (Haynes 1983a, 1983b, Borrero y Martin 1996, Montalvo et al. 2007, Martin 2013, Borrero et al. 2018). Estudios actualísticos a partir de carcasas consumidas por pumas, indican tamaños que bordean los 3 a 5 mm (Nasti 2000), 5 mm (Kaufmann 2009) y de 4,2 mm en promedio (Martin y Borrero 1997), con una alta proporción de punturas aisladas (Borrero et al. 2018), por lo que el agente depredador en CT N°2 supera el tamaño de los pumas actuales.

En cuanto al contexto cronoestratigráfico de estos hallazgos, la información sedimentológica y contextual permite inferir una cronología pleistocénica, aunque no dentro de una cronología más específica. Al respecto, el registro más antiguo de camélido en América del Sur corresponde a los hallazgos de *Hemiauchenia* en depósitos del Plioceno tardío de la actual Provincia de Buenos Aires en Argentina y con un límite Pleistoceno tardío para las formas extintas como *Palaeolama* y *Hemiauchenia* (Gasparini et al. 2017). En el caso de los équidos, el registro más antiguo de *Equus* en América del Sur se encuentra en Tarija en Bolivia en depósitos datados para el Pleistoceno Medio (MacFadden 2013), mientras que para *Hippidion* el registro más temprano proviene de Uquía en el norte de Argentina con una antigüedad del Plioceno tardío, siendo la fecha de extinción para las especies de ambos géneros la transición Pleistoceno-Holoceno (Alberdi y Prado 2004). Para el caso chileno, los registros tanto de camélidos como équidos extintos provienen mayoritariamente de depósitos del Pleistoceno tardío (Alberdi y Frassinetti 2000, López et al. 2005b, Labarca et al. 2013), por lo que es esperable una antigüedad similar para los registros de CT N°2 y Pique Vivaceta.

BIBLIOGRAFÍA

- Alberdi, M.T. y D. Frassinetti. 2000. Presencia de *Hippidon* y *Equus* (*Amerhippus*) (Mammalia, Perissodactyla) y su distribución en el Pleistoceno Superior de Chile. *Estudios Geológicos* 56: 279-290.
- Alberdi, M.T. y J.L. Prado. 2004. Caballos fósiles de América del Sur. Una historia de tres millones de años. *Investigaciones arqueológicas y paleontológicas del Cuaternario Pampeano* (INCUAPA), Olavarría.
- Alberdi, M.T., J. Fernández, A. Menegaz y J.L. Prado. 1986. *Hippidion* Owen 1869 (Mammalia, Perissodactyla) en sedimentos del Pleistoceno tardío de la localidad Barro Negro (Jujuy, Argentina). *Estudios Geológicos* 42: 487-493.
- Alberdi, M. T., J.L. Prado, P. López, R. Labarca e I. Martínez. 2007. *Hippidion saldiasi* Roth, 1899 (Mammalia, Perissodactyla) en el Pleistoceno tardío de Calama, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 157-171.
- Araneda, M., M. Avendaño y C. Merlo. 2000. Modelo gravimétrico de la Cuenca de Santiago, etapa III final. En *Congreso Geológico Chileno*, No. 9, Actas 2: 404-408. Puerto Varas.
- Berdichevsky, B. 1969-1970. El megaterio de Conchalí: hallazgo de un desdentado fósil en la comuna de Conchalí en Santiago. *Boletín de Prehistoria* 2 (2-3): 101-115.
- Borrero, L. y F. Martin. 1996. Tafonomía de carnívoros: un enfoque regional. En *Arqueología Solo Patagonia. Segundas Jornadas de Arqueología de la Patagonia*, editado por Julieta Gómez Otero, pp: 189-198. Centro Nacional Patagónico, Buenos Aires.
- Borrero, L., F. Martin y F. Prevoisit. 2018. Taphonomy and the role of pumas (*Puma concolor*) in the formation of the archaeological record. *Quaternary International* 466: 157-164.
- Casamiquela, R. 1967. Nota sobre los restos de desdentados fósiles (*Mylodontidae*, *Scelidotheriinae*) de Conchalí, Suburbios de Santiago. *Revista Universitaria* 52: 127-135.
- Casamiquela, R. 1969. Enumeración crítica de los mamíferos continentales pleistocenos de Chile. *Rehue* 2: 143-172.
- Casamiquela, R. 1999. The Pleistocene vertebrate record of Chile. *Quaternary of South America & Antarctic Peninsula* 7: 91-107.
- Cartajena, I. 2002. Los conjuntos arqueofaunísticos del Arcaico Temprano en la Puna de Atacama, Norte de Chile. Tesis Doctoral. Freie Universität Berlin. ABESY Vertriebs GMBH, Alemania (Impreso en microfilm 003).
- Driesch, A. Von Den. 1999. A guide to measurement of animal bones from archaeological sites. *Peabody Museum Bulletins* 1. Harvard University, Cambridge.
- Eisenmann, V., M.T. Alberdi, C. de Giuli y U. Staeshel. 1988. *Studying fossil horses*. E.J. Brill, Leiden.
- Fernández, J. 2001. Estudio geológico-ambiental para la planificación territorial del sector Tiltil-Santiago. Memoria de título, Universidad de Chile.
- Frassinetti, D. 1982. Bibliografía escogida y comentada sobre mamíferos fósiles de Chile. *Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural* 37: 3-24.
- Frassinetti, D., y M.T. Alberdi. 2000. Revisión y estudio de los restos fósiles de mastodontes de Chile. (*Gomphotheriidae*): *Cuvieronius* hyo-

- don, Pleistoceno Superior. *Estudios Geológicos* 56: 197-208.
- Frassinetti, D. y M.T. Alberdi. 2001. Los macromamíferos continentales del Pleistoceno superior de Chile: reseña histórica, localidades, restos fósiles, especies y dataciones conocidas. *Estudios Geológicos* 57: 53-69.
- Fuenzalida, V. 1936. Noticia sobre los fósiles encontrados en la Hacienda Chacabuco, en abril de 1929. *Revista Chilena de Historia Natural* 40: 96-99.
- Gálvez, C. 2012. Microzonificación sísmica en los sectores de Lampa y Batuco, Región Metropolitana, Chile. Tesis de Magister, Universidad de Chile.
- Gasparini, M, M. De Los Reyes, A. Francia, C. Scherer y D. Poire. 2017. The oldest record of *Hemiauchenia Gervais* and *Ameghino* (Mammalia, Cetartiodactyla) in South America: Comments about its paleobiogeographic and stratigraphic implications. *Geobios* 50(2): 141-153.
- Haynes, G. 1983a. A guide for differentiating mammalian carnivore taxa responsible for gnaw damage to herbivore limb bones. *Paleobiology* 9 (2): 164-172.
- Haynes, G. 1983b. Frequencies of spiral and green bone fractures on ungulate limb bones in modern surface assemblages. *American Antiquity* 48: 102-114.
- Kaufmann, C. 2009. Estructura de edad y sexo en guanaco. Estudios actualísticos y arqueológicos en Pampa y Patagonia. Sociedad Argentina de Antropología, Buenos Aires.
- Labarca, R., M. Pino y O. Recabarren. 2013. Los Lamini (Cetartiodactyla: Camelidae) extintos del yacimiento de Pilauco (Norpatagonia chilena): aspectos taxonómicos y tafonómicos preliminares. *Estudios Geológicos* 67:10.3989/egol.11672.
- Labarca, R. 2015 La meso y megafauna terrestre extinta del Pleistoceno de Chile. En *Vertebrados fósiles de Chile*. Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural. 63, editado por D. Rubilar-Rogers, R. Otero, A. Vargas y M. Sallaberry, pp: 401-465. Museo de Historia Natural de Chile, Santiago.
- Leyton, F., S. Sepúlveda, M. Astroza, S. Rebolledo, L. González, S. Ruiz, C. Fonca, M. Herrera y J. Lavados. 2010. Zonificación Sísmica de la cuenca de Santiago, Chile. En *Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica*, No. 10, Universidad de Chile: 22-27. Santiago.
- López, P. 2007. Tafonomía de los mamíferos extintos del pleistoceno tardío de la costa meridional del semiárido de Chile (IV Región-32° Latitud S). *Alcances culturales y paleoecológicos*. *Chungara* 39(1): 69-86.
- López, P., I. Martínez, R. Labarca y D. Jackson. 2005a. Registro de Hippidion, Canidae, Camelidae y Edentata en el Sector de Ojo de Opache, Calama, II Región. *Noticiario Mensual del Museo Nacional de Historia Natural* 356: 22-26.
- López, P., D. Jackson y D. Jackson. 2005b. El género *Palaeolama* P. Gervais, 1867 (Artiodactyla, Camelidae): una evaluación taxonómica regional en el extremo meridional del semiárido de Chile (IV Región). *Boletín de Museo Nacional de Historia Natural* 54: 129-140.
- MacFadden, B. 2013. Dispersal of Pleistocene *Equus* (Family Equidae) into South America and Calibration of GABI 3 Based on Evidence from

- Tarija, Bolivia. PlosOne 8(3): e59277. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059277>
- Martin, F. y L. Borrero. 1997. A puma lair in southern Patagonia: implications for the archaeological record. *Current Anthropology* 38 (3): 453-461.
- Martin, F. 2013. Tafonomía de la Transición Pleistoceno- Holoceno en Fuego- Patagonia. Interacción entre humanos y carnívoros y su importancia como agentes en la formación del registro fósil. Ediciones de la Universidad de Magallanes, Punta Arenas.
- Menegaz A. y E. Ortiz Jaureguizar. 1995. Los artiodáctilos. En *Evolución biológica y climática pampeana durante los últimos cinco millones de años*. Editado por M. T. Alberdi, G. Leone y E. Tonni, pp.: 311-337. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Montalvo, C., M. Pessino y V. González. 2007. Taphonomic analysis of remains of mammals eaten by pumas (*Puma concolor*, Carnivora, Felidae) in central Argentina. *Journal of Archaeological Science* 34: 2151-2160.
- Morales, F. 2002. Definición de Acuíferos en la cuenca del río Maipo. Tesis de Magister, Universidad de Chile: 113 p.
- Munsell Color. 2009. *Munsell Soil-Color Charts*, Munsell Color, Grand Rapids.
- Nasti, A. 2000. Modification of vicuña carcasses in high-altitude deserts. *Current Anthropology* 41: 279-283.
- Powers, M. 1953. A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology* 23: 117-119.
- Scherer, C. 2013. The Camelidae (Mammalia, Artiodactyla) from the Quaternary of South America: cladistic and biogeographic hypotheses. *Journal of Mammalian Evolution* 12: 1-14.
- Tamayo, M. y D. Frassinetti. 1980. Catálogo de los mamíferos fósiles y vivientes de Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural Chile* 37: 323-405.
- Wall, R., D. Sellés y P. Gana. 1999. Área Tilttil-Santiago, Región Metropolitana, Servicio Nacional de Geología y Minería. *Mapas Geológicos N°11*.
- Wentworth, C. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology* 30: 377-392.
- Yáñez, G., M. Muñoz, V. Flores-Aqueveque y A. Bosch. 2015. Depth to basement, solid geology and soil characterization in Santiago Basin, Chile: implications for hydrogeology, low enthalpy geothermal, geotechnical and geo-hazards. *Andean Geology* 42(2): 147-172.

