

---

# ***ICNOLOGÍA Y SEDIMENTOLOGÍA DEL YACIMIENTO PALEOICNOLÓGICO DE PEHUEN CO (PLEISTOCENO TARDÍO) PROVINCIA DE BUENOS AIRES***

---

Tesis presentada para optar al Título de  
Doctor en Geología

Lic. Silverio F. Feola



Directores: Dr. Ricardo Melchor y Dra. Teresa Manera de Bianco



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR**

**TESIS DOCTOR EN GEOLOGÍA**

**"Icnología y Sedimentología del Yacimiento Paleoicnológico de Pehuen  
Co (Pleistoceno tardío), provincia de Buenos Aires"**

**LIC. SILVERIO FEOLA**

**BAHÍA BLANCA**

**ARGENTINA**

**2022**

## PREFACIO

Esta Tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Doctor en Geología, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en la cátedra de Paleontología dependiente del Departamento de Geología - INGEOSUR durante el período comprendido entre el 22 de junio de 2016 y el 31 de mayo de 2022, bajo la dirección del Dr. Ricardo Néstor Melchor, Investigador Principal del CONICET (Universidad Nacional de La Pampa- UNLP) y de la Dra. Teresa Manera de Bianco (Universidad Nacional del Sur-UNS-INGEOSUR).



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el ..../..../..... , mereciendo la  
calificación de .....(.....)

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por el otorgamiento de la beca doctoral que permitió la realización de esta Tesis. A los distintos proyectos de investigación (PICT- CONICET, UNLP) que financiaron el desarrollo de esta investigación.

Al Departamento de Geología-INGEOSUR por proporcionarme el espacio físico e instrumental para la realización de este trabajo.

A la Reserva Natural Geológica, Paleontológica y Arqueológica Provincial Pehuen Co-Monte Hermoso y a sus guardaparques, por permitirme desarrollar el trabajo en el sitio y por su colaboración en los trabajos de campaña.

Al museo Carlos Darwin de Punta Alta, a todo el personal que trabajó y trabaja allí que me permitió estudiar los materiales brindandome su colaboración.

Al Museo de La Plata y al Museo Bernardino Rivadavia y a su personal.

Al jurado, por su aceptación en dedicar su tiempo a leer y corregir esta tesis.

Agradecer profundamente a mi codirectora Teresa Manera, no sólo por convocarme y codirigir mi trabajo, sino también por su apoyo incondicional permanente más allá de lo académico.

A mi director, Ricardo Melchor, por sus aportes de conocimiento, por la dedicación, el apoyo y generosidad durante estos años de trabajo. A Cristina Cardonatto por su colaboración en las campañas.

A toda la cátedra de Paleontología del Departamento de Geología, por compartir una porción de su espacio para desarrollar mi trabajo de tesis.

A mis amigos y colegas por el aguante en las campañas y por su apoyo: Juan, Santiago, Emiliano, Manuel, Fátima, Luis, Mariana, Andrés, Daniela, Valentín.

Agradezco especialmente a Flor por su gran apoyo en estos años, por su permanente aliento y confianza en mí.

A toda mi familia y Cozzanis por el gran cariño y aliento.

A mi familia de Santa Rosa, especialmente a mi abuela con quien compartimos muchos mates mientras trabajé en la tesis.

Dedicada a la memoria de Silvia Aramayo y Roque Bianco, quienes dedicaron muchos años de su vida al yacimiento.

## RESUMEN

El yacimiento Paleocnológico de Pehuen Co (YPPC), está ubicado en la costa sudoeste de la provincia de Buenos Aires y se ha destacado a nivel mundial entre los yacimientos del Pleistoceno tardío, por la abundancia y el excelente grado de preservación de las huellas de integrantes de una fauna sudamericana particular, en parte extinguida. La presente Tesis, tuvo como objetivo realizar la caracterización estratigráfica y sedimentológica de detalle del yacimiento y la definición de un marco cronológico de alta resolución de los afloramientos. Esto permitió establecer las relaciones estratigráficas entre los sedimentos que contienen a las huellas fósiles con las capas infra y suprayacentes. El esquema de facies propuesto en este trabajo sugiere que los sedimentos portadores de la gran mayoría de las huellas fósiles, fueron generados en condiciones paleambientales relacionadas principalmente a un ambiente lacustre somero que fue alimentado por corrientes fluviales mantiformes. La estratigrafía del sitio ha podido ser refinada mediante dataciones, efectuadas en las capas con huellas, con los métodos OSL (datación por luminiscencia ópticamente estimulada) y ESR (datación por Resonancia Paramagnética Electrónica). Estas dataciones permiten acotar las capas con huellas fósiles al intervalo 28,5 - 12 ka. Las nuevas edades permitieron configurar una nueva propuesta estratigráfica del sitio y de la zona más próxima al mismo. A partir del estudio de las huellas halladas en el campo y de los moldes de otras que habían sido efectuados previamente por la Dra. Manera de Bianco, se realizó una revisión icnotaxonómica de los materiales teniendo en cuenta icnotaxobases claras y el registro mundial de huellas fósiles de vertebrados del Plio-Pleistoceno. Esta revisión permitió asignar y reasignar tanto a los materiales nuevos como a los descriptos en trabajos previos, como base para agruparlos en las distintas categorías icnotaxonómicas: icnofamilias (algunas ya existentes y otras nuevas), icnogéneros e icnoespecies. Se describen un total de 20 icnoespecies (una nueva y una nueva combinación), 18 icnogéneros y 5 icnofamilias (dos nuevas), también se han documentados dos icnotaxones existentes no registradas previamente en el YPPC. A su vez, el análisis icnológico permitió reordenar y reducir en parte la icnodiversidad del yacimiento, que a pesar de esto aún sigue siendo alta. Las icnoespecies registradas incluyen: *Canipeda gracilis*, *Neomegatherichnum pehuencoensis*, *Megatherichnum* isp. nov., *Myodontidichnum rosalensis*, *Glyptodontichnus pehuencoensis*, cf. *Glyptodontichnus* isp., *Macrauchenichnus*

*patachonicus* nov. comb., *Proboscipeda australis*, *Dolichotichnus marae*, *Ursichnus sudamericanus*, *Hippipeda* isp., *Lamaichnum guanicoe*, *L. tulipensis*, *Pecoripeda commune*, *Hippipeda* isp., *Hominipes* isp., *Phoenicopterichnum pehuencoensis*, *Charadriipeda* isp., *Gruipeda* isp., cf. *Roepichnus* isp. y *Aramayoichnus rhaeae*. Mediante la comparación de los distintos icnotaxones con el registro osteológico de la región y con algunas huellas producidas por animales actuales, se procuraron determinar los grupos de los posibles productores de las huellas y los rasgos morfológicos particulares involucrados en la producción de estas. La biomecánica de los grandes perezosos extinguidos ha sido algo controversial a lo largo del tiempo, ya que varios estudios previos indicaban que su desplazamiento era esencialmente bípedo. Sin embargo, en esta Tesis, a partir del análisis de diversas rastrilladas fue posible comprobar que la marcha cuadrúpeda es el tipo de locomoción que han utilizado. El estudio de la distribución y orientación de las huellas fósiles en las distintas áreas del sitio permitió determinar las principales orientaciones de desplazamiento de los productores de las huellas y, a su vez, inferir cuestiones vinculadas a factores paleoambientales como la disposición de antiguos cuerpos de agua. El YPPC, dada su ubicación en la zona de playa, es de naturaleza muy dinámica, lo que genera condiciones propicias para nuevos hallazgos de interés para ser estudiados de forma permanente. A partir del desarrollo de esta Tesis, es posible sugerir nuevas perspectivas o recomendaciones para futuros estudios.

## ABSTRACT

The Pehuen Co Paleoichnological Site is located on the southwestern coast of the Buenos Aires province. It stands out among the other Late Pleistocene sites in the world, due to the abundance and excellent degree of preservation of the footprints of members of a particular South American fauna, partly extinct. The main goal of this Thesis was to carry out the detailed stratigraphic and sedimentological characterization of the site and the definition of a high resolution chronological framework of the outcrops. This allowed to establish the stratigraphic relationships between the footprints-bearing strata and the underlying and overlying beds. The facies scheme proposed in this work suggests that the sediments that bear the vast majority of the fossil footprints were generated in paleoenvironmental conditions related mainly to a shallow lacustrine environment, which was fed by not channelized currents. The

stratigraphy of the site has been refined by dating carried out with the OSL (optically stimulated luminescence dating) and ESR (Electron Paramagnetic Resonance dating) methods on the footprint bearing layers. These dates allow to *fixing* the *boundaries* of the layers with fossil traces to the interval 28.5 - 12 ky. The new ages made it possible to configure a new stratigraphic proposal for the site and the area closest to it. From the study of the footprints found in the field and casts of others that had been previously made by Dr. Manera de Bianco, an ichnotaxonomic review of the materials was carried out, taking into account clear ichnotaxobases and the world record of vertebrate fossil footprints of the Pleistocene. This review made it possible to assign and reassign both the new materials and those described in previous works, as a basis for grouping them into the different ichnotaxonomic categories: ichnofamilies (some already existing and others new), ichnogenera and ichnospecies. A total of 20 ichnospecies (two new), 18 ichnogenera and 5 ichnofamilies (two new) are described, two existing ichnotaxons not previously recorded in the YPPC have also been documented. On the other hand, the ichnological analysis allowed reordering and partially reducing the ichnodiversity of the site, which despite this is still high. Recorded ichnospecies include: *Canipeda gracilis*, *Neomegatherichnum pehuencoensis*, *Megatherichnum* isp.nov., *Mylodontidichnum rosalensis*, *Glyptodontichnus pehuencoensis*, cf. *Glyptodontichnus* isp., *Macrauchenichnus patachonicus*, *Proboscipeda australis*, *Dolichotichnus marae*, *Ursichnus sudamericanus*, *Hippipeda* isp., *Lamaichnum guanicoe*, *L. tulipensis*, *Pecoripeda commune*, *Hippipeda* isp., *Hominipes* isp., *Phoenicopterichnum pehuencoensis*, *Charadriipeda* isp., *Gruipeda* isp., cf. *Roepichnus* isp. and *Aramayoichnus rheae*. By comparing the different ichnotaxons with the osteological record of the area and with footprints produced by extant animals, was possible to determine the groups of possible footprint-makers and the particular morphological features involved in the production of these footprints. The biomechanics of extinct ground sloths have been somewhat controversial over time, as several previous studies indicated that their locomotion was essentially bipedal. However, in this Thesis, based on the analysis of several trackways, it was possible to verify that the quadrupedal gait is the type of locomotion that they have used. The study of the distribution and orientation of the fossil footprints in the different areas of the site made it possible to determine the main displacement orientations of the footprint producers and, in turn, infer issues related to paleoenvironmental factors such as the disposition of ancient bodies of water. The Pehuen Co Paeloichnological site, given its location in

the beach area, is very dynamic in nature, which generates favorable conditions for new finds of interest to be studied on an ongoing basis. From the development of this Thesis, it is possible to suggest new perspectives or recommendations for future studies.



## INDICE

<b>CAPITULO 1. OBJETIVOS Y ANTECEDENTES</b> .....	<b>1</b>
1.1. Introducción.....	1
1.2. Objetivos e hipótesis de trabajo.....	2
1.3. Marco geológico.....	4
1.4. Antecedentes Icnológicos del YPPC .....	16
1.5. Icnología de tetrápodos del Pleistoceno de Argentina .....	20
1.6. Icnología de tetrápodos del Plio-Pleistoceno en el mundo .....	21
<b>CAPITULO 2. AREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA</b> .....	<b>32</b>
2.1. Área de estudio .....	32
2.2. Metodología .....	33
2.2.1. Trabajo de campo .....	34
2.2.2. Trabajo de gabinete .....	45
2.2.3. Trabajo de laboratorio.....	54
<b>CAPITULO 3. SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA</b> .....	<b>61</b>
3.1. Distribución de las secciones sedimentológicas .....	61
3.2. Facies sedimentarias .....	62
3.3. Distribución de las facies sedimentarias .....	68
3.3.1. Zona intermareal baja .....	69
3.3.2. Zona intermareal media .....	71
3.3.3. Zona intermareal alta .....	75
3.3.4. Correlaciones.....	75
3.3.5. Análisis de los cutting de perforación .....	76
3.4. Interpretación paleoambiental .....	82
3.5. Estratigrafía y edades .....	85
3.5.1. Antecedentes acerca de la estratigrafía del YPPC .....	85
3.5.2. Nuevas edades OSL y ESR .....	86
<b>CAPITULO 4. ICNOLOGÍA SISTEMÁTICA</b> .....	<b>92</b>
4.1. ICNOTAXOBASES GENERALES PARA HUELLAS DE VERTEBRADOS TETRÁPODOS.....	92
4.2. HUELLAS SUBELÍPTICAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS CUADRÚPEDAS.....	94
4.2.1. Inofamilia 1 nov. Icnofam.....	95

4.2.2. Icnogénero <i>Neomegatherichnum</i> .....	97
4.2.3. Icnogénero <i>Myodontichnum</i> .....	117
4.2.4. Icnogénero <i>Megatherichnum</i> .....	124
4.3. HUELLAS BIDACTILAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS	
CUADRÚPEDAS.....	135
4.3.1. Icnofamilia 2 nov. Icnofam. ....	137
4.3.2. Icnogénero <i>Lamaichnum</i> .....	138
4.3.2. Icnogénero <i>Pecorípeda</i> .....	161
4.4. HUELLAS SUBCIRCULARES DISPUESTAS EN RASTRILLADAS	
CUADRUPEDAS.....	170
4.4.1. Icnogénero <i>Proboscipeda</i> .....	172
4.5. HUELLAS TRIDACTILAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS	
CUADRUPEDAS .....	176
4.5.1. Icnogénero <i>Macrauchenichnus</i> .....	177
4.6. HUELLAS TETRADACTILAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS	
CUADRUPEDAS.....	185
4.6.1. Icnogénero <i>Canípeda</i> .....	188
4.7. HUELLAS DE PIES TRIDACTILOS Y MANOS TETRADACTILAS	
DISPUESTAS EN RASTRILLADAS CUADRUPEDAS .....	201
4.7.2. Icnogénero <i>Dolichotichnus</i> .....	202
4.8. HUELLAS PENTADACTILAS CUADRUPEDAS DISPUESTAS EN	
RASTRILLADAS CUADRÚPEDAS .....	203
4.8.1. Icnogénero <i>Ursichnus</i> .....	205
4.9. HUELLAS DE PIES PENTADACTILOS Y MANOS TETRADACTILAS	
DISPUESTAS EN RASTRILLADAS CUADRUPEDAS .....	210
4.9.1. Icnogénero <i>Glyptodontidichnus</i> .....	210
4.10. HUELLAS MONODACTILAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS	
CUADRUPEDAS.....	216
4.10.1. Icnogénero <i>Hippipeida</i> .....	216
4.11. HUELLAS TRIDACTILAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS BÍPEDAS.	220
4.11.1. Icnogénero <i>Aramayoichnus</i> .....	222
4.11.2. Icnogénero <i>Phoenicoterichnum</i> .....	226
4.11.3. Icnogénero <i>Roepichnus</i> .....	233
4.12. HUELLAS TETRADACTILAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS	

BIPEDAS .....	235
4.12.1. Icnofamilia Anatipedidae .....	235
4.12.2. Icnofamilia Gruipedidae .....	236
4.12.3. Icnogénero <i>Gruipeda</i> .....	240
4.13. HUELLAS PENTADACTILAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS BÍPEDAS .....	243
4.13.1. Icnfamilia Hominipodidae .....	244
4.13.2. Icnogénero Hominipes .....	244
4.13.3. Comentarios finales .....	247
<b>CAPITULO 5. PRODUCTORES Y DISTRIBUCION DE LAS TRAZAS FÓSILES</b> .....	<b>248</b>
5.1. PRODUCTORES .....	248
5.1.1. Icnofamilia 1 .....	247
5.1.2. <i>Neomegaterichnum pehuencoensis</i> .....	250
5.1.3. <i>Myodontidichnum rosalensis</i> .....	252
5.1.4. <i>Megatherichnum nov isp</i> .....	254
5.1.5. Icnofamilia 2 .....	257
5.1.6. <i>Pecoripeda</i> .....	260
5.1.7. <i>Proboscipeda</i> .....	262
5.1.8. <i>Macrauchenichnus</i> .....	265
5.1.9. <i>Canipeda</i> .....	266
5.1.10. <i>Dolichotichnus</i> .....	269
5.1.11. <i>Ursichnus</i> .....	270
5.1.12. <i>Glyptodontidichnus</i> .....	272
5.1.13. <i>Hippipeda</i> .....	274
5.1.14. <i>Aramayoichnus</i> .....	275
5.1.15. <i>Phoenicotherichnum</i> .....	276
5.1.16. <i>Charadriipeda</i> .....	278
5.1.17. <i>Gruipeda</i> .....	278
5.2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS TRAZAS FÓSILES .....	279
5.2.1. Zona intermareal baja .....	279
5.2.2. Zona intermareal media .....	280
5.2.3. Zona intermareal alta .....	281
5.3. ABUNDANCIA DE ICNOTAXONES .....	281

5.4. DISTRIBUCIÓN DE ICNOTAXONES.....	282
5.5. DISTRIBUCIÓN DE LAS TRAZAS FÓSILES POR FACIES SEDIMENTARIAS.....	284
<b>CAPITULO 6. CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>285</b>
6.1. Marco sedimentológico del YPPC.....	287
6.2. Marco estratigráfico y cronológico del YPPC.....	287
6.3. Icnotaxonomía de huellas de tetrápodos del YPPC.....	288
6.4. Paleocomunidad de productores.....	290
6.5. Inferencias sobre locomoción de perezosos terrestres.....	292
6.6. Paleogeografía local.....	292
6.7. Tafonomía y preservación de las huellas fósiles.....	293
6.8. Diversidad de la icnofauna del YPPC.....	294
6.9. Consideraciones sobre estudios futuros.....	295
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>297</b>
<b>APÉNDICES.....</b>	<b>341</b>
3.1. Perfiles sedimentológicos de detalle.....	342
3.2. Análisis granulométricos.....	365
3.3. Difractogramas de las muestras analizadas.....	373
3.4. Datos analíticos de las dataciones.....	375
4. Tablas con mediciones de los parámetros icnológicos.....	378
4.1. Medidas para <i>Neomegatherichnum pehuencoensis</i> .....	378
4.2. Medidas para <i>Myodontidichnum rosalensis</i> .....	383
4.3. Medidas para <i>Megatherichnum nov. isp.</i> ....	385
4.4. Medidas para huellas cuadrúpedas indeterminadas.....	387
4.5. Medidas para <i>Lamaichnum guanicoe</i> .....	389
4.6. Medidas para <i>Lamaichnum tulipensis</i> .....	392
4.7. Medidas para <i>Pecoripeda commune</i> .....	393
4.8. Medidas para <i>Proboscipeda australis</i> .....	394
4.9. Medidas para <i>Macrauchenichnus patachonicus</i> .....	395
4.10. Medidas para <i>Canípeda gracilis</i> .....	397
4.11. Medidas para <i>Ursichnus sudamericanus</i> .....	398
4.12. Medidas para <i>Glyptodontidichnus isp.</i> ....	399

4.13. Medidas para <i>Aramayoichnus rheae</i> .....	400
4.14. Medidas para <i>Charadriipeda isp.</i> .....	400
4.15. Medidas para <i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i> .....	402
4.16. Medidas para cf. <i>Roepichnus isp.</i> .....	403
4.17. Medidas para <i>Gruipeda isp.</i> .....	403
5. Apéndice 5: Orientaciones de huellas y rastrilladas.....	404
5.1. Distribución zona intermareal baja .....	404
5.2. Distribución zona intermareal media .....	404
5.3. Distribución zona intermareal alta .....	407

## CAPITULO 1

### OBJETIVOS Y ANTECEDENTES

#### 1.1. INTRODUCCIÓN

El Yacimiento Paleocnológico de Pehuen Co (YPPC), se sitúa al suroeste de la provincia de Buenos Aires y se extiende aproximadamente por 12 km a lo largo de la costa (desde los 39° 00' 13" S, 61° 32' 30" O a 38° 59' 23" S, 61° 27' 30" O) (Fig.1.1). Desde el año 1986, en el cual fue descubierto (Aramayo y Manera de Bianco, 1987<sup>a</sup>, b), hasta la actualidad, ha ido proporcionando numerosas huellas de aves y mamíferos. Este sitio, es único entre los yacimientos paleocnológicos del Pleistoceno tardío a nivel mundial, por su diversidad, abundancia y excelente grado de preservación de huellas pertenecientes a una fauna de mamíferos sudamericanos particulares, en parte extinguidos, asociadas con numerosas huellas de aves y a escasas huellas humanas. Además de presentar capas con esta valiosa icnofauna, en los niveles subyacentes se han hallado restos fósiles de mamíferos también del Pleistoceno Tardío (Aramayo *et al.* 1989). Otro aspecto que lo caracteriza, es la presencia en la franja de dunas costeras adyacentes que contiene numerosos sitios arqueológicos (Aramayo y Manera de Bianco 2009, Bayón *et al.* 2011) y de fauna y flora pertenecientes al ecosistema de dunas costeras de la ecorregión de Pastizal Pampeano, portador de algunas especies endémicas que se encuentran actualmente amenazadas (Celsi *et al.* 2016). Todos estos aspectos han llevado a que este sector haya sido incluido en la Reserva Natural Geológica, Paleontológica y Arqueológica Provincial creada en el año 2005, por la provincia de Buenos Aires.

El yacimiento paleocnológico posee un significativo valor científico, ya que permite conocer la variedad de los organismos que estuvieron presentes, su distribución espacial, la interacción entre ellos y las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrollaron.

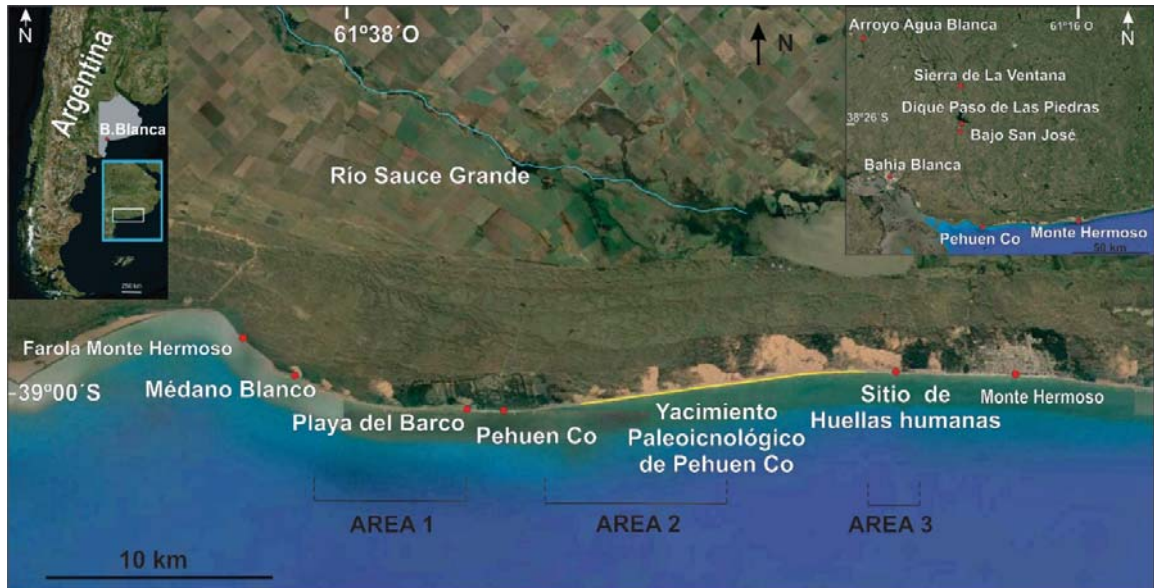


Figura 1.1. Mapa de ubicación de la zona de estudio, mostrando las localidades y áreas mencionadas en el texto. Arriba a izquierda, ubicación en la provincia de Buenos Aires; arriba a la derecha, localidades cercanas de la región. Modificado de Google Earth ®.

## 1.2. OBJETIVOS

El objetivo general del presente trabajo es la caracterización icnológica, estratigráfica y sedimentológica de detalle del Yacimiento Paleocnológico de Pehuen Co y la de su área más próxima.

### Objetivos particulares

- a) Definir un marco sedimentológico, estratigráfico y cronológico de alta resolución de los afloramientos del yacimiento y establecer las relaciones con sedimentos infra y suprayacentes en áreas cercanas. Este armazón estratigráfico permitirá referir las trazas fósiles más relevantes a ciertos niveles y así explorar la posibilidad de identificar capas guías que puedan ser utilizadas a futuro en correlaciones con otros afloramientos que estén más apartados.
- b) Establecer la composición icnotaxonómica de las trazas fósiles de vertebrados (mamíferos y aves), sus posibles productores, y su comparación con el registro fósil del Pleistoceno tardío de la región pampeana.
- c) Identificar posibles variaciones verticales y laterales de las asociaciones de trazas fósiles presentes en el yacimiento.
- d) Inferir rasgos comportamentales y biomecánicos, especialmente para las

huellas de mamíferos que representan una fauna extinguida. Uno de los tópicos a abordar es la reconstrucción de la locomoción de grandes perezosos terrestres, cuyas huellas son muy abundantes en el yacimiento. En base a los estudios icnológicos, sedimentológicos y estratigráficos, se reconstruirá la paleocomunidad de vertebrados del Pleistoceno tardío del sur de la provincia de Buenos Aires.

e) Comparar con asociaciones de trazas fósiles potencialmente semejantes y aportar al refinamiento del esquema de icnofacies continentales conocidas.

### **Importancia patrimonial del YPPH**

El tema del presente trabajo de Tesis surge como una necesidad de proseguir con las investigaciones científicas para enfatizar la importancia patrimonial que tiene el yacimiento, dado que continúa brindando hallazgos novedosos cada vez que una tormenta deja al descubierto nuevos afloramientos portadores de huellas. La relevancia de promover su preservación y protección radica en que dicho lugar se encuentra localizado en una zona muy vulnerable a la erosión costera que ha comenzado a incrementarse producto de la acción antrópica en el sector. Esta acción antrópica se vincula principalmente a la circulación de vehículos y la destrucción de la duna frontal por el aumento de los desarrollos inmobiliarios y la extracción de arena. Desde principios de la década del 1990 ya se habían comenzado a realizar acciones para evitar estos impactos en el sitio. Las mismas fueron gestionadas desde el Museo Municipal de Ciencias Naturales Carlos Darwin de la ciudad de Punta Alta (partido de Coronel Rosales), mediante la presentación de diversos proyectos que tenían la finalidad de proteger al yacimiento. En consecuencia, se obtuvo en primer lugar el reconocimiento internacional con la obtención del Premio Rolex a la Iniciativa (2004) por parte de la Dra. Teresa Manera de Bianco (directora "ad honorem" del museo) y, en segundo lugar, el reconocimiento nacional que llevó a la creación de la Reserva Geológica, Paleontológica y Arqueológica Provincial Pehuen Co Monte Hermoso (2005, Ley provincial N°13394). El premio Rolex permitió financiar varias campañas durante las cuales se confeccionaron moldes de caucho siliconado de



más de 380 huellas, tanto aisladas como dispuestas en distintas rastrilladas. Varios de estos moldes fueron estudiados en el presente trabajo de Tesis.

La Reserva Geológica, Paleontológica y Arqueológica Provincial Pehuen Co – Monte Hermoso está compuesta por 3 áreas discontinuas que incluyen yacimientos paleontológicos y sitios arqueológicos pertenecientes al lapso Plioceno inferior – Holoceno, en la cual el YPPC corresponde al área 2. En 2014 la Reserva fue incluida en la Lista Tentativa de Argentina de Patrimonio Mundial de la UNESCO y en 2015 el Congreso Nacional declaró a la Reserva como Lugar Histórico Nacional, mediante la Ley N° 27220, sancionada el 25 de noviembre de 2015 y promulgada de hecho el 22 de diciembre de 2015.

Además del aporte al conocimiento científico, los resultados de la presente Tesis referidos a aspectos geológicos, paleontológicos e icnológicos detallados del YPPH, serán un aporte muy valioso para la redacción del dossier requerido por la UNESCO para solicitar la inclusión definitiva de la Reserva en la Lista de Patrimonio Mundial.

### 1.3. MARCO GEOLÓGICO

Las distintas unidades geológicas que integran el sur de la provincia de Buenos Aires corresponden a un rango temporal bastante amplio (Manera de Bianco *et al.* 2008). Las más antiguas, pertenecen a rocas ígneas y metamórficas del Precámbrico y Paleozoico, éstas afloran en las Sierras Australes y Septentrionales (Ventania y Tandilia). Dichos afloramientos están cubiertos discordantemente por una espesa sucesión de rocas sedimentarias del Cenozoico (Manera de Bianco *et al.* 2008) (Fig. 1.2).

A lo largo de la costa, entre las localidades de Monte Hermoso y Farola Monte Hermoso, afloran una serie de unidades de edades diversas (ver Tabla 1.1).

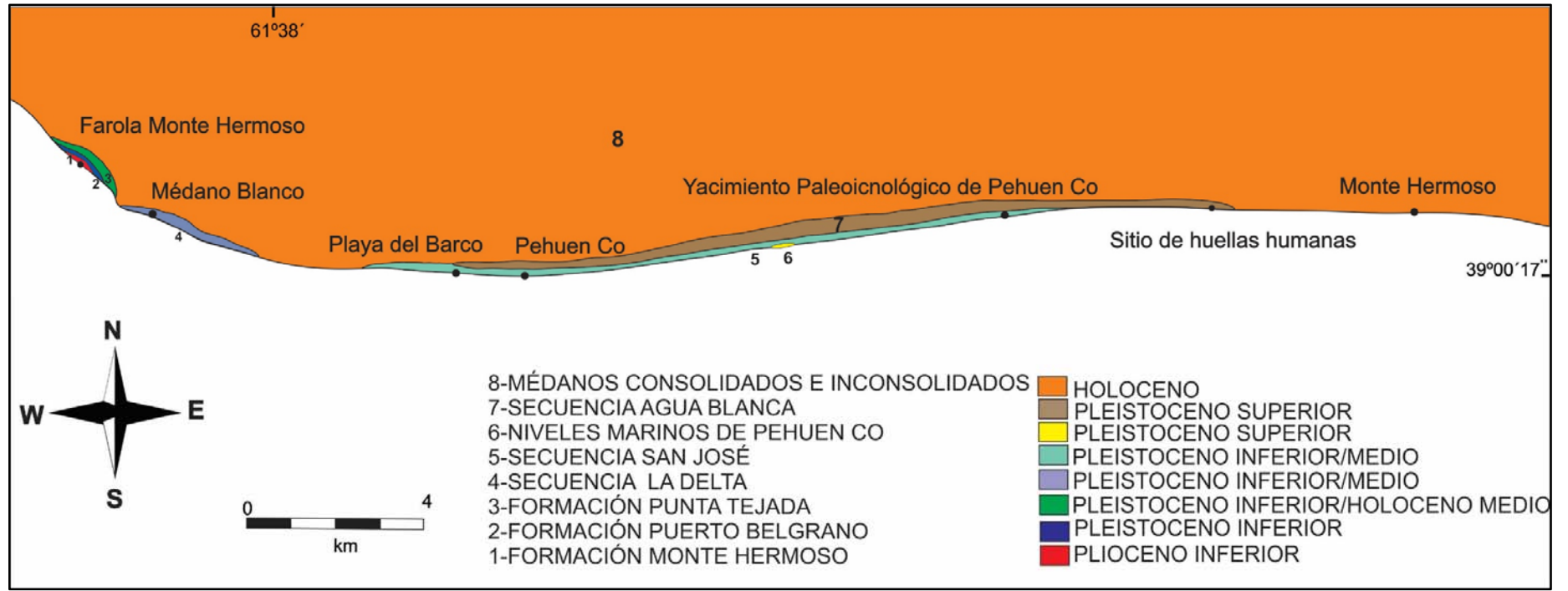


Figura 1.2. Mapa geológico de la zona de estudio, a partir de observaciones de campo y Manera de Bianco *et al.* (2008).

		Farola Monte Hermoso	Médano Blanco	Playa del Barco	Yacimiento de Pehuen Co	Monte Hermoso
Holoceno		8- Médanos recientes	8- Médanos recientes	8- Médanos recientes	8- Médanos recientes	8- Médanos recientes
		3- Formación Punta Tejada Miembro superior (Zavala y Quatrocchio 2001)	?	?	?	7- Secuencia Agua Blanca Miembro superior (enmend de Francesco 1970)
Pleistoceno	Superior			7- Secuencia Agua Blanca Miembro medio (enmend de Francesco (1970)	7- Secuencia Agua Blanca Miembro medio (enmend de Francesco 1970)	7- Secuencia Agua Blanca Miembro medio (enmend de Francesco 1970)
	Medio			6 - Niveles marinos de Pehuen Co (Manera et al 2008)?	6- Niveles marinos de Pehuen Co?	6- Secuencia Agua Blanca Miembro inferior (enmend de Francesco 1970)
Pleistoceno	Inferior	3- Formación Punta Tejada Membro medio (Zavala y Quatrocchio 2001)	?	5- Secuencia San José (Zavala y Quatrocchio 2001)	?	?
		3- Formación Punta Tejada Miembro inferior (Zavala 1993)	4- Secuencia La Delta (enmd. Furque 1974)			
Plioceno		2- Formación Puerto Belgrano Miembro inferior (Zavala 1993)				
	Superior	?	?			
	Medio	?	?	?	?	?
	Inferior	1-Formación Monte Hermoso (Zavala 1993)				

Tabla 1.1. Cuadro estratigráfico del Cenozoico tardío de las localidades mencionadas de la costa sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Modificado de Zavala (1993). Ver distribución de los afloramientos en Figura 1.2.

A continuación, se hará un breve resumen estratigráfico-sedimentológico de las localidades con afloramientos del Cenozoico tardío en la zona de estudio (Fig. 1.2).

### **Farola Monte Hermoso**

Esta localidad se encuentra ubicada aproximadamente 15 km al oeste de Pehuen Co ( $38^{\circ} 58' 54,22''$  S,  $61^{\circ}40' 37,38''$  O) (Fig. 1.1). El sitio ha sido reconocido por su riqueza fosilífera que atrajo el interés de varios científicos del mundo, incluido Charles Darwin, quien visitó este lugar en 1832 en su viaje alrededor del mundo. En Farola Monte Hermoso, los afloramientos se disponen en acantilados labrados por la acción marina, alcanzando una altura de hasta 12 m. La orientación de los acantilados es NO-SE, con un desarrollo lineal por más de tres kilómetros. En esta localidad, se observan las siguientes unidades litoestratigráficas (Tabla 1.1):

#### *Formación Monte Hermoso (Fidalgo et al., 1975; emend. Zavala, 1993)* *Plioceno inferior*

Corresponde a la unidad más antigua descrita en la zona costera (Fig. 1.2). En esta localidad, se encuentra bien expuesta y se compone principalmente por areniscas y arcillitas de color pardo rojizo, con frecuentes niveles de carbonatos, los que se habrían depositado en un ambiente fluvial meandriforme (Zavala 1993, Tomassini et al. 2013). Esta unidad ha brindado una gran variedad de restos de mamíferos fósiles (Pascual et al. 1965, Marshall et al. 1983, Tomassini et al. 2010, Tomassini 2012, Tomassini et al. 2013) que han permitido asignarla al Plioceno temprano a medio.

#### *Formación Puerto Belgrano (Zavala 1993)* *Pleistoceno inferior*

Sobre la Formación Monte Hermoso, se apoyan areniscas finas a medianas, grisáceas, pertenecientes a la Formación Puerto Belgrano. De acuerdo a Zavala y Quattrocchio (2001), estas han sido depositadas en un ambiente eólico de clima desértico. Algunos niveles blanquecinos de cenizas volcánicas han

permitido datarla a través de trazas de fisión que arrojaron una edad de  $1,4 \pm 0,7$  Ma, asignándola al Pleistoceno inferior (Bigazzi *et al.* 1996).

Formación Punta Tejada (Zavala 1993)  
Pleistoceno inferior-Holoceno medio

La Formación Punta Tejada (Zavala 1993), se apoya en contacto erosivo sobre la Formación Puerto Belgrano en el tramo superior de la barranca, y está compuesta por tres miembros: inferior, medio y superior. El primero, de acuerdo a su posición estratigráfica, ha sido asignado al Pleistoceno inferior-medio. Este se compone por depósitos brechosos, con clastos redondeados de sedimentos pertenecientes a las formaciones Monte Hermoso y Puerto Belgrano. Estos rasgos sugieren una acumulación de sedimentos producto de flujos gravitacionales y, en menor medida, eólicos asociados a un fuerte relieve (Zavala y Quattrocchio 2001).

El miembro medio se apoya discordantemente sobre el anterior, está ampliamente distribuido en la barranca y se compone de por clastos de cuarcita de hasta 10 cm de diámetro. Su origen estaría relacionado a un ambiente fluvial, a partir de corrientes poco encauzadas vinculadas principalmente a inundaciones extraordinarias de un antiguo curso del río Sauce Grande (Zavala, 1993), reconocido sobre la línea de costa, a unos dos kilómetros al suroeste. De acuerdo a su posición en la secuencia, Zavala (1993) lo ubicó estratigráficamente en el Pleistoceno superior.

El miembro superior aflora de manera localizada hacia el tope de la misma barranca. Está compuesto de arenas finas y medianas, que se disponen en contacto neto sobre los conglomerados del miembro inferior de la Formación Punta Tejada. Este miembro ha sido asignado tentativamente por Zavala (1993), al Holoceno temprano-medio, por estar subyaciendo a los depósitos eólicos recientes.

Médanos consolidados  
(Holoceno medio-superior)

Por encima de esta unidad se dispone el cordón de médanos actual y que están presentes a lo largo de la costa sur de la provincia de Buenos Aires. En esta zona se reconocen particularmente médanos vegetados, que serían más

antiguos que los médanos móviles sin vegetación.

### **Médano Blanco**

Este sitio se encuentra aproximadamente a 2,5 km al sureste de la localidad de Farola Monte Hermoso (38° 59' 39,29" S, 61° 38' 57,30" O) (ver Fig. 1.2). De acuerdo a Manera de Bianco *et al.* (2008) y Bayón y Zavala (1997), en este sector se han reconocido tres unidades (Tabla 1.1).

#### *Secuencia La Delta (Furque 1974, enmend. Zavala 1993)* *Pleistoceno inferior-medio*

Su localidad tipo se ubica en la margen derecha del valle del río Sauce Grande, a unos 2 kilómetros al sur del Dique Paso de las Piedras (Fig. 1.1). En la costa se han reconocido afloramientos, en proximidades a la localidad de Médano Blanco (ver Fig. 1.2), donde afloran conglomerados con clastos de rocas cuarcíticas. De acuerdo al análisis sedimentológico, se sugiere que esta unidad correspondería a depósitos fluviales acumulados dentro de un antiguo valle del río Sauce Grande (Zavala y Quattrocchio 2001). Ante la ausencia de indicadores absolutos de edad, le ha sido asignada una edad pleistocena temprana y según Zavala (1993) se apoya en contacto erosivo sobre la Formación Monte Hermoso (en esta localidad) (Tabla 1.1).

#### *Formación Punta Tejada- Miembro medio (Zavala 1993)* *Pleistoceno inferior-medio*

En esta zona, Bayón y Zavala (1997) reconocieron depósitos de origen fluvial, equivalentes al miembro medio de la Formación Punta Tejada.

#### *Médanos inconsolidados* *(Holoceno medio-superior)*

La parte más moderna de este sitio, está compuesta principalmente por depósitos de dunas eólicas activas (Bayón y Zavala, 1997).

### **Playa del Barco**

Este sitio se localiza en las proximidades de la localidad de Pehuen Co, alrededor

de 1 km al oeste del balneario céntrico (39° 00' 16" S, 61° 3' 19" O) (Figs. 1.1, 1.2). Los afloramientos generalmente aquí son discontinuos y su observación está subordinada a la disponibilidad de arena en la playa, que los descubre ocasionalmente durante la bajamar en forma esporádica.

Vega *et al.* (1989) reconocieron diez facies, las mismas incluyen depósitos conglomerádicos, areniscas con variaciones en las estructuras sedimentarias, areniscas arcillosas y pelitas, asociadas a ambientes fluviales y marinos someros. Posteriormente, Zavala y Quatrocchio (2001) describieron dos niveles bien diferenciados, los cuales fueron asignados a la Secuencia San José, cuya localidad tipo se localiza en el Valle del río Sauce Grande donde se encuentra el Bajo San José (ver Tabla 1.1). Sin embargo, algunos estudios paleontológicos y dataciones radiocarbónicas realizados en estos afloramientos (Aramayo y Manera de Bianco, 1989, Aramayo 1997, Aramayo 2005, Verzi *et al.*, 2004; Deschamps, 2005, Tomassini *et al.* 2010, Tomassini *et al.* 2020), podrían sugerir que se trata de una unidad diferente a la que ha sido descrita en su localidad tipo.

*Secuencia San José? (Zavala y Quatrocchio 2001)*  
*Pleistoceno superior?*

Esta secuencia, es asignada con el mismo nombre de su localidad tipo, Bajo San José, que está ubicada en el valle del río Sauce Grande. En dicha localidad, se describieron dos secciones: una inferior conglomerádica y una superior arenosa. En Playa del Barco (Fig. 1.2), Zavala y Quattrochio (2001) reconocieron dentro de los conglomerados, facies de tipo clasto-sostén, interpretadas como depósitos residuales y otros niveles matriz-sostén que sugieren depósitos producto de la transformación de flujos hiperconcentrados en corrientes saturadas de sedimento (Zavala y Quattrochio 2001). Estos conglomerados son portadores de una gran variedad de restos de vertebrados pleistocenos y además presentan grandes bloques de limolitas terciarias correspondientes a la Formación Monte Hermoso que, en algunos casos, incluyen restos fósiles del Plioceno temprano (Tomassini *et al.* 2010).

La edad de esta unidad ha sido debatida. De acuerdo a la posición stratigráfica, Zavala y Quatrocchio (2001), le atribuyeron a esta secuencia una edad pleistocena temprana-media, siendo acorde con algunos estudios

biocronoestratigráficos (Deschamps y Borromei, 1992; Pardiñas y Deschamps, 1996; Deschamps, 1998). Sin embargo, varios trabajos realizados en fósiles de mamíferos pertenecientes a los órdenes Xenarthra, Notoungulata, Litopterna, Rodentia, Carnivora, Perissodactyla, Artiodactyla y Proboscidea, procedentes de esta localidad (Ameghino 1908, Cabrera 1929, Frenguelli 1928, Kraglievich 1934, Kraglievich 1946, Aramayo y Manera de Bianco 1989, Tomassini *et al.* 2010) y un fechado radiocarbónico, realizado sobre un cuerpo vertebral de un ejemplar de *Lestodon* sp. proveniente de los niveles superiores, arrojó una edad de  $16.440 \pm 320$  años AP (Aramayo 1997) y sugieren la asignación de estos afloramientos al Pleistoceno tardío. La mencionada edad radiocarbónica ha sido recalibrada por Prado *et al.* (2015) en 19.849 años AP (Tomassini *et al.* 2020).

*Secuencia Agua Blanca? (De Francesco 1970)*  
*(Pleistoceno superior -Holoceno medio)*

En esta localidad en particular, Zavala y Quattrocchio (2001) no han mencionado la presencia de la Secuencia Agua Blanca. Sin embargo, Aramayo y Manera (2000) y Manera *et al.* (2010) hallaron sedimentos limo arcillosos color castaño rojizo, equivalentes con los que afloran en el YPPC, los que poseen impresiones de huellas de megafauna del Lujanense (Pleistoceno tardío).

La Secuencia Agua Blanca fue definida por De Francesco (1970), para describir los conglomerados y areniscas que afloran en las barrancas del arroyo Agua Blanca (partido de Saavedra), donde diferenció tres secciones: nivel psefítico inferior, nivel arenoso medio y nivel limo arenoso superior. Esta denominación también fue empleada por Rabassa (1989) para describirla en la zona del río Sauce Grande. Posteriormente, Zavala y Quattrocchio (2001) redefinen esta unidad reemplazando las secciones inferior, media y superior por los miembros Psefítico Inferior, Arenoso Medio y Limo Arenoso Superior. En general, corresponden a la Secuencia Agua Blanca, depósitos compuestos por conglomerados, arenas y pelitas que ocupan el fondo del valle del río Sauce Grande (Quattrocchio *et al.* 1993, Deschamps 2003) y otros arroyos de la zona que drenan el área serrana.

El miembro inferior de esta secuencia, hasta el momento, no ha sido reconocido en los depósitos costeros expuestos entre la localidad de Farola Monte Hermoso



y el YPPC. El miembro medio de la Secuencia Agua Blanca se extiende al menos por 10 km y forma parte de la plataforma de abrasión a lo largo de la zona costera de Pehuen Co (ver Fig. 1.2). De acuerdo a Zavala y Quattrocchio (2001), estos depósitos corresponden a niveles limo-arenosos de color pardo rojizos, bioturbados y culminando hacia el techo con un paleosuelo decapitado (Zavala y Quattrocchio 2001). El miembro medio se habría depositado en un ambiente lacustre, producto de las antiguas descargas fluviales accesorias a la red principal, cuando esta permaneció inactiva (Zavala y Quattrocchio 2001, Zavala *et al.* 2005).

### **Yacimiento Paleoicnológico de Pehuen Co (YPPC)**

En este sector de la costa, no existen suficientes trabajos estratigráficos de detalle (Aramayo *et al.* 2002). La mayoría de los afloramientos, se encuentran cubiertos de arena gran parte del tiempo y afloran de manera esporádica luego de marejadas importantes (Fig. 1.2). Las mejores observaciones suelen darse durante la bajamar. Hasta el momento se han descrito tres unidades principales (ver Tabla 1.1).

#### *Niveles marinos de Pehuen Co*

##### *Pleistoceno superior*

En la zona intermareal baja afloran areniscas gravosas a pelitas, con restos fósiles de conchillas de edad absoluta pobremente definida. Sobre la base del análisis sedimentológico realizado por Vega *et al.* (1989), la misma podría haberse generado dentro de un ambiente marino de escasa profundidad, correspondiente a un *shoreface* o playa sumergida. También posee abundantes restos de estructuras biogénicas generadas por la actividad de organismos marinos (crustáceos), correspondientes a *Ophiomorpha nodosa* (Manera de Bianco *et al.* 2008). Manera de Bianco *et al.* (2008) asignaron a estos niveles una edad pleistocena tardía basándose en indicadores faunísticos y algunas dataciones realizadas a lo largo de la costa argentina (González 1984, Char y Farinati 1988, Char *et al.* 1992) y la posición relativa observada en la secuencia del sitio.

Secuencia Agua Blanca (De Francesco 1970).

Miembro medio (Pleistoceno superior)

El miembro medio de la Secuencia Agua Blanca es el intervalo portador de las huellas fósiles del YPPC. Está compuesto principalmente por sedimentos limoarenosos castaño rojizos y según Zavala *et al.* (2005) corresponderían a depósitos de las redes de drenaje secundarias asociadas a cuerpos lacustres someros, permanentes o semipermanentes con marcadas fluctuaciones estacionales y donde se han preservado una gran variedad de huellas de megafauna del Pleistoceno tardío. Una datación radiocarbónica obtenida mediante el método de espectrometría de masa (AMS), sobre 4 restos de vegetales provenientes de niveles portadores de huellas de grandes perezosos, indicaron una edad aproximada en  $12.000 \pm 100$  años (New Zealand Rafter Lab) (Aramayo y Manera de Bianco, 1996). De acuerdo a su posición estratigráfica y a dicha datación el miembro medio de la Secuencia Agua Blanca ha sido asignado al Pleistoceno tardío (Aramayo y Manera de Bianco, 1996). Aramayo *et al.* (2002) han indicado la presencia de diatomeas litorales y epífitas que según estos autores estarían asociadas a vegetación sumergida abundante, sugiriendo condiciones de baja energía y poca profundidad generada en planicies formadas por cursos de agua divagantes.

Médanos recientes

En esta zona se localizan depósitos de médanos consolidados e inconsolidados. Estos últimos son los que se encuentran cubriendo las unidades descriptas anteriormente (Manera de Bianco *et al.* 2008).

**Sitio de Huellas Humanas, Monte Hermoso**

Este sitio está incluido en el área 3 de la Reserva Geológica, Paleontológica y Arqueológica Pehuen Co – Monte Hermoso, la que se localiza a unos 15 km al este del YPPC ( $38^{\circ} 59' 19,97''$  S,  $61^{\circ} 21' 12,88''$  O) y se extiende a lo largo de la

costa aproximadamente por 1,2 km (Fig. 1.2). Este sitio está caracterizado por la presencia de huellas humanas pertenecientes al Holoceno temprano (Bayon *et al.* 2011). De acuerdo a lo publicado hasta el momento, se han descripto para esta zona, tres unidades litoestratigráficas (Tabla 1.1).

### *Secuencia Agua Blanca (De Francesco 1970)*

#### *Miembro inferior (Pleistoceno superior)*

El miembro inferior de esta secuencia, aflora en los distintos arroyos de la región y ha sido reconocido, en inmediaciones de Monte Hermoso, únicamente a través de perforaciones. Está compuesto por conglomerados gruesos de cuarcita, con intercalaciones subordinadas de areniscas. De acuerdo al análisis sedimentológico, estos depósitos se habrían acumulado en un antiguo valle fluvial, correspondiente al río Sauce Grande (Zavala y Quattrocchio 2001).

#### *Miembro medio (Pleistoceno superior)*

En esta área se han podido identificar sedimentos limo-arenosos localizados en la plataforma de abrasión, asignados al miembro medio de la Secuencia Agua Blanca (Zavala y Quattrocchio 2001). En estos depósitos, también se han hallado numerosas huellas asignadas a grandes mamíferos del Lujanense (Casamiquela 1983).

#### *Miembro superior (Holoceno inferior-medio)*

En los principales valles de la región sur de la provincia de Buenos Aires, aflora el miembro superior de la Secuencia Agua Blanca. Dicho miembro aparece en contacto neto sobre los niveles pardo rojizos del miembro medio y a su vez es cubierto por depósitos más modernos. Se compone de areniscas y arcillitas generalmente de color grisáceo, que pueden ser macizas o laminadas (Zavala y Quattrocchio 2001). Estudios sedimentológicos sugieren que esta unidad se habría depositado como producto de un aumento de la humedad en los valles fluviales que estuvieron secos durante gran parte del Pleistoceno tardío. El

ascenso de los niveles freáticos durante el Holoceno, previo a la incisión de los cursos de agua actuales, habría producido lagunas y suelos pobremente drenados (Zavala y Quattrocchio 2001). En esta zona se han registrado huellas humanas en el sitio arqueológico de Monte Hermoso, algunas dataciones radiocarbónicas realizadas sobre restos humanos arrojaron edades entre 6600 y 7886 años AP (Bayón *et al.* 2011), por lo que se lo ha asignado al Holoceno temprano-medio.

### Médanos recientes

Cubriendo toda la secuencia, se observan médanos fijos en ciertos sectores y médanos móviles en otros (Fernández *et al.* 2003).

#### 1.4. ANTECEDENTES ICNOLÓGICOS DEL YPPC

Como se mencionó anteriormente, en el año 1986 la Dra. Manera de Bianco junto a su marido descubren el yacimiento luego de una importante sudestada. Dicho evento dejó gran parte de la plataforma de abrasión expuesta, la que exhibía un gran número huellas fosilizadas, bien conservadas y de diversa morfología, atribuibles a organismos actuales y extinguidos. Aramayo y Manera de Bianco (1987a, b) realizaron la primera descripción icnotaxonómica del yacimiento, incluyendo varias huellas de mamíferos, algunas de ellas atribuibles a grandes perezosos, representadas por las icnoespecies *Neomegatherichnum pehuencoensis* Aramayo y Manera de Bianco 1987<sup>a</sup> y *Mylodontinum rosalensis* Aramayo y Manera de Bianco 1987<sup>a</sup>; otras de proboscidos y litopternos extinguidos, asignadas a las icnoespecies *Stegomastodonichnum australis* Aramayo y Manera de Bianco 1987<sup>a</sup> y *Eumacrauchenichnus patachonicus* Aramayo y Manera de Bianco 1987<sup>a</sup>, respectivamente. Además, analizaron huellas de carnívoros, como félidos y cánidos, siendo definidas las icnoespecies *Pumaichnum biancoi* Aramayo y Manera de Bianco 1987b y *Pehuencoichnum gracilis* Aramayo y Manera de Bianco 1987b. También fueron estudiadas algunas huellas de pequeños mamíferos, posiblemente de mustélidos, que fueron

clasificadas como *Mustelidichnum enigmaticum* Aramayo y Manera de Bianco 1987b. Algunas huellas asignadas a artiodáctilos fueron designadas como *Lamaichnum guanicoe* Aramayo y Manera de Bianco 1987b, *Megalaichnum tulipensis* Aramayo y Manera de Bianco 1987b y *Odocoileinichnum commune* Aramayo y Manera de Bianco 1987b. Además de huellas de mamíferos, se describieron varias de aves, entre ellas: *Phoenicoptherichnum pehuencoensis* Aramayo y Manera de Bianco 1987<sup>a</sup> perteneciente a aves palmípedas y otras de aves que dejaron huellas tridáctilas sin membrana, las cuales no fueron clasificadas icnotaxonomicamente.

Estos primeros hallazgos, permitieron hacer una aproximación de la edad relativa (Pleistoceno tardío) de los sedimentos de los cuales procedían. Posteriormente, Aramayo y Manera de Bianco (1990) estimaron el porcentaje de icnoespecies representadas, en base a un total de 76 registros de rastrilladas. El mayor porcentaje correspondió a los icnogéneros atribuidos a herbívoros de mediano y gran tamaño, entre ellos *Lamaichnum*, *Odocoileichnum* y *Neomegatherichnum*. También las huellas pertenecientes a aves, como las de *Phoenicoptherichnum* eran abundantes. El menor porcentaje, fue para los icnogéneros atribuidos a carnívoros como *Pumaichnum* y *Pehuencoichnum*.

Aramayo y Manera de Bianco (1993) dieron a conocer nuevos hallazgos en el YPPC, entre ellos varias huellas de *Neomegatherichnum pehuencoensis* a las cuales les asignaron una locomoción bípeda. Otras huellas halladas, son las asignadas tentativamente a la subfamilia Glyptodontidae, que no fueron clasificadas icnotaxonomicamente en dicha contribución. Además, se describieron nuevas huellas de *Megalamaichnum* y otras de aves tridáctilas sin asignación icnotaxonomía.

Retomando la locomoción de los grandes perezosos, Aramayo y Manera de Bianco (1994) presentan nuevos aspectos relacionados a esta idea, aplicando la metodología de Alexander (1976, 1989) lo que permitió determinar la velocidad del desplazamiento para estos grandes mamíferos, obteniendo un valor de 2,29 m /segundo.

Dos años después Aramayo y Manera de Bianco (1996) dieron a conocer las nuevas huellas que siguió proporcionando el YPPC. Las autoras describieron algunas rastrilladas de distintos icnotaxones. Una de ellas, se componía de

aproximadamente 35 huellas de *Neomegatherichnum pehuencoensis*, correspondientes a manos y pies, lo que sugirió la idea de un tipo de locomoción mixta entre bípeda y cuadrúpeda. La otra rastrillada, de al menos 45 huellas, se atribuyó a un mamífero de talla mediana, cuadrúpedo y se la asignó a la icnoespecie *Megalamaichnum tulipensis*. Esto permitió ampliar la información acerca de esta icnoespecie y se enmienda la primera diagnosis propuesta por Aramayo y Manera de Bianco (1987b). Aramayo y Manera de Bianco (1996) también describieron otras huellas de aves pequeñas y medianas, pero sin asignación icnotaxonómica. Otra novedad que se mencionó en este trabajo fue la presencia de una huella aislada, con excelente grado de preservación y de morfología semejante al género *Glyptodon*.

Aramayo y Manera de Bianco (1998) revelaron dos importantes y nuevos descubrimientos de huellas. Uno de ellos se trató de la mano y el pie de un pequeño roedor, posiblemente un representante de Caviidae. El otro descubrimiento, consistió en cuatro huellas de manos y pies pertenecientes a un mamífero plantígrado, de tamaño pequeño a mediano y con la impresión de garras. No se realizó asignación icnotaxonómica, pero se infirió que su productor habría sido un animal perteneciente a la familia Ursidae.

Algunas observaciones adicionales, fueron realizadas por Aramayo (2001) en huellas de grandes perezosos. Sobre la base de aspectos morfológicos y a relaciones de las huellas con material osteológico, en esta contribución se sostiene la idea una locomoción predominantemente bípeda para este grupo de mamíferos.

Dos años más tarde, Manera de Bianco y Aramayo (2003) revelaron un nuevo hallazgo en el YPPC. Este consistió en una rastrillada de cuatro huellas asignadas al icnogénero *Hippipeda* Vyalov, 1966. De acuerdo a la descripción, fueron atribuidas a un mamífero mediano perteneciente a la familia Equidae. En el mismo año, se da a conocer la presencia de una traza de invertebrado (Aramayo *et al.* 2003), asignada a *Taenidium barretti* Bradshaw (1981). La misma apareció en el sedimento limoarcilloso, donde se encuentran la mayoría de las huellas de vertebrados y aves. Presenta un relleno meniscado, dispuesto en forma rectilínea o variablemente meandrosa, no ramificadas y sin revestimiento (Aramayo *et al.* 2003).

Al año siguiente, se dio a conocer un estudio tafonómico en el yacimiento (Manera de Bianco y Aramayo 2004) donde se concluyó que la preservación de los distintos icnotaxones, fue de mejor calidad en limolitas dispuestas en los sectores marginales del antiguo cuerpo de agua.

El excelente grado de preservación registrado en el YPPC fue evidenciado por Manera de Bianco *et al.* (2005), cuando dieron a conocer evidencias acerca de la presencia de marcas de pelaje en algunas huellas de grandes perezosos.

Otro registro sorprendente dentro del sitio, fue el descubrimiento de huellas humanas en los mismos bloques de sedimentos donde están contenidas las huellas de vertebrados y aves (Manera de Bianco *et al.* 2005, Aramayo y Manera de Bianco 2009).

Algunos años más tarde, continuaron apareciendo huellas de grandes perezosos y aves. Consistieron en siete rastrilladas dispuestas en forma subparalela, pertenecientes a *Neomegathrichnum pehuencoensis* y dos rastrilladas compuestas de decenas de huellas, atribuidas al icnogénero *Gruipeda* Panin y Avram 1962 (Bastianelli *et al.* 2012).

Aramayo *et al.* (2015) realizaron una detallada revisión de todas las asignaciones icnotaxonómicas propuestas hasta ese momento en el YPPC. Se describieron rastrilladas y huellas individuales que incluían bloque de sedimento y moldes de caucho de, al menos, once icnotaxa correspondientes a mamíferos, cuatro de ellos que ya habían sido asignados con anterioridad (*Neomegathrichnum pehuencoensis*, *Myodontidichnum rosalensis*, *Hippipeda* isp., *Lamaichnum guanicoe*) y otros novedosos y/o enmendados (*Glyptodontichnus pehuencoensis*, *Eumacrauchenichnus patachonicus*, *Proboscipeda australis*, *Dolichotichnus marae*, *Ursichnus sudamericanus*, *L. tulipensis*, *Pecoripeda comune*) y cuatro correspondientes a aves (*Phoenicopterichnum pehuencoensis*, *Charadriipeda* isp., *Gruipeda* isp. Y *Aramayoichnus rhaeae*). Otro objetivo de este trabajo (Aramayo *et al.* 2015), fue destacar la importancia del YPPC, mostrando su abundancia, diversidad y el excelente grado de preservación en comparación con otros yacimientos mundiales del Pleistoceno.

## 1.5. ICNOLOGÍA DE TETRÁPODOS DEL PLEISTOCENO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

El primer hallazgo de huellas de mamíferos pleistocenos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires fue realizado por el Dr. Acuña de Coronel Dorrego, en proximidades del Balneario Monte Hermoso (Fig. 1.1). Este hallazgo consistió en una rastrillada y una huella aislada, que fueron atribuidas a grandes perezosos en capas de edad pleistocena media (Casamiquela 1983). Las mismas fueron descritas por Casamiquela en 1983, quien las denominó *Acugnaichnus dorregoensis* (huella individual) e *Iribarnichnum megamericanum* (rastrillada). Según el autor, la rastrillada estaba compuesta de, al menos, 5 huellas, más largas que anchas, imprimían el quinto metatarsiano y presentaban una estructura “falciforme” (con marca de garra). La huella aislada, que era de mayor tamaño que las primeras, tenía morfología similar aunque era menos larga y más ancha y no presentaba la llamada estructura “falciforme”. En base a la morfología y a la longitud del paso de estas huellas, el autor interpretó que los productores tenían una marcha bípeda (Casamiquela 1983), en consonancia con lo inferido para huellas de edad miocena ubicadas 19aradrif a la localidad de Carmen de Patagones, provincia de Buenos Aires (Casamiquela, 1974).

Hacia el oeste del YPPC, en la localidad de Farola Monte Hermoso, se han documentado algunas cuevas fósiles en la Formación Monte Hermoso pertenecientes a pequeños mamíferos, posiblemente roedores (Zavala y Navarro 1993, Tomassini y Montalvo 2013, Cardonatto 2019).

En el centro oeste de la provincia de Buenos Aires, en la localidad de Laguna del Monte, también se han registrado huellas semejantes a las del yacimiento de Pehuen Co y asignadas al Pleistoceno tardío, aunque su preservación morfológica (sensu Marchetti *et al.* 2019) es bastante inferior, como puede observarse en el trabajo presentado por Oliva y Arregui (2018). Oliva y Arregui (2017) comunicaron la presencia de *Proboscipeda australis*, *Hippipeda* isp. Y *Lamaichnum guanicoe*, describieron algunas características morfológicas e hicieron algunas inferencias icnoespecíficas. Se debe mencionar que la documentación de este material es escasa y la calidad de preservación de estas huellas es bastante pobre como para hacer comparaciones detalladas.



En la zona de Miramar, también han sido descriptas huellas de aves y carnívoros en sedimentos pertenecientes a la Formación Luján (Frenguelli 1921; Tonni and Fidalgo 1982) asignadas al Pleistoceno tardío. Las huellas de carnívoros son bien distintivas y han sido atribuidas a un félido de gran tamaño (Magnussen y Boh 2016), y posteriormente usadas para proponer una nueva icnoespecie: *Felipeda miramarensis* Agnolin *et al.* 2018. Las huellas de aves se asignaron a *Aramayoichnus* isp y otras de mamíferos a *Porcellusignum* isp. Y *Eumacrauchenichnus patachonicus* (Agnolin *et al.* 2018).

En la localidad de Santa Clara del Mar se describieron huellas fósiles de mamíferos (Tassara *et al.* 2005, Tassara y Cenizo 2014), en la Formación Santa Clara (Schnack *et al.* 1982). La calidad de preservación no es tan buena como la del YPPC pero Tassara *et al.* (2005) han podido describir huellas que compararon con *Myodontidichnum rosalensis*, *Hippipeda*, *Lamaichnum guanicoe* y *Odocoileinichnum commune*.

En la zona de Mar del Plata, se han observado algunas cuevas fósiles asignadas a roedores y a mamíferos xenartros extinguidos, la edad sugerida para estas es Plio-Pleistocena (Zárate *et al.* 1998, Dondas *et al.* 2009, Beilinson *et al.* 2013).

## 1.6. ICNOLOGÍA DE TETRÁPODOS DEL PLIO-PLEISTOCENO EN EL MUNDO

Existen numerosos registros icnológicos plio-pleistocénicos a nivel mundial, que pueden ser comparados con el YPPC y que se resumen en la Tabla 1.2. Como se ha mencionado anteriormente, el YPPC presenta una numerosa asociación de icnofósiles con excelente grado de preservación y una marcada icnodiversidad.

A continuación, se analizan sintéticamente los yacimientos de varios sitios del mundo que fueron generados en los distintos ambientes sedimentarios. Se hace una valoración de la icnodiversidad, de acuerdo a la cantidad de icnogéneros presentes y del grado de preservación promedio de las huellas individuales sobre la base de la escala propuesta por Marchetti *et al.* (2019).

Edad / Formación	País o Región	Ambiente Sedimentario	Trazas fósiles de tetrápodos	Icnodiversidad	Grado de preservación promedio	Fuente
Pleistoceno tardío 14289 <sup>14</sup> C ka CAL AP./ Miembro medio de Secuencia Agua Blanca	Buenos Aires, Argentina	Cuerpos lacustres asociados a redes secundarias del sistema fluvial	<i>Canipeda gracilis</i> , <i>Felipeda biancoi</i> <i>Neomegathrichnum pehuencoensis</i> , <i>Myodontidichnum rosalensis</i> , <i>Glyptodontichnus pehuencoensis</i> , <i>Eumacrauchenichnus patachonicus</i> , <i>Proboscipeda australis</i> , <i>Dolichotichnus marae</i> , <i>Ursichnus sudamericanus</i> , <i>Hippipeda</i> isp., <i>Lamaichnum guanicoe</i> , <i>L. tulipensis</i> , <i>Pecoripeda commune</i> , <i>Phoenicopterichnum pehuencoensis</i> , <i>Charadriipeda</i> isp., <i>Gruipeda</i> isp., and <i>Aramayoichnus rheae</i>	16	2.5 -3	Aramayo y Manera de Bianco (1987 <sup>a</sup> , b), Aramayo <i>et al.</i> (2015)
Plioceno / Formación Verde	Arizona, USA	Lacustre	Rastrilladas de félidos (= <i>Felipeda</i> isp.) Rastrilladas de Proboscidos Otras rastrilladas de mamíferos	3	2	Nininger (1941), Donchin (1983), Santucci <i>et al.</i> (1998), Santucci <i>et al.</i> (2014)
Plioceno-Pleistoceno/ "Sedimentos lacustres Villa Alegría"	Oaxaca, Mexico	Lacustre	Icnita de felino (= <i>Canipeda</i> ) Huellas de camélidos	2	2-3	Dávalos-Álvarez <i>et al.</i> (2007)

Plio-Pleistoceno / San Juan de los Lagos	Jalisco, México	Lacustre	<i>Mitsupes dugesii</i> , <i>Lamaichnum macropodum</i> , rastrilladas de aves y rastrilladas de proboscideos.	5	2	Dugés (1894), Rodríguez de la Rosa y Guzmán Gutiérrez (2012), Rodríguez de la Rosa <i>et al.</i> (2007)
Pleistoceno tardío / Monumento Nacional de White Sands	Nuevo México, USA	Lacustre	Huellas de humanos, grandes perezosos, proboscidios, cánidos y félidos.	5	2	Bustos <i>et al.</i> (2018)
Pleistoceno tardío (14,600 <sup>14</sup> C ka CAL AP) / Sitio Unidad Monte Verde	Pilauco, Osorno, Chile	Lacustre asociado a glaciar	Huellas humanas: <i>Hominipes modernus</i>	1	2	Moreno <i>et al.</i> (2019)
Pleistoceno tardío/ Prisión del Estado de Carson City	Nevada, USA	Margen lacustre	Huellas de cánidos, félidos, aves, milodóntidos, cérvidos, proboscidios y huellas de équidos.	7	2-3	Lockley y Hunt (1995), McDonald (2007)
Pleistoceno tardío/ Victorian Volcanic Plain	Victoria, Australia	Lacustre asociado a eólico	Marcas de dientes de marsupiales carnívoros Huellas de marsupiales ( <i>Tylacoleon y Diprotodon</i> )	2	1-2	Camens y Carey (2013)
Pleistoceno tardío/White Sands National Monument 19,000-18,000 <sup>14</sup> C ka	Nuevo México, USA	Playa lake lagos esfímeros	<i>Felipeda isp.</i> , <i>Canipeda isp.</i> <i>Proboscipeda panfamilia</i> , <i>Lamaichnum isp.</i>	4	1-2	Gentry <i>et al.</i> (2011)

Pleistoceno tardío (38 ± 8.57 ka AP-OSL) / Cuenca de Valsequillo	Puebla, México	Lacustre asociado a piroclástico	Huellas de humanos, ciervos, cánidos, grandes felinos y probablemente de camellos y bóvidos.	6	1-2	González <i>et al.</i> (2006), Huddart <i>et al.</i> (2008), Morse <i>et al.</i> (2010)
Plioceno temprano/ Formación White Narrows	Nevada, USA	Fluvio-lacustre	<i>Felipeda</i> isp. <i>Platykopus</i> isp., cf. <i>Ardeipeda</i> isp. Y <i>Avipeda</i> isp.	4	2	Lockley (2007)
Plio-Pleistoceno/ Formación Pie de Vaca	Pie de Vaca, Puebla, México	Fluvio-lacustre	Huellas de aves palmípedas (flamencos, 23aradriformes), proboscidos, artiodáctilos, camélidos y grandes félidos.	6	1-2	Rodríguez de la Rosa <i>et al.</i> (2004), Cabral Perdomo (2013), Cabral Perdomo (2018)
Pleistoceno temprano/Miembro Okote de Formación Koobi Fora	Kenia	Fluvial- Lacustre Llanura deltaica	Huellas humanas, huellas de hipopótamos, cocodrilos y aves acuáticas	5	2	Bennet <i>et al.</i> (2009), Roach <i>et al.</i> (2016), Hatala <i>et al.</i> (2016)
Pleistoceno medio (0,709 ± 0,013 Ma <sup>40</sup> Ar / <sup>39</sup> Ar) / Area arqueológica Gombore II-2	Etiopía	Fluvial – Lacustre	Huellas de renos, elefantes e hipopótamos	3	2	Altamura <i>et al.</i> (2017)
Plioceno tardío/ Formación Olla	California, USA	Fluvial	<i>Felipeda milleri</i> , rastrillada de cánido, camélidos, caballos, roedores y rastrillada de ave.	2	2	Reynolds y Milner (2007, 2012)
Pleistoceno temprano/ Miembro Hill House	Happisburgh, UK	Fluvial-estuarino	Huellas humanas	1	1-2	Ashton <i>et al.</i> (2014)
Pleistoceno tardío	Lake Natron,	Fluvial con	Huellas humanas, huellas de bóvidos y	3	**	Liutkus-Piercert

Sitio Engare Sero	Tanzania	influencia piroclástica	cebras.			(2016)
Pleistoceno tardío/ The Tamanduá de Cima	Pernambuco, Brasil	Fluvial	<i>Lamaichnum</i> , <i>Pecoripeda</i> , <i>Hippipeda</i> , y huellas de <i>Toxodon</i> ?	4	1-2	Oliveira (2019)
Pleistoceno medio a tardío (39.490 ± 2.340 <sup>14</sup> C AP) / Campo de dunas Malhão	Portugal	Eolianitas calcáreas	<i>Felipeda lynxi</i> , <i>Proboscipeda panfamilia</i> , <i>Bifidipes</i> isp., <i>Bestiopeda</i> isp., <i>Leporidichnites malhaoi</i> , <i>Charadriipeda</i> isp.	6	1	Neto de Carvalho (2009, 2011), Neto de Carvalho <i>et al.</i> (2016)
Pleistoceno tardío (28±3 ka OSL) / Facies "Catalan Bay Sands"	Gibraltar, Sudoeste de Península Ibérica	Sistema de dunas	<i>Hominipes</i> isp., <i>Proboscipeda</i> isp., <i>Bifipides aeoli</i> , <i>Bifipides cf. Aeoli</i> , Marcas en forma de "V" de artiodáctilos Marcas circulares de cánido Trazas fósiles de insectos	9	0-1	Muñiz <i>et al.</i> (2019)
Pleistoceno medio-tardío/ Formación Funtana Morimenta	Sudoeste de Cerdeña, Italia	Sistema de dunas	<i>Proboscipeda panfamilia</i> , <i>Canipeda</i> isp., huellas de cérvidos y bóvidos.	4	1-2	Pillola y Zoboli D., (2017), Zoboli y Pillola (2018)
Plioceno temprano/ Arenisca Tsondab	Namibia	Interduna	Huellas de <i>Crocota</i> (=? <i>Canipeda</i> isp.) Coprolitos Rizolitos Excavaciones de insectos	2	2	Morales <i>et al.</i> (2011)
Pleistoceno tardío (135,4 ± 5,9 ka OSL) / Formación Bridgewater	Australia	Dunas eólicas	Huellas de, al menos, 4 taxa de marsupiales (diprotodontidos, macropodidos, vombatidos y thylacoleonideos). Huellas de aves: <i>Avipeda</i> , Huellas de roedores Trazas de invertebrados: <i>Beaconites antarcticus</i>	7	1	Camens <i>et al.</i> (2017)

Pleistoceno tardío (91± 6 ka -79 ± 9 ka OSL)/ Formación Waenhuiskrans	Costa Cabo, Sudáfrica	Dunas costeras	Rastrilladas de leones, múltiples rastrilladas de proboscidos, rastrillada atribuida a búfalo, huellas de carnívoros medianos, huellas de aves, huellas atribuidas a équidos, numerosas huellas de artiodáctilos y restos de madrigueras. Rastrilladas de tortugas marinas ( <i>Australocheilichnus agulhasii</i> , <i>Marinerichnus latus</i> ).	11	2	Bateman (2011), Helm <i>et al.</i> (2017, 2018), Lockley <i>et al.</i> (2019)
Pleistoceno tardío (70 ± 10 ka) / Sitio Arqueológico Le Rozel	Francia	Eólico	Huellas humanas	2	2	Duveau <i>et al.</i> (2019)
Plioceno (2,3 ± 0,4 Ma, Trazas de fisión) / Cuenca Vallecito-Fish Creek	California, USA	Delta marino a planicie aluvial	<i>Canipeda therates</i> , <i>Felipeda milleri</i> , <i>Felipeda stouti</i> , <i>Gruipeda diabloensis</i> , <i>Mustelidichnum vallecitoensis</i> , <i>Hippipeda downsi</i> , <i>Lamaichnum borregoensis</i> , <i>Megalamaichnum albus</i> , <i>Stegomastodonichnum garbanii</i> , <i>Mammuthichnum isp.</i> , <i>Odocoilichnum isp.</i> , <i>Tayassuichnum isp.</i> , <i>Camelopichnum isp.</i>	13	1-2	Johnson (1983), Remeika (2001, 2006)
Plioceno tardío – Pleistoceno temprano / Formación Merced	USA	<i>Backshore</i>	<i>Canipeda</i> , Huellas de artiodáctilos y proboscidos	3	1-2	Hunter <i>et al.</i> (1984), Clifton y Hunter (1999), Santucci <i>et al.</i> (2014)

Pleistoceno tardío (15,161± 70 <sup>14</sup> C AP) / Jeju Island	Corea	alta energía nearshore	Huellas de carnívoros (félidos?) rastrillada de homínidos, artiodáctilos, proboscidos y huellas de aves.	5	1	Kim and Kim (2006), Kim <i>et al.</i> (2009)
Pleistoceno tardío (11365 ± 25 <sup>14</sup> C ka CAL AP) / Sitio de Meay Channel I	Central Coast of British Columbia, Canadá	Marino costero intermareal superior, en ambiente glaciar	Huellas humanas	1	1	McLaren <i>et al.</i> (2018)
Pleistoceno	Europa y Asia Norte y Sudamérica	Cavernas	Coprolitos de mamíferos, reptiles y anfibios	3	*	Hunt y Lucas (2018, 2019)
Pleistoceno / Cueva del Jaguar	Tennessee, USA	Depósitos de cavernas	Rastrilladas de jaguar Huellas humanas del Holoceno	2	2	Watson <i>et al.</i> (2005)
Pleistoceno tardío / Cavernas Craigshead	Tennessee, USA	Depósitos de cavernas	Rastrilladas de jaguar	1	2	Simpson (1941)
Pleistoceno tardío (26000 <sup>14</sup> C AP) / Cueva Chauvet	Francia	Depósitos de cavernas	"empreintes de canidé" (= <i>Canipeda</i> isp.), huellas humanas, de osos y artiodáctilos.	4	2	García (2005)
Pleistoceno tardío / unidad innominada	Alemania	Llanura aluvial en ambiente glaciar	Wolfsfährte (= <i>Canipeda</i> isp.), Löwenfährte (= <i>Felipeda</i> isp.), huellas de renos, bóvidos, y grandes ungulados no identificados.	5	1	Koenigswald <i>et al.</i> (1995)

Pleistoceno tardío- Holoceno temprano/ Sitio de Escada	Rio Grande do Norte, Brasil	Pavimentos cársticos	Marcas de dientes de cánidos: <i>Machichnus boehmicus</i> <i>Machichnus fatimae</i>	2	*	Araujo <i>et al.</i> (2017)
--	--------------------------------	-------------------------	---	---	---	--------------------------------

Tabla 1.2. Registro de trazas fósiles de tetrápodos a nivel mundial en yacimientos del Plio-Pleistoceno-Holoceno



## **Asociaciones de trazas fósiles de tetrápodos del Pleistoceno en ambientes lacustres**

Los ambientes lacustres se han caracterizado por presentar una alta icnodiversidad y un buen grado de preservación de huellas fósiles. Además del YPPC, también existen buenos ejemplos en varios lugares de América y el resto del Mundo (Tabla 1.2). El grado de preservación, de acuerdo a la escala de Marchetti *et al.* (2019), es en promedio aproximadamente, 2. La icnodiversidad está representada, en muchos casos, entre tres y siete icnotaxones (Tabla 1.2). Uno de los yacimientos históricos y más renombrados a nivel mundial, se encontraba localizado en Carson City, Nevada, Estados Unidos. Este fue generado en un ambiente de margen lacustre, durante el Pleistoceno tardío y también se ha caracterizado por tener diversas y numerosas huellas (Tabla 1.2). Aquí se identificaron al menos siete morfologías de huellas atribuidas a milodóntidos, cánidos, félidos, aves, cérvidos, proboscidos y équidos (Lockley and Hunt 1995, McDonald 2007). La preservación es muy buena, de 2 a 3 en promedio, dado que ha posibilitado reconocer detalles morfológicos de los miembros de los productores (McDonald 2007). Sin embargo, no existe una documentación detallada de este yacimiento, el que ha sido destruido por obras de remodelación.

En algunos yacimientos, el grado de preservación ha permitido realizar asignaciones icnotaxonómicas a nivel de icnogenéro. Un ejemplo de ello, es la Formación White Narrows (Schmidt *et al.* 1986) del Plioceno temprano de Nevada, Estados Unidos. Aquí se identificaron huellas que fueron asignadas a *Felipeda* isp., *Platykopus*, *Ardeipeda* y *Avipeda* (Lockley 2007). En sedimentos del Pleistoceno tardío de Pernambuco, Brasil, también se han podido realizar asignaciones a nivel de icnogénero, correspondientes a *Lamaichnum*, *Pecoripeda*, *Hippipeda* y una posiblemente atribuida a *Toxodon?* (Oliveira *et al.* 2019).

Por otro lado, son menos comunes los sitios con asignaciones a nivel de icnoespecie. Uno de ellos pertenece a sedimentos del Plio-Pleistoceno de México (Tabla 1.2) donde se hallaron huellas asignadas a las icnoespecies *Mitsupes dugesii* y *Lamaichnum macropodum* (Dugés 1894, Rodríguez de la

Rosa y Guzmán Gutiérrez (2012), Rodríguez de la Rosa *et al.* (2007). Otros icnotaxones documentados pertenecen a *Felipeda* isp., *Canipeda* isp., *Prosbocipeda panfamilia* y *Lamaichnum* isp. Hallados en White Sands National Monument (de edad mamífero Rancholabreana, Pleistoceno tardío) localizado en Nuevo México, Estados Unidos (Gentry 2011). En este yacimiento, además, se han hallado huellas de grandes perezosos junto a huellas de homínidos, evidenciando su coexistencia (Bustos *et al.* 2018).

### **Asociaciones de trazas fósiles de tetrápodos del Pleistoceno en ambientes fluviales**

Los antiguos ambientes fluviales presentan en general una buena a moderada preservación de huellas fósiles de tetrápodos (Tabla 1.2). El grado de preservación morfológica varía generalmente entre 1 y 2. (Marchetti *et al.* 2019) La icnodiversidad es, en promedio, algo menor en ambientes puramente fluviales que la observada en ambientes lacustres o fluvio-lacustres (Tabla 1.2). En estos últimos, pueden llegar a reconocerse hasta cinco icnotaxones o morfologías de huellas. Esta característica puede observarse en la Formación Pie de Vaca, localizada en el estado de Puebla en México, donde se han descrito huellas pertenecientes a aves palmípedas, proboscidos, artiodáctilos, camélidos y grandes félidos (Rodríguez de la Rosa *et al.* 2004, Cabral Perdomo 2013; Cabral Perdomo *et al.* 2018). Algunos de los sitios pertenecientes a ambientes fluviales, presentan buenos ejemplos de huellas humanas de edad pleistocena. Uno de ellos, se localiza en Happisburg, Reino Unido donde Ashton *et al.* (2014) documentaron la presencia de hasta treinta huellas humanas generadas en capas del miembro Hill House (Parfitt *et al.* 2010) pertenecientes a un ambiente fluvial estuarino del Pleistoceno tardío.

### **Asociaciones de trazas fósiles de tetrápodos del Pleistoceno en ambientes eólicos**

Las huellas fósiles observadas en ambientes eólicos presentan, en general, un grado de preservación menor en comparación con las de los ambientes fluviales

y lacustres dando un promedio que oscila entre 1 y 2 (Marchetti *et al.* 2019). De todas maneras, en este tipo de ambientes la icnodiversidad suele ser alta (Tabla 1.2). Un buen ejemplo de abundante icnodiversidad son las huellas descritas en la Formación Waenuiskrans (Malan 1989) del Pleistoceno tardío de Sudáfrica, formada en un antiguo ambiente de duna costera. Aquí se han observado trazas fósiles con distintos grados de preservación, dependiendo de la exposición a los agentes erosivos. Las mismas fueron asignadas a félidos, proboscidos, bóvidos, équidos, artiodáctilos, paleocuevas y rastrilladas producidas por tortugas marinas (Helm *et al.* 2017, 2018; Lockley *et al.* 2019). También en la Isla Canguro, al sur de Australia, se reportaron diversas huellas pertenecientes a aves, mamíferos marsupiales, roedores y trazas de invertebrados (Camens *et al.* 2017). Si bien algunos sitios asociados a ambientes eólicos han mostrado una escasa icnodiversidad, en algunos casos su grado de preservación ha permitido realizar asignaciones icnotaxonómicas. En Europa, por ejemplo, en la Formación Funtana Morimenta (Zoboli y Pillola 2018), del Pleistoceno medio a tardío del sudoeste de Cerdeña, Italia (Tabla 1.2), se han registrado huellas de mano y pie preservadas como hiporrelieve cóncavo, que fueron atribuidas a *Proboscipeda panfamilia*. Adicionalmente se presentan huellas de cérvidos, bóvidos y una aislada asignada a *Canipeda* isp. (Pillola y Zoboli, 2017; Zoboli y Pillola 2018).

Otras asignaciones icnogénicas e icnoespecíficas efectuadas en Europa, provienen de las facies eólicas Catalan Bay Sands (Pleistoceno tardío) en la Península Ibérica (Tabla 1.2). A pesar de la acción de la erosión, se han podido distinguir huellas pertenecientes a *Hominipes* isp., *Proboscipeda* isp., *Bifipides aeoli*, *Bifipides* cf. *Aeoli* y otras sin asignación icnotaxonómica, atribuidas a artiodáctilos, cánidos y trazas de insectos (Muñiz *et al.* 2019).

### **Asociaciones de trazas fósiles de tetrápodos del Pleistoceno en ambientes marinos someros**

Los yacimientos de huellas de tetrápodos del Plio- Pleistoceno generados en ambientes marinos someros o transicionales, en general presentan una icnodiversidad variada, pero el grado de preservación suele ser menor en

comparación con otros ambientes (Tabla 1.2).

Un buen ejemplo de abundante icnodiversidad, es el yacimiento del Plioceno de Vallecito-Fish, en la Cuenca Creek, ubicada en California, Estados Unidos. Aquí se han descrito numerosas huellas con asignaciones a nivel de icnoespecie. Las mismas correspondieron a *Canipeda therates*, *Felipeda milleri*, *Felipeda stouti*, *Gruipeda diabloensis*, *Mustelidichnum vallecitoensis*, *Hippipeda downsi*, *Lamaichnum borregoensis*, *Megalamaichnum albus*, *Stegomastodonichnum garbanii*, *Mammuthichnum* isp., *Odocoilichnum* isp., *Tayassuichnum* isp., *Camelopichnum* isp. (Remeika 2001, 2006). Sin embargo, estas asignaciones icnotaxonómicas no fueron realizadas con criterios uniformes y necesitan ser revisadas.

Algunos yacimientos de ambientes marinos someros asociados a ambientes glaciares, también han sido portadores de huellas fósiles, con un grado de preservación de alrededor de 1 (Marchetti *et al.* 2019) (Tabla 1.2). En sitios como Emscher, Alemania, han quedado expuestas diversas huellas de cánidos, félidos, renos, bóvidos y otros ungulados del Pleistoceno tardío (Koenigswald *et al.* 1995). En cambio, en el sitio Meay Channel localizado en British, Columbia, Canadá sólo se han documentado huellas humanas, generadas posiblemente en un ambiente intermareal superior (McLaren 2018).

### **Asociaciones de trazas fósiles de tetrápodos del Pleistoceno en cavernas**

Los hallazgos icnológicos en cavernas han consistido, en su mayoría, en coprolitos de mamíferos, reptiles y anfibios de edad pleistocena (Hunt y Lucas 2018, 2019) (Tabla 1.2). Las más reconocidas, están distribuidas a lo largo de Europa, Asia y América. Además de la presencia de coprolitos, los depósitos de cavernas también han proporcionado huellas y rastrilladas fósiles de tetrápodos con muy buen grado de preservación. El promedio es de 2 (Tabla 1.2). Huellas atribuidas a cánidos y homínidos del Pleistoceno, fueron halladas en la Cueva del Jaguar, en Tennessee, Estados Unidos (Watson *et al.* 2005). En la cueva Chauvet, en Francia, se hallaron huellas pertenecientes a los mismos taxones, además de otras asignables a osos y artiodáctilos del Pleistoceno tardío (García 2005).

## CAPÍTULO 2

### ÁREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

#### 2.1. ÁREA DE ESTUDIO

La zona de trabajo abarca aproximadamente 18 kilómetros a lo largo de la costa, desde Playa del Barco ( $39^{\circ} 00' 15,9''$  S;  $61^{\circ} 34' 31''$  O) hacia el oeste, donde se realizaron observaciones litológicas, hasta la zona del Camping Americano en Monte Hermoso ( $38^{\circ} 59' 13,7''$  S;  $61^{\circ} 21' 19,1''$  O) (Fig. 1.1). La zona de trabajo incluye unos 3 km comprendidos dentro del YPPC (área 2), donde se concentraron buena parte de las observaciones.

El área de estudio a su vez se subdividió en 6 sectores para facilitar la ubicación de las huellas (Fig. 2.1). Considerando las superficies de playa que resultaban más prácticas para recorrer durante una jornada de trabajo, se estableció para las mismas una extensión de unos 700 m en sentido este-oeste (paralelamente a la línea de costa) y 18 m en sentido N-S (perpendicular a la línea de costa. Al sector que está ubicado más al oeste, en el área 1 de la Reserva, se lo denominó Playa del Barco (coincidente con el nombre de la localidad fosilífera que contiene).

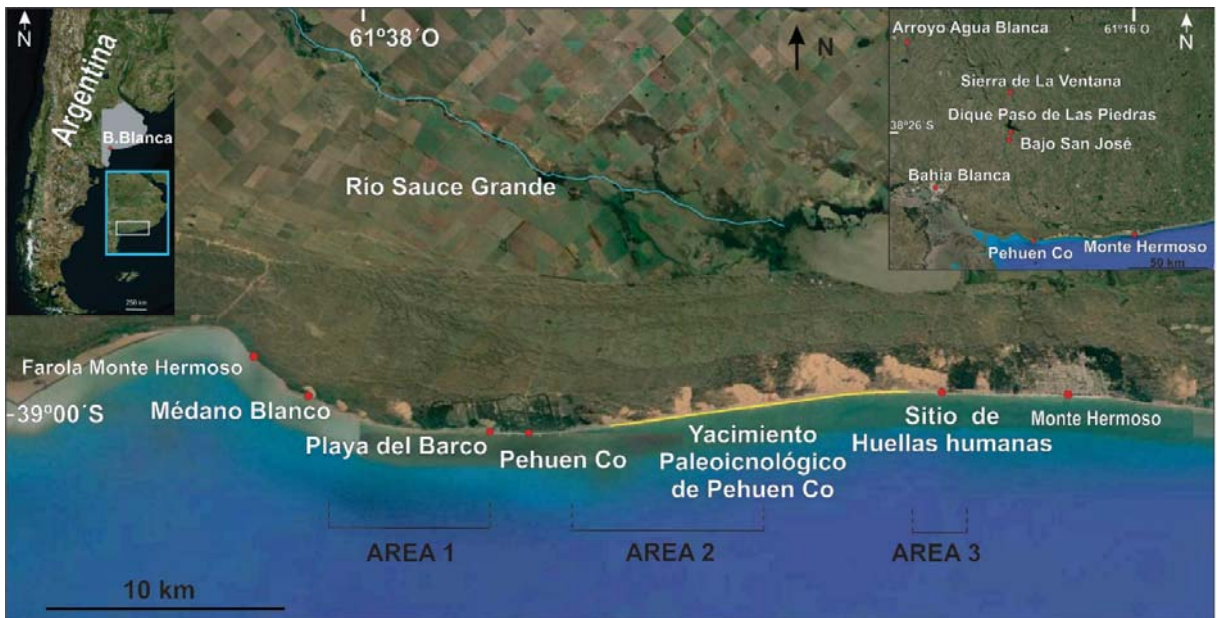


Figura 2.1. Mapa de distribución de sectores en el área de estudio. Tomado de Google Earth®.

Para el área 2, se reconocieron 4 sectores, delimitados de acuerdo a puntos que

pueden ser reconocidos en el campo. Estos son (de oeste a este): Sector Puesto Ostrero, Sector Flamencos, Sector Tres Palos y Sector Distal (Fig. 2.2. A). En cuanto al área 3 se delimitó el Sector Huellas Humanas (Fig. 2.2. B).

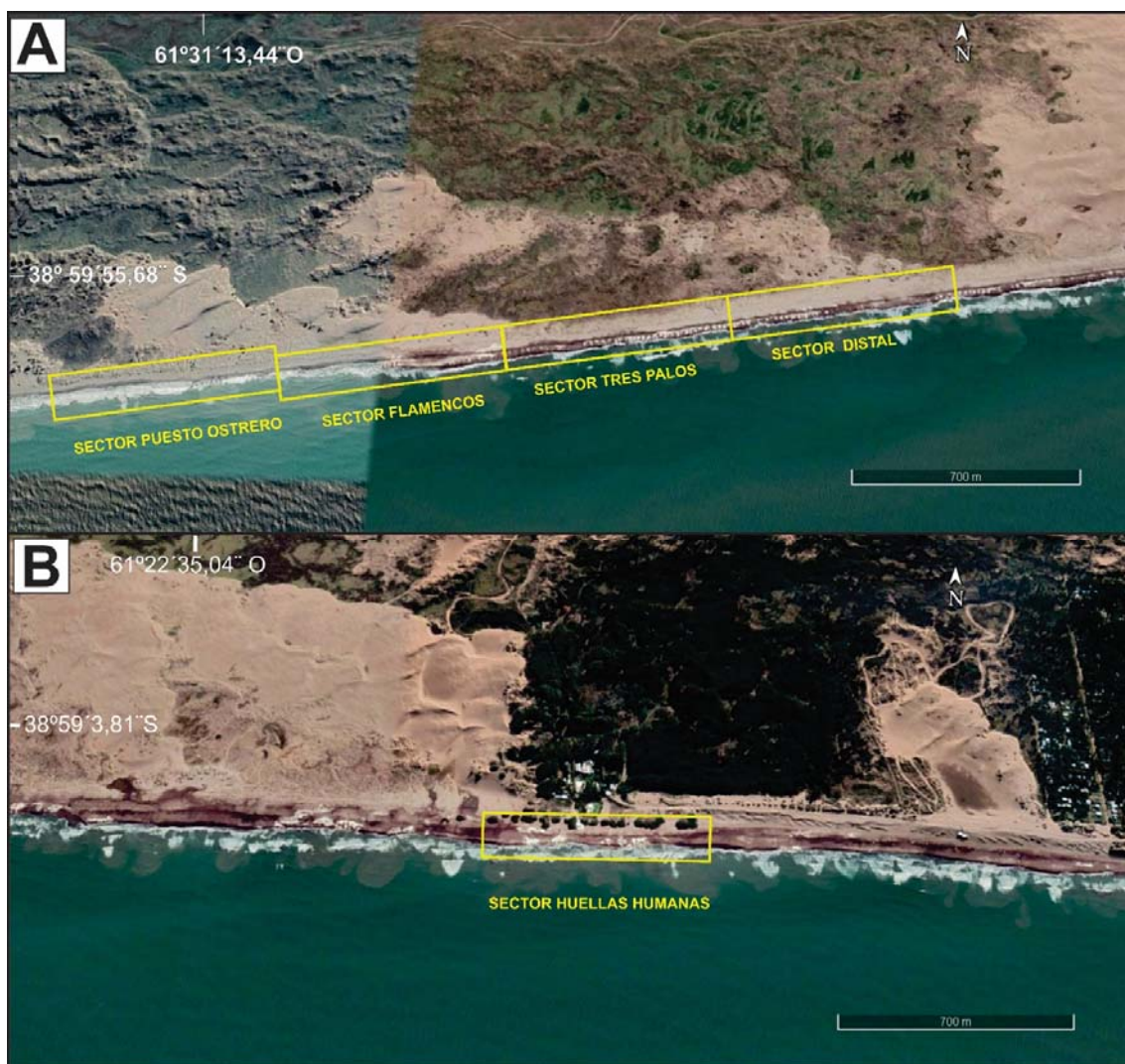


Figura 2.2 .Subdivisión de la zona de estudio. A. Delimitación de los cuatro sectores del área 2 del YPPC: Sector Puesto Ostrero, Sector Flamencos, Sector Flamencos, Sector Tres Palos y Sector Distal. B. Área 3 del YPPC, Sector Huellas Humanas. Imagen modificada de Google Earth ©.

## 2.2. METODOLOGÍA

La metodología que se aplicó en este trabajo de Tesis puede dividirse en aquella correspondiente al campo, gabinete y laboratorio.

### **2.2.1 Trabajo de campo**

El trabajo de campo consistió en 22 campañas, de no más de dos días de duración cada una y la cantidad de días totales de campañas asciende a 31. Estas tareas fueron realizadas en el intervalo de tiempo comprendido entre 2016 y 2020, durante los períodos en los que el yacimiento estuvo descubierto de la arena que habitualmente lo cubre. Dependiendo de la ubicación de la zona aflorante con huellas, los trabajos estuvieron condicionados a las mareas. Los afloramientos se observaron mayormente en la zona intermareal y usualmente son asomos de pocos decímetros de espesor que permanecieron expuestos unos pocos días. Las tareas de campaña se refirieron esencialmente a la documentación de huellas fósiles, toma de fotografías para fotogrametría, medición de secciones sedimentológicas y muestreo litológico.

#### *Documentación de huellas fósiles*

En primer lugar, luego de una sudestada importante, se contó con la colaboración de los guardaparques de la Reserva Provincial Pehuen Co- Monte Hermoso, para detectar la presencia de afloramientos que pudieran presentar huellas fósiles. Una vez confirmado esto, se organizaron campañas para concurrir al yacimiento y relevar los datos de interés (Fig. 2.3 A). Al llegar a la zona de trabajo se procedió a limpiar cuidadosamente las superficies de estratificación expuestas, para no dañar las huellas, dado que el sedimento está escasamente indurado (Figs. 2.3B-D). Esta tarea se realizó usando elementos manuales como palas, espátulas y cepillos. Posteriormente se ubicaron las rastrilladas y huellas aisladas mediante posicionamiento con GPS Garmin Etrex®, para determinar las coordenadas geográficas. La altura del plano de estratificación se estableció con un báculo que permitió referir las capas con huellas a jalones metálicos de posición conocida. Para el caso de las rastrilladas, se determinó el azimut de la línea media de la rastrillada, así como eventuales cambios de rumbo mediante una brújula tipo Brunton.



Figura 2.3. Trabajo de campo. A. Recorrido general del yacimiento luego de una sudestada. B. Limpieza del afloramiento de interés. C. Destape parcial de una rastrillada. D. Limpieza final de la rastrillada.

Luego se midieron con cinta métrica los parámetros icnológicos mayormente siguiendo las definiciones y la metodología propuesta por Leonardi (1987), tanto en rastrilladas como en huellas individuales. Las medidas tomadas se ejemplifican en diagramas esquemáticos para rastrilladas de cuadrúpedos, incluyendo cánidos (Fig. 2.4 A) y perezosos (Fig. 2.4 B), así como para rastrilladas de bípedos, compuestas por huellas tridáctilas sin impresión de membrana (Fig. 2.5 A) y con membrana (Fig. 2.5 B). Los parámetros medidos incluyen: longitud de la huella sin las marcas de garras (LH), anchura de huella (AH), profundidad de la huella (PH), longitud del dígito individual (LI), longitud de la traza de la garra (LG), ángulo de divergencia entre los dígitos II y V (II-V), ángulo de divergencia entre los dígitos II y III, (II-III), ángulo de divergencia entre los dígitos III-IV (III-IV), longitud de rastrillada (LR), ancho de rastrillada (AR), distancia entre mano y pie (m-p), ángulo de divergencia del pie con respecto a la línea media (AD), longitud de paso (LP), ancho de paso (AP), paso oblicuo (PO), longitud de zancada (LZ) y ángulo de paso (AP).



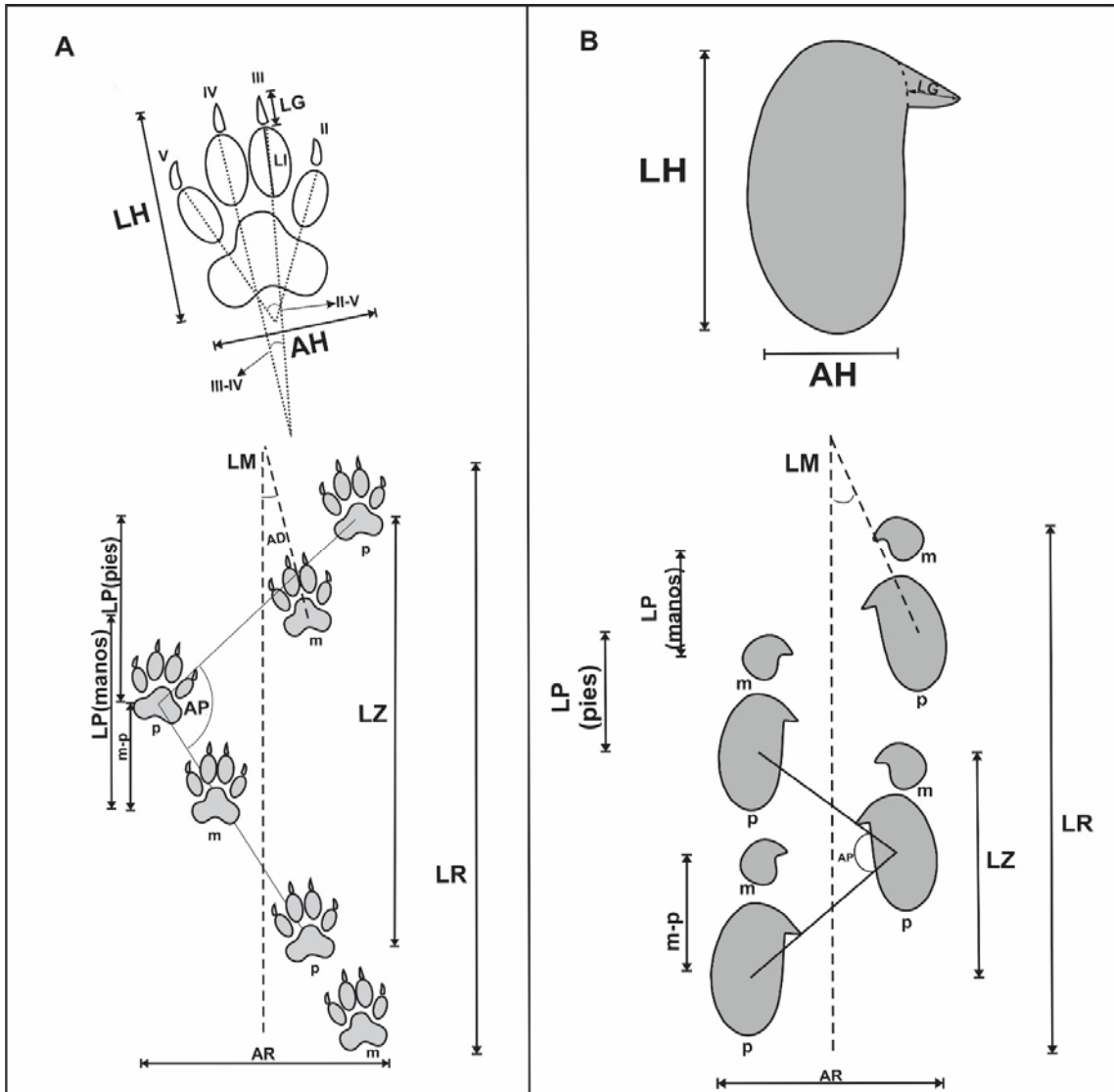


Figura 2.4. Esquema que ejemplifica como se tomaron los parámetros icnológicos en huellas y rastrilladas de individuos cuadrúpedos. A. Huellas de mamíferos pequeños a medianos (Modificado de Melchor *et al.* 2018). B. Huellas de perezosos.

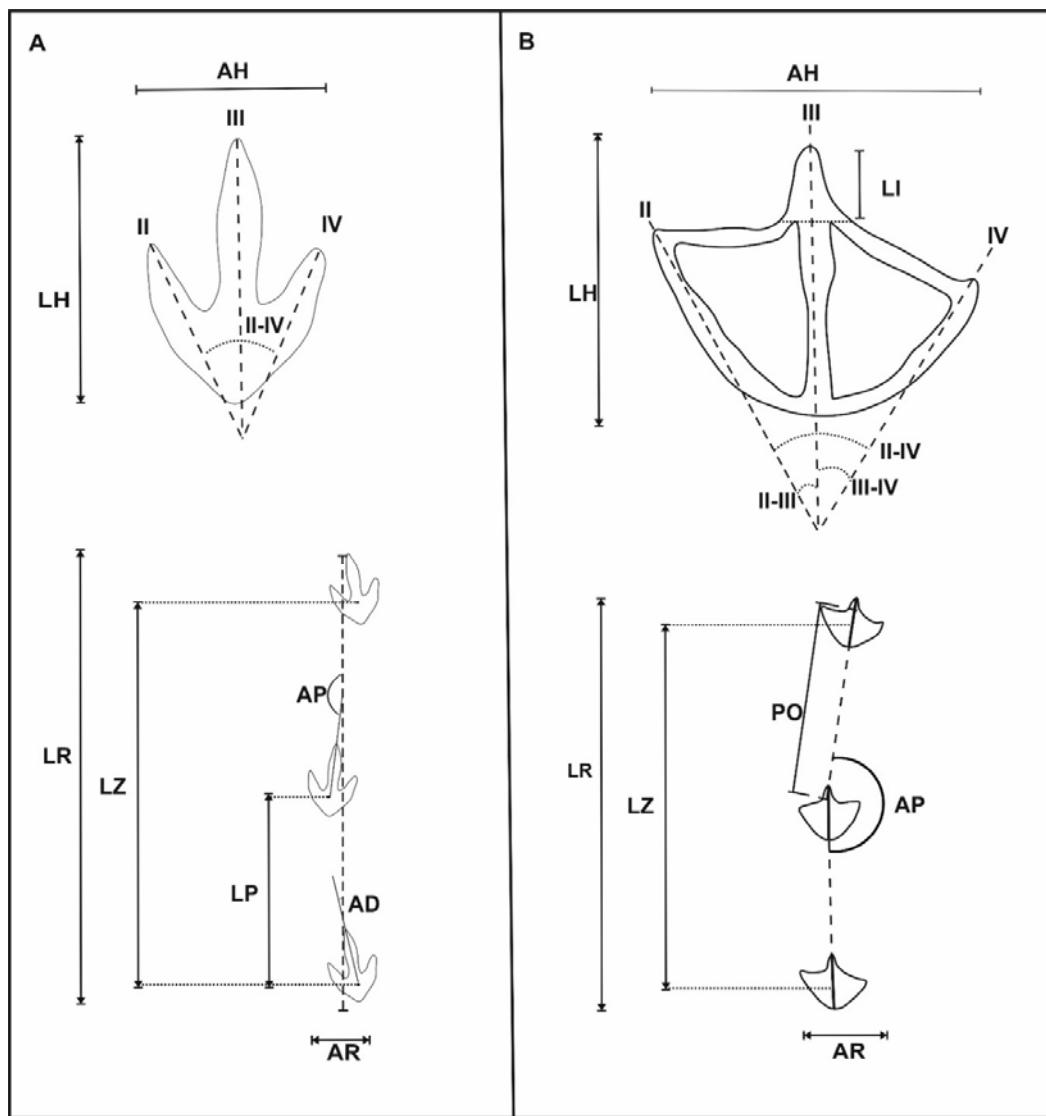


Figura 2.5. Diagrama esquemático para rastrilladas bípedas. A. Esquema para huellas asignadas a aves sin membrana. B. Esquema de huellas asignadas a aves con membrana (modificado de Melchor *et al.* 2012).

Cada hallazgo de interés implicó un análisis detallado que consistió en: la descripción del grado de preservación de las huellas (Marchetti *et al.* 2019), la documentación de la morfología, la disposición espacial de las mismas (rasgo que luego permitirá inferir el comportamiento del productor) y su posición en la columna estratigráfica.

Ocasionalmente, se realizaron calcos en film transparente, en caso que las condiciones climáticas o mareales no permitieron realizar toma de fotografías para fotogrametría (Figs. 2.6 A-C).



Figura 2.6. Confección de calcos mediante film transparente. A. Despliegue del film transparente. B. Colocación del film transparente en una rastrillada. C-D. Calcado de la rastrillada mediante marcador indeleble.

### Fotogrametría

Para confeccionar un registro detallado de las huellas y las rastrilladas se aplicó la técnica de fotogrametría digital (Falkingham *et al.* 2012, Falkingham *et al.*, 2018) permitiendo generar modelos tridimensionales de las mismas. Este es un método relativamente reciente y que ha resultado de gran utilidad en diversas disciplinas, entre ellas la icnología, siendo una importante herramienta para la reproducción tridimensional de superficies y de objetos. Cabe destacar que la fotogrametría digital es solo una herramienta más y no reemplaza la observación del material en el campo o en el laboratorio, ni provee por sí sola interpretación alguna.

Para este trabajo, se aplicó dicha técnica, tanto para la confección de modelos 3D de huellas “in situ” como para las impresas en bloques sueltos o las copiadas en los moldes de caucho siliconado depositados en el MD, dado que estos últimos han sufrido cierto deterioro con el tiempo. Uno de los principales objetivos de aplicar la fotogrametría digital fue, básicamente, recopilar la mayor cantidad de información posible en el campo, ya que la mayoría de las huellas son erosionadas y desaparecen con el tiempo. Estos modelos tridimensionales

permitieron realizar observaciones y mediciones más detalladas en el gabinete. La fotogrametría ha sido utilizada en varios trabajos para la reconstrucción tridimensional de huellas fósiles (Bates *et al.* 2008, Razzolini *et al.* 2016, Romilio *et al.* 2017, Citton *et al.* 2017, Citton *et al.* 2018, Falkingham *et al.* 2018). Dicho método consistió en capturar una serie de fotografías en distintos ángulos y con alta superposición, mediante una cámara digital de alta resolución (20 megapíxeles en promedio). Para este trabajo de tesis se utilizó una cámara digital Sony 5x de 20,1 megapíxeles (distancia focal: 4,6 mm, resolución: 5152 x 3864, tamaño de pixel: 1,19 x 1,19  $\mu\text{m}$ ) tratando de utilizar una distancia focal fija y evitando el zoom. Dentro de lo posible, las fotografías se tomaron con luz uniforme y sin flash para no generar brillos indeseados en las mismas. Las condiciones ideales en el campo para la toma de fotografías, fueron en días nublados, de poco viento y durante el mediodía (Peinado Checa *et al.* 2014). En algunos casos, no fue posible contar siempre con estas condiciones, ya que los horarios de las mareas y el dinamismo con el que se cubre el yacimiento no siempre fueron óptimos para llevar a cabo este procedimiento. A pesar de ello, el *software* para elaborar los modelos generalmente detecta estos defectos indeseados como brillos, fotos fuera de foco u objetos externos al modelo, permitiendo corregir o aislar los errores.

Las fotos se tomaron en distintas posiciones y ángulos (Fig 2.7 A), intentando de que se superpongan entre sí al menos en un 60% (Hayes *et al.* 2017). La cantidad de fotografías fue variable (en general no menos de 100-150 fotos espécimen) y se ajustó de acuerdo al tamaño de la huella o rastrillada, a mayor tamaño de estas, mayor cantidad de fotos. Las fotografías deben tomarse con una o más escalas que permitan escalar el modelo resultante con la mayor precisión posible (Citton *et al.* 2017, Belvedere y Mallison 2017).

Para complementar algunas observaciones en el gabinete, se utilizó un dron DJI Phantom 3 Professional (Fig. 2.7B), que permitió obtener fotografías de menor escala para rastrilladas de los productores más grandes. Si bien estas fotografías son útiles para la confección de modelos tridimensionales, solo se utilizaron las que se tomaron mediante la cámara digital ya que poseen una mejor estabilidad focal para la finalidad de este trabajo.



Figura. 2.7. Toma de fotos para fotogrametría. A. Utilizando una cámara fotográfica manual. B. Empleo del drone Phantom 3 Professional para fotos con vistas panorámicas y de diferentes ángulos.

### Medición de secciones sedimentológicas

Respecto a los sedimentos portadores de huellas, se midieron secciones sedimentológicas del intervalo expuesto conteniendo uno o más superficies con trazas fósiles. Las secciones de detalle a escala 1:10, se midieron utilizando técnicas sedimentológicas estándar. La información registrada incluyó granulometría, el espesor de los estratos, la presencia y tipo de estructuras

sedimentarias incluyendo aquellas inducidas por actividad microbiana (ESIAM, según Bournod *et al.* 2014), coloración de la roca, y presencia de cuerpos concrecionales. La distancia vertical entre el techo de cada sección y los jalones que marcan el límite de la playa se midió utilizando un báculo o vara de Jacob. A partir de las características sedimentológicas se prestó especial atención a la eventual diferenciación niveles distintivos que puedan ser de ayuda en la correlación de dos o más secciones. En total se midieron 22 secciones sedimentológicas en el área 2 y 3, denominadas con una letra mayúscula y (eventualmente) un número (Tabla 2.1). En el área 2 se confeccionó un total de 18 secciones sedimentológicas, 3 correspondientes al Sector Puesto Ostrero (Fig. 2.8), 11 correspondientes al el Sector Flamencos (Fig. 2.9), 3 correspondientes al Sector Tres Palos (Fig. 2.10) y 2 al Sector Distal (Fig. 2.11). En cuanto al área 3, se levantaron 3 perfiles en el Sector Huellas Humanas (Fig. 2.12).

Sección #	Coordenadas GPS	Espesor (cm)	Muestras
A	S: 39°00'02,60" O: 61°30'22,90"	107	3
A2	S: 39°00'02,30" O: 61°30'21,60"	74	-
B	S: 39°00'03,60" O: 61°30'15,30"	288	2
C	S: 39°00'01,80" O: 61°30'18,30"	51	-
C2	S: 38°59'56,30" O: 61°29'33,10"	79	-
D	S: 39°00'02,50" O: 61°30'21,30"	38,5	-
E	S: 39°00'01,70" O: 61°30'18,50"	54	-
F	S: 39°00'02,9" O: 61°00'24,80"	25	6
G	S: 39°00'00,26" O: 61°30'03,30"	35	-
H	S: 39°00'02,50" O: 61°30'21,10"	81,5	7
I	S: 38°59'57,80" O: 61°29'41,60"	31	-
J	S: 39°00'02,10" O: 61°30'24,20"	38,5	3
K	S: 39°00'01,90" O: 61°30'23,60"	151,5	-
M	S: 39°00'01,30" O: 61°30'10,50"	41,5	-
N	S: 38°59'20,03" O: 61°21'47,50"	42	-
O	S: 38°59'20,00" O: 61°21'59,60"	92	-
P	S: 38°59'59,20" O: 61°29'53,00"	48	-
Q	S: 38°59'20,70" O: 61°21'46,10"	25	-
R	S: 38°59'56,30" O: 61°29'21,70"	157	2
T	S: 39° 0'6.70" O: 61°30'56.60"	44	-
U	S: 39° 0'8.60" O: 61°31'10.90"	25	-
V	S: 39° 0'8.50" O: 61°31'12.20"	22	-

Tabla 2.1. Detalle de la ubicación y espesor de las secciones sedimentológicas medidas.



Figura 2.8. Imagen de Google Earth © con la ubicación de los perfiles del Sector Puesto Ostrero (área 2).



Figura 2.9. Imagen de Google Earth © con la ubicación de los perfiles del Sector Flamencos (área 2).



Figura 2.10. Imagen de Google Earth © con la ubicación de los perfiles del Sector Tres Palos (área 2)



Figura 2.11. Imagen de Google Earth © con la ubicación de los perfiles del Sector Distal (área 2).





Figura 2.12. Imagen de Google Earth © con la ubicación de los perfiles del Sector Huellas Humanas (área 3).

### Muestreo litológico

Junto a la medición de secciones sedimentológicas se tomaron algunas muestras (Tabla 2.1) para realizar tres tipos de estudios: análisis granulométricos, análisis de difracción de rayos X y cortes delgados.

### **2.2.2 Trabajo de gabinete**

#### Recopilación bibliográfica

Incluyó la revisión de la bibliografía geológica, paleontológica e icnológica de la zona de trabajo. También se recopiló la información icnológica publicada para el Pleistoceno a nivel mundial, con el fin de elaborar una base de datos (Tabla 1.1).

#### Análisis de facies

Comprende la digitalización y análisis detallado de las secciones sedimentológicas. La digitalización se realizó mediante el software Corel Draw 2017. Fue posible establecer algunas correlaciones entre las secciones medidas, teniendo en cuenta la evidencia icnológica, litofacial y la altura respecto a los jalones que actuaron como nivel de referencia. La información de campo, junto a los resultados de los análisis sedimentológicos, de difracción de rayos X y descripción de los cortes delgados fueron utilizados para individualizar facies sedimentarias. Las mismas fueron interpretadas en términos de procesos sedimentarios y se infirieron las condiciones ambientales en las cuales se depositaron.

#### Catalogación del material icnológico

El material icnológico estudiado *in situ* fue analizado y descrito para luego asignarlo taxonómicamente. Este material se referenció, mediante la sigla "HC" (por huellas de campo) habiéndose identificado un total de 22 huellas aisladas y 34 rastrilladas en el campo. También se analizaron los moldes de caucho siliconado realizados antes del presente trabajo (2004-2007) y que están

depositados bajo la sigla "MD YPI" en el Museo Municipal de Ciencias Naturales Carlos Darwin (MD) de Punta Alta (provincia de Buenos Aires). Dichos moldes totalizan 31 especímenes. Adicionalmente, los modelos tridimensionales de material de campo o moldes se referenciaron con la sigla "MT" antepuesta al número de campo o de colección. También se utilizó la nomenclatura propuesta por Leonardi (1987) para describir individualmente estos materiales (ver 2.2.1.1.).

#### *Documentación fotográfica de moldes de caucho depositados en el Museo Carlos Darwin*

Para la confección del registro fotográfico de los moldes de caucho siliconado, se procedió de la misma manera que se describió anteriormente, para la toma de fotografías para fotogrametría, con la ventaja de que aquí se pudieron elegir las condiciones de iluminación y climáticas más apropiadas para la realización de este trabajo. Para el caso de los moldes más grandes, fue necesario contar con un espacio lo suficientemente amplio para poder armarlos. Afortunadamente, el MD cuenta con un extenso patio lo que permitió desplegarlos en diferentes tandas (Fig. 2.13). La colaboración del personal del Museo Darwin fue de gran importancia para desarrollar esta tarea. A su vez, la contribución del material fotográfico previo proporcionado por la Dra. Manera de Bianco, fue muy relevante para la reconstrucción de los moldes, tal como fueron confeccionados en el campo en su momento.

Una vez que estos se armaron y fotografiaron, se procedió a repararlos, ya que muchos de ellos sufrieron el deterioro propio de haber estado guardados durante mucho tiempo (Fig. 2.14<sup>a</sup>). El trabajo de reparación, consistió en pegar las partes de los moldes que estaban rotos, a través de una mezcla compuesta por caucho y catalizador al 5% (Fig. 2.14B). El procedimiento consistió en mezclar 100 ml caucho color blanco y 5 ml de catalizador en un recipiente limpio y seco durante al menos un minuto hasta obtener una mezcla uniforme. Luego se utilizó la mezcla dentro de los 15-20 minutos posteriores para pegar las partes rotas (Fig. 2.14C). Finalmente se colocó un objeto pesado sobre el molde reparado y se lo dejó fraguar de 48 a 72 horas dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura (Fig. 2.14D).



Figura 2.13. Montaje de moldes de caucho siliconado en el MD.



Figura 2.14. Armado y reparación de los moldes. A. Rotura en molde de caucho a reparar. B. Preparación de la mezcla compuesta de caucho siliconado y catalizador. C, D. Procedimiento para la reparación del material.

### Elaboración de modelos tridimensionales

Una vez tomadas las fotografías, se procesaron las mismas mediante una PC de escritorio provista con un procesador Intel <sup>™</sup> Core <sup>™</sup> i7-7700 y utilizando los programas Metashape 1.5.1, Meshlab 1.3.3 y Paraview 5.4.0. El procesamiento consistió en: a) alinear las fotografías, b) generar una nube de puntos densa, c) crear una malla conteniendo a dichos puntos y finalmente d) f incorporar la textura al modelo. Luego de esta etapa del procesamiento fue posible mejorar la precisión del modelo a través de ciertas herramientas que se detallarán luego.

El primer paso es cargar todas las fotografías (incluso las que hayan podido salir salidas fuera de foco) en el *software* Metashape 1.5.1 (Fig. 2.15 A). Este software es relativamente reciente y resulta de gran utilidad para la generación de modelos en materiales paleontológicos (Alessandri *et al.* 2019). Una vez que estuvieron todas las fotos cargadas, el siguiente paso fue alinearlas, es decir, se unieron las fotos mediante puntos en común (Figs. 2.15B, C). En algunos casos, durante este procedimiento, el software notificó que descartaría ciertas fotos que consideró que no estaban dentro del objeto de interés o fuera de foco.

Una vez alineadas las fotos, se procedió a generar la nube de puntos densa, es decir, el programa unió mediante vectores todos los puntos en común de las fotos. A su vez, aumenta el número de puntos constituyentes de la nube, a partir de sus posiciones, en un sistema de coordenadas xyz y en base a distintos valores asociados (Fig. 2.15D).

Una vez que se generó la nube de puntos densa, se procedió a mejorar su calidad para optimizar los procedimientos posteriores. Este paso consistió en evaluar la calidad del alineamiento de las fotos descartando las que hayan caído fuera del modelo. En algunas ocasiones, también fue posible mejorar la precisión del modelo, mediante algunas herramientas que permitieron realizar una reproyección de los puntos, recalculando el radio de error que pudo haberse generado a partir de los puntos. Luego, se reconstruyó la malla a partir de los puntos generados en la nube densa (Figs. 2.15E, F). Estos puntos constituyen los vértices de los polígonos que se reconstruyeron el objeto en la tercera dimensión. La cantidad de polígonos, fue directamente proporcional a la definición de la malla. En algunos casos fue conveniente recortar las áreas

generadas fuera del objeto en cuestión y que pudieran generar distorsiones en el modelo (Fig. 2.15G).

Una vez creada la malla, se generó la textura. En este paso, a través del *software*, se desplegaron las fotografías sobre la malla, proporcionando colores a los polígonos que fueron calculados en base a la información del color en el entorno de los puntos homólogos (Figs. 2.15H, I). Luego se crearon marcadores sobre el modelo (a través de una referencia conocida en la foto) permitiendo tener una referencia del tamaño del objeto. A partir de estos, fue posible escalar el modelo, tomar medidas y corregir errores mediante una reproyección y alinear mallas parciales.

Una vez escalado el modelo, se procedió a orientarlo en el espacio (x, y, z) y tanto el modelo como la textura quedan finalizados (Fig. 2.15J). Posteriormente, estos pueden ser exportados en distintos formatos, permitiendo tratarlos con los softwares ya mencionados anteriormente.

El modelo generado puede ser orientado en el espacio mediante el *software* Meshlab 1.3.3 (Fig. 2.16), que también permite escalarlo y tomar medidas sobre el mismo (Gudiño Maussán *et al.* 2018). Posteriormente, dicho modelo puede ser importado al *software* Paraview 5.4.0 y obtener un modelo de elevación (Fig. 2.17<sup>a</sup>). Una vez que ha sido generado, es posible crear otro modelo que contenga curvas de isoprofundidad, permitiendo observar la relación huella-substrato (Fig. 2.17B). Este software ha sido ampliamente utilizado en varios trabajos de icnología para este tipo de representaciones (por ejemplo, Torcida Fernandez-Baldor *et al.* 2015, Razollini *et al.* 2016).

### Clasificación icnotaxonómica

Las huellas fósiles y trazas de invertebrados registradas fueron clasificadas taxonómicamente, exclusivamente utilizando rasgos morfológicos de las trazas fósiles y siguiendo procedimientos aceptados por la comunidad icnológica (por ejemplo, Sarjeant 1989, Sarjeant y Langston 1994, Bertling *et al.* 2006). Las huellas de tetrápodos fueron descritas sobre la base de los rasgos morfológicos de las huellas y de la disposición en rastrilladas bípedas o cuadrúpedas

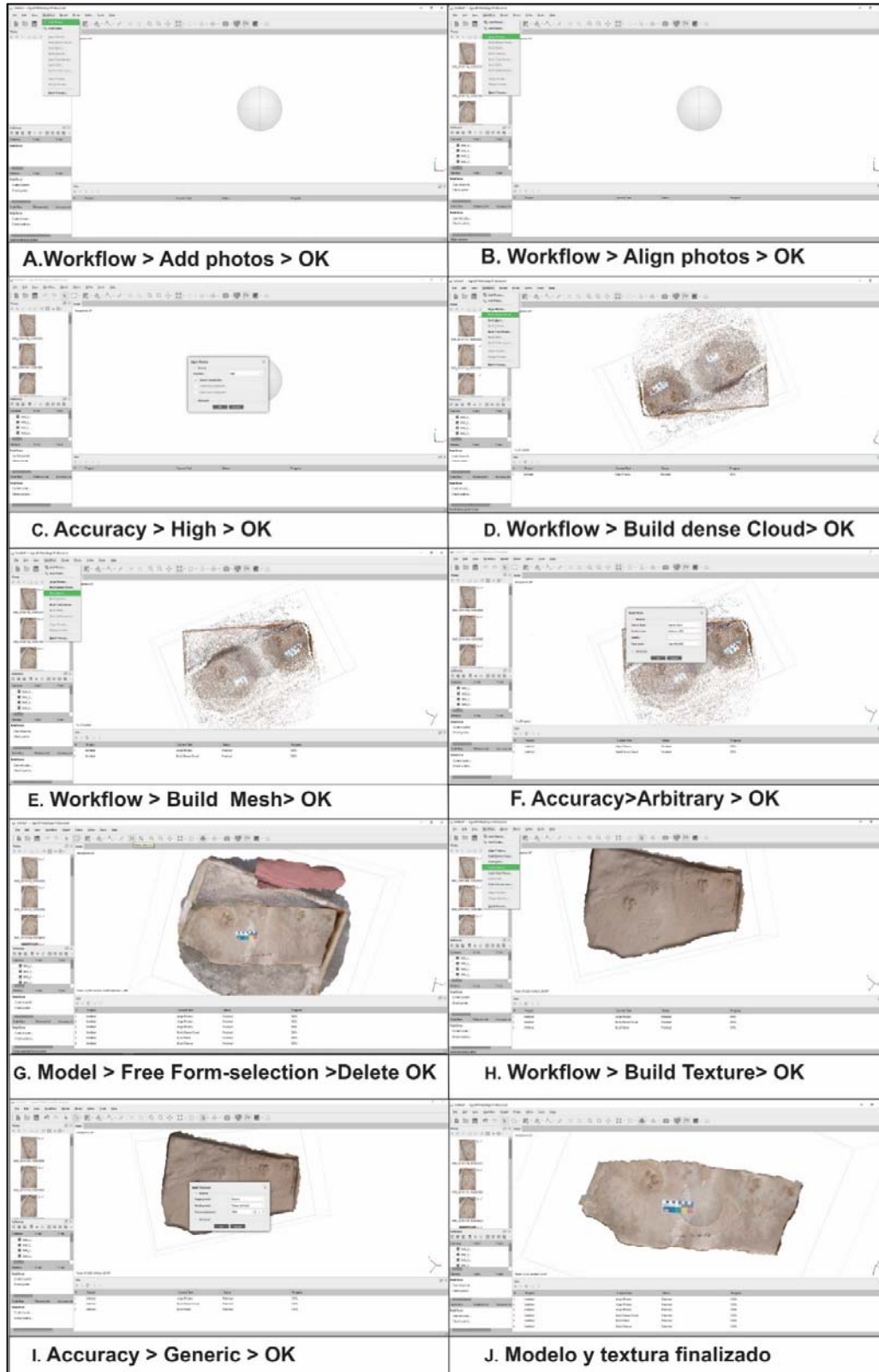


Figura 2.15. Procedimiento utilizado en Metashape para la construcción del modelo tridimensional. A. Carga de fotos. B. Alineamiento de fotos. C. Ajuste de resolución. D. Construcción de la nube densa de puntos. E. Construcción de la malla. F. Selección del tipo de proyección. G. Limpieza del modelo. H. Construcción de la textura. I. Selección del tipo de proyección. J. Modelo finalizado.

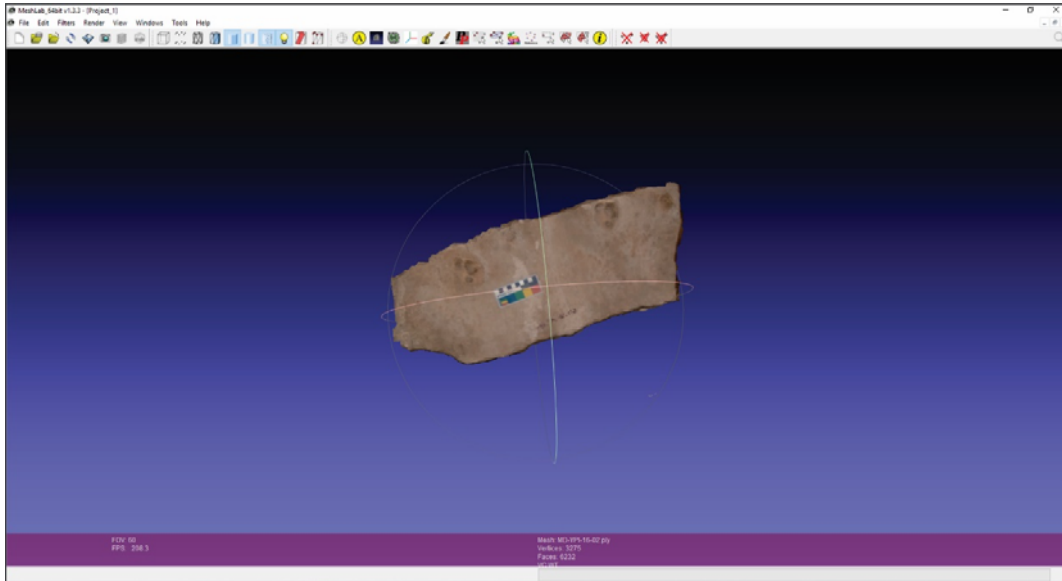


Figura 2.16. Modelo tridimensional exportado y centrado en el *software* Meshlab 1.3.3.

. La calidad de preservación de las huellas fósiles se valoró utilizando la escala propuesta por Marchetti *et al.* (2019), especialmente al momento de considerar si el material permite distinguir nuevos icnotaxones o debe mantenerse en nomenclatura abierta. Los materiales clasificados se componen por:

- 1-Huellas *in situ* (HC)
- 2-Moldes de caucho siliconado y moldes de yeso (MD y MPA)
- 3-Modelos tridimensionales de los anteriores (MT)

Tanto las huellas halladas en el campo, el material original colectado, los moldes de caucho siliconado y los modelos tridimensionales generados a partir de éstos, serán asignados a icnotaxones ya existentes o, en caso de ser conveniente, serán propuestos nuevos icnotaxa que los contengan.

#### *Análisis comportamental, biomecánico y estimación de masa corporal*

Para conocer y entender el comportamiento de los productores de las huellas, se consideraron algunos aspectos de las huellas y rastrilladas (Casamiquela 1987). Uno de ellos, fue la orientación de las rastrilladas, que permitieron inferir direcciones de desplazamiento preferenciales y/o potencial comportamiento grupal. Otro factor de comportamiento estudiado, fue la velocidad de desplazamiento de los productores de las huellas.



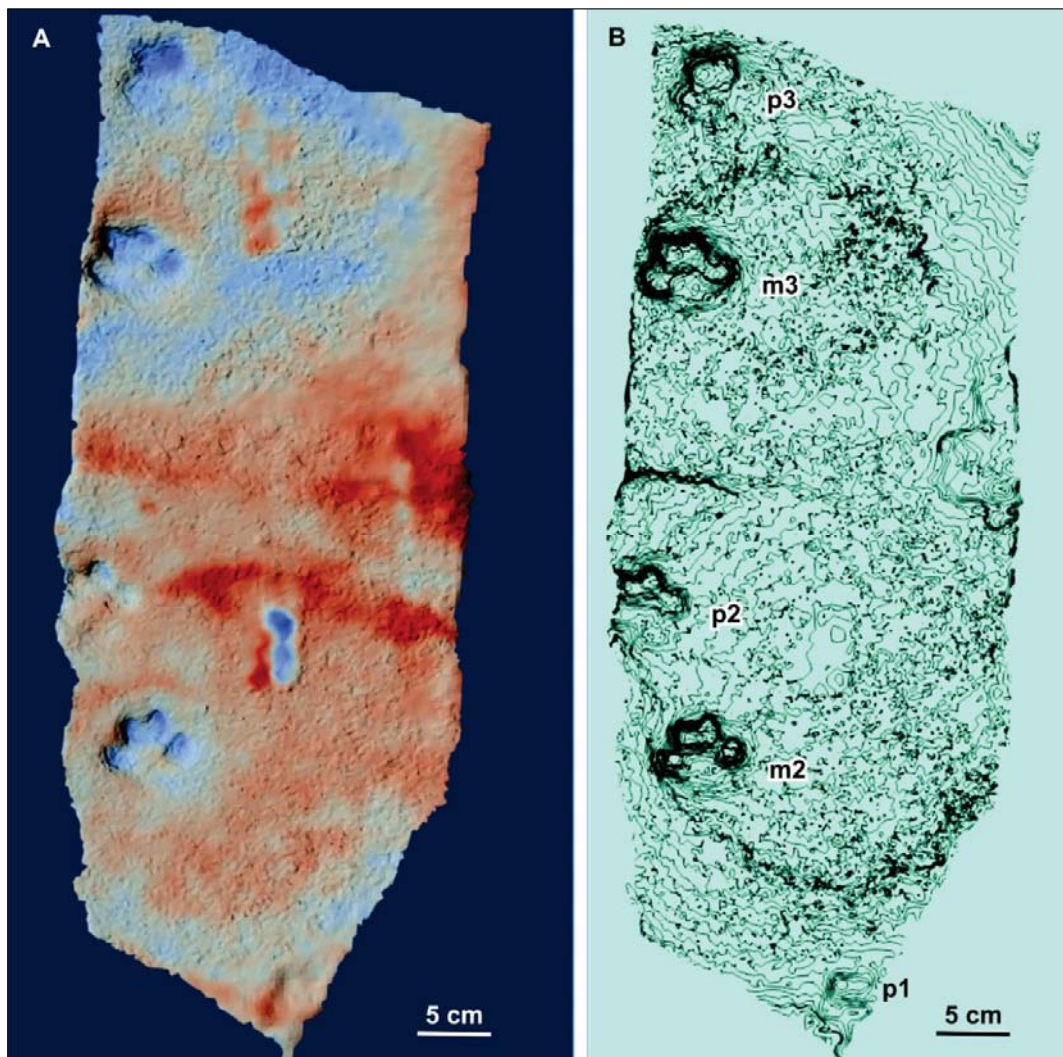


Figura 2.17. Modelo tridimensional importado al *software* Paraview 5.4.0. A. Modelo de elevación. B. Modelo de curvas de isopropundidad (tomado de Melchor *et al.* 2018).

Para obtener este parámetro, se empleó la fórmula de Alexander (1976) ( $V = 0,25 \times g \times 0,6 \times \lambda^{1.67} \times h^{-1.17}$ ), donde  $V$  es velocidad de desplazamiento,  $g$  la aceleración de la gravedad,  $\lambda$  la longitud de zancada (LZ según la sigla usada en este trabajo) y  $h$  la altura desde el suelo hasta la articulación de la cadera considerando las medidas de los ejemplares actuales. Esta fórmula permitió estimar la velocidad del individuo a partir de algunos parámetros medibles o estimados, como la longitud de la zancada ( $\lambda$ ) y la longitud de la extremidad desde el suelo hasta la articulación de la cadera ( $h$ ) (Demathieu 1984, Anton *et al.* 2004).

Para estimar la masa corporal de los productores de las huellas atribuidas a mamíferos, se consideró aplicar la fórmula de Michilsens *et al.* (2009):  $M =$

$(A/2.0797)^{3/2}$  (tomada de Vera *et al.* 2019) para estimar la masa de huellas, donde M= masa corporal y A= área de contacto del pie/mano. En cuanto a la estimación de la masa corporal para huellas atribuidas a aves, se utilizó la fórmula propuesta por Tanaka 2015,  $\log W = 1,25 \log A - 0,91$ . Donde W es la masa corporal, y A es el área de la huella.

Para determinar la marcha de algunos productores, como es el caso de los grandes perezosos, se analizaron con más detenimiento ciertos parámetros icnológicos, entre ellos: paso, doble paso o zancada, ángulo de paso, profundidad de las huellas y la disposición de las huellas en las distintas rastrilladas (Feola *et al.* 2018). Para estas determinaciones fue necesario contar con comparaciones de animales actuales de tamaño semejante, examinando en caso de ser posible, los parámetros icnológicos de los mismos (Demathieu 1986, Muybridge 1957) y teniendo en cuenta las medidas de sus extremidades (McDonald 2007). El estudio de la distribución y diversidad tanto de huellas como de rastrilladas, permitieron conocer la interacción entre los organismos, su modo de vida y las condiciones paleoecológicas bajo las cuales se desarrollaron (Scrivner y Bottjer 1986).

#### Determinación de los posibles productores

Luego de analizar y describir la información icnológica, se intentó inferir los posibles productores de las huellas fósiles utilizando dos fuentes de información: el registro fósil y las observaciones neoicnológicas (para grupos que tienen representantes vivientes). Los posibles productores se seleccionaron a partir del registro fósil del Pleistoceno de la región Pampeana (por ejemplo, Tambussi 1995, Fariña *et al.* 1998, Tambusi y Acosta Hospitalache 2002, Soibelzon 2004, Czerwonogora 2010, Montalvo *et al.* 2013, Cuadrelli *et al.* 2019). De acuerdo a los trabajos previos, los principales productores pertenecen a los grupos de grandes perezosos, proboscidos, úrsidos, équidos, litopternos, camélidos, cérvidos, roedores y aves. Uno de los inconvenientes encontrados fue que de muchos taxones fósiles no se conoce en detalle el esqueleto apendicular. Una vez identificados los posibles productores, se realizaron visitas al Museo de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia (MACN) y al Museo de Ciencias Naturales de La Plata (MLP) para tomar medidas de los restos poscraneales que

podieran resultar útiles para determinar al productor de las huellas. También se examinó el material fósil depositado en la Colección Paleontológica de la Universidad Nacional del Sur (UNS). Estas medidas consistieron en la longitud y el ancho de los miembros anteriores, compuestos por: húmero, radio/ulna, carpo, metacarpo, falanges y de los miembros posteriores, compuestos por: fémur, tibia/peroné, tarso, metatarso y falanges. Además, se tomaron medidas adicionales sobre reconstrucciones del esqueleto que incluyen: la distancia glenoacetabular (longitud entre la cadera y la escápula) (Figura 2.18), altura a la cintura (h) y largo de las garras, estas últimas en caso de estar presentes. Los ejemplares actuales y fósiles revisados y medidos se incluyen en la Tabla 2.2.

La observación neocnológica de la fauna actual permitió realizar comparaciones e interpretaciones con las huellas del yacimiento. Los sitios visitados fueron: Gran Salitral (suroeste de la provincia de La Pampa), Talampaya (sur de la provincia de La Rioja) y el Salitral de la Vidriera (sur de la provincia de Buenos Aires). El trabajo consistió fundamentalmente en observar y registrar rasgos morfológicos (Leonardi 1987) de huellas pertenecientes a aves y mamíferos conocidos, similares a los medidos en las huellas fósiles. Conjuntamente, se consideró el tipo y la consistencia del substrato en el que fueron registrados. Las huellas observadas pertenecen a las siguientes especies: *Lama guanicoe* (Mammalia: Artiodactyla: Tylopoda: Camelidae), *Puma concolor* (Mammalia: Carnivora: Felidae), *Rhea* sp. (Aves: Palaeognatha: Rheidae) y *Phoenicopterus* sp. (Aves: Phoenicopteriformes: Phoenicopteridae).

### Asociaciones de trazas fósiles

Considerando los niveles portadores se identificaron los icnotaxones que ocurren de manera conjunta y sus eventuales relaciones de corte (las que indican una sucesión temporal), en los casos en que fue posible. Estas asociaciones de trazas fósiles fueron comparadas con asociaciones de similar edad de otras partes del mundo y su potencial asignación a icnofacies definidas.

### **2.2.3 Trabajo de Laboratorio**

El trabajo de laboratorio consistió principalmente en el estudio detallado de las

muestras litológicas colectadas en el campo. Para ello se realizó: el análisis petrográfico usando secciones delgadas, análisis por difracción de rayos X, análisis de la granulometría y descripción de *cutting* obtenido de dos pozos realizados para búsqueda de agua (Fig. 2.1).

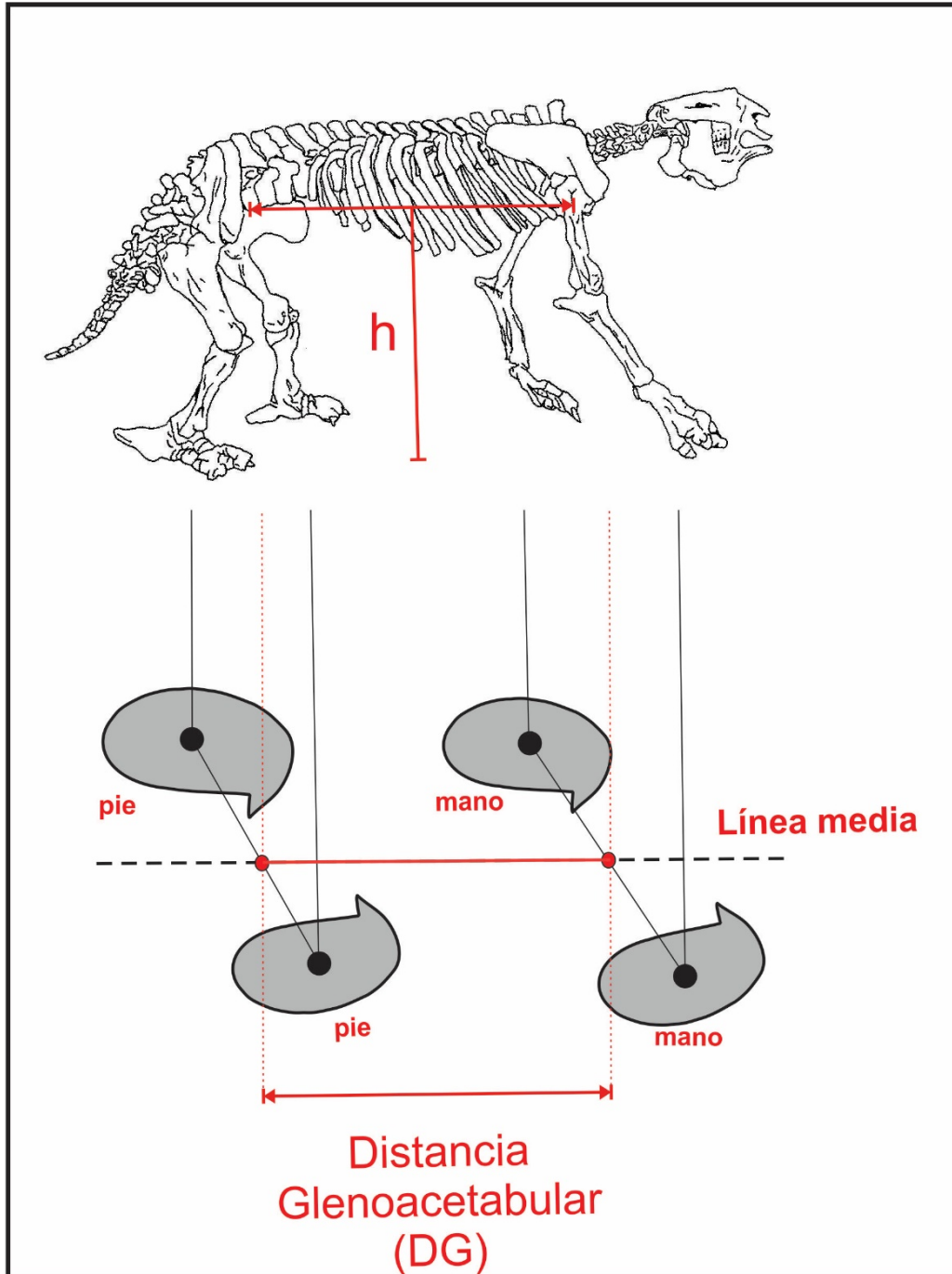


Figura 2.18. Parámetros que fueron considerados para el cálculo de la velocidad a partir de la fórmula de Alexander (1976). Longitud glenoacetabular a-b a partir de la proyección de la escápula y de acuerdo a Leonardi 1987 (modificado de Casinos 1996).

Taxones supraespecíficos	Especie	Número de colección
Mammalia: Xenarthra: Pilosa: Megatheriidae	<i>Megatherium americanum</i>	MACN 1000, MLP 27 VII-1-1, MLP IX
Mammalia: Xenarthra: Pilosa: Mylodontidae	<i>Scelidotherium</i> sp.	MLP 3-401, PV 001 (UNS)
	<i>Scelidotherium leptcephalum</i>	MACN 5001
	<i>Lestodon</i> sp.	MACN 13010, MLP s/n, MLP s/n
	<i>Lestodon armatus</i>	MLP 3-3
	<i>Glossotherium robustum</i>	MLP 3-138, MLP 3-139?
	<i>Scelidodon tarijensis</i>	MACN 205
	<i>Scelidodon</i> sp.	MLP 2.28
	<i>Eumylodon</i> sp.	MACN-PV-999
Mammalia: Xenarthra: Cingulata: Glyptodontidae	<i>Glyptodon</i> sp.	MACN 10153, MLP 16-44
	<i>Glyptodon reticulatus</i>	MACN-PV 200
	<i>Doedicurus clavicaudatus</i>	MLP 16-24
	<i>Panocthus</i> sp.	MACN s/n, MLP 16-37, MLP s/n
Mammalia: Litopterna: Macraucheniidae	<i>Macrauchenia patachonica</i>	MACN s/n, MLP 12-1424
Mammalia: Artiodactyla: Ruminantia: Camelidae	<i>Paleolama</i> sp.	MLP nº 990, MLP s/n
Mammalia: Artiodactyla: Tylopoda: Camelidae:	<i>Lama</i> sp.	MLP s/n
	<i>Lama guanicoe</i>	MLP 1242
	<i>Vicugna</i> sp.	MLP 1067
Mammalia: Artiodactyla: Ruminantia: Cervidae	<i>Blastocerus</i> sp.	MLP 1149, MLP s/n, MACN 10.23

Tabla 2.2. Listado de especímenes fósiles y vivientes cuyo esqueleto apendicular fue medido. MACN: 10 ejemplares, MLP: 21 ejemplares y PV (UNS): un ejemplar

### Análisis petrográfico

En cuanto a la descripción de las muestras sedimentarias, se aplicaron diferentes métodos de acuerdo a los objetivos planteados al principio. Con el propósito de conocer la composición mineralógica y fábrica de las rocas se realizaron 4 secciones delgadas, provenientes del perfil F (Sector Flamencos), que fueron estudiadas mediante un microscopio petrográfico de polarización Nikon Eclipse E400POL. Para el estudio de la fábrica sedimentaria se tuvieron en cuenta los trabajos de Limarino *et al.* (2015, 2017).

### Difractometría de rayos X

A partir del análisis de difracción de rayos X de muestras seleccionadas del perfil F, pudiéndose determinar la presencia y tipo de arcillas. La preparación de

la muestra en general, consistió en la separación de la fracción arcilla mediante los siguientes pasos (Moore y Reynolds 1997):

- 1- Desagregado manual de la muestra
- 2- Tamizado para separar las partículas de tamaño menor a  $< 0,062$  (Fig. 2.19B).
- 3- Eliminación de la materia orgánica: Se colocó la muestra en un vaso de precipitado (Fig. 2.19<sup>a</sup>) y se le agregó agua oxigenada (130 volúmenes) hasta que dejó de hacer efervescencia (24 horas aproximadamente). Se dejó secar en la estufa a  $40^{\circ}\text{C}$  (48 horas aproximadamente).
- 4- Eliminación de carbonatos: Una vez eliminada la materia orgánica se procedió a quitar los carbonatos, agregando ácido acético (0,3M). Se dejó actuar aproximadamente por 24 horas y luego se dejó secar en la estufa a  $40^{\circ}\text{C}$  (24-48 horas aproximadamente).
- 5- Dispersión de las partículas en agua destilada: Una vez secada la muestra, se la colocó en un vaso de precipitado y se le agregó 500 ml de agua destilada, se agitó y se dejó decantar durante 3 horas aproximadamente.
- 6- Pipeteado: Una vez decantada la muestra se extrajo, mediante una pipeta, el líquido sobrenadante que contiene partículas menores a 0,004 mm (arcilla) para luego verterlo sobre un portaobjeto. Se la dejó secar a temperatura ambiente durante 24 horas aproximadamente.
- 7- Análisis de rayos X: Finalmente se procedió a analizar las 6 muestras mediante un difractómetro Rigaku D-Max III-C con Radiación de  $\text{Cu } \alpha\alpha$  y macromódulo de grafito, en condiciones de 35 Kv y 15 mA (Departamento de Geología, UNS) para la obtención del difractograma.



Figura 2.19. Preparación de muestras para análisis por difracción de rayos X. A. Balanza digital, probeta y vasos de precipitado. B. Tamiz empleado para separar la fracción  $< 0,062$  mm.

### Análisis granulométricos

Para la determinación más precisa de la granulometría y la selección de los sedimentos del yacimiento paleoicnológico se realizó el análisis granulométrico de 5 muestras seleccionadas de sedimento por el método de difracción láser, utilizando un analizador de partículas Horiba LA-950. Dichos análisis fueron realizados en el Laboratorio de Geoquímica del CICTERRA (CONICET-UNCórdoba). Las muestras fueron sometidas a tratamiento químico para separar las partículas que pudieran estar unidas química o físicamente. Los carbonatos fueron removidos con ácido hidrociorídrico (HCl) 1N y luego las muestras fueron lavadas con agua MilliQ®. La materia orgánica fue oxidada utilizando peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) al 30% (U.S. Geological Survey, 2001), luego las muestras fueron lavadas nuevamente con agua MilliQ®. Cada muestra fue dispersada a través de ultrasonido incorporado en el analizador de partículas. La precisión (reproducibilidad) del difractómetro laser fue probada utilizando mezclas de vidrios (estándar de partícula trazable polidispersada PS202/3-30 µm y PS215/10–100 µm, Whitehouse ScientificW). Para ambas corridas (PS202, n = 6 y PS215, n = 5), la mediana (D<sub>50</sub>) se encontró dentro del valor nominal del 3% certificado, y los percentiles D<sub>10</sub> y D<sub>90</sub> estaban dentro del 5% del estándar. La clasificación de cada muestra se realizó aplicando la escala granulométrica propuesta por Blott y Pye (2001) y utilizando el software GRADISTATv8 elaborado por dichos autores.

### Descripción de cutting de perforaciones

Se accedió a las muestras de *cutting* (Fig. 2.20A) de dos perforaciones realizadas en diferentes sectores de Pehuen Co (Fig 2.1), efectuados para el municipio de Coronel Rosales con el objeto de la búsqueda de agua y que están depositadas en el MD. Las mismas fueron identificadas como perforaciones de explotación 1 (38° 59'25,5" S, 61° 33'20,1" O) y 3 (38° 59'28,5" S, 61° 34' 07" O), con cotas de boca de pozo de 22 msnm y 17,5 msnm; y profundidad total de 37,7 m y 40 m, respectivamente.

Estas perforaciones son importantes porque, dada su profundidad, atravesarían parcial o totalmente los niveles portadores de huellas fósiles y permitirían reconstruir la sucesión litológica grosera del Pleistoceno tardío-Holoceno. Para

su estudio se realizó la descripción del material mediante una lupa binocular Olympus 10x, utilizando la metodología propuesta por Jorden y Campbell (1984) (Fig. 2.20B). Los aspectos más importantes que se tuvieron en cuenta fueron: granulometría (estimación visual usando la escala de Udden-Wenworth), composición mineralógica, selección, esfericidad, redondez (Powers 1953), color (Rock Color Chart), presencia y tipo de cemento (mediante ácido clorhídrico diluido).

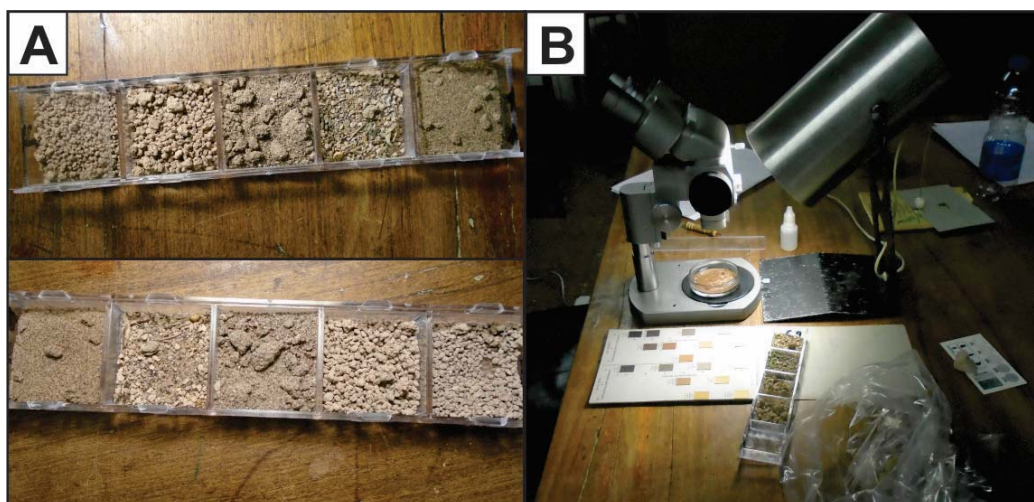


Figura 2.20. Estudio de las muestras de dos perforaciones. A. Muestras de cutting. B. Análisis mediante lupa binocular.

#### 2.2.3.5. Dataciones de muestras

Para refinar la escasa cronología existente en el YPPC, se colectaron cuatro muestras en el área 2 para ser datadas mediante el método OSL (*Optically Stimulated Luminescence*, datación por luminiscencia ópticamente estimulada) y una muestra para análisis por ESR (*Electron Spin Resonance*, datación por resonancia paramagnética electrónica). Para el análisis por OSL, los materiales fueron enviados al Laboratório de Datação e Dsimetria LDD, Universidade Federal de São Paulo, Brasil; donde fueron tratados por la Dra. Sonia H. Tatumi. Las muestras para el análisis de ESR fueron enviadas a la Universidade de São Paulo donde fueron tratadas por el Dr. Oswaldo Baffa y la Dra. Angela Kinoshita.

#### ***Fundamentos de los métodos de datación***



La datación por el método OSL consiste en medir la radiación que ha sido acumulada en los materiales, antes que estos se depositen. Los elementos radiactivos emiten radiaciones alfa, beta y gamma que pueden producir defectos atómicos o electrónicos en los sólidos. Por lo tanto, la radiación emitida, provoca defectos o vacantes intersticiales que alteran la disposición regular de los átomos en el retículo cristalino (Ikeya, 1993). Dichas imperfecciones, generan niveles de energía alternativos que pueden atraer o atrapar electrones por un largo periodo de tiempo (llegando a millones de años). Por lo tanto, es posible fechar materiales observando y midiendo los defectos acumulados y que son causados por la radiación sobre los sólidos a través del tiempo (Hazenfratz-Marks, 2014). En cuanto al método de datación por ESR, éste es utilizado para estudiar especies paramagnéticas. Dado que en estas especies los electrones no apareados pueden ser creados por radiaciones ionizantes, dicho método permite realizar una datación por “carga atrapada” y que se basa en la evaluación de la exposición de algunos materiales a la radiactividad natural. Dicha exposición se cuantifica en términos de dosis de radiación absorbida, es decir, la edad se obtiene a partir de dos variables principales: la dosis total absorbida por la muestra a lo largo del tiempo y el valor medio de la dosis absorbida por la muestra cada año (tasa de dosis). Grün (1989, 2007) e Ikeya (1993) dan más detalles acerca de cómo se realiza esta cuantificación. Muchos materiales se han utilizado para dataciones mediante ESR, pero comúnmente se ha realizado en dientes fósiles y cuarzo (Duval, 2018).

### ***Recolección de las muestras***

El muestreo se realizó en el Sector Puesto Ostrero y en el Sector Flamencos, sobre distintos niveles que presentan continuidad lateral, ubicándose inmediatamente por debajo y por encima de una capa portadora de huellas fósiles (Fig. 2.21). Las muestras fueron extraídas de las distintas secciones mediante la inserción con un mazo de tubos cilíndricos de aluminio de 3,7 cm diámetro y 20 cm de largo. Una vez que fueron colectadas, se colocaron tapones de goma en los extremos para mantener la muestra aislada de la radiación solar y evitar la pérdida de humedad.

## CAPÍTULO 3

### SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

#### INTRODUCCIÓN

En este capítulo se hará una descripción de los distintos perfiles sedimentológicos confeccionados en las diferentes áreas que abarca el YPPC, considerando las facies sedimentarias. La descripción fue realizada en tres zonas que han sido diferenciadas de acuerdo a la posición relativa respecto al nivel del mar: 1) zona intermareal baja, 2) zona intermareal media y 3) zona intermareal alta. Para la descripción de las facies se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos: litología, estructura sedimentaria y tamaño de grano; utilizando observaciones de campo, petrográficas y análisis por difracción de rayos X. También se analizó el *cutting* de dos perforaciones para provisión de agua, en el que se intentó identificar el intervalo correspondiente al yacimiento. A partir de las descripciones sedimentológicas, se propone una interpretación de las facies y una interpretación paleoambiental general del yacimiento.

Los aspectos estratigráficos del intervalo analizado se basan en el reconocimiento de relaciones estratigráficas en el campo y el análisis de las dataciones obtenidas de las muestras colectadas en el Sector Puesto Ostrero y en el Sector Flamencos (Fig. 2.21). Esta información permite proponer algunas modificaciones a la columna estratigráfica del sitio.

#### **3.1. Distribución de las secciones sedimentológicas**

Como se ha mencionado en el Capítulo 2, se han medido un total de 22 secciones sedimentológicas (Tabla 2.1, Apéndice 3.1). Las secciones medidas en los afloramientos de las distintas áreas (Fig. 3.1A, B) estuvieron condicionadas por la presencia de la arena de playa que suele cubrirlos. En el área 2 se confeccionó un total de 19 secciones sedimentológicas, 3 correspondientes al Sector Puesto Ostrero, 11 al Sector Flamencos (Fig. 2.8), 3 del Sector Tres Palos (Fig. 2.9) y 2 al Sector Distal (Fig. 2.10). En tanto en el área 3 se relevaron 3 perfiles en el Sector Huellas Humanas (Fig. 2.13A, B). La descripción de las secciones sedimentológicas considera 4 facies sedimentarias principales (Fig. 3.2), las que son descriptas a continuación.

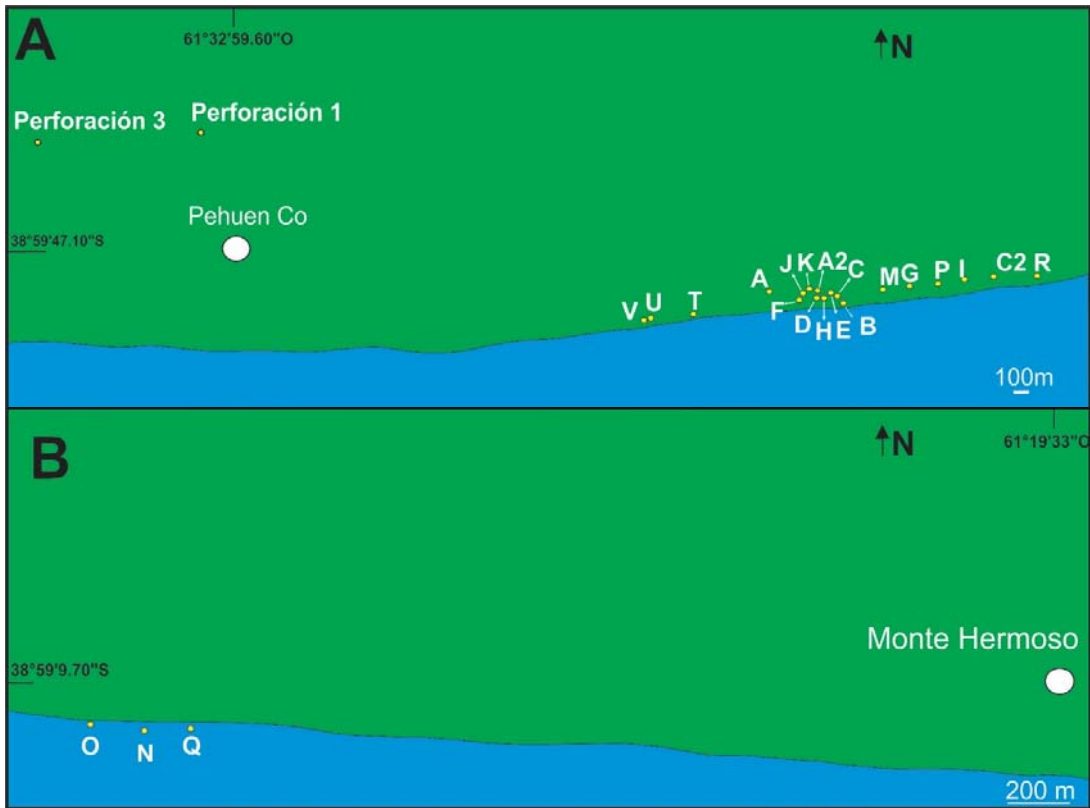


Figura 3.1. A Ubicación de las perforaciones y perfiles sedimentológicos confeccionados en el área 2. B. Ubicación de las secciones sedimentológicas medidas en el área 3.

### 3. 2. Facies sedimentarias

Para la definición de las facies sedimentarias, se utilizó un criterio amplio, en el sentido que incluyen capas o intervalos que pueden presentar más de un tipo litológico y estructura sedimentaria. En este sentido, las facies sedimentarias aquí definidas se aproximan a asociaciones de facies (Walker, 1992).

#### Facies 1 (Fig. 3.2A)

##### *Descripción*

Arena fina limosa de color gris verdoso (5G 6/1), mayormente maciza y pobremente seleccionada. Presenta laminación paralela, laminación y estratificación cruzada en algunos sectores. Muestra intercalaciones de material limo arcilloso de color pardo a pardo rojizo con presencia de clastos de tamaño arena gruesa.

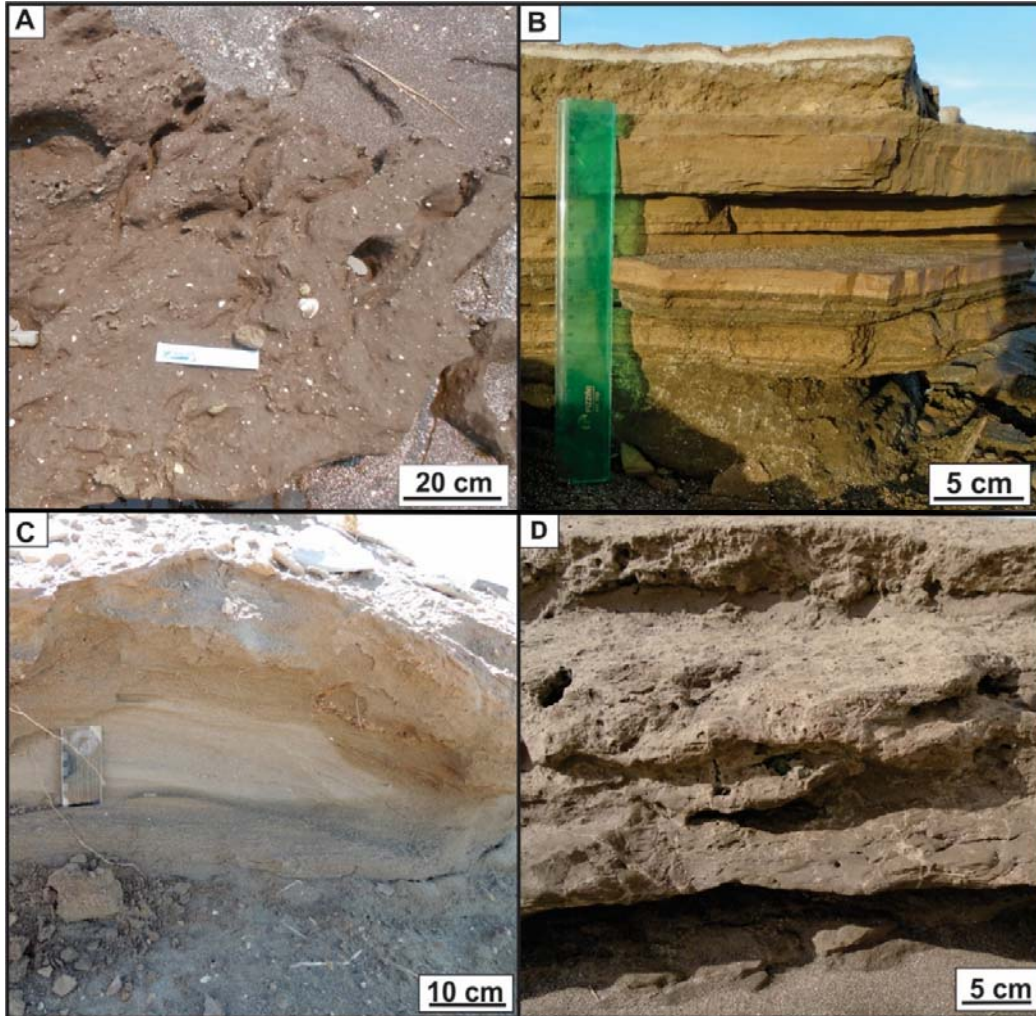


Figura 3.2. Vista de campo representativas de las facies sedimentológicas identificadas. A. Facies 1. B. Facies 2. C. Facies 3. D. Facies 4.

La composición de los clastos es principalmente cuarzo subredondeado a subanguloso, cuarcitas, fragmentos de estructuras biogénicas (restos de *Ophiomorpha* re TRABAJADA) y de conchillas fósiles. Suele observarse la presencia de ondulitas en la base. Ocasionalmente presenta rizolitos y concreciones carbonáticas. El espesor medido se ubica en el rango de 20 a 60 cm. Comúnmente presenta huellas fósiles, aunque con un grado de preservación moderado a bajo. El análisis granulométrico de las muestras de esta facies (Apéndice 3.2) indica que la distribución de tamaños de grano es polimodal (Fig. 3.3A). Las muestras analizadas fueron las B2 y R2, correspondiendo a los perfiles B (Apéndice 3.1, Fig. 5) y R (Apéndice 3.1, Fig. 6).

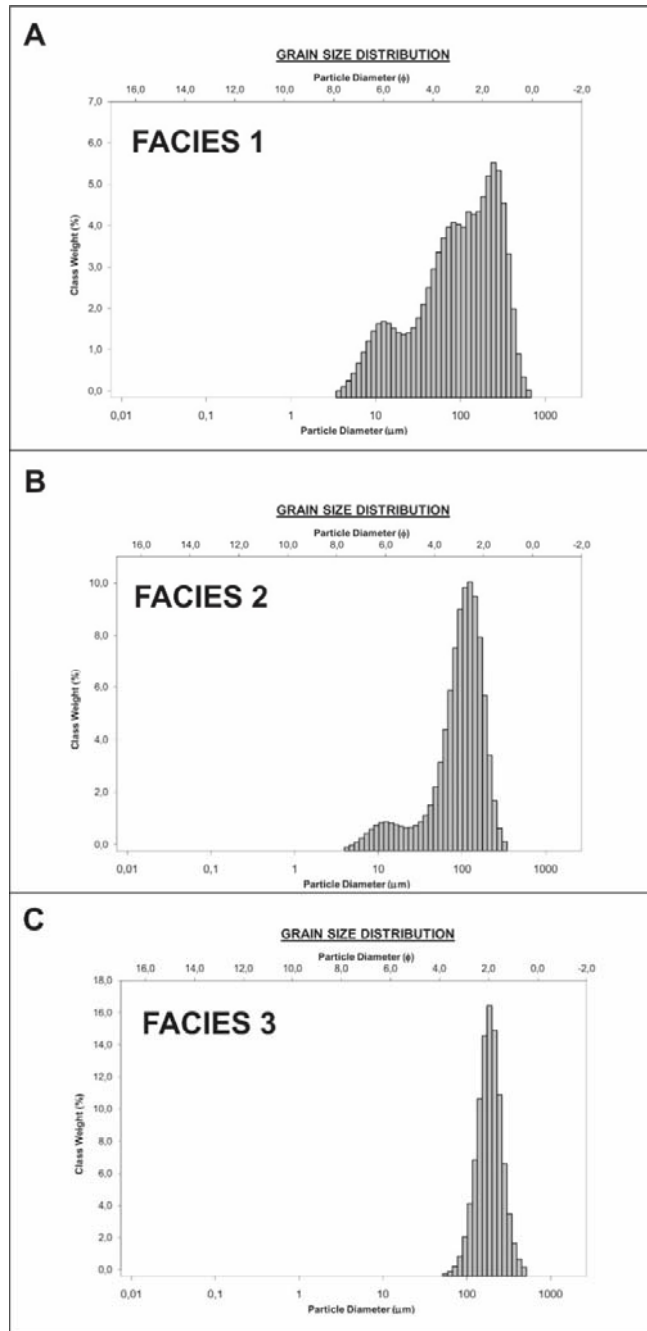


Figura 3.3. Histogramas de distribución del tamaño de grano representativos de las distintas facies observadas. A. Muestra R2 de la facies 1. B. Muestra F6 de la facies 2. C. Muestra H5 de la facies 3 (ver Apéndice 3.2).

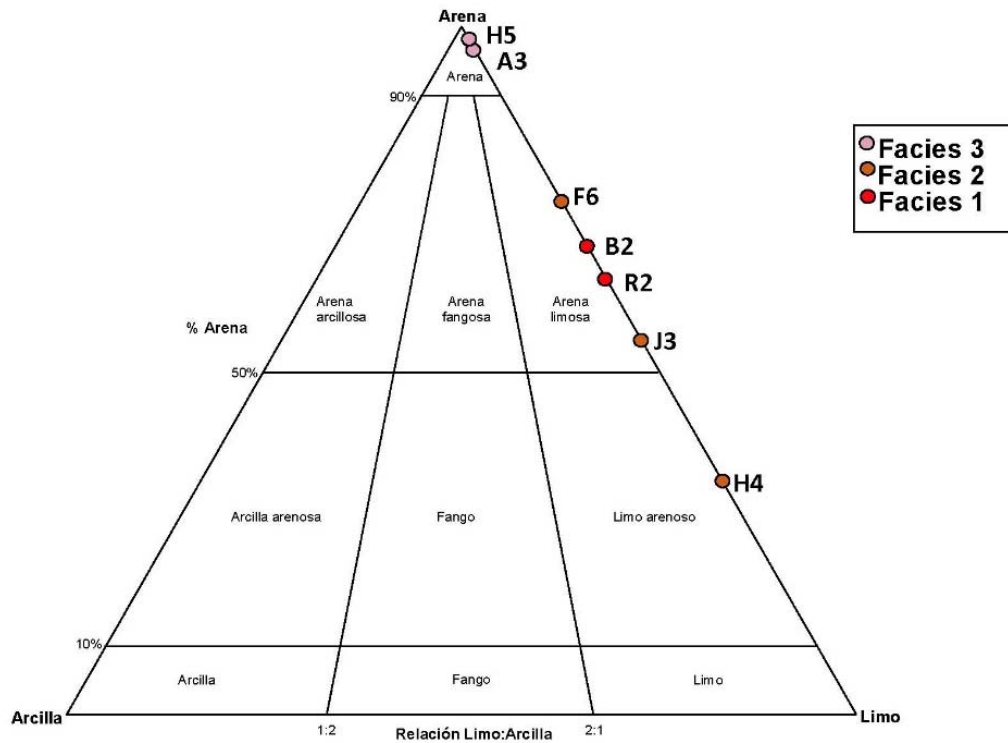


Figura 3.4. Clasificación de las muestras de sedimento analizadas según el triángulo composicional de Blott y Pye (2001).

### *Interpretación*

El medio en el cual se depositó esta facies correspondería a un ambiente subáctico con transporte por corrientes de intensidad variable en condiciones de bajo régimen de flujo y erosión diferencial de sustratos pre-existentes. Las corrientes habrían tenido escasa profundidad como lo sugiere el espesor de algunos sets de estratificación cruzada. Algunos niveles portadores de clastos areno-gravosos se habrían generado a partir de flujos gravitatorios densos, los que luego resultaron diluidos por incremento de la proporción de agua, como lo sugieren los intervalos laminados.

### Facies 2 (Fig. 3.2B)

#### *Descripción*

Arena muy fina limosa de color pardo rojizo moderado (10R 4/6) con laminación paralela e intercalaciones de material arcilloso en forma de cubiertas o láminas

pelíticas. Comúnmente contienen huellas de tetrápodos, siendo la “facies portadora” principal de las huellas del yacimiento. Ocasionalmente puede presentar grietas de desecación y el rango de espesor se ubica entre 20 y 80 cm. Esta facies está presente en la mayoría de los perfiles a excepción de los perfiles V, U, T y R. Los análisis granulométricos (muestra F6 y H4) sugieren que se trata de una arena fina, unimodal y pobremente seleccionada (Figura 3.3B, Fig. 3.4). Microscópicamente, esta facies presenta cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas, biotita, minerales opacos y presencia de sílice amorfa compuesta por trizas de vidrio (Fig. 3.5A-D). Los clastos exhiben un empaquetamiento abierto con moderada selección y un arreglo textural de tipo matriz sostén (Fig. 3.5A-B). A su vez, pueden presentar microestructuras laminadas y/o gradadas (Fig. 3.6A-D) y en algunos casos se observan lentes arenosas. Los análisis de difracción de rayos X efectuados para estas facies muestran la presencia de arcillas del tipo nontronita perteneciente al grupo de las esmectitas (Apéndice 3.3, Figuras 1 y 2).

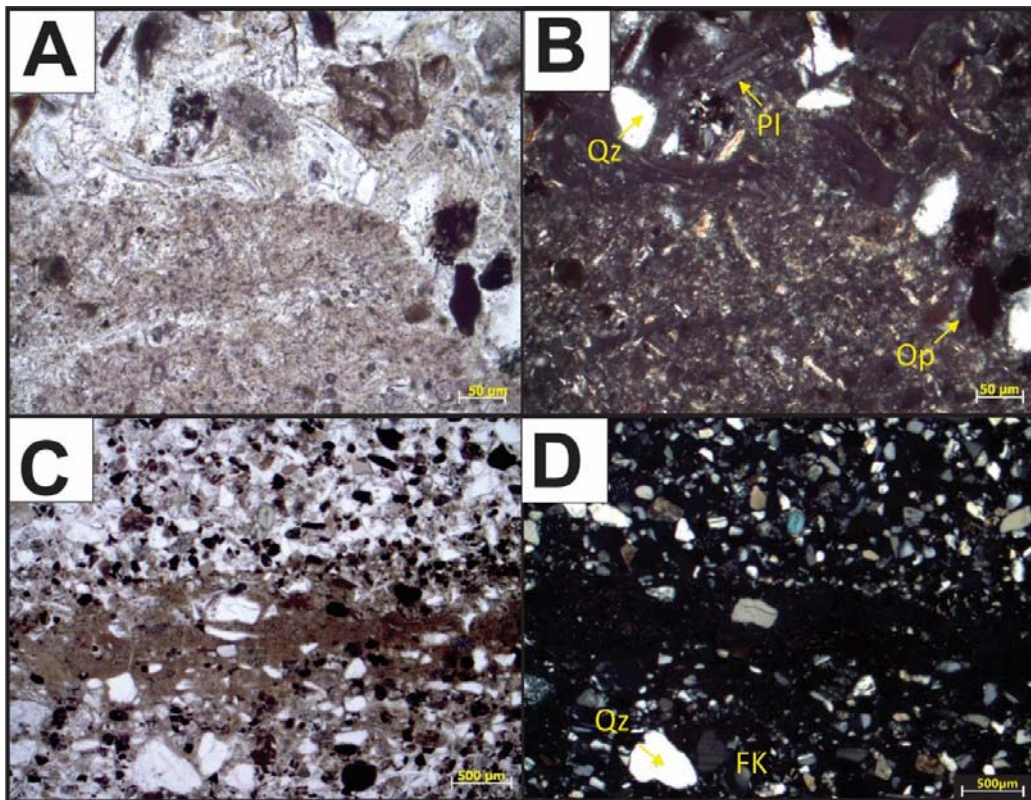


Figura 3.5. Secciones delgadas efectuadas en muestras correspondientes a la facies 2. Qz (cuarzo), FK (feldespato potásico), Pl (plagioclasa), Op (opacos). A-B. Componentes minerales y trizas vítreas, muestra F1 con nicols paralelos y cruzados. C-D. Lámina de material arcilloso a modo de cubierta pelítica entre láminas arenosas. Muestra F2 con nicols paralelos y cruzados.

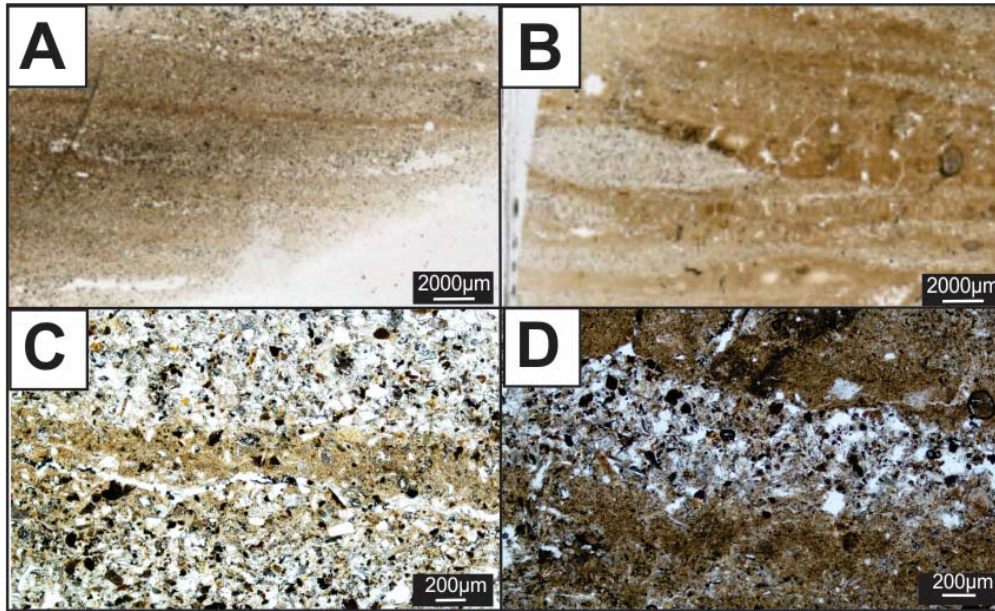


Figura 3.6. Microestructuras en facies 2. A. Vista general de la sección, donde se observa presencia de láminas de distinto espesor y microestructura entrecruzada (margen superior izquierdo). B. Vista general de la sección, donde se observan láminas y lente arenoso. C. Sección delgada con nicols paralelos mostrando laminación de material arcilloso. D. Sección delgada con nicols paralelos, mostrando láminas de tamaño de grano contrastante.

### *Interpretación*

Esta facies se habría generado en un cuerpo de agua somero al que habrían ingresado pulsos de sedimentos relacionados a corrientes tractivas, con posterior decantación del material pelítico en suspensión. La presencia de lentes arenosas indicaría el retrabajo de la fracción arenosa producto de la acción eólica. Los sedimentos podrían haber resultado eventualmente expuestos, con la consecuente generación de grietas de desecación. Los sustratos sedimentarios habrían permanecido con una moderada saturación en agua, facilitando la formación y preservación de las huellas de tetrápodos.

### Facies 3 (Fig. 3.2C)

#### *Descripción*

Arena fina bien seleccionada y maciza de color pardo amarillento pálido (10 YR 6/2), generalmente friable, ocasionalmente puede presentar laminación entrecruzada de bajo ángulo en la base. El espesor generalmente varía entre 20



y 70 cm. En general, en esta facies presenta huellas fósiles escasas. Los análisis granulométricos (muestras H5 y A3, Apéndice 3.2, Figs. 2 y 4) indica una distribución unimodal y buena selección (Fig. 3.3 C, Fig. 3.4). Esta facies se registra intercalada con la facies 2 en los perfiles A2 (Apéndice 3.1, Fig. 9), H (Apéndice 3.1, Fig. 3.10), D (Apéndice 1, Fig. 11) y en el tramo medio del perfil I (Apéndice 3.1, Fig. 17).

#### *Interpretación*

Esta facies habría sido generada en un ambiente eólico de acuerdo al tamaño de grano predominante, que corresponde a arena fina, y la buena selección que presentan las muestras analizadas (Ahlbrandt 1979). La presencia de intervalos con laminación horizontal o de bajo ángulo sugiere que el transporte se produjo por formas de fondo de bajo relieve, incluyendo óndulas eólicas y, eventualmente, dunas de escasa altura.

#### Facies 4 (Fig. 3.2D)

#### *Descripción*

Comprenden niveles de arena fina, maciza de color gris oliva claro (5Y 5/2). Ocasionalmente se observa la presencia de huecos o poros conformando una fábrica esponjosa (Fig. 3.2D). En algunos intervalos, las arenas pueden alternarse con material limoso de color castaño rojizo, ocasionalmente con ondulas (Fig. 3.2D). También pueden presentar huellas fósiles atribuidas a homínidos. Esta facies sólo se registra en el perfil O (Apéndice 3.1, Fig. 19).

#### *Interpretación*

Esta facies habría sido generada a partir de la depositación de arena por corrientes subácueas tractivas y ocasional decantación de material pelítico en suspensión. La fábrica esponjosa (Noffke *et al.* 2001) típica de la generación de matas microbianas se habría producido mediante el atrapamiento de gases intrasedimentarios.

### **3.3. Distribución de las facies sedimentarias**

### 3.3.1. Zona intermareal baja

Esta zona suele estar cubierta de agua durante la pleamar y en ocasiones pueden destaparse afloramientos luego de una tormenta, por lo que los perfiles registrados son escasos. Los perfiles sedimentológicos analizados en este tramo se presentan muy distantes entre sí. Sin embargo, muestran las características descritas para la facies 1, la cual se encuentra representada en su tramo inferior.

#### Sector Puesto Ostrero

Dado que este sector ha permanecido prácticamente cubierto de arena en la mayoría de las campañas, solo se ha destapado la zona intermareal baja, lo que ha permitido confeccionar 3 perfiles sedimentológicos, ubicados en ese sector (Fig. 3.7). Los perfiles han sido identificados como Perfil V (Apéndice 3.1, Fig. 1), Perfil U (Apéndice 3.1, Fig. 3) y Perfil T (Apéndice 3.1, Fig. 4). Estos perfiles tienen las características mencionadas para la facies 1, en todos se observan huellas atribuidas a mamíferos artiodáctilos, en tanto que sólo en el perfil V aparecen huellas de aves tridáctilas. Si bien no hay un nivel de referencia preciso para determinar si estos perfiles se ubican en alturas relativas equivalentes, la similar litología, estructura sedimentaria y la presencia de huellas permiten considerarlas tentativamente como correlacionables.

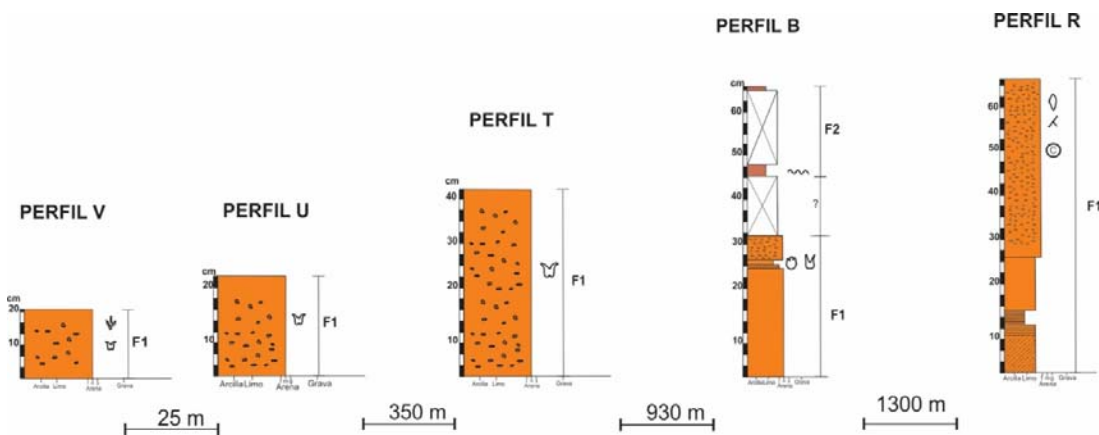


Figura 3.7. Perfiles confeccionados en la zona intermareal baja, comprende los Sectores Puesto Ostrero, Flamencos y Distal. Ver referencias en Figura 3.8

<b>REFERENCIAS</b>	
<b>ESTRUCTURAS SEDIMENTARIA</b>	<b>HUELLAS Y RESTOS FÓSILES</b>
 CUBIERTO	 MARCAS DE RAICES
 LAMINACIÓN PARALELA	 RESTOS DE BIVALVOS
 MASIZA	 <i>Lamaichnum guanicoe</i>
 LAMINACIÓN CRUZADA	 <i>Lamaichnum tulipensis</i>
 CLASTOS	 <i>Neomegatherichnum pehuencoensis</i>
 LENTES ARENOSOS	 <i>Megatherichnum isp.</i>
 ONDULITAS DE CORRIENTE	 <i>Mylodontidichnum rosalensis</i>
 ONDULITAS DE OLAJE	 <i>Aramayoichnus rheae</i>
 GRIETAS DE DESECACIÓN	 <i>Gruipeda sp.</i>
 LAMINACIÓN DEFORMADA	 <i>Roephichnus isp.</i>
 CONCRECIONES	 <i>Macrauchenichnus patachonicus isp.</i>
 FÁBRICA ESPONJOSA	 <i>Glyptodontidichnus isp.</i>
<b>FACIES</b>	 <i>Phoenicotherichnum peheuncoensis</i>
 FACIES 4 (F4)	 <i>Pecoripeda commune</i>
 FACIES 3 (F3)	 <i>Proboscipeda australis</i>
 FACIES 2 (F2)	 <i>Canipeda gracilis</i>
 FACIES 1 (F1)	

Figura 3.8. Referencias de los perfiles sedimentológico

### Sector Flamencos

Este sector ha sido el que más afloramientos ha proporcionado, ya que se ha destapado con mayor frecuencia luego de las tormentas. Esto ha permitido medir la mayoría de los perfiles sedimentológicos del área 2. En la zona intermareal baja se confeccionó el perfil B, que se compone de la facies 1 en su tramo inferior y de la facies 2 en el tramo superior (Apéndice 3.1, Fig. 5).

### Sector Distal

Este sector no se ha destapado con frecuencia y en el tercio inferior (zona intermareal baja) se podido realizar un solo perfil sedimentológico, el perfil R (Apéndice 3.1, Fig.6). Éste se compone de la facies 1 en el tramo inferior, el cual

carece de huellas fósiles.

### **3.3.2. Zona intermareal media**

Esta zona es la que suele descubrirse de la arena de playa con mayor frecuencia y, por lo tanto, ha proporcionado la mayoría de los perfiles medidos.

#### **Sector Flamencos**

Esta área ha permitido confeccionar un total de 8 perfiles (Fig. 3.9): perfiles J (Apéndice 3.1, Fig. 7), F (Apéndice 3.1, Fig. 8), A2 (Apéndice 3.1, Fig. 9), H (Apéndice 3.1, Fig. 10), D (Apéndice 3.1, Fig. 11), C (Apéndice 3.1, Fig.12), E (Apéndice 3.1, Fig.13), y M (Apéndice 3.1, Fig. 14). Estos perfiles exhiben la presencia de la facies 2 en el tramo inferior y la facies 3 intercalada en el tramo medio de los perfiles A2, H y D. El perfil F además presenta lentes arenosas intercalados en la parte media-superior de la sección y ondulitas hacia la parte superior de la misma

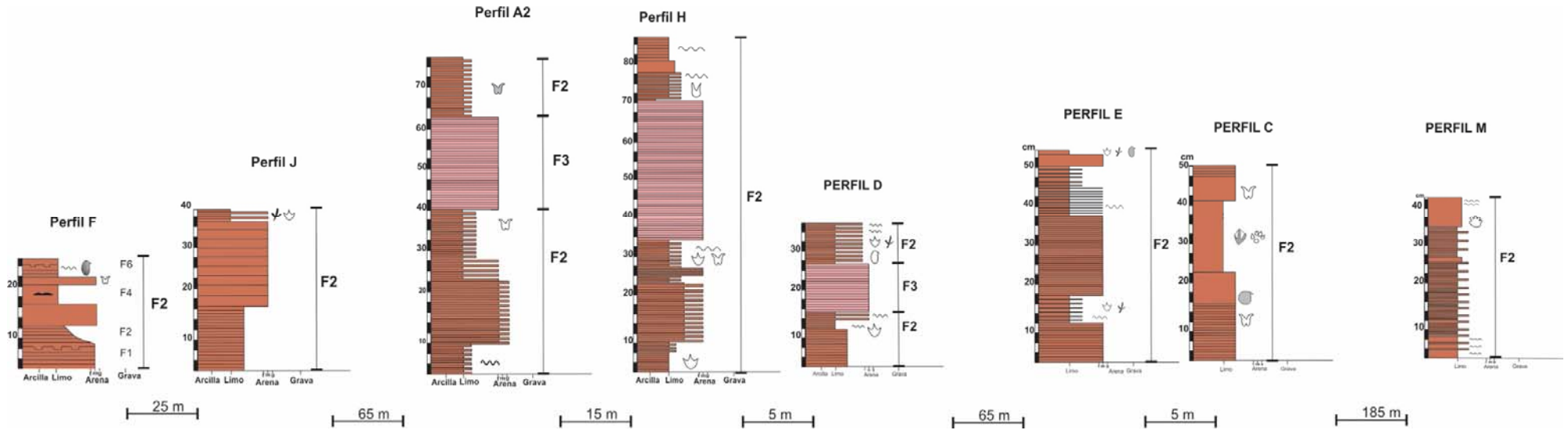


Figura 3.9. Perfiles confeccionados en la zona intermareal media del Sector Flamencos. Ver referencias en Figura 3.8.

### Sector Tres Palos

En este sector se han elaborado los perfiles G (Apéndice 3.1, Fig. 15), P (Apéndice 3.1, Fig. 16) e I (Apéndice 3.1, Fig. 17). Estas secciones muestran la facies 2 en el tramo inferior (Fig. 3.10). El perfil I muestra la facies 3 en el tramo medio y de la facies 1 en el tramo superior.

### Sector Distal

Este sector incluye al perfil C2 (Apéndice 3.1, Fig.18) que ha permitido reconocer la facies 2 (Fig. 3.10)

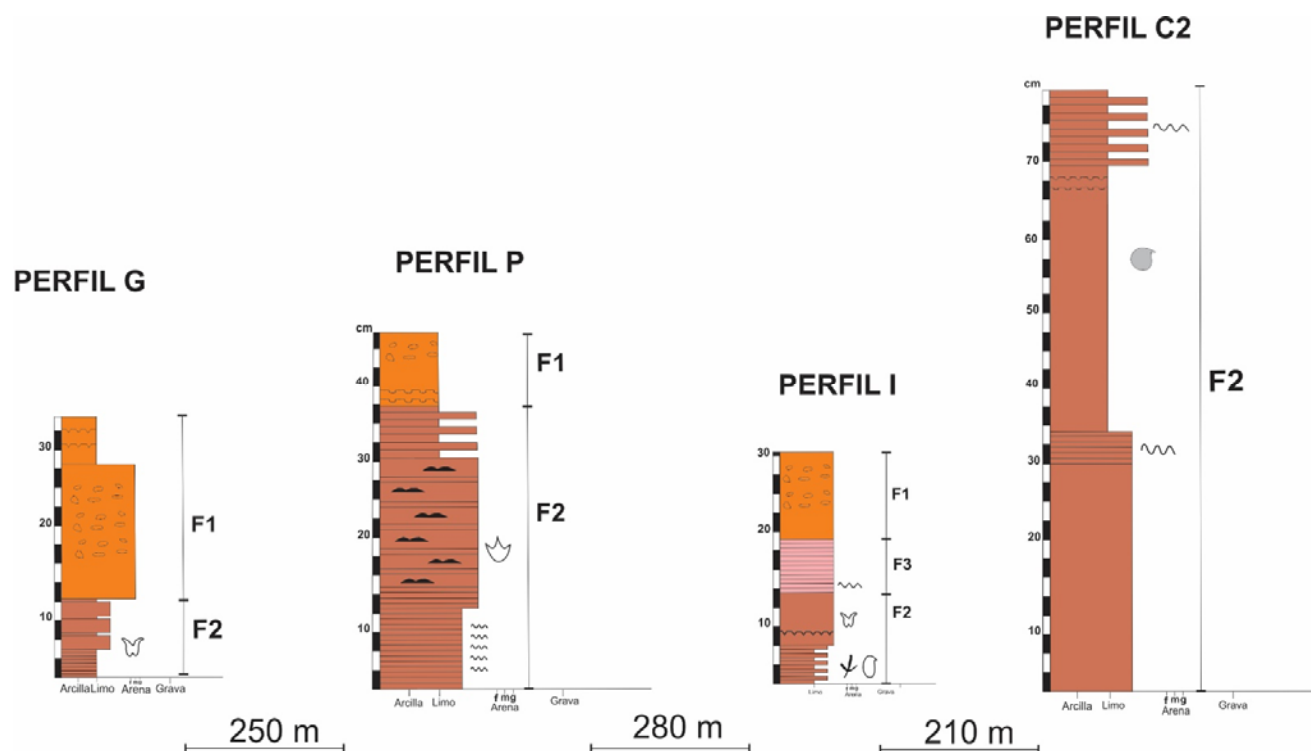


Figura 3.10. Perfiles confeccionados en la zona intermareal media del Sector Tres Palos y Distal. Ver referencias en la Figura 3.8.

### Sector Huellas Humanas

Este sitio ha permitido elaborar tres perfiles sedimentológicos (Fig. 3.11): las

secciones O (Apéndice 1, Fig. 19), N (Apéndice 1, Fig. 20) y Q (Apéndice 1, Fig. 21). En el primero se han podido identificar a las facies 1, 2 y 4, en el segundo las facies 1 y 2 y en el tercero a las facies 1, 2 y 4. Los perfiles N y Q distan solo 40 m entre sí, lo que permite inferir que el intervalo de la facies 2 presente en ambas secciones sería correlacionable. En tanto, el perfil O se encuentra a 290 m al oeste de estos perfiles, registrando las facies 1 y 2 en el tramo inferior, lo que sugiera que sería correlacionable con el perfil N. Adicionalmente, el perfil O presenta la facies 4 en el tramo superior, con un espesor aproximado de 60 cm.

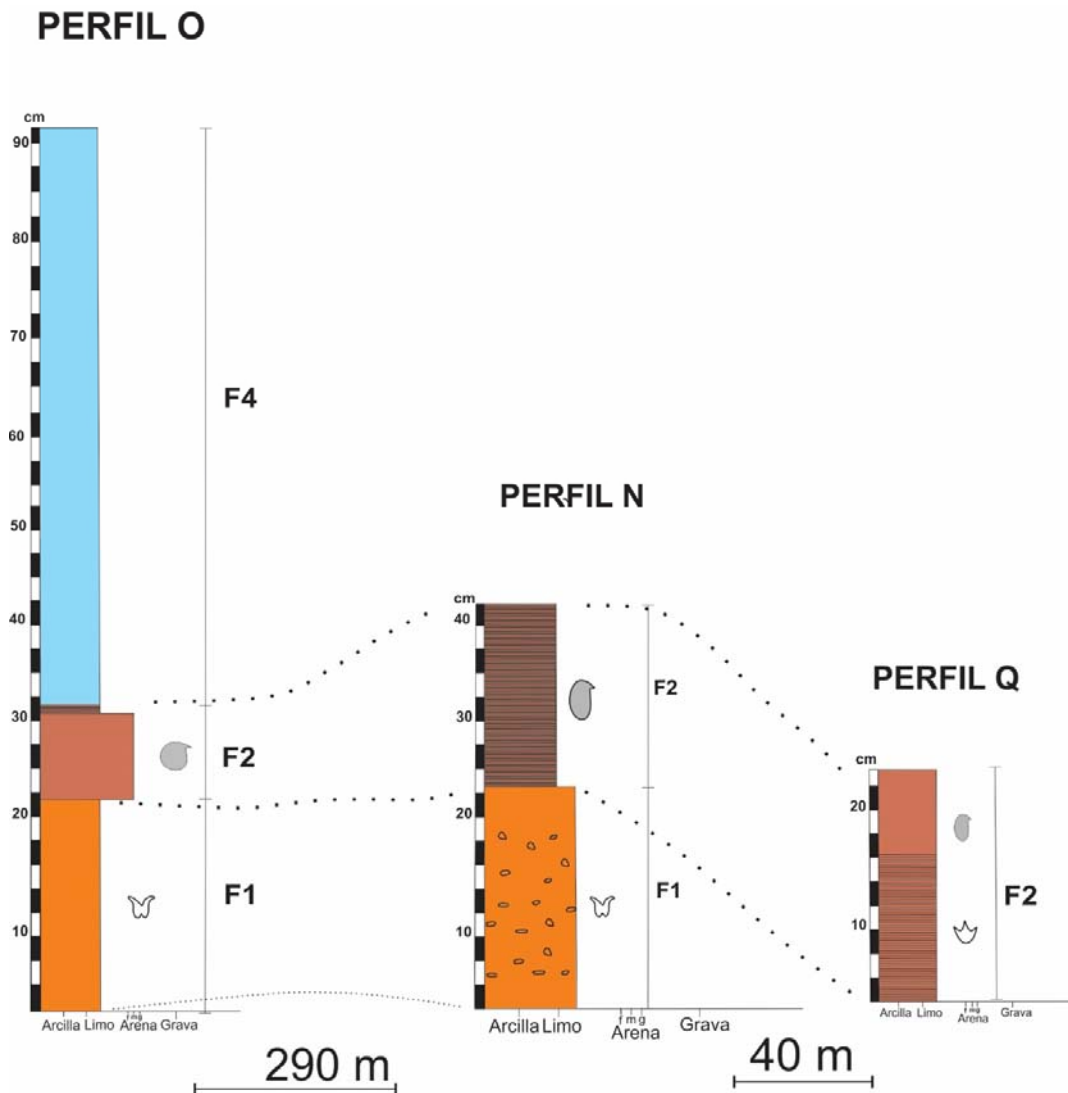


Figura 3.11. Perfiles confeccionados en la zona intermareal media del Sector Huellas Humanas y su correlación tentativa. Ver referencias en la Figura 3.8.

### **3.3.3. Zona intermareal alta**

La parte superior suele estar la mayor parte del tiempo prácticamente cubierta de arena de playa producto de la proximidad a los médanos actuales.

Excepcionalmente, el tramo superior de la playa se ha destapado en el Sector Flamencos

#### Sector Flamencos

En este sector se ha podido confeccionar un total de 2 perfiles (Fig. 3.12), el Perfil A (Apéndice 3.1, Fig. 22) y el perfil K (Apéndice 3.1, Fig. 23). El primero de ellos se compone de la facies 3 y el segundo de la facies 2.

### **3.3.4. Correlaciones**

La zona intermareal baja del yacimiento ha proporcionado un total de 5 perfiles (Sector Puesto Ostrero, Sector Flamencos y Sector Distal), todos estos incluyen a la facies 1 en su base y únicamente el Perfil B muestra indicios de la facies 2, en su tramo superior (Fig. 3.7). La presencia de esta facies y la posición relativa de estos perfiles podría sugerir que son groseramente correlacionables.

En tanto, el tramo intermareal medio ha permitido confeccionar 14 perfiles, en todos ellos aparece la facies 2 y en dos de ellos la facies 1 (Perfil O y Perfil N). La facies 3 para este tramo se observó en los perfiles J, A2, H, D e I (tope del perfil) y la facies 4 está presente sólo en el perfil O. De acuerdo a estas observaciones, las facies 1 y 2 de la mayoría de los perfiles podrían ser correlacionables (Fig. 3.13). El tramo intermareal superior solo cuenta con los perfiles A y K, que se ubican a 250 m de distancia y presentan la facies 2 cubierta por la facies 3, lo que podría sugerir que son correlacionables en este tramo (Fig. 3.12).



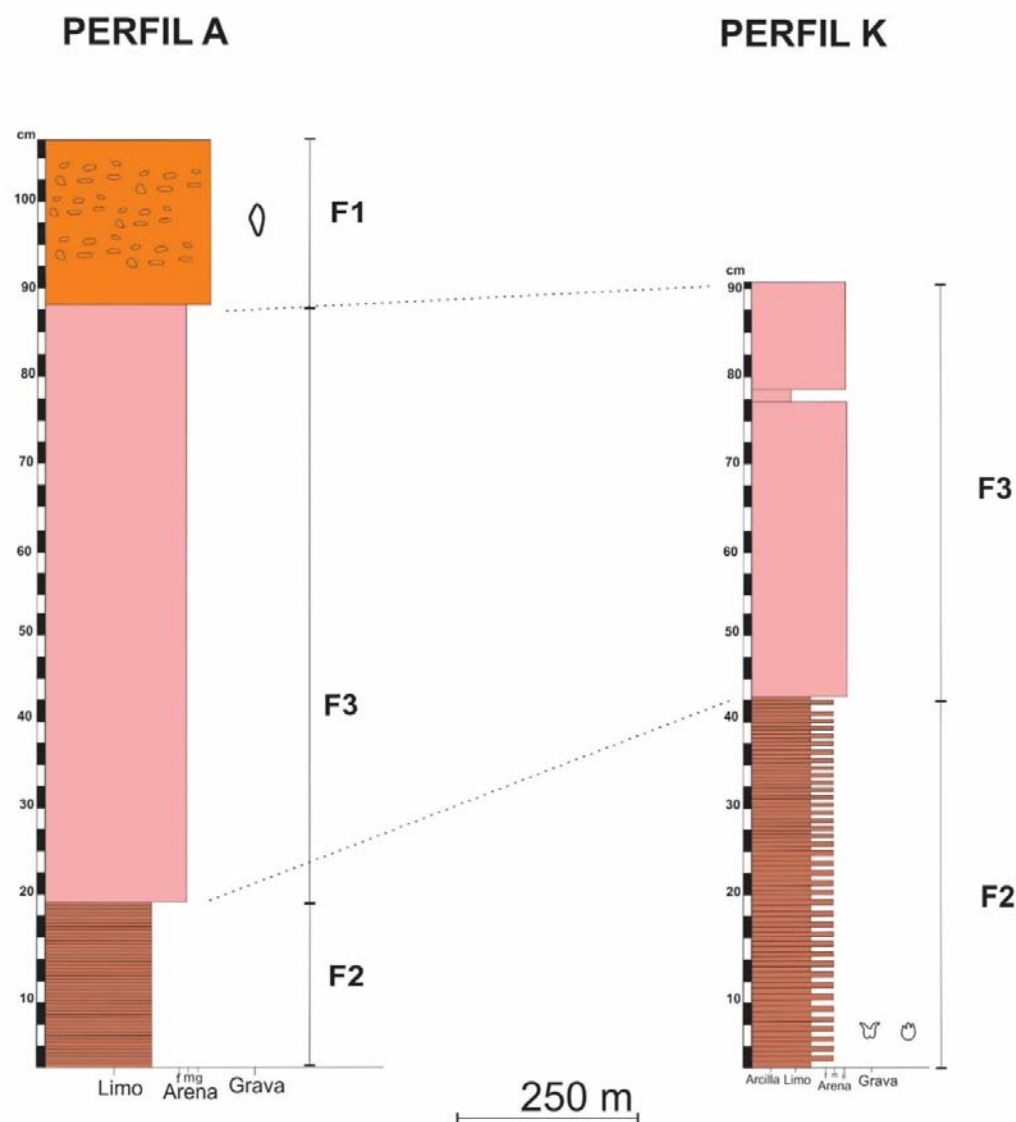


Figura 3.12. Perfiles confeccionados en la zona intermareal alta del Sector Flamencos y su correlación tentativa. Ver referencias en la Figura 3.8.

### 3.3.5. Análisis de cutting de perforación

Se analizó el *cutting* de dos perforaciones, denominadas 1 (Fig. 3.13 y Fig. 3.15A-F) y 3 (Fig. 3.14 y Fig. 3.16A-H), que se encuentran ubicadas en el sector norte de la localidad de Pehuen Co y a una distancia aproximada de 3,3 a 4,4 km al noroeste del límite oriental del YPPC. La altura en boca de pozo es 21 msnm y 17,6 msnm para las perforaciones 1 y 3, las que alcanzan una profundidad de 37,7 m y 40 m, respectivamente.

El tramo ubicado en la parte superior de las perforaciones (de 0 a 31 m en la

perforación 1 y de 0 a 20 m en la perforación 3) contienen arena fina bien seleccionada, color castaño amarillento (5YR3/4), con cemento carbonático y con clastos que se componen mayoritariamente por cuarzo, feldespatos, opacos y, en menor proporción, por fragmentos líticos tabulares (Fig. 3.15 A-D y Fig. 3.16 A-D). Los niveles observados en este tramo muestran litología y fábrica equivalente a las observadas en facies 3 reconocida en el YPPC (Fig. 3.13 y 3.14).

En ambas perforaciones (en el intervalo 31-37,7 m y 20-40 m en las perforaciones 1 y 3, respectivamente) se registra limolita arenosa, compacta, color pardo claro (5YR5/6) a pardo medio (5YR4/4) con clastos de bordes subangulosos y moderadamente seleccionados, compuestos por cuarzo, fragmentos líticos y minerales opacos (Fig. 3.15 E-F). La reacción al HCl sugiere la presencia de un cemento de composición carbonática (Fig. 3.16 D-E). Estos aspectos podrían sugerir que este tramo sería asignable a la facies 2 descrita en los perfiles sedimentológicos del YPPC (Figs. 3.13. y 3.14).

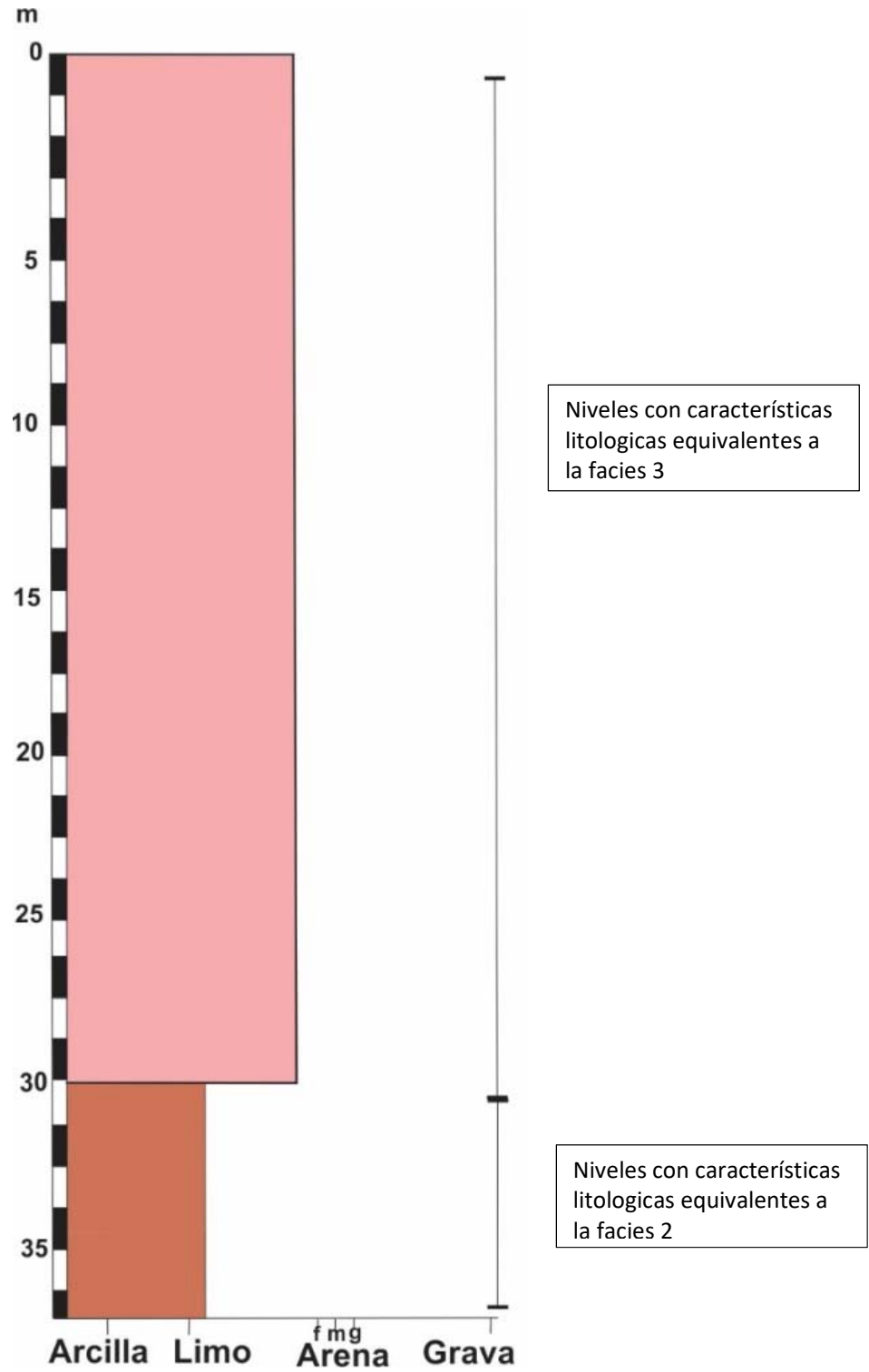


Figura.3.13. Perfil correspondiente a la perforación 1. Ver localización en figura 3.1A

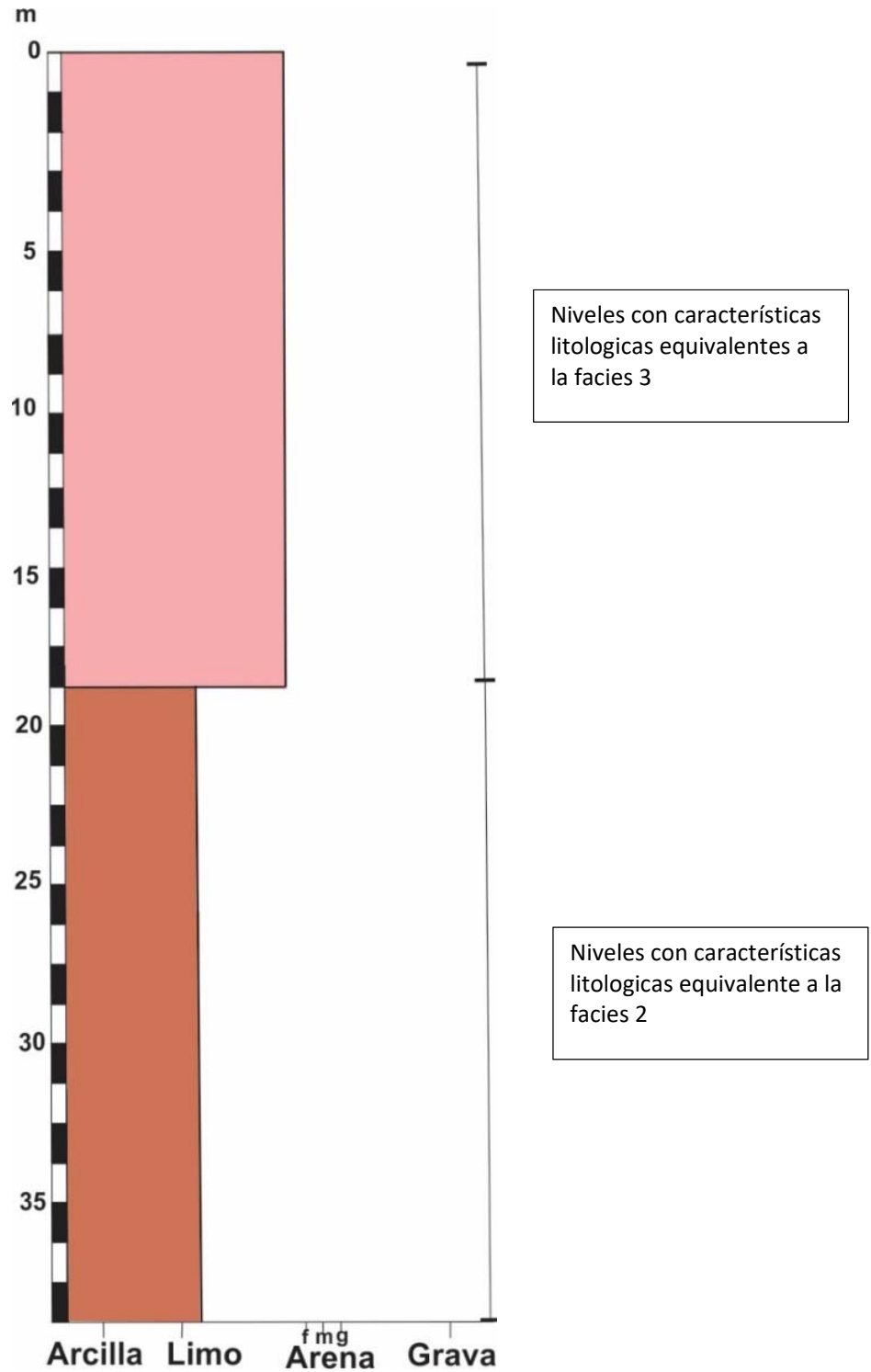


Figura 3.14. Perfil correspondiente a la perforación 3. Ver localización en Figura 3.1A.

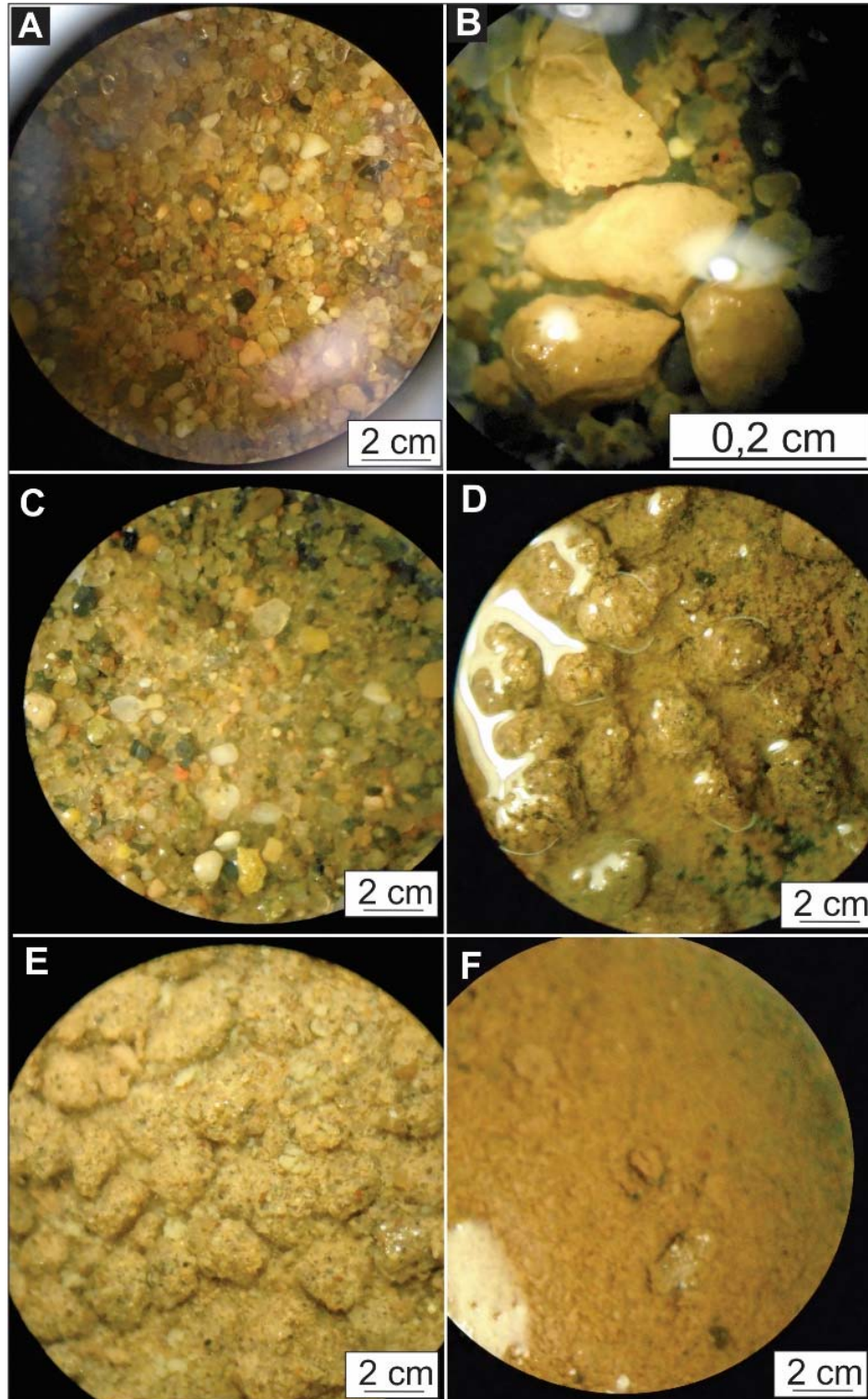


Figura 3.15. Vistas del *cutting* con lupa binocular tomadas del pozo 1. A.) Intervalo 0-10 mbbp (metros bajo boca de pozo). B. Intervalo 10-13 mbbp. C. Intervalo 13-27 mbbp. D. Intervalo 27-30 mbbp. E. Intervalo 30-35 mbbp. F. Intervalo 35-37,7 mbbp.

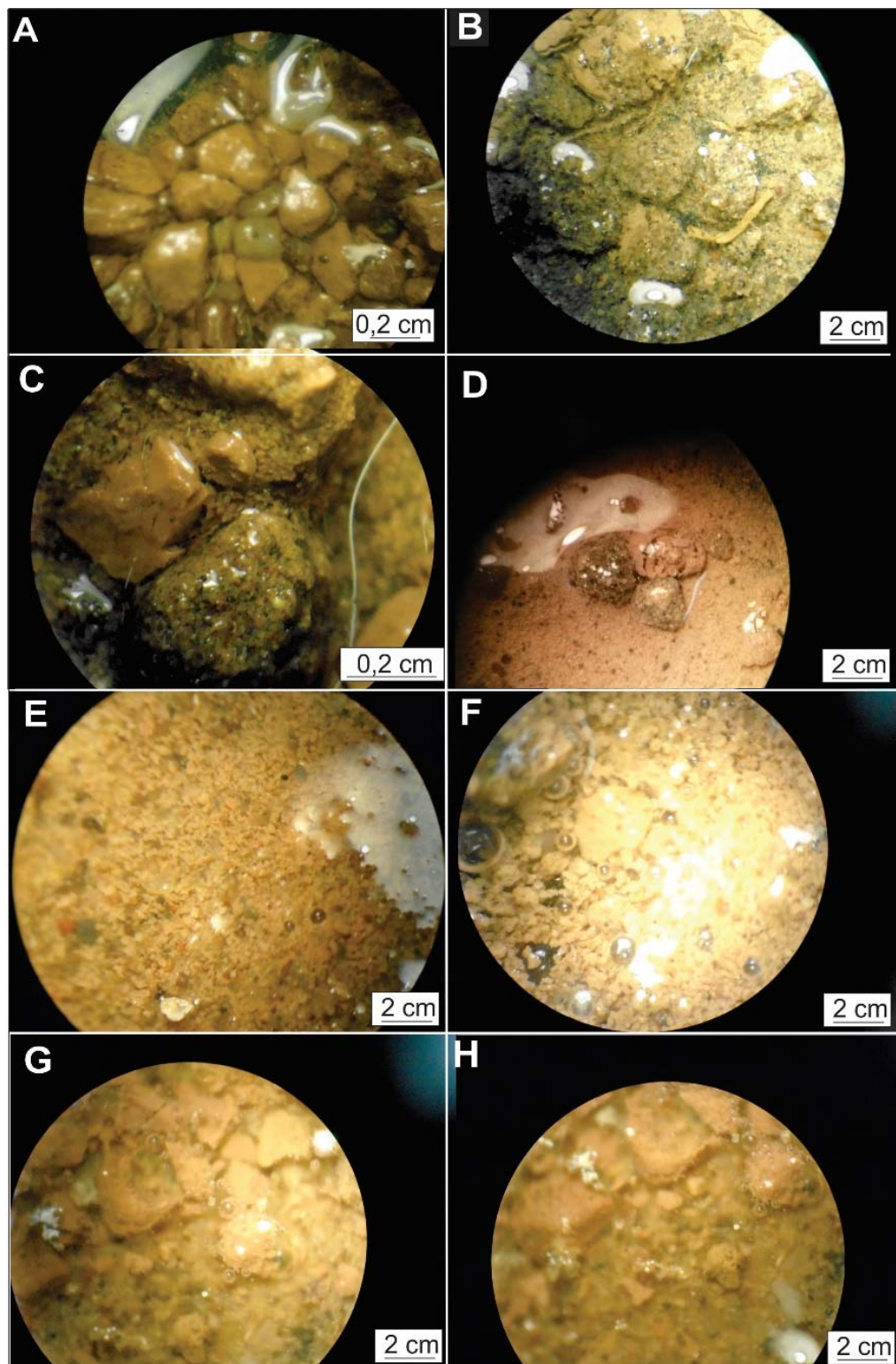


Figura 3.16. Vistas del cutting con lupa binocular tomadas del pozo 3. A. Intervalo 0-5 mbbp (metros bajo boca de pozo). B. Intervalo 5-10 mbbp. C. Intervalo 10-15 mbbp. D. Intervalo 15-20 mbbp. E. Intervalo 20-30 mbbp. F. Intervalo 30-35 mbbp. G. Intervalo 35-37 mbbp. H. Intervalo 37-40 mbbp.

### 3.4. Interpretación paleoambiental

Sobre la base de las secciones medidas en las tres zonas de la playa (intermareal baja, intermedia y alta) y el patrón general de la superposición vertical de las facies sedimentarias, es posible proponer un perfil esquemático y sintético para el YPPC (Fig. 3.17). De la misma forma, el conjunto de secciones de la zona intermareal media correspondientes al Sector Flamencos permiten inferir detalles acerca de las relaciones laterales de facies en ese intervalo (Fig. 3.18). Asumiendo que las secciones del Sector Flamencos representan un nivel estratigráfico correlacionable, se utilizó el contacto entre la base del segundo nivel pelítico incluido en la facies 2 con el intervalo arenoso infrayacente como superficie de correlación, considerando que puede representar una superficie de inundación lacustre (Fig. 3.18).

Los depósitos más antiguos descritos en el YPPC corresponden a aquellos de la facies 1, que representan flujos diluidos y densos de origen fluvial en sentido amplio (Fig. 3.17). No se ha reconocido en este intervalo superficies erosivas internas y su base se encuentra bajo agua en marea baja. Los depósitos fluviales resultaron pedogenizados hacia el techo de esta facies (Fig. 3.17), como lo sugiere la presencia de rizolitos y nódulos carbonáticos en uno de los perfiles (Perfil R). Por encima de la facies 1, se observa una alternancia entre las facies 2 y 3, con predominio de la primera (Fig. 3.17). Dentro de la facies 2 se distinguen intervalos arenosos laminados e intervalos pelíticos (limos arenosos laminados alternando con láminas o cubiertas arcillosas). Estos dos intervalos muestran transiciones verticales y laterales, y se infiere que se han depositado en un relieve de muy bajo gradiente, dada la presencia de laminación y estratificación horizontal y buena continuidad lateral. Los intervalos arenosos son interpretados como depósitos mantiformes distales de origen fluvial que arribaron a un depocentro esencialmente lacustre (Fig. 3.18). Los intervalos pelíticos representarían una planicie fangosa desarrollada en sectores marginales a los depósitos mantiformes o como resultado del encharcamiento (*ponding*) en zonas localmente deprimidas (por ejemplo, Hubert y Hyde, 1982; Paik y Kim, 2006). Estas planicies fangosas habrían mantenido su humedad por un período relativamente prolongado, como lo atestigua la relativa escasez de grietas de

deseccación.

No se han encontrado indicios de minerales evaporíticos, lo que indica que el agua de este cuerpo lacustre era esencialmente dulce (Talbot y Allen, 1996). Estos intervalos son los que preservan preferencialmente las huellas fósiles. La facies 3 representa retrabajo por el viento del material arenoso en las planicies fangosas y áreas más proximales de los depósitos arenosos mantiformes (Fig. 3.18). En particular en la zona intermareal intermedia se han registrado espesores menores de 0,4 m con laminación interna horizontal o entrecruzada de bajo ángulo y un desarrollo lateral del orden de las decenas de metros. Esto

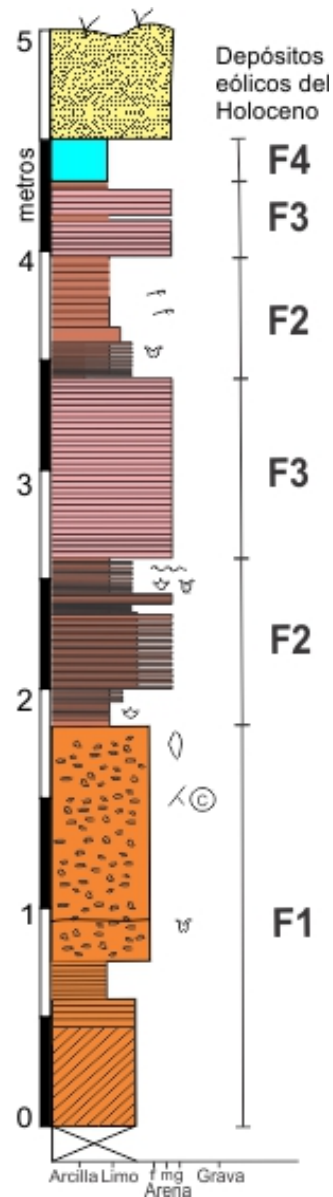


Figura 3.17. Perfil esquemático del YPPC.



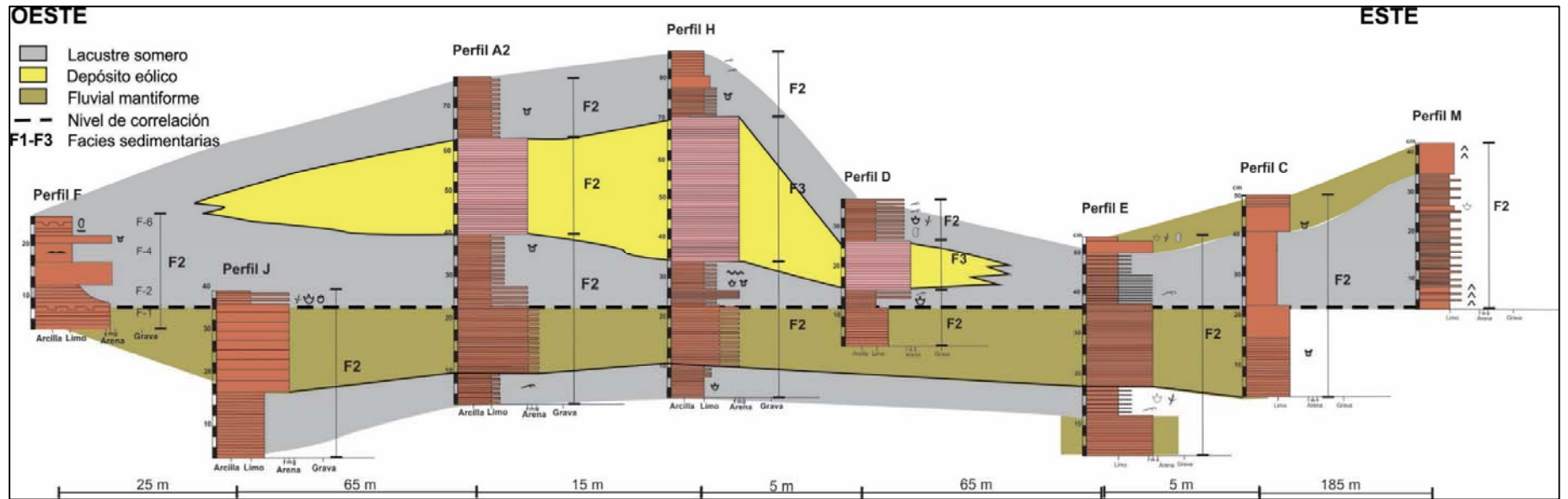


Figura 3.18. Correlación e interpretación paleoambiental correspondiente a la zona intermareal media del Sector Flamencos

indica que el transporte habría sido como formas de bajo relieve, incluyendo dunas de pequeño tamaño y óndulas, generando parches arenosos de escasas dimensiones. Hacia arriba en la sección (Fig. 3.17) las intercalaciones de la facies 3 resultan más frecuentes y presentan intercalaciones limosas con huellas fósiles, que podrían representar áreas de interduna. Hay una transición gradual a los depósitos eólicos holocenos que forman las dunas costeras actuales.

Hacia el tope de la sección y en sectores localizados (área 3 del YPPC) aparece la facies 4, la que se habría depositado en una planicie arenosa, probablemente marginal a los depósitos lacustres someros. Estos depósitos habrían permitido el desarrollo de matas microbianas, como lo indica la fábrica esponjosa (Noffke *et al.*, 2001). Dichas matas microbianas podrían haber tenido un papel importante en la preservación de las huellas fósiles (en este caso de homínidos), tal como ha sido argumentado para emplazamientos marino marginales (e.g., Marty *et al.* 2009, Cuadrado *et al.*, 2021) y también para el YPPC (Cuadrado y Blasi, 2017). El análisis de los recortes de las perforaciones 1 y 3 no permite el mismo grado de resolución que las exposiciones costeras (Figs. 3.13 y 3.14). Sin embargo, es posible reconocer que las capas que groseramente representan los niveles portadores de huellas fósiles en el YPPC pueden potencialmente reconocerse en un área de varias decenas de kilómetros cuadrados en el continente, e incluso que su espesor puede ser mayor al expuesto en la costa.

### 3.5. Estratigrafía y edades

#### 3.5.1. Antecedentes acerca de la estratigrafía del YPPC

Las capas portadoras de huellas fósiles del YPPC pertenecen al miembro medio de la Secuencia Agua Blanca (SAB) (Zavala y Quatrocchio 2001, Manera de Bianco *et al.* 2008). Localmente, la base de dicho miembro se encuentra cubierta y su edad pleistocena tardía fue sugerida sobre la base de una datación por el método C14 que arrojó una edad  $12.000 \pm 100$  años (Aramayo y Manera de Bianco, 1996) y por la presencia de una icnofauna correspondiente al Pleistoceno Tardío compatible con la edad mamífero Lujanense (Aramayo y Manera de Bianco 1987 a, b). Manera de Bianco *et al.* (2008) han sugerido que el miembro medio de la SAB es más moderno que el miembro inferior de la

Secuencia San José (aflorante en Playa del Barco, Pehuen Co) y que los niveles marinos de Pehuen Co (Fig. 3.19A).

Los “niveles marinos de Pehuen Co” poseen abundantes ejemplares de *Ophiomorpha* isp. que se encuentran *in situ*. Por su parte, los “niveles marinos de Pehuen Co” aparecen en la parte intermareal baja, por lo que se consideraron tentativamente como más antiguos que la Secuencia Agua Blanca (Manera *et al.* 2008).

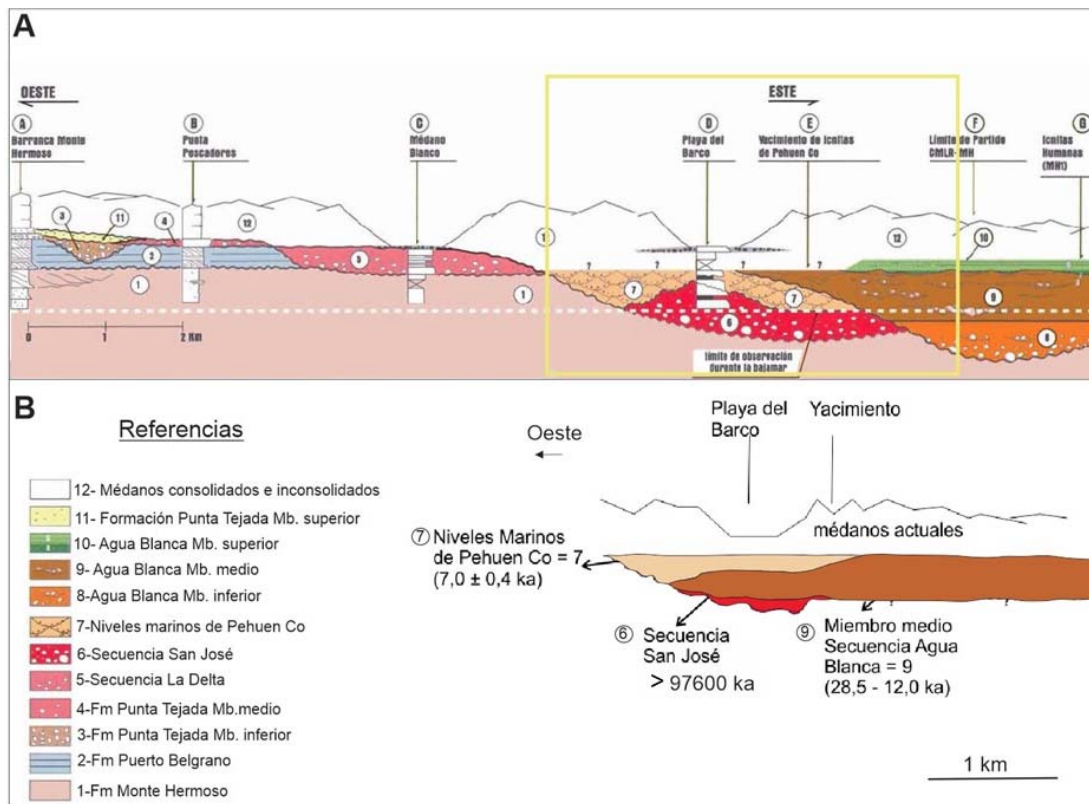


Figura 3.19. Sección estratigráfica del área de estudio. A. Sección estratigráfica propuesta por Manera *et al.* (2008). El recuadro amarillo corresponde a la zona ampliada en (B). B. Sección estratigráfica modificada de acuerdo a las edades obtenidas y relaciones de campo observadas en esta Tesis. Ver explicación en el texto.

### 3.5.2. Nuevas edades OSL y ESR

#### *Detalle del muestreo*

Durante el transcurso de esta Tesis, se analizaron las relaciones estratigráficas (Fig 3.20) de las unidades expuestas en la zona de estudio y se tomaron muestras para limitar temporalmente el intervalo portador de huellas fósiles (miembro medio de la SAB). Las muestras tomadas corresponden a (Fig. 3.21):

1) los niveles estratigráficamente más basales con huellas fósiles de donde se obtuvo la muestra T1, y a un sector lateral de la misma capa donde se colectaron valvas desarticuladas de *Mactra* sp. (muestra T2), con evidencias de haber sufrido procesos de abrasión y disolución producto del retrabajo (Spagnuolo 2005); 2) a los niveles estratigráficamente más altos con huellas fósiles de donde se colectaron dos muestras (muestras T3 y T4) y 3) una muestra de las capas con *Ophiomorpha* in situ (muestra T5), que afloran con marea muy baja y que corresponderían a los “niveles marinos de Pehuen Co (Manera *et al.* 2008)”. Las muestras T1, T2, T3 y T4 fueron extraídas del Sector Flamencos y la muestra T5 del Sector Puesto Ostrero (Fig. 2.21). Excepto la muestra T2, la que se analizó por la metodología ESR, las muestras se destinaron al análisis por OSL.

En la zona intermareal baja se extrajo la muestra T1 que corresponde a sedimentos constituidos por arenas limosas grisáceas con intraclastos, clastos de cuarcita y restos de *Ophiomorpha* retrabajados, correspondientes a la facies 1. Aquí se observaron las huellas más antiguas de la secuencia. Lateralmente, en sedimentos equivalentes a la muestra T1 (facies 1), se extrajo la muestra T2, la cual consistió en restos de conchillas de bivalvos. La muestra T3 fue extraída en una capa de arena poco consolidada, bien seleccionada, y de estructura maciva perteneciente a la facies 3. Esta muestra se encuentra inmediatamente por debajo de una capa fangosa centimétrica que localmente son los niveles más cuspidales con huellas fósiles (en este caso de morfología aviana). En la capa que cubre a los niveles con huellas avianas mencionadas anteriormente (0,74 m por encima), se extrajo la muestra T4, en sedimentos arenosos con estratificación cruzada de bajo ángulo en la base y algunos clastos retrabajados de cuarcitas correspondientes a la facies 3.

De la zona topográficamente más baja (zona intermareal baja) se extrajo la muestra T5, que corresponde a sedimentos arenosos poco consolidados, de textura maciza y con laminación cruzada de bajo ángulo en algunos sectores. Presenta clastos de cuarcita, restos de valvas y abundantes ejemplares de *Ophiomorpha in situ*. En algunos tramos, se intercalan niveles compuestos de material limo arcilloso de color pardo rojizo de hasta 5 cm de espesor. Estos sedimentos se encuentran por debajo de los niveles portadores de las huellas más antiguas y no fueron considerados en la descripción de facies.

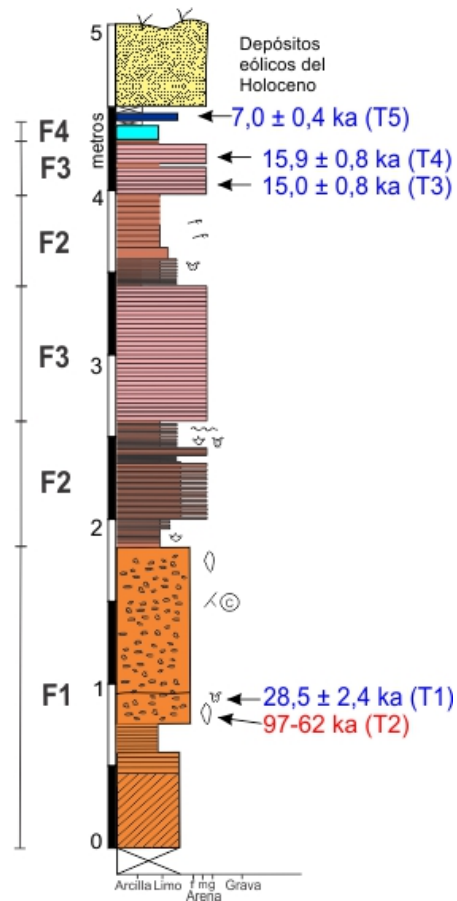


Figura 3.20. Perfil esquemático que muestra la secuencia ordenada a partir de las dataciones.

### Resultados

Los resultados analíticos de las muestras analizadas por OSL se sintetizan en la Tabla 3.1, en tanto que aquellos de los análisis ESR de las valvas individuales se sintetizan en la Tabla 3.2. La ubicación de las muestras en la sección esquemática del yacimiento se muestra en la Fig. 3.20.

Número de muestra	Coordenadas (GPS)	Edad (ka)
T1	39°00'06,9"S, 61°30'54,1"O	28,5 ± 2,4
T3	39°00'02,1"S, 61°30'29,6"O	15,0 ± 0,8
T4	39°00'02,4"S, 61°30'33,8"O	15,9 ± 0,8
T5	39°00'09"S, 61°31'10"O	7,0 ± 0,4

Tabla 3.1. Edades estimadas para las muestras analizadas por OSL. Ver localización en Fig. 3.20 y detalles analíticos en el Apéndice 3.4.

Sub-muestra	E.U. (ka)	L.U. (ka)
T2-1	86,3 ± 6	90,3 ± 6,5
T2-2	79,6 ± 7,9	83,6 ± 8,5
T2-3	67,1 ± 9,3	69,1 ± 9,7
T2-4	60,3 ± 6,2	62,5 ± 6,5
T2-5	95,4 ± 15,9	97,6 ± 16,5
T2-7	73,5 ± 14,3	76,3 ± 15,2
T2-9	63,6 ± 8,0	65,3 ± 8,4
T2-10	71,0 ± 9,1	72,7 ± 9,4

Tabla 3.2. Resultados preliminares del análisis de 8 sub-muestras (valvas individuales) de la muestra T2 por ESR. Resultados comunicados por la Dra. Angela Kinoshita. Coordenadas de GPS de la muestra T2: 39° 0'1,60" S, 61°30'3.90"O. EU (*early uptake*) modelo que supone la incorporación de uranio inmediatamente luego del enterramiento. LU (*linear uptake*): modelo que supone la incorporación lineal de uranio luego del enterramiento.

### Interpretación

Las edades OSL obtenidas (muestras T1, T3 y T4) permiten sugerir que el intervalo portador de huellas en el YPPC se depositó en el rango aproximado de  $28,5 \pm 2,4$  ka a  $15,0 \pm 0,8$  ka (Tabla 3.1 y Fig. 3.20). Considerando la edad  $C^{14}$  publicada por Aramayo y Manera de Bianco (1996), la sedimentación se habría extendido entre aproximadamente 28,5 y 12,0 ka (Pleistoceno tardío). Los restos de valvas datados procedentes de los niveles más basales (muestra T2) son considerablemente más antiguos, en el rango de  $97,6 \pm 16,5$  ka a  $62,5 \pm 6,5$  ka (Tabla 3.2 y Fig. 3.20). Estas edades más antiguas son concordantes con el carácter retrabajado que tienen los restos analizados y podrían estar indicando la edad máxima del miembro medio de la SAB.

Por su parte, la edad obtenida para los “niveles marinos de Pehuen Co”, correspondiente a la muestra T5 (Tabla 3.1), indican que se trata de sedimentos considerablemente más modernos que el miembro medio de la SAB. La edad obtenida ( $7,0 \pm 0,4$  ka) ubican a estos depósitos en el Holoceno medio (Walker *et al.*, 2018). En secuencias cenozoicas, la presencia del icnogénero *Ophiomorpha* es un buen indicador de ambientes marinos someros, especialmente submareales, y ha sido utilizado para indicar episodios de

ascenso del nivel del mar durante el Pleistoceno (Frey *et al.*, 1978). Aunque es necesario realizar estudios de detalle y las relaciones estratigráficas de los niveles datados son difíciles de observar, este nivel indica un episodio transgresivo en el Holoceno medio para la zona de estudio.

La presencia de niveles marinos del Holoceno medio en el YPPC es concordante con la presencia de “cangrejales fósiles” descritos y datados para la zona de Monte Hermoso por Aramayo (1997) y con cordones costeros areno-biolásticos de la zona de Bahía Blanca (Alliota y Farinati, 1990; Alliota *et al.*, 2013). Aramayo *et al.* (1992) describieron excavaciones fósiles (posiblemente comparables con el icnogénero *Psilonichnus*) atribuidos a *Neohelice* (= *Chasmagnathus*) *granulata*, y obtuvieron edades correspondientes al Holoceno medio. Las edades radiocarbónicas obtenidas por Aramayo (1997) fueron  $6930 \pm 70$  años AP y  $6830 \pm 120$  años AP. Aramayo (1997) también indicó una comunicación personal con la Dra. Farinati, mencionando una edad de  $6590 \pm 130$  años AP en restos de bivalvos, procedente de los niveles con tubos fósiles de *Callianassidos* (= *Ophiomorpha*) en Pehuen Co. Los rasgos de las trazas fósiles descritas por Aramayo *et al.* (1992) sugieren que los niveles con excavaciones atribuidas a *N. granulata* en Monte Hermoso representan niveles más someros que los niveles con *Ophiomorpha* de Pehuen Co, específicamente la zona intermareal. Los cordones costeros areno-biolásticos de la zona de Bahía Blanca han sido datados por el método radiocarbónico en  $4615 \pm 110$  años AP (Alliota y Farinati, 1990) y podrían estar marcando los depósitos del pico transgresivo en el continente.

Las dataciones de los distintos niveles de la secuencia, sumado a observaciones de campo, permitieron proponer cambios acerca de las relaciones estratigráficas de las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona de estudio (Fig. 3.19B). Respecto a la propuesta de Manera *et al.* (2008), la nueva información permite ubicar los “niveles marinos de Pehuen Co” en el Holoceno medio e inferir un contacto erosivo con el miembro medio de la SAB.



Figura 3.21. Imagen modificada de Google Earth® de parte del YPPC, donde se indican las cinco muestras datadas.



## -CAPITULO 4- ICNOLOGÍA SISTEMÁTICA

### Introducción

En este apartado se realiza un análisis icnotaxonómico, mediante la revisión de los icnotaxa correspondientes a rastrilladas y huellas fósiles ya descritas, redefiniéndolos en los casos que sea pertinente, considerando su grado de preservación morfológica. Para evaluar este último aspecto se utiliza la escala objetiva propuesta por Marchetti *et al.* (2019). Además, se describen las rastrilladas y huellas fósiles observadas en el campo que permanecen *in situ* (designadas con la sigla HC), el material adicional correspondiente a moldes de caucho siliconado (MD) alojados en el Museo Carlos Darwin y los modelos tridimensionales generados a partir de los mismos (MT).

Con el fin de realizar una descripción ordenada de los materiales, los mismos se agruparon de acuerdo a la morfología de las huellas y a la configuración de las rastrilladas (esta última vinculada al modo de locomoción de sus productores). La máxima jerarquía de los icnotaxobases utilizadas, llegó hasta el nivel de icnofamilias siempre que fue posible establecerlas.

### 4.1. ICNOTAXOBASES GENERALES PARA HUELLAS DE TETRÁPODOS

De acuerdo con Bromley (1990, 1996), una icnotaxobase es un rasgo o característica morfológica de una traza fósil que puede ser usada en icnotaxonomía. Hasta el momento, no existe un acuerdo general entre los icnólogos que pueda unificar los criterios de clasificación de huellas y rastrilladas fósiles de vertebrados. A partir de la propuesta de un esquema de nomenclatura binomial relacionado con la nomenclatura zoológica por parte de Vyalov (1960), Panin y Avram (1962) ampliaron dicho esquema e hicieron la primera propuesta completa para aplicar esta taxonomía de huellas de mamíferos y aves. Esta se basó en divisiones a nivel icnofamilia (en realidad denominadas “familias”), relacionadas directamente con los productores biológicos de las huellas. Si bien este criterio, desarrollado en primera instancia por Vyalov ha sido empleado por varios autores para realizar asignaciones icnotaxonómicas (Casamiquela 1974,

Angulo y Casamiquela 1982, Leonardi 1994, Sarjeant y Langston 1994, Sarjeant *et al.* 2002), otros autores recomiendan no utilizar la afinidad biológica del productor como icnotaxobase (Bromley 1996, Bertling *et al.* 2006), y sostienen que resultaría más apropiado utilizar icnotaxobases que estén relacionados con la morfología y/o la comportamiento del productor, más que con la supuesta afinidad zoológica del mismo. Bertling *et al.* (2006) además sugirieron que ciertos rasgos como la dimensión de la huella, el productor inferido, la edad relativa de la misma y el grado de preservación deberían ser descartados como icnotaxobases.

Posteriormente, de Valais y Melchor (2008), propusieron icnotaxobases que tienen en cuenta la morfología de huellas avianas y las características anatómicas derivadas del comportamiento del productor. Entre los caracteres morfológicos de las huellas pueden citarse la dimensión y la orientación de los dígitos, las impresiones de las almohadillas plantares, la presencia de garras y los ángulos interdigitales. En cuanto a las características de las rastrilladas, tuvieron en cuenta el ángulo de desviación respecto a la línea media de la rastrillada, el ángulo de paso y la longitud del paso doble o zancada.

Fürsich (1974) propuso una categorización de icnotaxobases (denominadas rasgos morfológicos) y recomendó que ciertos caracteres que indiquen comportamientos más significativos del productor, deberían considerarse icnotaxobases icnogenéricas, en tanto que los rasgos accesorios reflejan un comportamiento menos significativo, y deberían ser considerados como icnotaxobases icnoespecíficas. Estos conceptos, si bien desarrollados para trazas fósiles de invertebrados, pueden ser extrapolados a huellas fósiles de tetrápodos.

Goldring *et al.* (1997) sugirieron que las distintas icnotaxobases deberían ser seleccionadas de acuerdo al criterio que considere más apropiado cada autor, para un determinado grupo de trazas fósiles. Esta propuesta es aplicable a huellas de tetrápodos, las que pueden tener una variabilidad morfológica muy notoria. Sin embargo, los criterios morfológicos usados en taxonomía de huellas de vertebrados, comúnmente no son explicitados en las publicaciones, lo que hace que el presente estado de la icnotaxonomía de huellas de tetrápodos sea un tanto confuso y caótico.

En esta Tesis, se indicarán las icnotaxobases usadas para cada grupo morfológico de huellas. En los siguientes párrafos se describirán las huellas fósiles estudiadas con un ordenamiento según los rasgos morfológicos de las huellas (forma general y cantidad de dígitos) junto a su disposición en rastrilladas bípedas o cuadrúpedas. Las categorías morfológicas descriptas son las siguientes:

- Huellas subelípticas dispuestas en rastrilladas cuadrúpedas
- Huellas bidáctilas dispuestas en rastrilladas cuadrúpedas
- Huellas subcirculares dispuestas en rastrilladas cuadrúpedas
- Huellas tridáctilas dispuestas en rastrilladas cuadrúpedas
- Huellas tetradáctilas dispuestas en rastrilladas cuadrúpedas
- Huellas de pies tridáctilas y de mano tetradáctilas dispuestas en rastrilladas cuadrúpedas
- Huellas pentadáctilas dispuestas en rastrilladas cuadrúpedas
- Huellas de pies pentadáctilos y manos tetradáctilas dispuestas en rastrilladas cuadrúpedas
- Huellas monodáctilas dispuestas en rastrilladas cuadrúpedas
- Huellas tridáctilas dispuestas en rastrilladas bípedas
- Huellas pentadáctilas dispuestas en rastrilladas bípedas

#### 4.2. HUELLAS SUBELÍPTICAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS CUADRÚPEDAS

##### **Icnotaxobases**

Los primeros registros de este tipo de huellas en Argentina fueron realizados por Frenguelli (1950), quien las describió como huellas de un “gran cuadrúpedo plantígrado” en la Quebrada del Yeso (La Rioja). Este autor mencionó algunas características morfológicas y medidas relacionadas a los parámetros de la rastrillada y entonces crea la icnoespecie *Venatoripes riojanus* Frenguelli 1950. Posteriormente, Casamiquela (1974) reconoció huellas semejantes en la Formación Río Negro (Neógeno) que describió en las cercanías de Carmen de

Patagones (Buenos Aires), clasificándolas sistemáticamente por la afinidad biológica de su posible productor y las definió mediante la icnoespecie: *Megatherichnum oportoi* Casamiquela 1974. El mismo autor, en 1983, describió huellas similares (aunque pobremente preservadas) en proximidades a la localidad de Monte Hermoso, las cuales se atribuyeron a grandes perezosos de las familias Megatheriidae y Mylodontidae. Estas huellas fósiles fueron distinguidas con nombres icnogenéricos dedicados a personas de la región: *Acuñaichnus* (= *Acugnaichnus*) Casamiquela 1983 e *Iribarnichnum* Casamiquela 1983. Aramayo y Manera de Bianco (1987a, b) describieron en el YPPC, grandes pisadas atribuidas a perezosos. De acuerdo a sus descripciones, estas presentaban ciertas características particulares, como es el contorno subelíptico, rebaba lateral y trazas de garras del tercer dígito. Estas huellas fueron clasificadas hasta el nivel icnoespecífico, basándose principalmente en la clasificación zoológica del productor. La morfología más común reconocida en este tipo de huellas suele ser subelíptica o subredondeada, a veces arriñonada y con impresión de garra correspondiente al tercer dígito del productor (Fig. 2.4B).

En este apartado y para este tipo de huellas, se empleará una clasificación icnotaxonómica a nivel de familia, teniendo en cuenta otras características de las huellas que no dependan exclusivamente de los rasgos del productor. Para la clasificación de icnofamilia de este grupo morfológico, se han tenido en cuenta las siguientes icnotaxobases: morfología general de la huella, impresión de garra del tercer dígito y la relación largo/ancho de la huella. En tanto, para la clasificación icnogenérica se tuvieron en cuenta las siguientes icnotaxobases: los caracteres detallados observados en la morfología de la huella, el tamaño de éstas y la relación mano/pie. Para el caso de la clasificación icnoespecífica, se consideró la morfología y la diferencia de tamaño entre las huellas de pies y las huellas de manos.

## **Icnología sistemática**

### **4.2.1. Icnofamilia**

Icnofamilia 1 nov. icnofam.

Icnogénero tipo: *Megatherichnum* (Casamiquela 1974)

## DIAGNOSIS

Huellas plantígradas de manos y pies generalmente de gran tamaño y dispuestas principalmente en rastrilladas cuadrúpedas, de forma comúnmente subredondeada a subelíptica, ocasionalmente arriñonada. Suelen presentar trazas de garras correspondientes al tercer dígito de la mano. La relación largo y ancho tanto de las huellas de manos como las de pies, es generalmente superior a 1.

Ichnogéneros incluidos: *Venatoripes* Frenguelli 1950, *Megatherichnum* (Casamiquela 1974), *Acugnaichnus* (Casamiquela 1983), *Iribarichnum* Casamiquela 1983, *Neomegatherichnum* (Aramayo y Manera de Bianco 1987a), *Myodontidichnum* (Aramayo y Manera de Bianco 1987a).

Material de dudosa asignación: Tracks of ground sloths (McDonald 2007).

## Comentarios

La propuesta de la nueva Ichnofamilia 1, tiene como finalidad incluir a la mayoría de las huellas fósiles de contorno subelíptico pertenecientes a animales cuadrúpedos generalmente de tamaño mediano a grande y que suelen imprimir una traza de garra correspondiente al tercer dígito. Sin embargo, existen casos muy puntuales en los que pueden aparecer más de una traza de garra, como es el caso de *Myodontichnum* (Aramayo *et al.* 2015, p.148, fig. 4c). En otras ocasiones, las condiciones preservacionales, pueden influir para que no se observen trazas de garras. El ichnogénero *Megatherichnum*, que ha sido seleccionado como tipo de la nueva ichnofamilia por ser el más antiguo (Casamiquela 1974), no ha sido reconocido hasta el momento en el YPPC, aunque dadas sus características morfológicas ha sido incluido dentro de esta ichnofamilia. También se incluyen los ichnogéneros *Iribarnichnum* y *Acugnaichnus*, descritos por Casamiquela (1983) en la zona de Monte Hermoso, los que presentan un grado de preservación bastante pobre y una morfología semejante a la de *Neomegatherichnum* (Aramayo y Manera, 1987a). Las huellas del ichnogénero *Venatoripes* han sido descritas y esquematizadas por Frenguelli

(1950). De acuerdo a estos esquemas es probable que se trate de huellas que se ajustan a la morfología general de esta icnofamilia, sin embargo, los escasos rasgos morfológicos de las huellas ilustradas no permiten hacer comparaciones precisas con otros icnogéneros.

#### 4.2.2. Icnogénero

##### ***Neomegatherichnum* (Aramayo and Manera de Bianco 1987a)**

Iknoespecie tipo

*Neomegatherichnum pehuencoensis* (Aramayo and Manera de Bianco 1987a)

Diagnosis original

Impresiones correspondientes a un mamífero plantigrado, de talla mediana a grande; icnitas en hueco, de contorno subelíptico, más anchas en la parte anterior, dispuestas en forma subparalela al eje de la rastrillada. La mayoría de ellas, presenta rebaba en el lateral externa y anterior, y se observa también en la porción latero-interna anterior, una escotadura groseramente triangular, profunda, que se atribuye a la impresión de la garra del tercer dedo del pie (Aramayo y Manera de Bianco 1987a).

Diagnosis enmendada

Grandes huellas plantígradas dispuestas en rastrilladas con arreglo cuadrúpedo y heteropodas, usualmente conservadas como epirrelieve cóncavo. Las huellas de manos son de contorno circular a subcircular, comúnmente más largas que anchas y ocasionalmente pueden quedar parcial o totalmente cubiertas por las impresiones de los pies. Las huellas de pies son de contorno subelíptico, hasta 1 m de largo y más anchas en la parte anterior. El ángulo de paso para ambos miembros generalmente supera los 80°. Difiere de *Megatherichnum* por presentar impresiones de manos con morfología subelíptica y sobreimpresión de

pies en manos en diferentes grados. *Neomegatherichnum* es comparativamente de mayor tamaño que *Myodontidichnum* y la morfología de la impresión del pie es más alargada y arriñonada (modificada de Aramayo *et al.*, 2015).

### **Comentarios**

La presente enmienda, basada en aquella de Aramayo *et al.* (2015), se justifica con el fin de mencionar la impresión de pies sobre manos y además ampliar el valor del ángulo de paso, para incluir las mediciones de varias rastrilladas adicionales documentadas durante esta tesis. También se diferencia a *Neomegatherichnum* de otros icnogéneros similares, como lo sugiere el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica.

Íconoespecie

*Neomegatherichnum pehuencoensis* (Aramayo y Manera de Bianco 1987a)

Figs. 4.1-4.16

1996 *Neomegatherichnum pehuencoensis*; Aramayo y Manera de Bianco, p.48-50, figs. 2 A-C, lam. 1 figs. 1-3.

2009 *Neomegatherichnum pehuencoensis*; Aramayo y Manera de Bianco, p.27-28, figs. 3 A-C, 4 A-B

2011 “Megatherium trackway”; Bayón *et al.*, p. 212, figs. 7a, 9.

2013 *Neomegatherichnum pehuencoensis*; Aramayo y Manera de Bianco, p. 67, fig. 3 A

2015 *Neomegatherichnum pehuencoensis*; Aramayo *et al.*, p. 147, fig. 3 A-D

Diagnosis: igual que el icnogénero, única íconoespecie conocida.

Holotipo: Corresponde a 13 huellas *in situ* de pies y manos. En algunos casos el pie sobreimprime a la mano (Aramayo y Manera de Bianco 1987a). Este material se ha perdido producto de la erosión.

Neotipo: Corresponde a 8 huellas, *in situ* (Fig. 4.1A, B) (Aramayo *et al.* 2015, p.147, figs. 3 A-D) que han sido extraviadas producto de la erosión. Actualmente,

el molde de tres de ellas se encuentra depositado en el MD, denominado bajo la sigla MD-YPI-05-14 (Fig. 4.2A, B).

### **Material adicional y procedencia**

Los materiales analizados corresponden a 2 moldes de caucho siliconado, 3 moldes de yeso, 9 materiales correspondientes a huellas *in situ* procedentes del área 2 (ver localización en Fig. 2.2 A) y 1 material correspondiente a huellas *in situ* procedentes del área 3 (ver localización en Fig. 2.2 B).

MD-YPI-18-01 (molde de rastrillada de 26 huellas y modelo tridimensional MT-YPI-18-01, Figs. 4.3A, 4.3B y 4.3C), MD-YPI 18-02 (molde de una rastrillada compuesta por tres huellas de pies, Fig. 4.5), MPA-87-57-I-E (molde de yeso de una huella de pie y su correspondiente modelo tridimensional MT-87-57-I-E, Fig. 4.6 A, B y 4.6 C, D), MD-YPI-04-07 (molde de yeso de huella de mano, Fig. 4.7 A, B), MD-YPI-04-08 (molde de yeso de huella de pie y su modelo tridimensional MT-YPI-04-08, Figs. 4.8 A, B y 4.9 C, D), HC-17-01 (rastrillada de 14 huellas preservadas en el campo y el correspondiente modelo tridimensional MT-17-01, Figs. 4.9 A y 4.9 B,C,D), HC-17-02 a y HC-17-02 b (dos rastrilladas de 4 y 5 huellas respectivamente observadas en el campo y el modelo tridimensional correspondiente MT-17-02, Figs. 4.10A, B, 4.11A-H y 4.10 C, D), HC-17-03 (10 huellas próximas que componen una o más rastrilladas y el correspondiente modelo tridimensional MT-17-03, Figs. 4.12A, B, 4.13A-E y 4.12C, D), HC-18-01 (rastrillada de 11 huellas observadas en el campo y el modelo tridimensional correspondiente MT-18-01, Figs. 4.14A, B y 4.14C, D), HC-19-03 (rastrillada de seis huellas observadas en el campo, Fig. 4.15A,B), HC-17-04 (huella aislada observada en el campo, Fig. 4.16A), HC-17-05 (huella aislada observada en el campo, Fig. 4.16B), HC-17-06 (huella aislada observada en el campo, Fig. 4.16C), y HC-17-07 (huella aislada observada en el campo, Fig. 4.16D).

### **Descripción**

Holotipo: El holotipo originalmente descrito por Aramayo y Manera de Bianco (1987a) presentaba un excelente grado de preservación (grado 2.5-3 en la



escala de Marchetti *et al.* 2019). Consistía en una rastrillada de 13 huellas de pies subelípticos y manos subcirculares (Aramayo y Manera de Bianco 1987a, p. 527, Fig. 4 a-e). Varias de ellas, presentaban trazas de garras curvadas correspondientes al tercer dígito y sobreimpresión de pies en manos.

Neotipo: Corresponde a 8 huellas *in situ* (Fig. 4.1A-B) de las que se han rescatado 3 huellas de pies mediante un molde de caucho siliconado, denominado con la sigla MD-YPI-05-14 (Fig. 4.2 A-D). Estas presentan contorno subelíptico, con una relación LH/AH= 2,14 y trazas de garra de 15 cm de largo en promedio. La rastrillada compuesta por estas huellas presenta un ángulo de paso de 120° y el ancho promedio es de 1,22 m.

### **Material adicional**

MD-YPI-18-01 (Fig. 4.3 A-D) Corresponde a un molde de caucho siliconado de una rastrillada compuesta de 26 huellas de pies y manos. Estas últimas pueden aparecer registradas de manera parcial (Fig. 4.4A, B). De acuerdo a las fotografías de la rastrillada observada *in situ* (4.4A-D), puede observarse muy buen grado de preservación (3) con evidencias de trazas de garras (Fig. 4.4 A). Entre las huellas H7 y H8 se produce un cambio en la dirección de la rastrillada, con una variación de 20° en el ángulo de paso de los pies y aparecen trazas parciales de los miembros delanteros (Tabla 4.1, Apéndice 4).

De acuerdo al modelo tridimensional MT-YPI-18-01 junto al modelo de elevación (Fig. 4.3 C) y de curvas de isoprofundidad (Fig. 4.3 D) puede notarse una leve profundización de las huellas H8 y H9, pasando de 16,5 a 20-23 cm (Tabla 4.1, Apéndice 4).

MD-YPI 18-02 (Fig. 4.5A, B) Corresponde a una camisa y molde de caucho siliconado de una rastrillada parcial de tres huellas de pies, de forma subelíptica con trazas de garras difusas. La primera huella (H1 en Fig. 4.5B) correspondería a la impresión del pie derecho, mientras que las dos siguientes, pertenecerían a la del pie izquierdo.

MPA-87-57-I-E (Fig. 4.6 A-D) Corresponde a un molde de yeso que pertenece a una huella subelíptica (LH/LA=1,65) de un miembro posterior izquierdo y que

exhibe una traza de una garra muy clara de 15 cm de largo. El largo es aproximadamente de 57 cm y el ancho promedio es de 34 cm. A partir del modelo tridimensional MT-87-57-I-E (Fig. 4.6 B, C) se observa una profundidad promedio de 10-12 cm (Tabla 4.1, Apéndice 4).

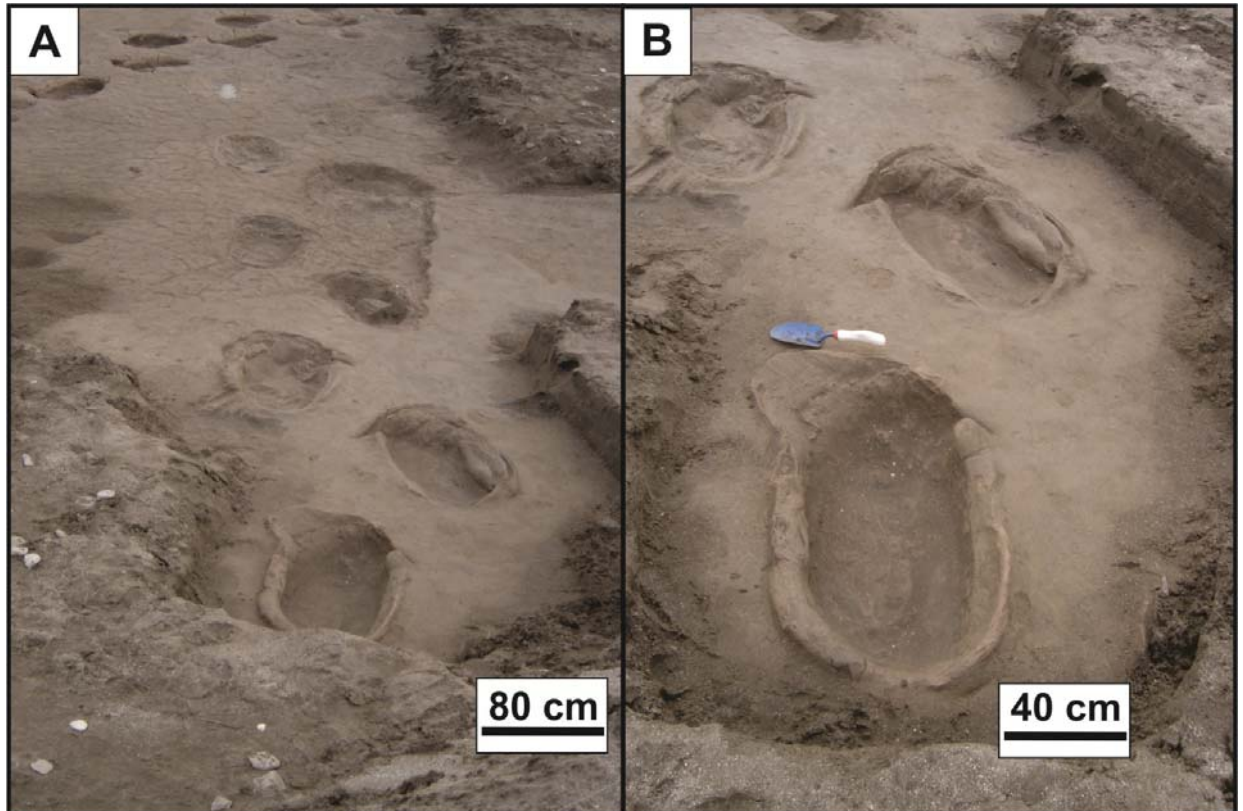


Figura 4.1. Huellas *in situ* que forman parte del Neotipo de *Neomegatherichnum pehuencoensis*. A. Vista oblicua de la rastrillada. B. Detalle de las huellas moldeadas (ver Fig. 4.2). (Fotos Dra. Teresa Manera de Bianco).

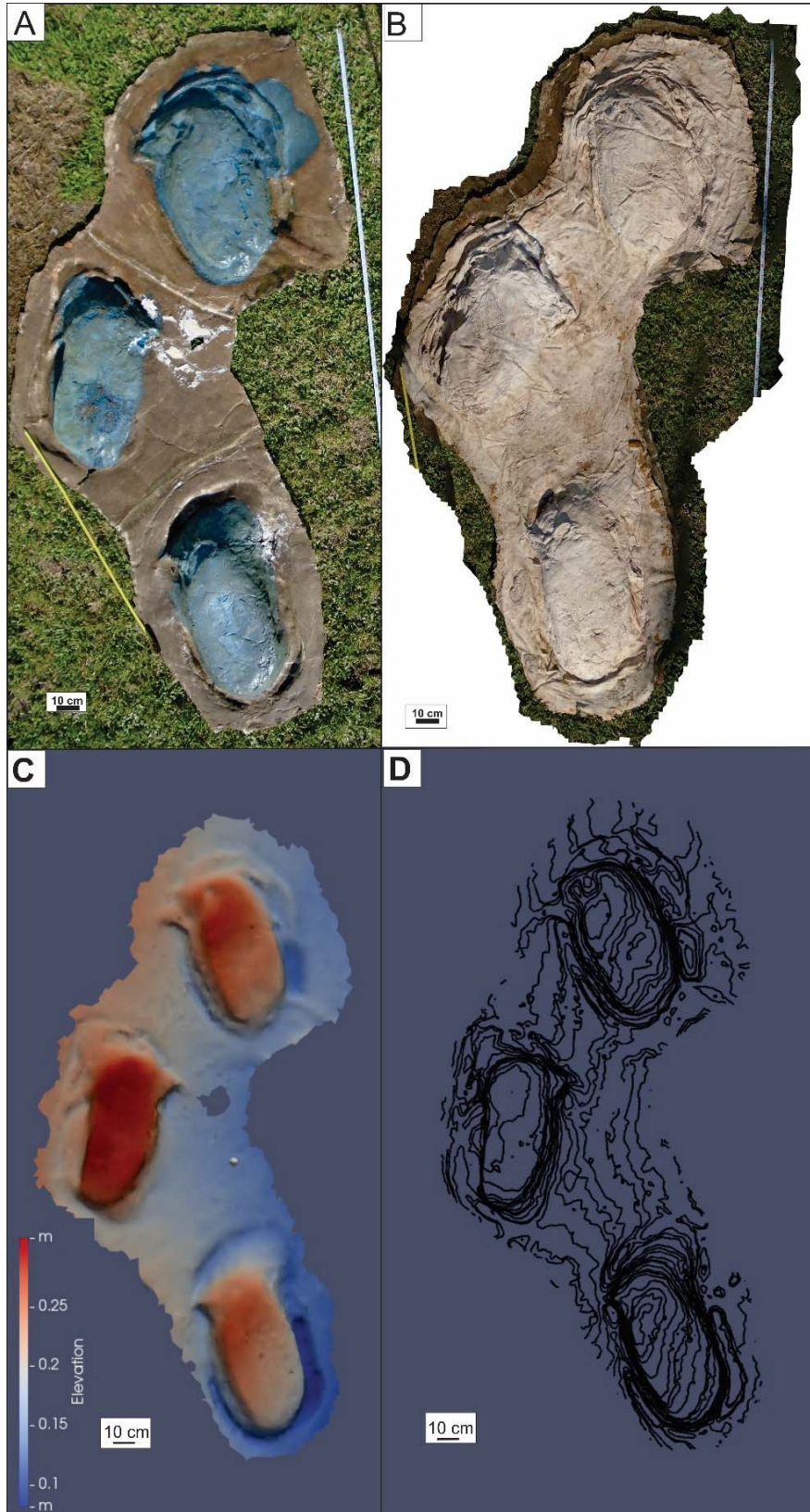


Figura.4.2. Parte del neotipo de *Neomegatherichnum pehuencoensis*. A. Camisa. B. Molde de caucho y silicona. C. Modelo de elevación refleja la altura de los moldes. D. Modelo de curvas de isoprofundidad representando la altura de los moldes.

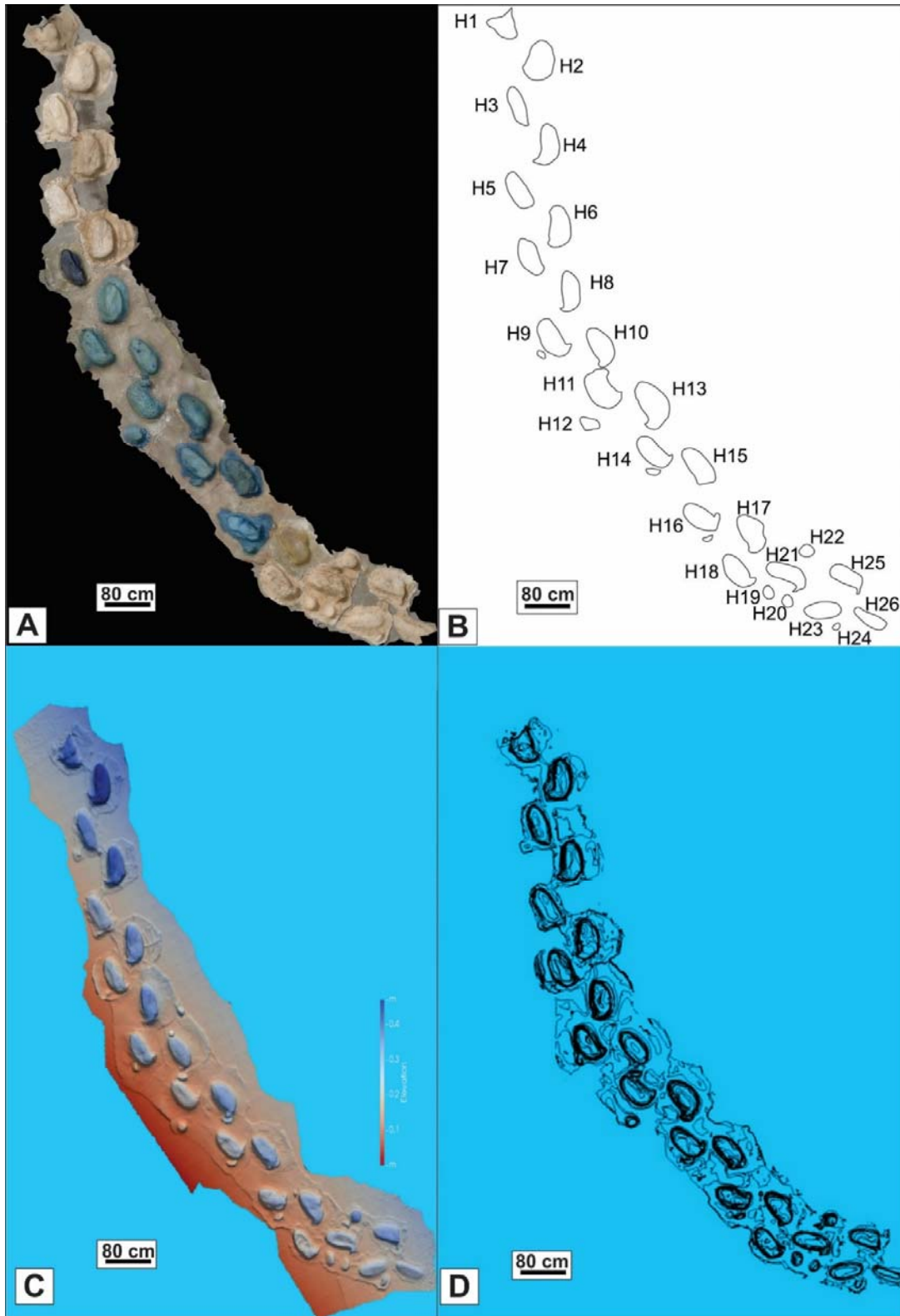


Figura. 4.3. *Neometherichnum pehuencoensis* (MD-YPI-18-01). A. Camisa. B. Esquema interpretativo de los moldes, mostrando impresiones de pies y manos, estas últimas parciales y localizadas. C. Modelo de elevación del molde de huellas, mostrando las mayores profundidades en el centro de la rastrillada. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

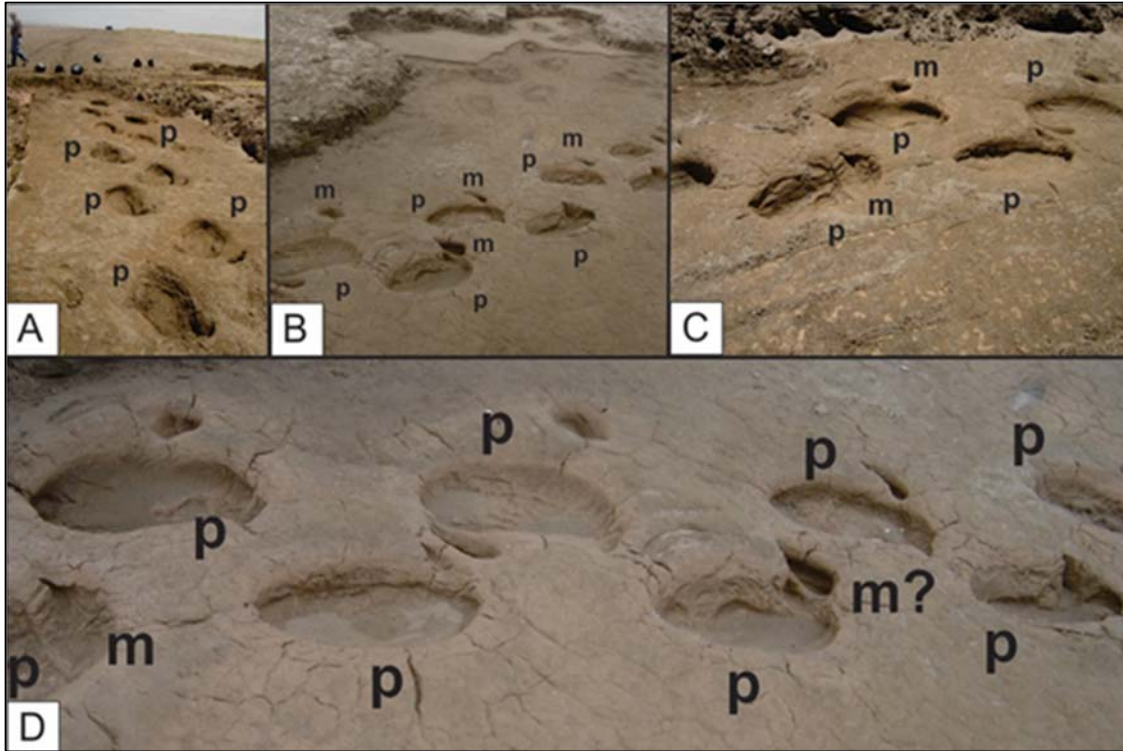


Figura 4.4. *Neomegatherichnum pehuencoensis*, vista *in situ* de la rastrillada de la cual se obtuvo el molde de la Figura 4.3. A. Vista frontal de una parte de la rastrillada. B. Vista lateral. C. Sobreimpresión de pie en mano. D. Vista lateral con más detalle de pies y posibles impresiones parciales de manos. (Fotos Dra. Teresa Manera de Bianco).

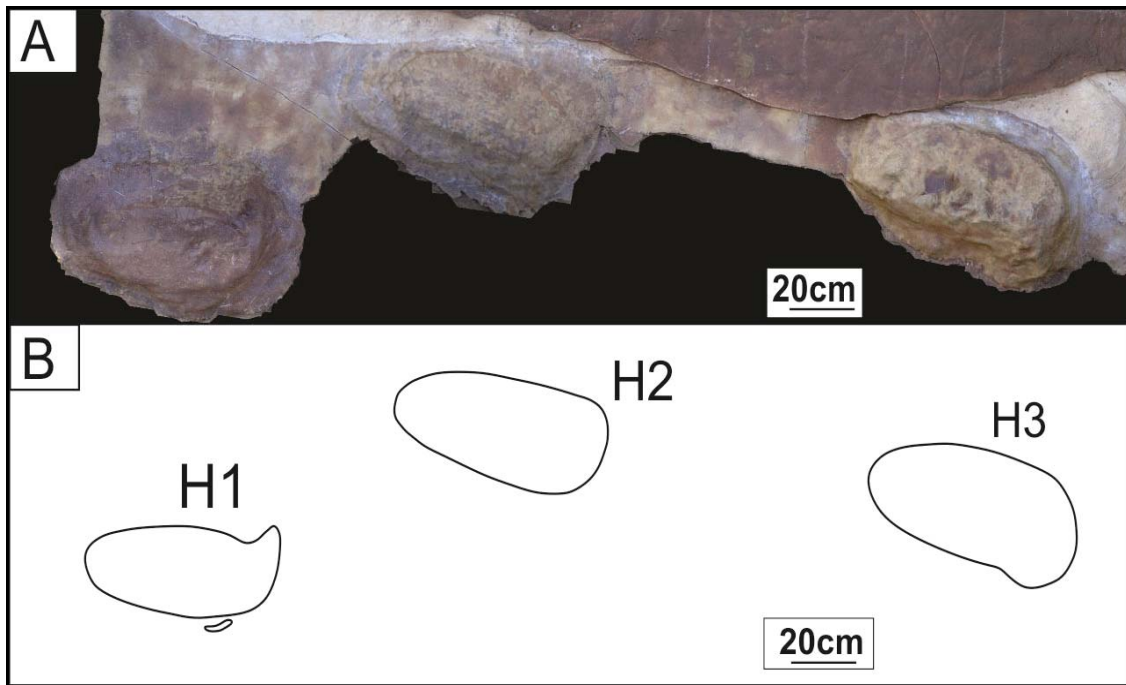


Figura 4.5. *Neomegatherichnum pehuencoensis* (MD-YPI-18-02). A. Molde con tres huellas. B. Esquema interpretativo.

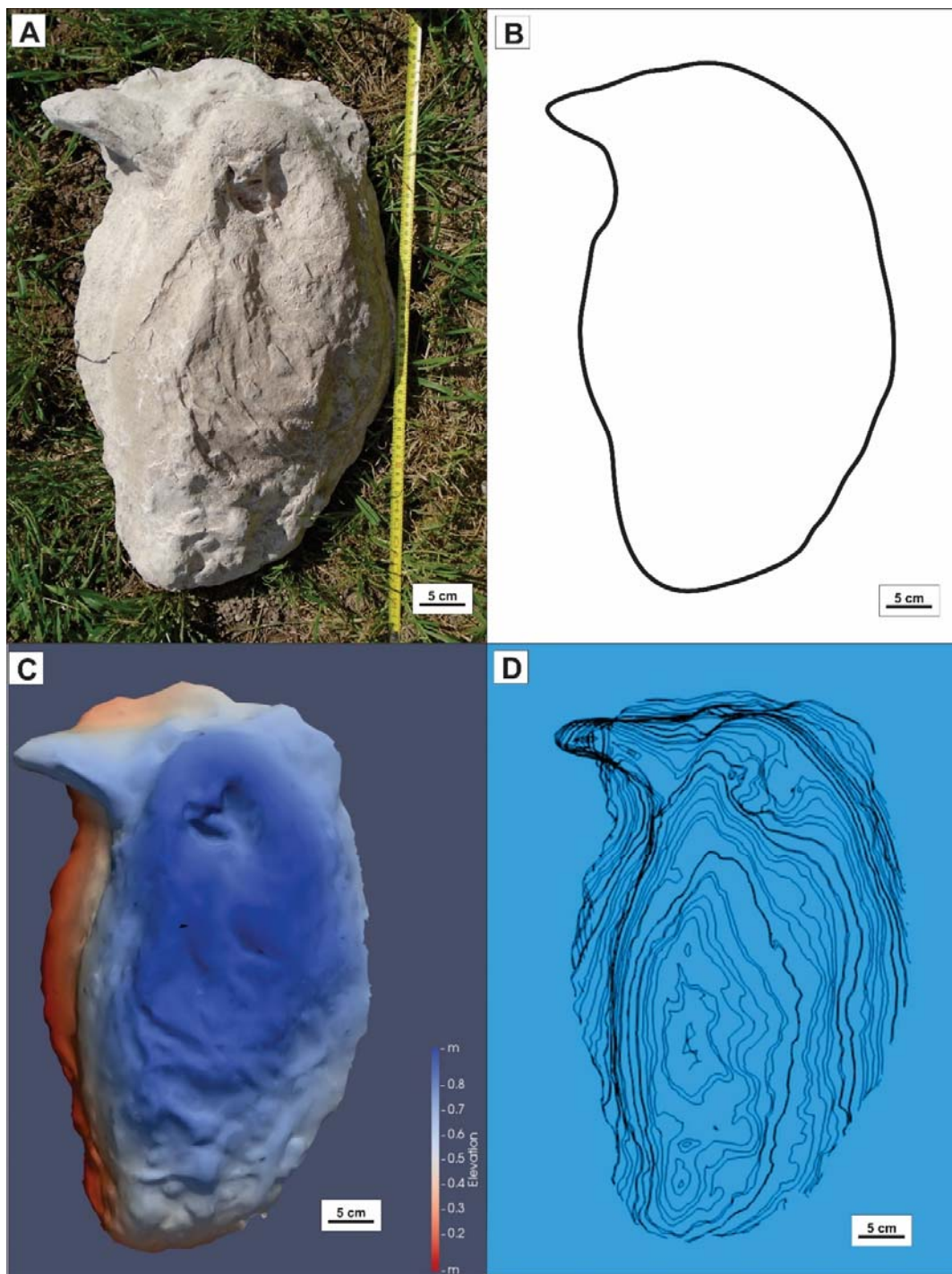


Figura 4.6. *Neomegtherichnum pehuencoensis* (MPA-87-57-I-E). Huella del pie izquierdo de un perezoso. A. Molde de yeso. B. Interpretación del contorno del molde. C. Modelo de elevación de la huella original. D. Modelo de curvas de isoprofundidad de la huella original.

MD-YPI-04-07 (Fig. 4.7 A-B) se refiere a un molde de yeso correspondiente a una huella de mano derecha de contorno subcircular, tomada de una rastrillada *in situ* de 33 huellas descrita por Aramayo y Manera de Bioanco (1996), el

mismo exhibe una garra de 10,5 cm de largo. El largo de la huella (LH) es de aproximadamente 31,5 cm y el ancho (AH) de 27 cm.

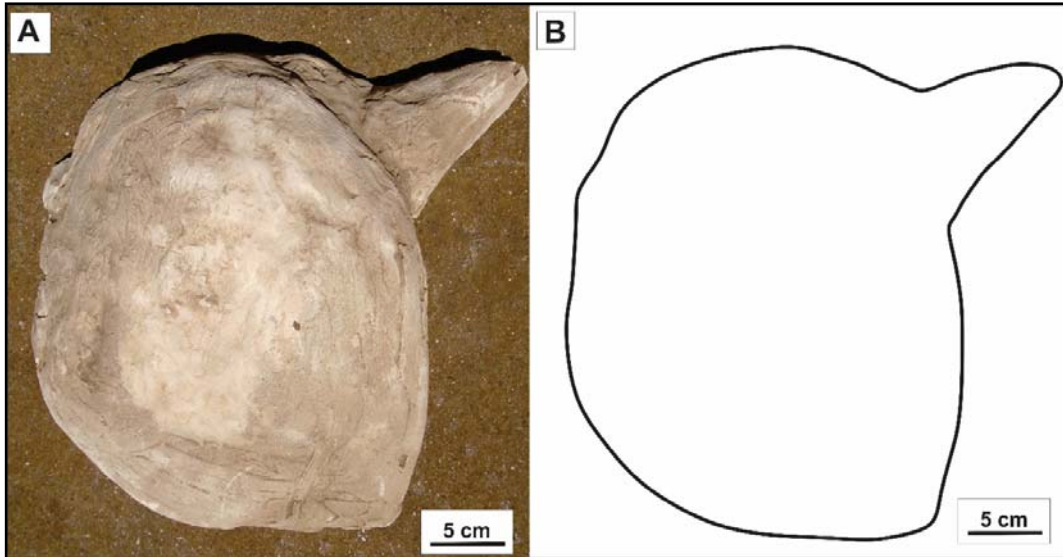


Figura 4.7. *Neomegatherichnum pehuencoensis* (MD-YPI-04-01). A. Molde de yeso correspondiente a huella de mano. B. Esquema interpretativo mostrando la morfología subcircular y la garra bien desarrollada

MD-YPI-04-08 (Fig. 4.8 A-D) corresponde a un molde de yeso perteneciente a una huella de pie izquierdo, tomada de una rastrillada *in situ* de 33 huellas descrita por Aramayo y Manera de Bianco (1996) y que presenta una traza de garra de 5 cm de largo. El largo de la huella es de 75 cm y el ancho de la misma es de 46 cm. A partir del modelo tridimensional MT-YPI-04-08 (Fig. 4.8C, D) es posible observar que, hacia el centro de la huella, la profundidad es aproximadamente 15-16 cm. Se observan posibles huellas indeterminadas sobreimpresas en su interior.

HC-17-01 (Fig. 4.9 A-D) procede del área 2, Sector Flamencos (Fig. 2.2 A) Corresponde a una rastrillada moderadamente preservada (1,5) de 14 huellas *in situ*, que se compone por 9 impresiones de pies y otras 5 de posibles manos. Tanto las huellas de pies como las de manos, presentan forma subelíptica ( $LH/AH= 1,81$  para pies,  $LH/AH=1,41$ , para manos). El largo y ancho promedio para las impresiones de pies es 75,3 cm y 43,1 cm y para las manos 67 cm y 44 cm, respectivamente. El ancho externo promedio de la rastrillada es de 1,27 m (Tabla 4.1, Apéndice 4). En el modelo tridimensional (MT-17-01, Fig. 4.9 B, C) las mayores profundidades se observan en las huellas de pies 6 y 7, las cuales

oscilan entre 19 y 20 cm.

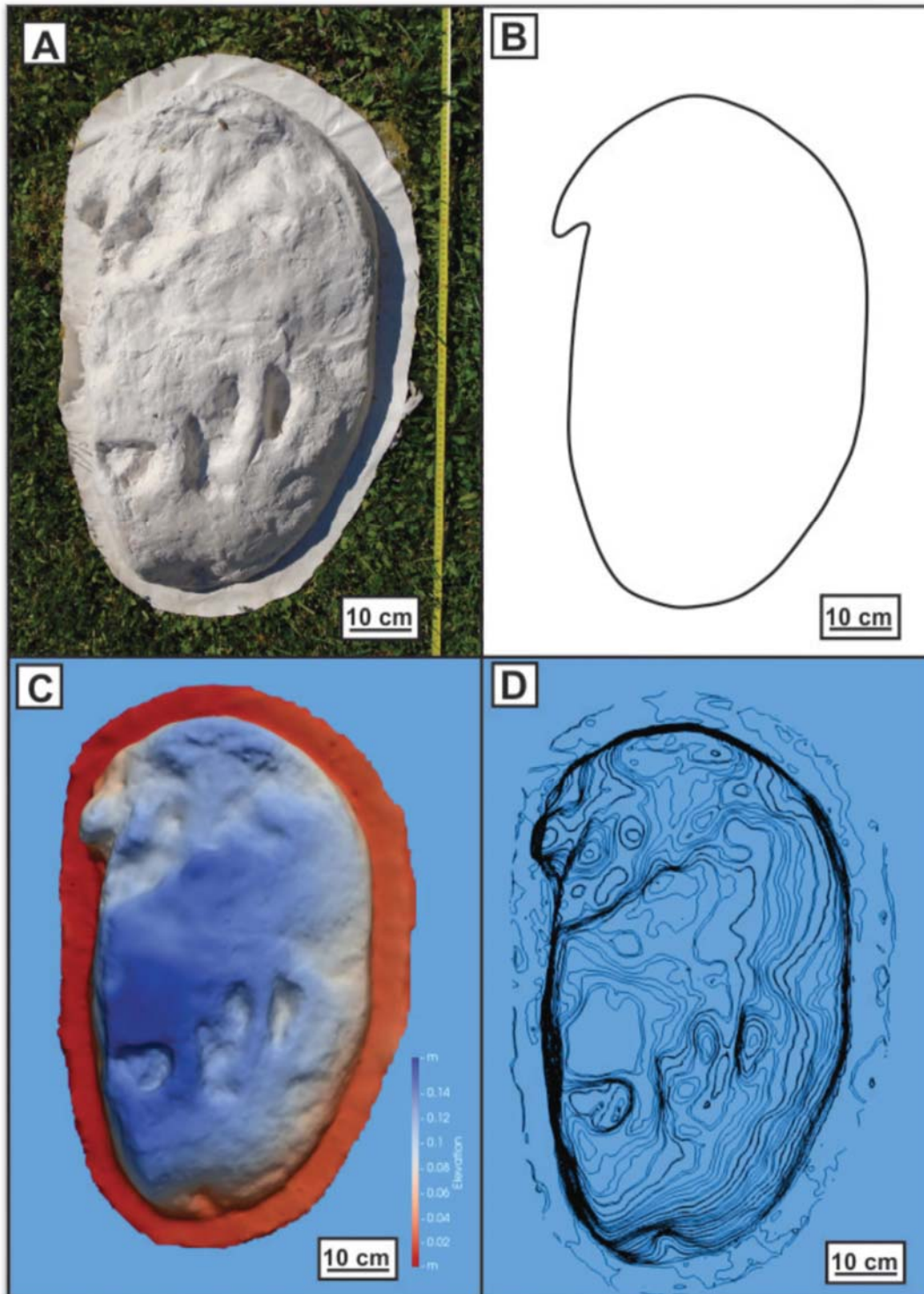


Figura 4.8. *Neomegatherichnum pehuencosis* (MD-YPI-04-08). A. Molde de yeso correspondiente al pie, con algunas huellas indeterminadas en su interior. B. Interpretación del contorno del molde. C. Modelo de elevación de la huella original. D. Modelo de isoprofundidad.



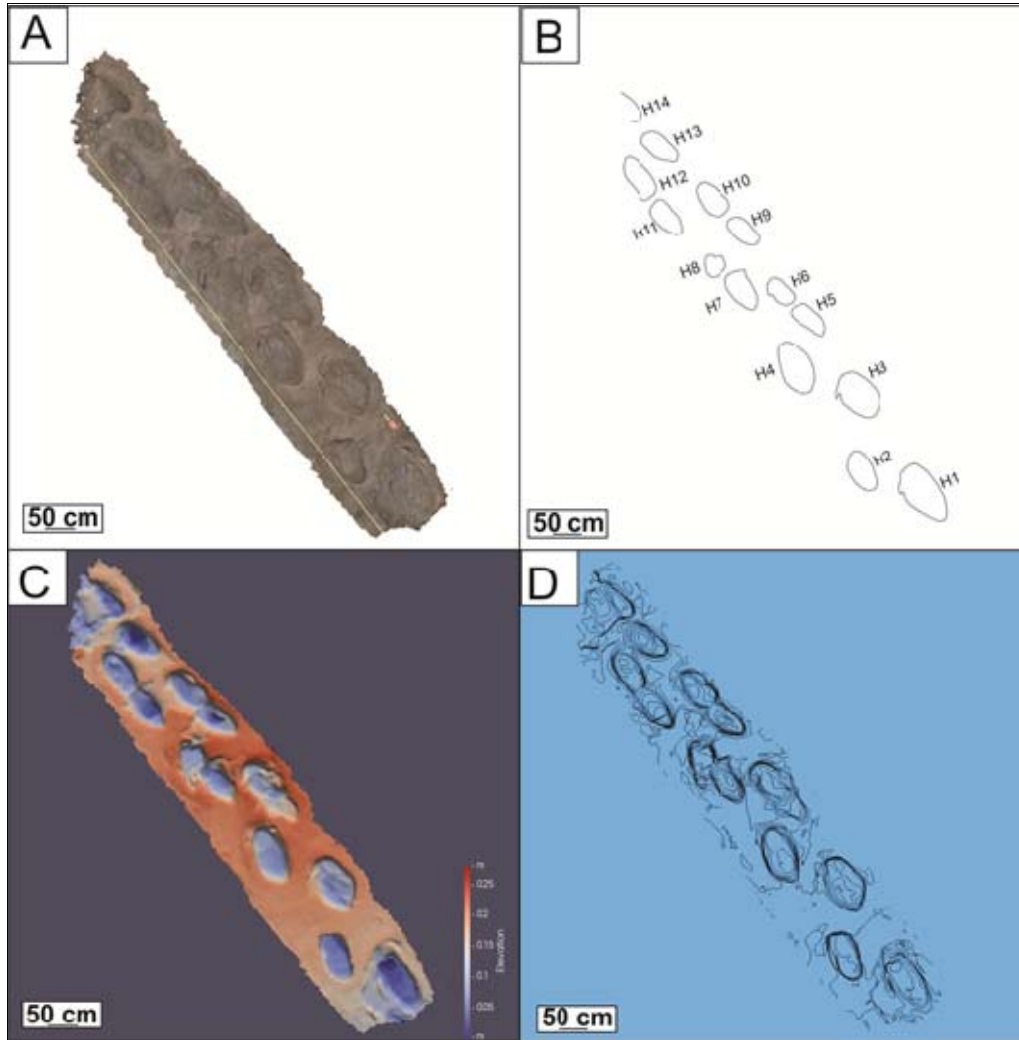


Figura. 4.9. *Neomegatherichnum pehuencosis* (HC-17-01). A. Ortomosaico de la rastrillada *in situ*. B. Interpretación mostrando huellas de pies sobreimprimiendo en manos. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isopropundidad.

HC-17-02 (Fig. 4.10 A-D, 4.11 A-H) procede del área 2, Sector Flamencos (ver localización en Fig. 2.2 A). Corresponde a dos rastrilladas *in situ*, separadas entre sí por una distancia promedio de 60 cm, que se designan HC-17-02a y HC-17-02b. La rastrillada HC-17-02a muestra un grado de preservación de 2 para las dos primeras huellas y de 1.5-1 para las dos últimas huellas. Las 4 huellas son de contorno subelíptico, mostrando una relación LH/AH = 1,84. Tres huellas serían de los miembros posteriores y una del miembro anterior (Fig. 4.10B). El tamaño promedio de las impresiones de pies es 104,5 cm de largo y 54,6 cm de ancho, mientras que la impresión de mano es promedio 73 cm de largo y 43 cm de ancho. El paso doble o zancada (LZ) de los pies es en promedio 163 cm (Tabla 4.1, Apéndice 4). La rastrillada HC-17-02 b presenta moderado grado de

preservación al inicio de la rastrillada (2) y regular a malo hacia el final (1). En ella, se puede diferenciar cinco huellas de pies, de tamaño menor que las observadas en la rastrillada anterior. El promedio de largo para las impresiones de pies es de 60,45 cm y el ancho de 31,65 cm. La zancada es menor que la de la rastrillada anterior, siendo aproximadamente 124,9 cm. En la Tabla 4.1 (Apéndice 4) se detallan medidas adicionales. El modelo tridimensional de ambas rastrilladas (MT-17-02, Fig. 4.10 D, E) sugiere que las profundidades de las huellas de ambas rastrilladas se mantienen constantes, cercana a los 9,5 cm (Tabla 4.1, Apéndice 4). En ambas rastrilladas (Fig. 4.11 A, B) pueden observarse impresiones parciales de manos que aparecen parcial (Fig. 4.11 C-F) o totalmente cubiertas por la impresión del pie (Fig. 4.11 G, H).

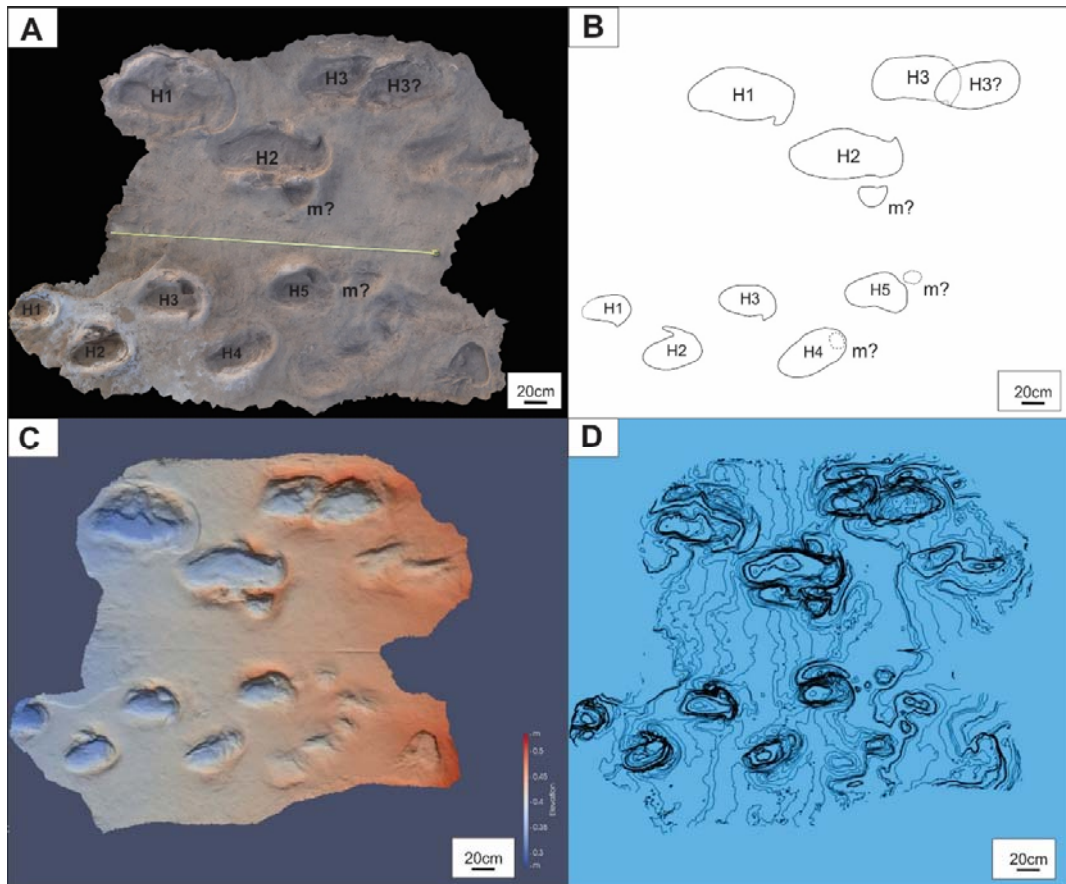


Figura 4.10. *Neomegatherichnum pehuencosis* (HC-17-02) A. Huellas in situ que conforman las dos rastrilladas, HC-17-02a (arriba) y HC-17-02b (abajo). B. Diagrama interpretativo. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

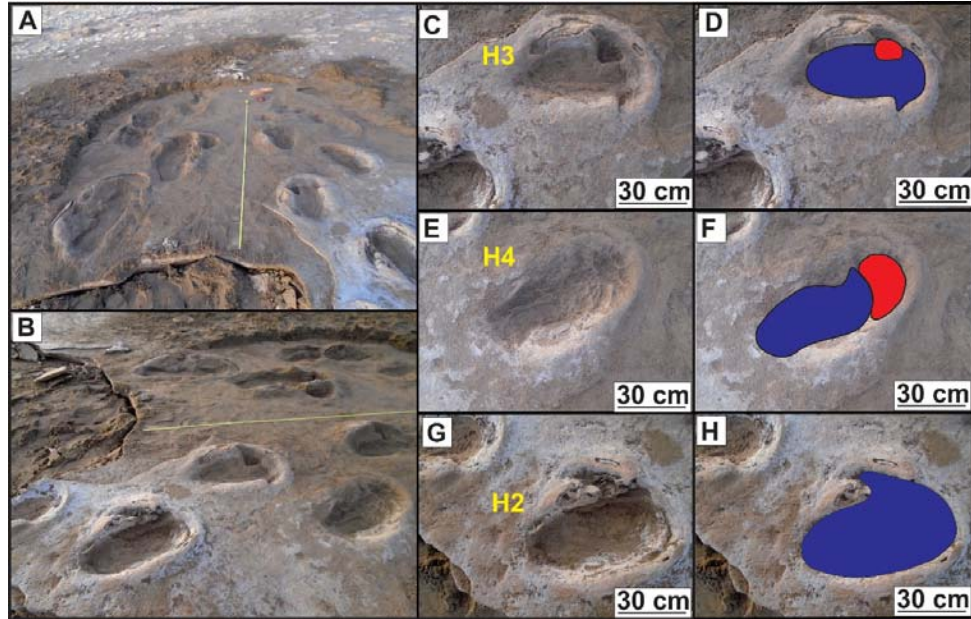


Figura. 4.11 *Neomegatherichnum pehuencosis* (HC-17-02). A. Rastrilladas *in situ*. B. Rastrilladas *in situ*, vista oblicua. C, D. Huella de pie correspondiente a la rastrillada HC-17-02b (en rojo posible huella de mano). E, F. Huella de pie (azul) sobreimprimiendo parcialmente la impresión de mano (rojo). G, H. Huella de pie sin presencia de la huella de mano.

HC-17-03 (Fig. 4.12A-D, 4.13A-E). Procede del área 2, Sector Flamencos (ver localización en Fig. 2.2 A) y hace referencia a un conjunto de rastrilladas observadas *in situ*, con bajo grado de preservación (1-1,5) que posee 10 huellas de contorno subelíptico (promedio LH/AH = 1,67). La mayoría de estas corresponderían a impresiones de pies y con escasas trazas de garras posiblemente debido a la erosión actual. También se observan impresiones parciales de manos. El largo promedio de las huellas es 51,82 cm y el ancho 30,13 cm. Si bien el grado de preservación es bajo, es posible identificar dos rastrilladas individuales y subparalelas, con contrastante profundidad (Fig. 4.12 B). Otras medidas se detallan en la Tabla 4.1 (Apéndice 4). De acuerdo al modelo tridimensional (MT-17-03, Fig. 4.12 C, D) las mayores profundidades de las huellas se observan en las que se ubican hacia el suroeste, con valores que oscilan entre 12 -15 cm. Se observa la presencia de impresiones de manos inmediatamente por delante de las impresiones de pies (Fig. 4.13 A-C) y también a los lados (Fig. 4.13 D, E).

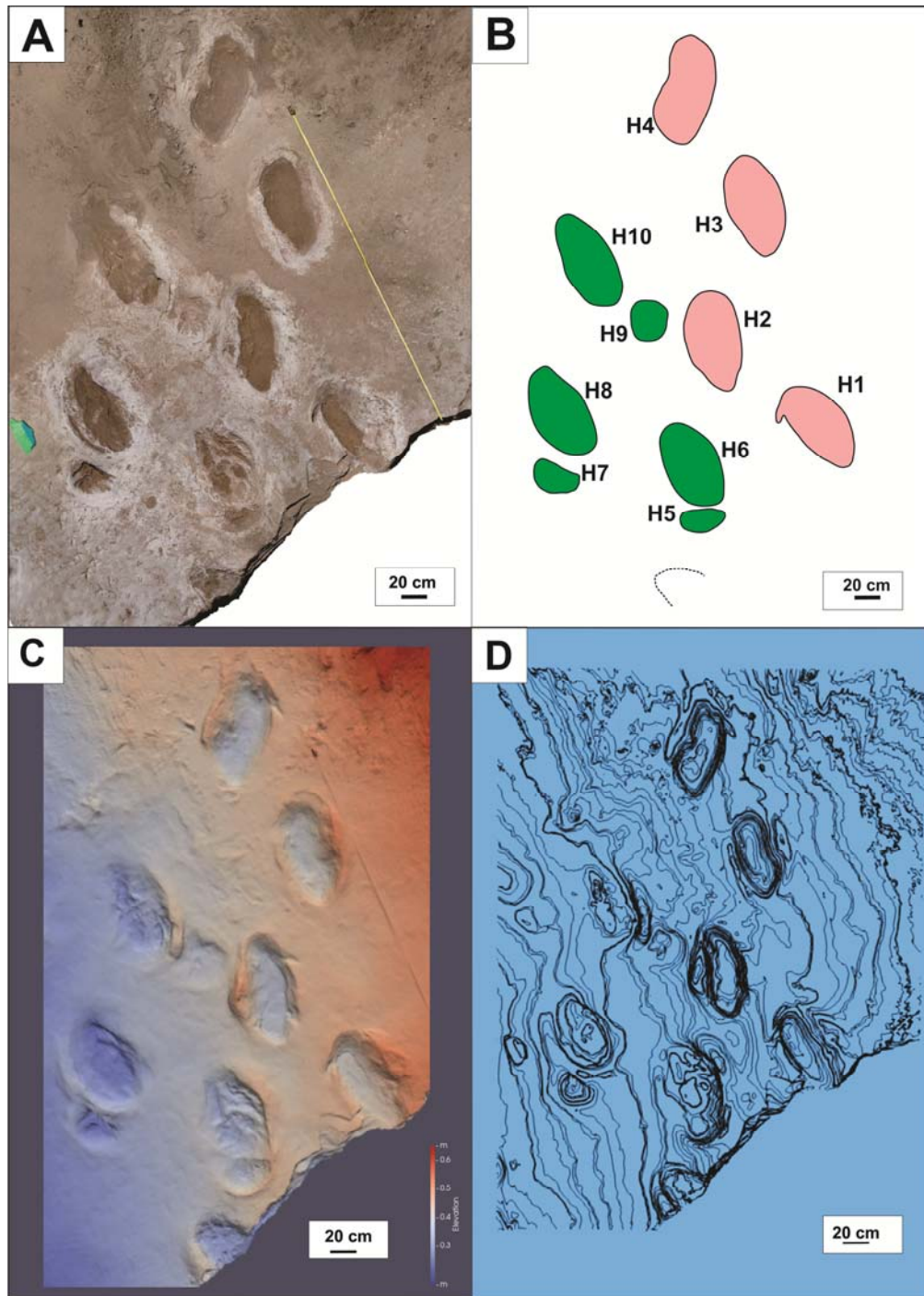


Figura 4.12. *Neomegatherichnum pehuencosis* (HC-17-03). A. Ortomosaico con huellas *in situ*. B. Esquema interpretativo, donde se representan posiblemente dos rastrilladas individualizadas por diferentes colores. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isopropundidad.

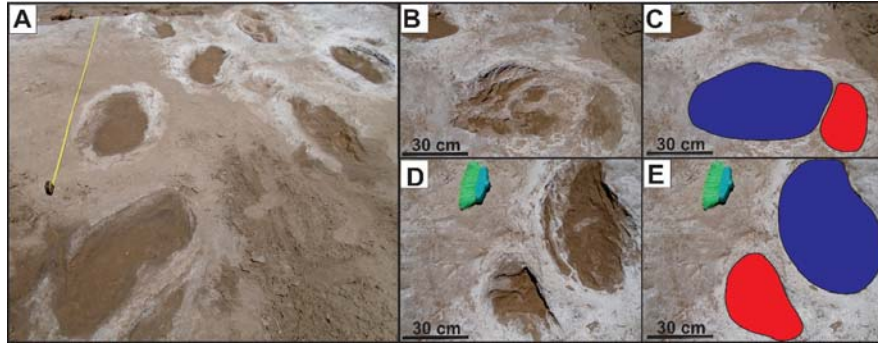


Figura. 4.13. *Neomegatherichnum pehuencosis* (HC-17-03). A. Vista oblicua de huellas *in situ*. B, C. Impresión de mano (rojo) por delante del pie (azul). D, E. Impresión de mano (rojo) al lado del pie (azul).

HC-18-01 (Fig. 4.14 A-D) procede del área 2, Sector Tres Palos (ver localización en Fig. 2.2 A), es una rastrillada de 11 huellas observada en el campo con un buen grado de preservación (2). Las huellas son de contorno subelíptico, con una relación largo / ancho promedio (LH/AH) de 1,66. En este ejemplar, es posible identificar 2 huellas parciales de manos y 9 de pies, estas últimas se aprecian más claramente. El largo promedio para pies y manos es 73,27 cm y 22,35; mientras que el ancho promedio es de 44,03 cm y 20,85 cm, respectivamente. El ancho externo promedio de la rastrillada es de 1,85 m y el ángulo de paso para los pies se ubica en 94,14°. La Tabla 4.1 (Apéndice 4) detalla más mediciones sobre este ejemplar. El modelo de elevación (MT-18-01, Fig. 4.14 C, D) permite apreciar que la profundidad de las huellas es aproximadamente 12-15 cm.

HC-19-03 (Fig. 4.15 A, B) procede del área 3, Sector Huellas Humanas Este (ver localización en Fig. 2.2 B), es una rastrillada de 6 huellas de pies *in situ*, subelípticas, con bajo grado de preservación (1-1.5) que ha sido identificada en una superficie con numerosas huellas mal definidas. El ancho externo promedio de la rastrillada es de 0,54 m. La mayoría de las impresiones, son de forma subelíptica y pertenecerían a miembros posteriores. El largo promedio es de 34,52 cm y el ancho de 19,72 cm (Tabla 4.1, Apéndice 4).

HC-17-04 (Fig. 4.16A) procede del área 2, Sector Flamencos (ver localización en Fig. 2.2 A), es una huella aislada de pie, de contorno subelíptico (LH/AH= 1,62) con muy buen grado de preservación (3). El largo es de 72,65 cm y el ancho es 44,8 cm. Presenta una traza de garra de 9,8 cm (Tabla 4.1, Apéndice 4).

HC-17-05 (Fig. 4.16B) procede del área 2, Sector Tres Palos (ver localización en

Fig. 2.2 A) y corresponde a una huella individual de pie, observada *in situ*, con grado de preservación moderado (2). Es de contorno subelíptico (LH/AH= 1,77), su largo es de 67,6 cm mientras que el ancho es 38,3 cm (Tabla 4.1, Apéndice 4). No se observa traza de garra.

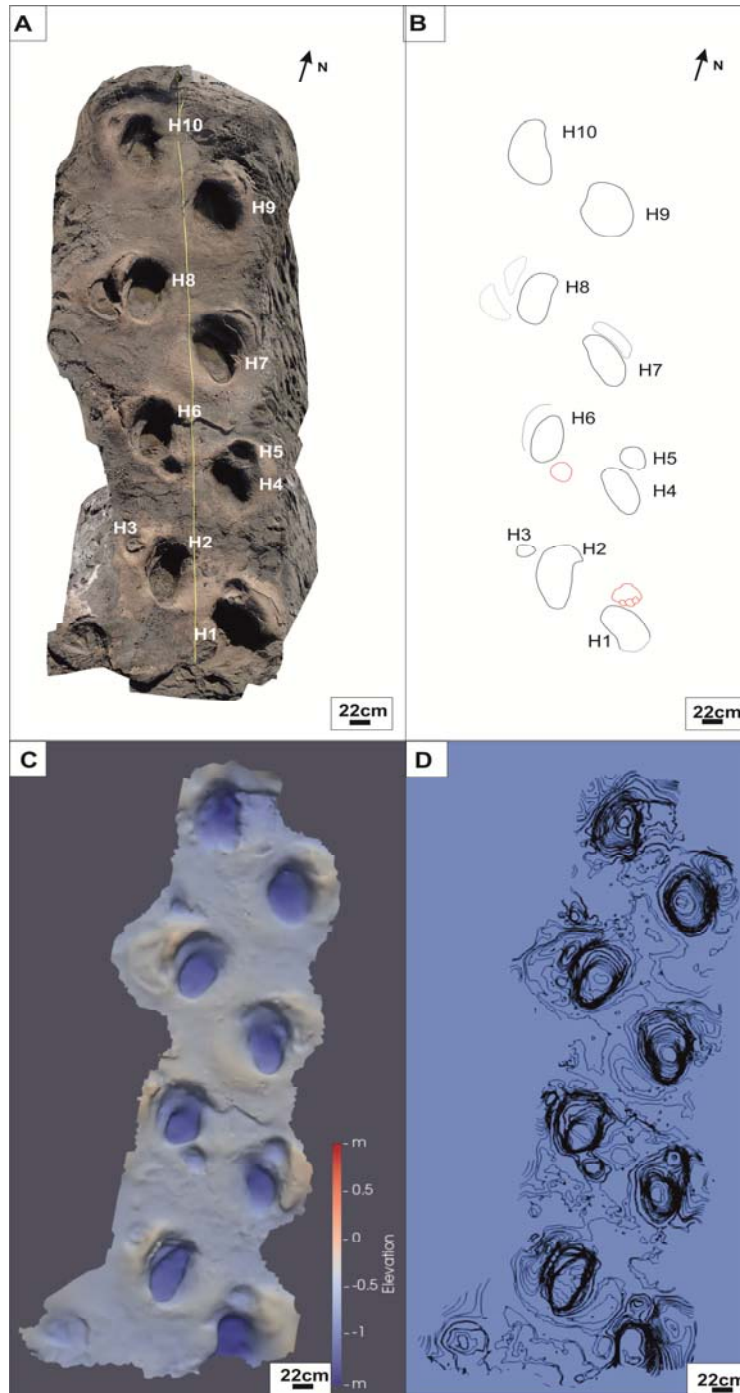


Fig. 4.14. *Neomegatherichnum pehuencosis* (HC-18-01). A. Rastrillada *in situ*. B. Esquema interpretativo. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

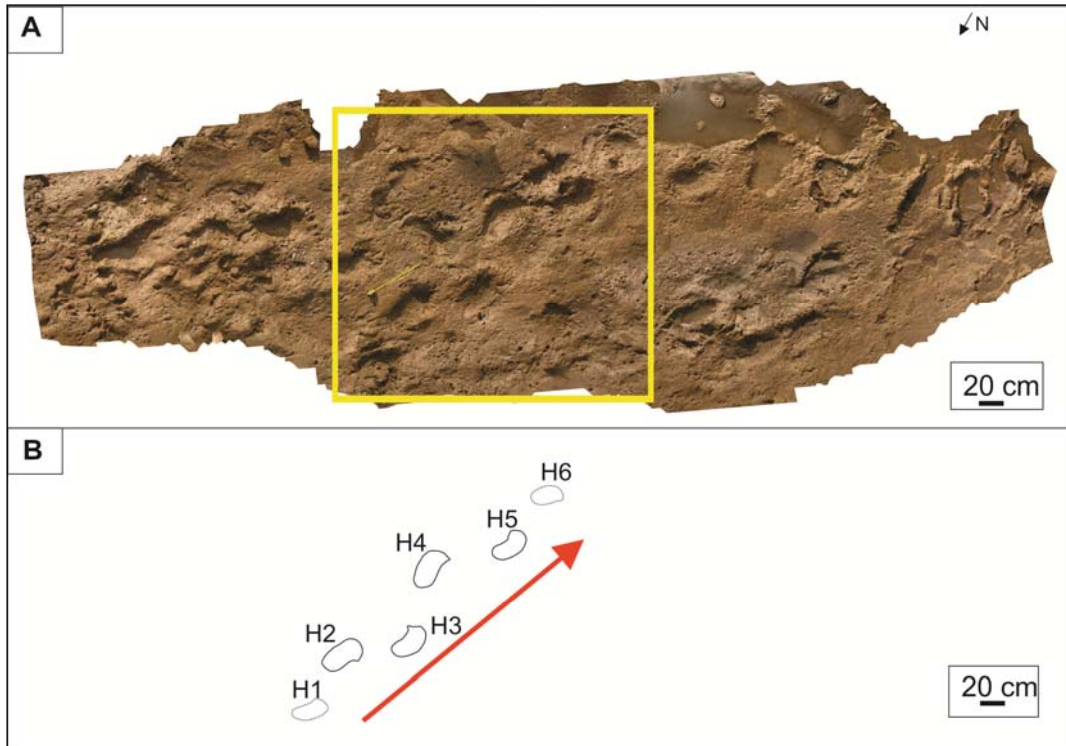


Fig. 4.15. *Neomegatherichnum pehuencosis* (HC-19-03) A. Ortomosaico de la rastrillada *in situ*. B. Esquema interpretativo y posible dirección de desplazamiento del productor

HC-17-06 (Fig. 4.16C) procede del área 2, Sector Tres Palos (ver localización en Fig. 2.2A) corresponde a la subtraza de una huella subelíptica perteneciente al pie (LH/AH= 1,98) observada en el campo, con bajo grado de preservación (0,5-1). El largo de la misma es de 79,35 cm y el ancho es de 40 cm (Tabla 4.1, Apéndice 4). No se observa traza de garra.

HC-17-07 (Fig. 4.16D) procede del área 2, Sector Tres Palos (Fig. 2.2 A), es una huella subelíptica del pie observada *in situ*, con bajo grado de preservación (0,5). El largo es de 74,5 cm y el ancho es de 45,2 cm, lo que da una relación LH/AH = 1,65 (Tabla 4.1, Apéndice 4). No presenta traza de garra y probablemente sería una subtraza.

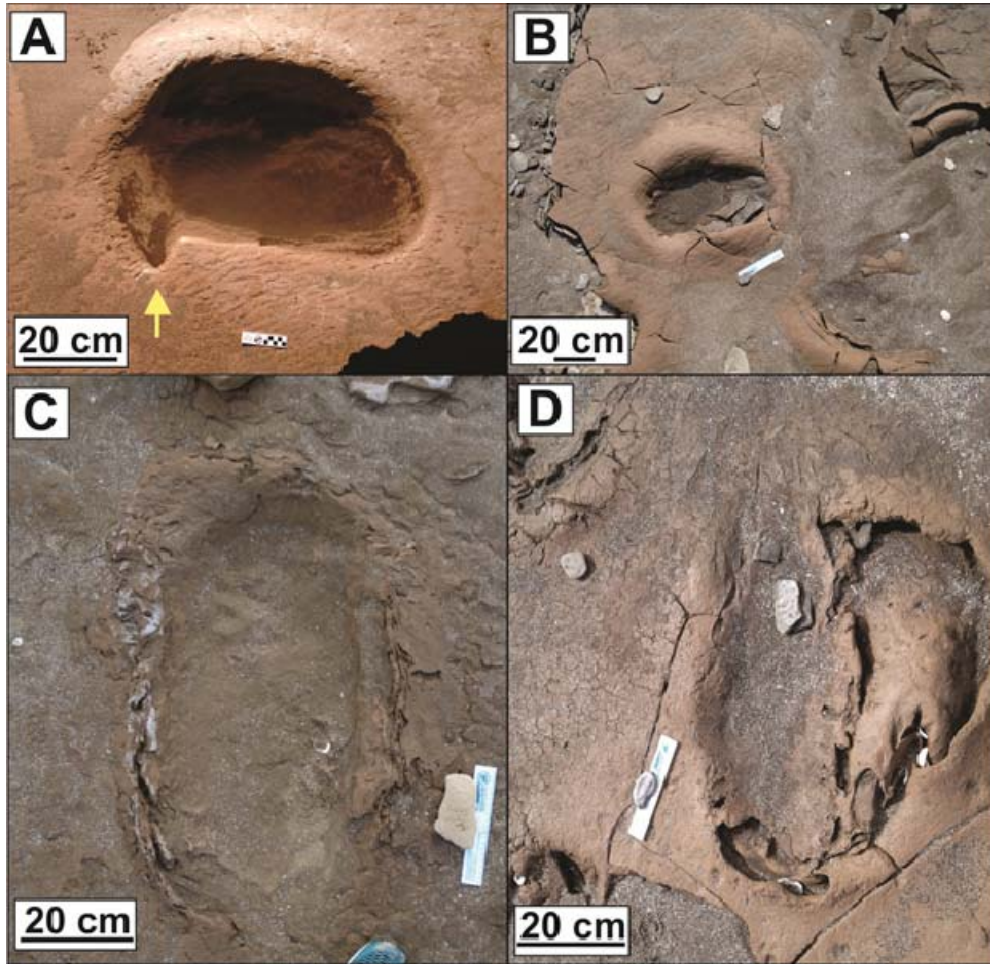


Figura 4.16. *Neomegatherichnum pehuencosis*. A. HC-17-04, corresponde a pie derecho con marca de garra. B. HC-17-05, corresponde a pie derecho *in situ* sin presencia clara de marca de garra. C. HC-17-06, posiblemente corresponda a pie izquierdo *in situ*, no se aprecia marca de garra. D. HC-17-07, posiblemente corresponda a pie derecho *in situ*, no se aprecia marca de garra.

### Comentarios

Los materiales descritos anteriormente han sido clasificados dentro del icnogénero *Neomegatherichnum pehuencoensis*, ya que en su gran mayoría las impresiones analizadas presentan morfología subelíptica, demostrada por la relación promedio de LH/AH (1,87 para pies y 1,25 para las manos). Gran parte de las huellas presentan trazas de garra correspondientes al tercer dígito con un largo promedio de 8,76 cm (rango= 4-15, n= 14), en algunos casos estas trazas están ausentes muy posiblemente debido a cuestiones preservacionales, dado que en una misma rastrillada pueden aparecer huellas con y sin trazas de garra (Figs. 4.3, 4.10, 4.14).

De acuerdo a lo observado en los diversos ejemplares analizados, esta



icnoespecie se caracteriza por presentar distintos grados de impresión del pie sobre la mano, la que siempre es de menor tamaño. Para el caso del ejemplar MD-YPI-18-01 (Fig. 4.3 A, B) la sobreimpresión es casi total y solo se observa la impresión parcial de la mano en escasos tramos de la rastrillada. Esto ocurre cuando se produce una variación de aproximadamente  $28^\circ$  en la orientación de la rastrillada a partir de H11, y de  $38^\circ$  a partir de H21 (Tabla 4.1, Apéndice 4). Algunas fotos de esta rastrillada observada en el campo, evidencian que la mano está presente en ciertos tramos de la misma, quedando parcial o totalmente cubierta por la impresión del pie (Fig. 4.4 C).

En cuanto al ejemplar HC-17-01 se aprecia la presencia de impresiones de manos de manera parcial (Fig. 4.9 A, B) que quedan evidenciadas cuando se produce un aumento en el largo de paso y de la zancada (LP= 63,2 a 80,3 cm y LZ= 135 a 157,5 cm) junto con el ángulo de paso ( $95^\circ$  a  $115^\circ$ ) (Tabla 4.1, Apéndice 4).

Otro ejemplo que muestra impresiones parciales de manos son los ejemplares HC-17-02a y HC-17-02b (Fig. 4.10 A, B). Las rastrilladas exhiben un cambio gradual de la proporción de sobreimpresión de los pies sobre las manos, siendo escasa en algunas huellas (Fig. 4.11 F), parcial en otras (Fig. 4.11 D) y total en otras (Fig. 4.11 H). Sin embargo, esto no parece relacionarse a ningún cambio en los parámetros de la rastrillada y probablemente tenga cierta relación con el largo de los autopodios de los productores.

La rastrillada HC-18-01 (Fig. 4.14A, B) mantiene sus parámetros relativamente homogéneos y solo presenta dos impresiones de manos que aparecen cuando hay un aumento localizado de la longitud del paso (71 a 106 cm) (Tabla 4.1, Apéndice 4).

Si bien en primera instancia algunos autores dieron por sentado que este tipo de huellas pertenecían a un animal de locomoción predominantemente bípeda (Casamiquela 1974, 1983, 1987), dada la ausencia de las impresiones de los miembros delanteros, trabajos posteriores efectuados en sitios con huellas análogas (McDonald 2007) consideraron muy probable que las huellas de manos en realidad estaban sobreimpresas por las huellas de pies y que solo eran evidentes cuando se producían cambios en los parámetros de la rastrillada. Esta característica seguramente esté relacionada con el esqueleto del productor y

será tratada en el capítulo 5.

#### 4.2.3. Icnogénero

#### ***Myodontidichnum* Aramayo y Manera de Bianco, 1987a.**

Icnoespecie tipo

*Myodontidichnum rosalensis* (Aramayo y Manera de Bianco 1987a)

Diagnosis enmendada

Rastrillada cuadrúpeda de un animal plantígrado, con huellas de tamaño mediano a grande, pie subelíptico, mano sub-circular. La huella del pie es mayor de 0,5 m (el promedio de la relación longitud / ancho de huella es mayor que 2), típicamente con un contorno arqueado y la parte posterior más estrecha, eje de la huella del pie paralelo a la línea media de la rastrillada o ligeramente dirigido hacia adentro, ángulo de paso moderado. Huella del pie con una cresta marginal lateral y anterior; hasta tres impresiones de dígitos anchos y romos relacionados con tres trazas de garras cortas, divergentes y orientadas lateralmente. Huella de la mano raramente preservada, subcircular, ligeramente más larga que ancha, longitud de la huella de la mano aproximadamente la mitad de la longitud de la huella del pie e impresa anterior y / o lateralmente a la huella de pie.

#### **Comentarios**

Se introducen cambios para hacer la diagnosis diferencial, de acuerdo al Código Internacional de Nomenclatura Zoológica.

*Icnoespecie*

*Myodontidichnum rosalensis* (Aramayo y Manera de Bianco 1987a)

Figs. 4.17-4.21

? 2005 cf. *Myodontidichnum rosalensis*; Tassara *et al.*, fig. 3 A-C, 4  
2013 *Myodontidichnum* isp.; Melchor *et al.*, p. 39, fig. 4C

2015 *Mylodontidichnum rosalensis*; Aramayo *et al.*, p. 146-148, fig. 4 A-D  
 non 2018 cf. *Mylodontidichnum* isp. A; Weems, p. 738, fig. 8 A-B.  
 2018 “ground sloth track”; Bustos *et al.*, p. 2, fig. 2 A-C, 2 E, 2 I, 2 J

Diagnosis: la misma que el icnogénero, única icnoespecie conocida.

#### Holotipo

El holotipo propuesto por Aramayo y Manera de Bianco (1987a) consiste en una rastrillada *in situ* compuesta por 23 huellas de manos y pies que fueron destruidas por la erosión marina (Fig. 4.17 A).

#### Neotipo

El neotipo pertenece a 13 huellas *in situ* (Fig. 4.17 B) que se compone por 9 huellas de pies y 4 huellas de manos. MD-YPI-05-12 es el molde de caucho siliconado del neotipo analizado (Fig. 4.17 A, B).

#### Material adicional y procedencia

Los materiales analizados corresponden a dos rastrilladas *in situ* procedentes del área 2 y un material correspondiente a huellas *in situ* observadas en el área 3 (ver localización en Fig. 2.2 B). HC-17-10 (rastrillada de 3 huellas observadas en el campo, Fig. 4.19 A, B), HC-17-08 (rastrillada de 3 huellas observadas *in situ*, Fig. 4.20 A, B, C), HC-19-01 (dos huellas *in situ*, Fig. 4.21 A, B, y su correspondiente modelo tridimensional, Fig. 4.21 C, D).

#### Descripción

Holotipo. Se trata de 23 huellas halladas *in situ* por Aramayo y Manera de Bianco (1987a) plantígradas, subelípticas, de igual ancho en su parte anterior y media, más estrechas en el extremo posterior y que se disponen de forma casi paralela a la rastrillada (Fig. 4.17A). Cuando presentan rebaba, esta se dispone en el

lateral externo y en la parte anterior de cada huella, en algunos casos, presentan una escotadura latero-interna, indicando la impresión de la garra del tercer dedo del pie (Aramayo y Manera de Bianco 1987a).

Neotipo. El ejemplar MD-YPI-05-12 se compone de un molde de 12 huellas, tomadas de las 13 huellas *in situ* (Fig. 4.17B, C). El largo promedio de las huellas de pie es de 49,86 cm y el largo promedio de las huellas de mano es de 14,5 cm. En cuanto al ancho, los valores promedio son 25,41 cm y 14,6 cm, respectivamente. La relación LH/AH promedio es 2,06 para las impresiones de pies y 0,99 para las impresiones de manos. La rastrillada se presenta curvada, con un ángulo de giro próximo a 90° que dificulta medir sus parámetros con precisión (Figs. 4.18A, B). De acuerdo a algunas fotografías del material original correspondiente al neotipo, puede observarse la presencia de tres marcas de garras (Fig. 4.17C).

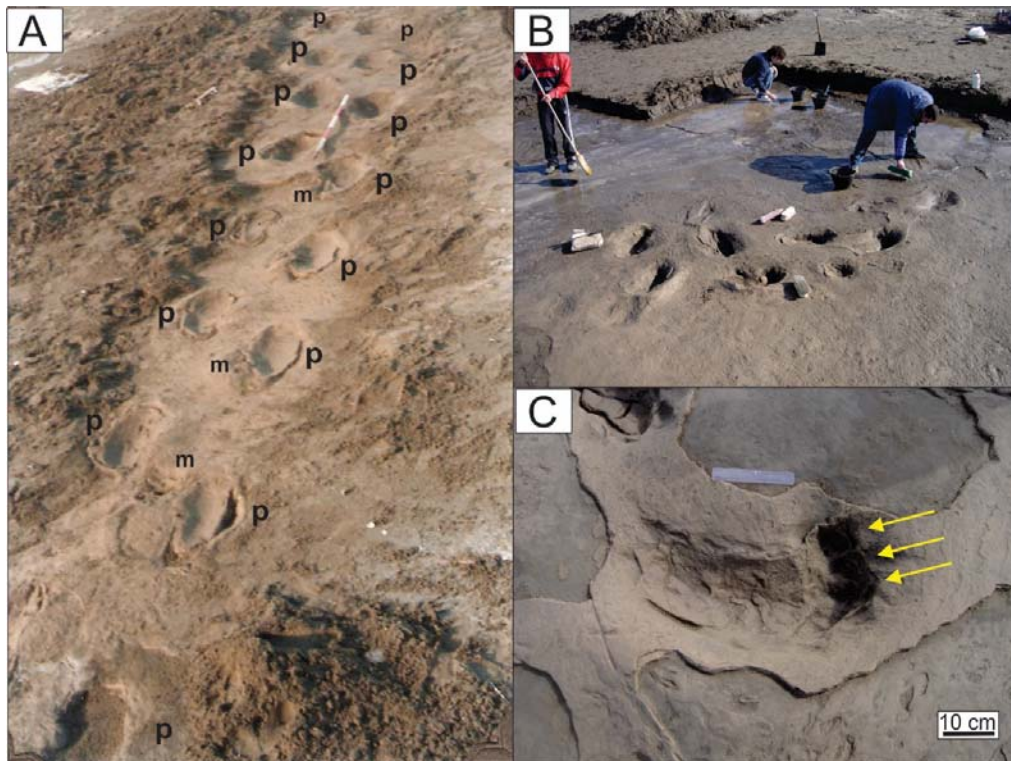


Figura 4.17. *Mylodontidichnum rosalensis* (Fotos proporcionadas por la Dra. Manera de Bianco).  
 A. Rastrillada del holotipo *in situ*, exhibe impresiones de pies y manos. B. Vista lateral del neotipo. C. Huella ampliada mostrando tres trazas de garras.

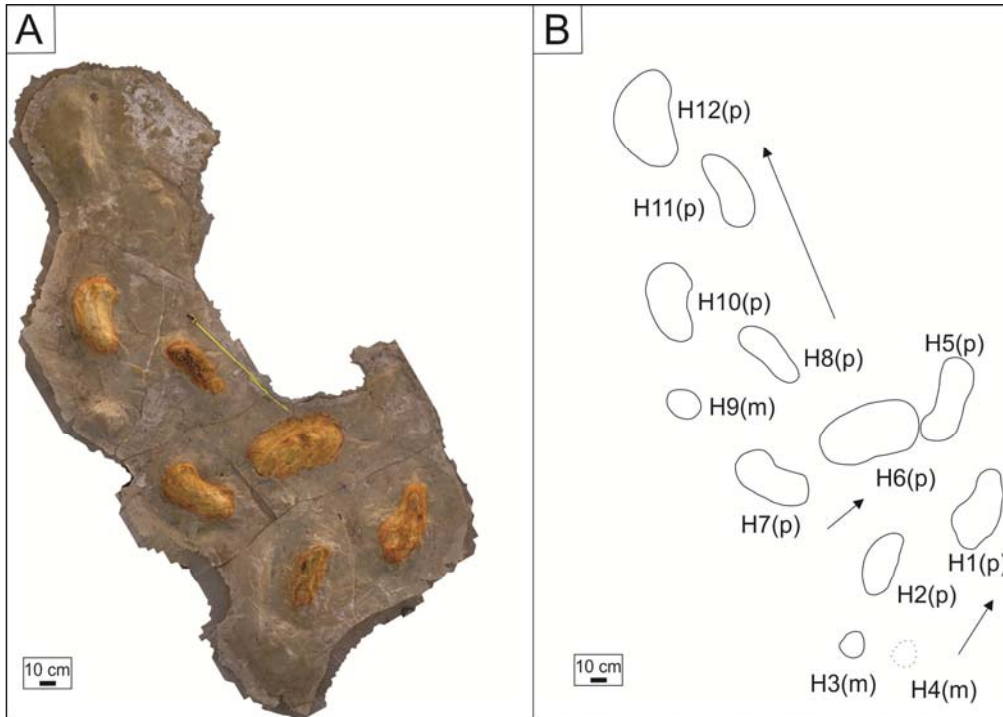


Figura 4.18. *Mylodontidichnum rosalensis* (MD-YPI-05-12). A. Camisa correspondiente al neotipo. B. Esquema interpretativo con las tres posibles trayectorias del productor.

#### Material adicional.

HC-17-10 (Figs. 4.19A, B) procede del área 2, Sector Tres Palos (Fig. 2.2 A) y pertenece a una rastrillada de 3 huellas in situ, con un grado de preservación regular a medio (1,5). Las mismas corresponderían a huellas de miembros traseros, presentan forma arriñonada y posibles trazas de garras poco definidas producto de la erosión. El largo y ancho promedio son de 53,4 cm y 20 cm, respectivamente, dando una relación LH/AH promedio de 2,67. La rastrillada tiene un ancho promedio de 0,63 m, es de trayectoria aproximadamente recta, y el ángulo de paso del pie aproximado de  $113,4^\circ$  (Tabla 4.2, Apéndice 4).

HC-17-08 (Fig. 4.20A-C) procede del área 2, Sector Tres Palos (Fig. 2.2 A) y se refiere a una rastrillada in situ, con grado de preservación medio (1,5-2), compuesta por, al menos, 3 huellas de pies. Éstas exhiben un contorno subelíptico. La rastrillada tiene un ángulo de paso promedio de  $106^\circ$ . El tamaño de las impresiones de pies es relativamente pequeño, con un largo y ancho promedio de 42 cm y 16,88 cm, respectivamente. La relación LH/AH es elevada, con un valor de 2,37. La Tabla 4.2 (Apéndice 4) muestra medidas adicionales de este ejemplar.

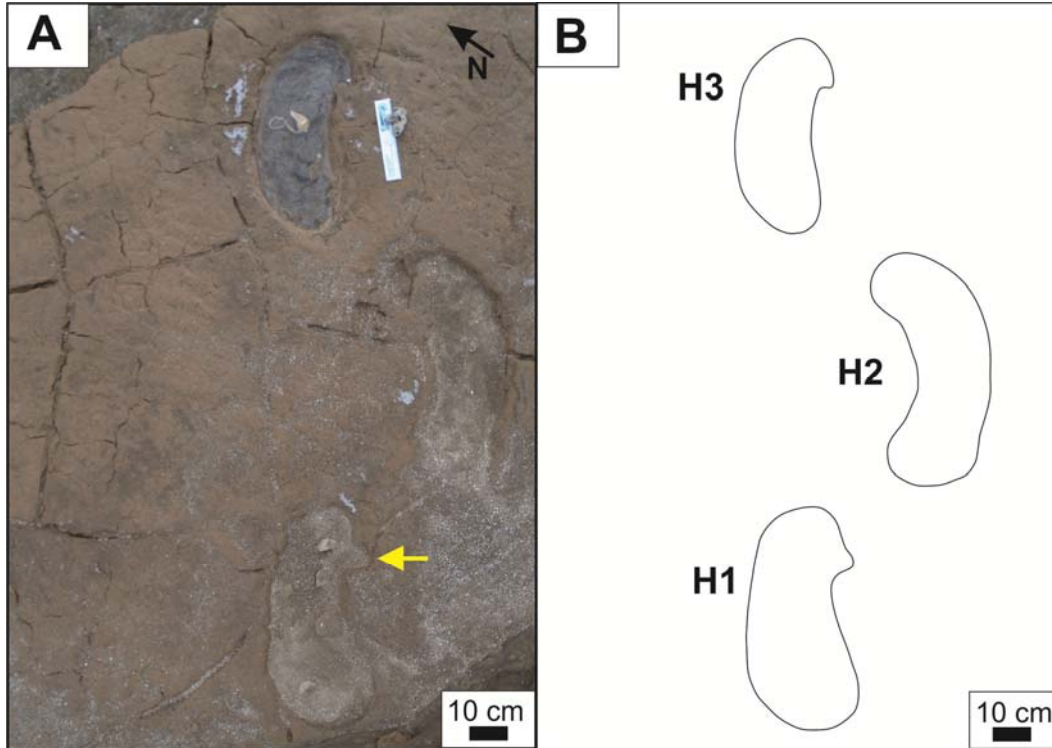


Figura 4.19. *Mylodontidichnum rosalensis* (HC-17-10). A. Rastrillada parcial *in situ* compuesta por huellas de pies, se aprecia una traza de garra incipiente en la primera huella izquierda (flecha amarilla). B. Esquema interpretativo.

HC-19-01 (Fig. 4.21 A, B) procede del área 3, Sector Huellas Humanas Oeste y se trata de dos huellas *in situ*, con grado de preservación regular a bueno (1,5-2), que corresponderían a miembros posteriores. Ambas exhiben contorno subelíptico, con trazas de garras pertenecientes al tercer dígito. Presentan elevada relación LH/AH (2,02), con un largo y ancho promedio de 46,5 cm y 22 cm respectivamente (Tabla 4.2, Apéndice 4). MT-19-01 (Fig. 4.22C, D) es el modelo tridimensional del ejemplar anterior que permite estimar que la profundidad de las huellas varía entre 6 y 7 cm.

### Comentarios

De acuerdo a las características definidas por Aramayo y Manera de Bianco (1987a) y posteriormente revisadas por Aramayo *et al.* (2015), *Mylodontidichnum rosalensis* se caracteriza por tener huellas de pies de forma arriñonada, contorno arqueado y presentar hasta 3 trazas de garra (en caso de ser distinguidas; Fig. 4.18 C). En general, es notoria la elevada relación LH/AH (>2) en las huellas de los pies, lo cual estaría en gran medida relacionado con la morfología del

autopodio.

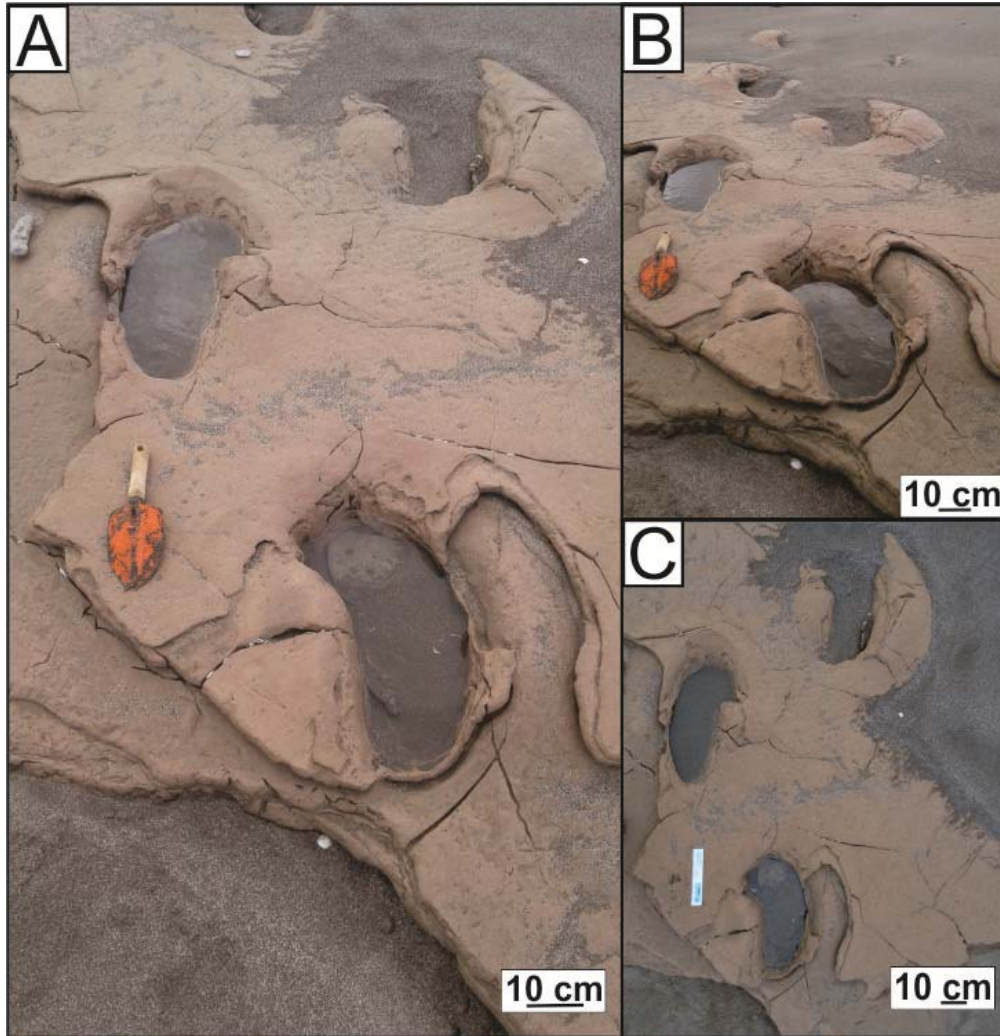


Figura 4.20. *Mylodontidichnum rosalensis* (HC-17-08). A. Rastrillada *in situ* compuesta por huellas de pies con marcas de garras. B. Vista de las primeras huellas. C. Vista de detalle en planta.

Además del neotipo, se describe dentro de la misma icnoespecie al ejemplar HC-17-10 (Fig. 4.19 A, B) que, si bien no presenta buen grado de preservación, posee algunas características identificadas en *Mylodontidichnum rosalensis*. Las huellas tienen morfología arriñonada, de tamaño mediano (LH = 53,4 cm, AH = 20 cm) y más del doble del largo respecto al ancho (LH/AH = 2,67).

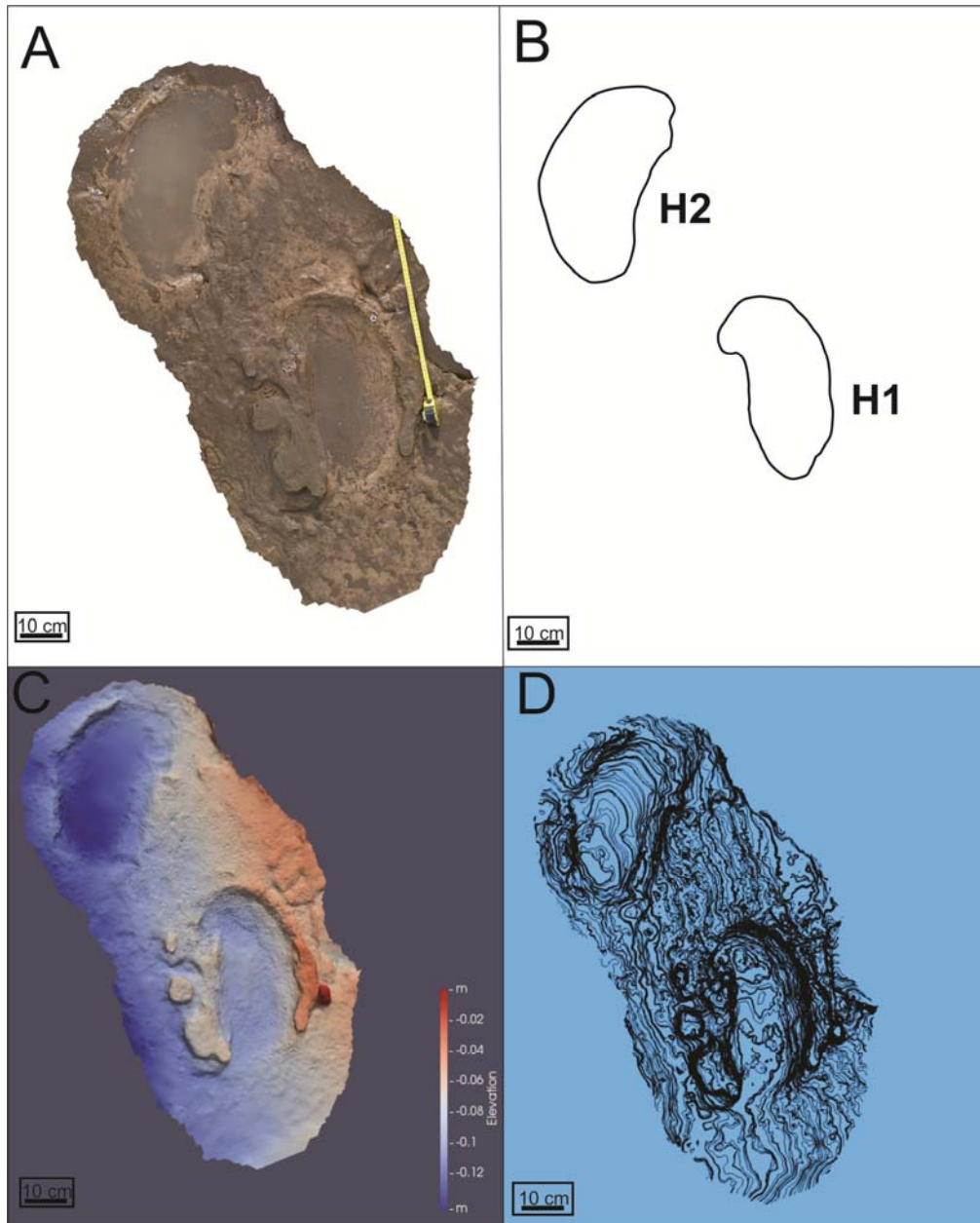


Fig. 4.21. *Myodontidichnum rosalensis* (HC-19-03). A. Dos huellas de pies observadas en el campo. B. Esquema interpretativo. C. Modelo de elevación. E. Modelo de curvas de isoprofundidad.

A diferencia de las huellas asignadas a *Neomegatherichnum pehuencoensis*, las correspondientes a *Myodontidichnum rosalensis* son de menor tamaño, poseen impresiones de manos subcirculares de menor tamaño que las impresiones de pies y ocasionalmente pueden presentar trazas de garras de hasta tres dígitos. A diferencia de *N. pehuencoensis*, *Megatherichnum oportoi* (Casamiquela 1974) no presenta morfología arqueada, en cuanto al tamaño, son similares. Estas dos icnoespecies además tienen huellas de pies y manos homópodas, mientras que



en *Mylodontidichnum rosalensis* el tamaño de las impresiones del miembro posterior puede ser más del doble que las impresiones del miembro anterior y la morfología de ambos es diferente

#### 4.2.4. Icnogénero

##### ***Megatherichnum* Casamiquela, 1974**

1982 *Megatherichnum*; Angulo y Casamiquela, p. 49–50, lam. I.

1994 *Megatherichnum*; Leonardi, p. 34, plate XX, Figs. 1–3.

1996 *Megatherichnum*; Casinos, p. 88.

2007 *Megatherichnum*; Aramayo, p. 574–576, Figs. 3A–B.

2007 *Megatherichnum*; Aramayo, p. 14.

2013 *Megatherichnum*; Melchor p. 41–44, Fig. 5,

2015 *Megatherichnum*; Melchor *et al.*, p.7-10. Figs. 6-8.

Icnoespecie tipo

*Megatherichnum oportoi* (Casamiquela, 1974)

Rastrillada cuadrúpeda compuesta por grandes huellas subelípticas, el eje largo de la huella es paralelo a la línea media de la huella, ángulo de paso moderado, el ancho entre las huellas es de alrededor de un tercio del ancho de la huella. Huellas de manos y pies de tamaño similar, de al menos 0,5 m de largo, sin impresiones digitales, el ancho de la huella es aproximadamente la mitad de su longitud, flanqueado por una cresta marginal clara. Huella de la mano de contorno ampliamente falciforme, gran marca de garra dirigida hacia adentro, la parte posterior de la huella es ligeramente más ancha que la parte anterior. Huella de pie en forma arriñonada, con marca de garra distinta, pero más pequeña.

El contorno de la huella del pie de *Megatherichnum* es similar a *Neomegatherichnum*, pero de menor tamaño. La huella de mano es de tamaño similar a la huella del pie en *Megatherichnum* y aproximadamente un tercio de la

longitud de la huella del pie asociada con una marca de garra marcada en *Neomegatherichnum*.

Íconoespecie

*Megatherichnum* isp. nov. A

Fig. 4.22 A-B

Diagnosís

Rastrillada cuadrúpeda con huellas de gran tamaño con homopodia, morfología subelíptica y elongada. Las impresiones de miembros delanteros y traseros se disponen de a pares y de manera alterna respecto a la línea media. En ocasiones, la huella del pie puede sobreimprimir parcialmente a la huella de mano. La relación LH/AH es comúnmente mayor a 1,5 y menor que 2. El paso doble o zancada está entre 1,5 y 2 m. Se distingue de *M. oportoi* por la superposición parcial de la huella del pie sobre la de la mano, forma subelíptica de huellas de manos y pies, y por una menor relación largo/ancho de las huellas.

Holotipo: HC-16-01. Rastrillada *in situ* compuesta por 24 huellas de pies y manos dispuestas de manera alterna (Fig. 4.22 A, B).

### **Descripción**

HC-16-01 (Fig. 4.24 A, B) procede del área 2, Sector Flamencos (Fig. 2.2 A) y corresponde a una rastrillada de 24 huellas observada *in situ* con grado de preservación bastante bueno (2.5-3). Se observan impresiones de pies y manos que se presentan dispuestas en pares de manera alterna con respecto a la línea media (Fig. 4.22 B). Ocasionalmente, las huellas de los pies sobreimprimen parcialmente a las huellas de las manos. Las impresiones de manos y pies tienen un largo promedio de 66,1 cm y 61,9 cm mientras que el ancho promedio es de 39,6 y 34,7 cm (Tabla 4.3, Apéndice 4). Tanto las huellas de pies como las de manos, presentan un contorno subelíptico con una relación L/H promedio de 1,65 y trazas de garras con un largo promedio de 12,25 cm (Tabla 4.3, Apéndice 4).

La rastrillada exhibe un ángulo de paso promedio moderado a alto ( $122,9^\circ$ ), siendo de  $107,7^\circ$  para las huellas de pies y  $138,8^\circ$  para las impresiones de manos. El ancho externo promedio es de 1,15 m (Tabla 4.3, Apéndice 4).

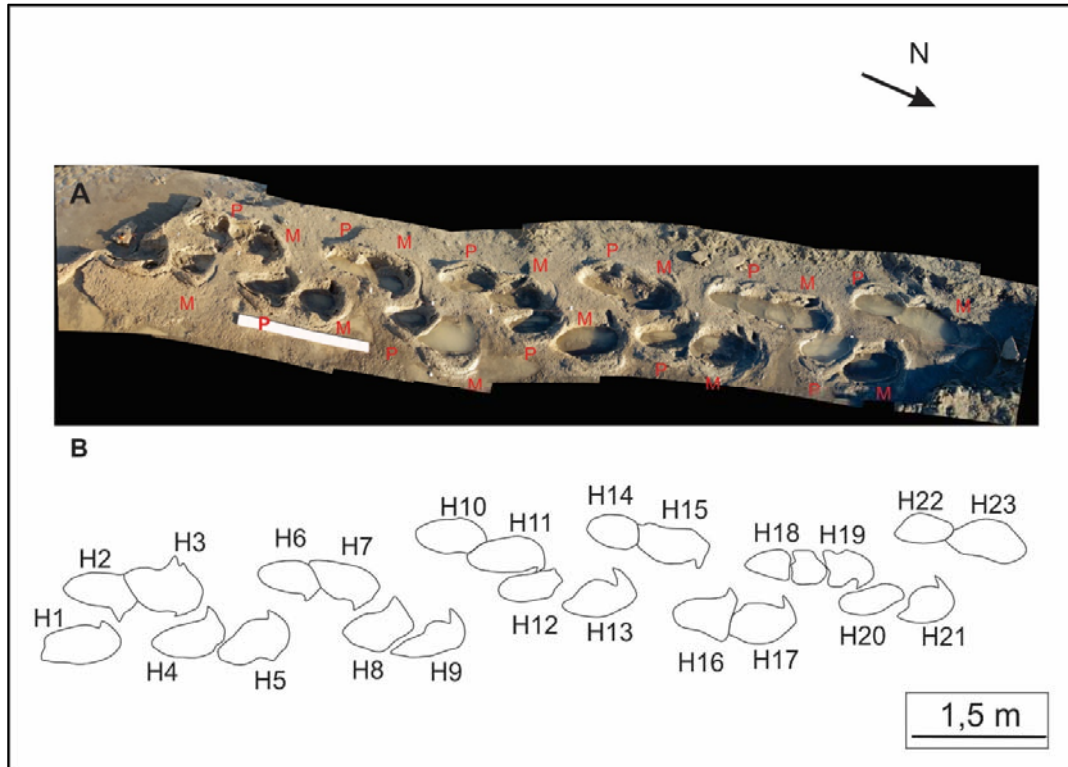


Fig. 4.22. *Megatherichnum* nov. isp. A (HC-16-01). A. Rastrillada *in situ* exhibiendo alternancia de las impresiones de pies y manos. B. Esquema interpretativo de la rastrillada.

### Comentarios

La nueva icnoespecie A se incluye dentro de *Megatherichnum* ya que presenta varias características diagnósticas de este icnogénero. Las más distintivas son: la morfología subelíptica de las huellas, la disposición de las mismas en rastrilladas cuadrúpedas conformando pares mano-pie, escasas diferencias de tamaño entre manos y pies, huellas más largas que anchas y trazas de garras. Si bien existen algunas diferencias entre *Megatherichnum* nov. isp. A y *M. oportoi*, estas son menores y no justifican una diferenciación icnogénica, sino más bien icnoespecífica. Un aspecto importante a considerar es la impresión parcial de pies sobre manos, algo observado en *Megatherichnum* nov. isp. A (Fig. 4.22 A, B) y no en *M. oportoi*. Las icnoespecies en cuestión tienen además

algunas diferencias morfológicas. *Megatherichnum* nov. isp. A presenta pies y manos subelípticos, mientras que *M. oportoi* tiene impresiones de pies arriñonados e impresiones de manos de forma falciforme. Esta diferencia puede verse en la relación LH/AH, que en *Megatherichnum* nov. isp. A es en promedio 1,75 (Tabla 4.3, Apéndice 4) y para *M. oportoi* esta relación es en promedio 2,1 (Melchor *et al.* 2015, p. 11, tabla 2). Otra diferencia particular es la longitud de zancada (LZ), que se observa en las rastrilladas de ambas icnoespecies. Para el caso de *Megatherichnum* nov. isp. A este valor es aproximadamente 160 - 183 cm (Tabla 4.3, Apéndice 4) mientras que en *M. oportoi* el rango es de 288-336 cm (Melchor *et al.* 2015, p. 11, tabla 2).

La clara presencia de impresiones de manos y pies dispuestos de manera alterna con respecto a la línea media, indica que su productor sería un animal de marcha cuadrúpeda. A diferencia de *Myodontidichnum rosalensis*, las huellas de *Megatherichnum* nov. isp. A presentan mayor tamaño y son más elongadas.

Si bien las huellas de *Megatherichnum* nov. isp. A son de tamaño equivalente a *Neomegatherichnum pehuencoensis*, este último posee manos generalmente subredondeadas, de tamaño considerablemente menor respecto al tamaño de los pies (Fig. 4.23A, B, D, E). En varios ejemplos puede notarse que la sobreimpresión del pie sobre la mano puede ser variable, de acuerdo a la icnoespecie involucrada. En *Neomegatherichnum pehuencoensis*, en general el solapamiento es elevado (Fig. 4.23A), salvo en el ejemplar HC.17-01 que es parcial (Fig. 4.23B), en cambio en *Megatherichnum* nov. isp. A este solapamiento es parcial a escaso (Fig. 4.23C).

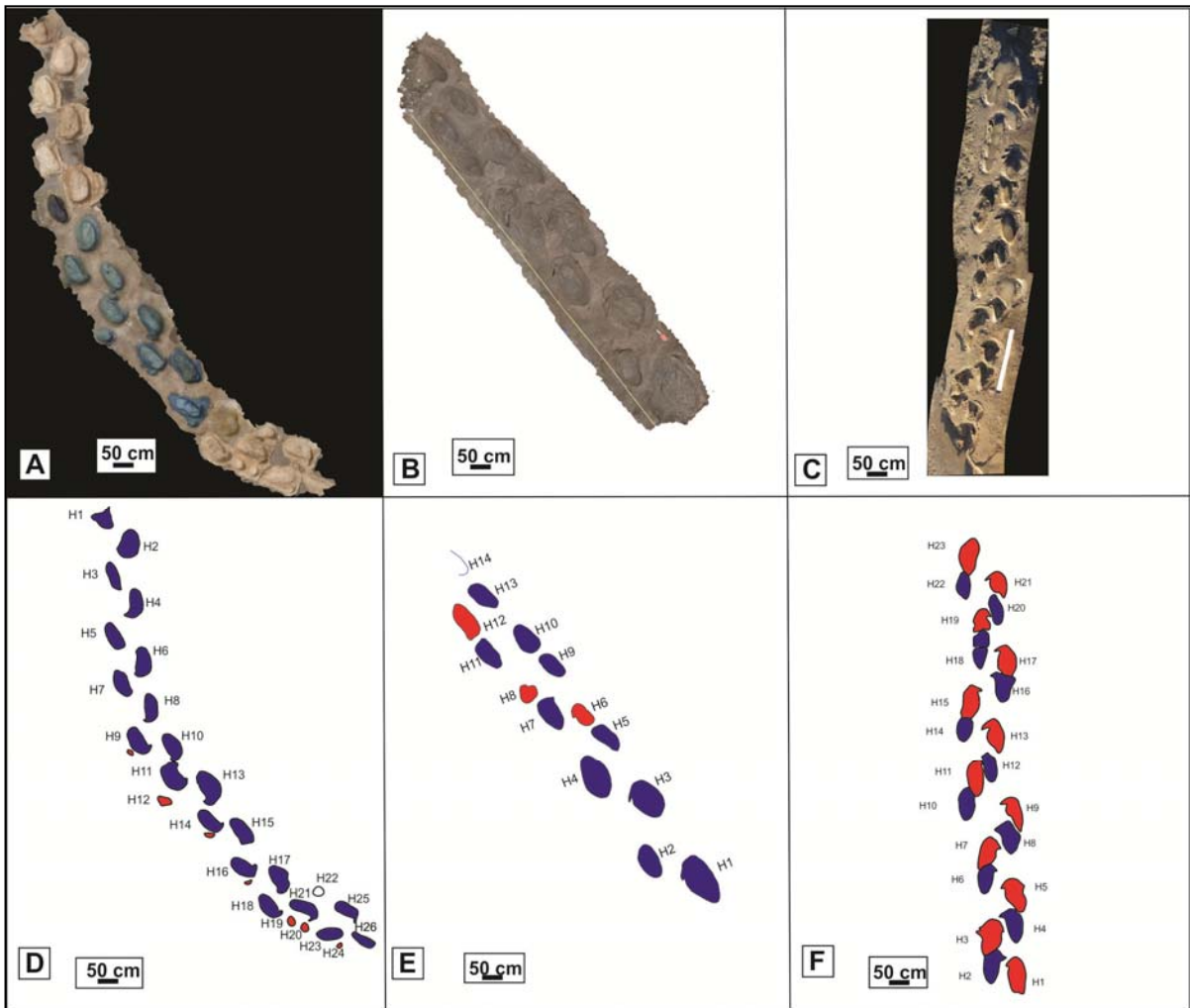


Fig. 4.23. Esquema comparativo mostrando diversos grados de sobreimpresión de pies en manos en *Neomegatherichnum* y *Megatherichnum*. Mosaicos (arriba) y diagrama interpretativo (abajo). Huellas de pie en azul y mano en rojo. A y D. *Neomegatherichnum pehuencoensis* (MD-YPI-18-01) con sobreimpresión casi total de pies en manos. B y E. *Neomegatherichnum pehuencoensis* (HC-17-01) con sobreimpresión parcial de pies en manos. C y F. *Megatherichnum* nov. isp. A (HC-16-01) con escasa sobreimpresión de pies en manos.

***Rastrilladas cuadrúpedas de huellas subelípticas indeterminadas***

Figs. 4.24- 4.28

1983 *Acuñaichnum dorreguensis*; Casamiquela, p.9-11; p. 17-20, Lam. I-IV

1983 *Iribarnichnum*; Casamiquela, p. 11-13, p. 21, Lam. V

1984 *Acuñaichnum*; Casamiquela, p. 209-211, fig. 3

Debido a la mala preservación de diversas huellas, que dificultó distinguir con claridad la morfología y los parámetros de las rastrilladas que componen, se consideró separar a este material de los icnogéneros anteriormente descriptos. De todas maneras, se ha decidido incluirlas dentro de la misma icnofamilia, ya que su morfología es semejante a la de las anteriores, en algunas de ellas se puede distinguir el contorno subelíptico y trazas incipientes de garras.

### **Materiales y procedencia**

Estos materiales corresponden a huellas *in situ*. Uno de los especímenes proviene del área 2 (Fig. 2.2 A) y cinco provienen del área 3 (Fig. 2.2 B).

HC-19-02a (rastrillada de 8 huellas Fig. 4.24 A, B), HC-19-02b (rastrillada de 5 huellas, Fig. 4.24 A, B), HC-19-02c (rastrillada de 11 huellas, Fig. 4.24 A, B), HC-19-04 (rastrillada compuesta por 7 huellas y su correspondiente modelo tridimensional, Fig. 4.25 A-D), HC-19-05 (rastrillada de 12 huellas y su modelo tridimensional correspondiente, Fig. 4.26 A-D), HC-19-06 (rastrillada de 5 huellas, Fig. 4.27A, B), HC-17-12 (rastrillada de 4 huellas, Fig. 4.28 A, B).

### **Descripción**

HC-19-02 (Fig. 4.24 A, B), procede del área 3 Sector Huellas Humanas, y comprende, al menos, tres rastrilladas *in situ* (HC-19-02-a, b y c). HC-19-02-a (Fig. 4.24 A, B), es una rastrillada de 8 huellas subelípticas con bajo grado de preservación (1-1,5), que podrían corresponder a huellas de miembros posteriores, con posibles trazas de garras (aunque están muy erosionadas). Las huellas en general son de tamaño grande, con un largo promedio de 80,77 cm y ancho promedio de 45,78 cm. La rastrillada presenta un ángulo de paso elevado ( $AP= 117,79^\circ$ ) (Tabla 4.4, Apéndice 4). HC-19-02-b (Fig. 4.24 A, B), se compone de 5 huellas subelípticas, de bajo grado de preservación (1-1,5) posiblemente con trazas de garras, aunque son poco distinguibles como producto de la erosión que

han sufrido. Las huellas son de tamaño mediano, con un largo y ancho promedio de 54,64 y 28,59; respectivamente. El ángulo de paso medido para esta rastrillada es en promedio  $108,47^\circ$  (Tabla 4.4, Apéndice 4).

HC-19-02-c (Fig. 4.24 A, B) Es una rastrillada compuesta por, al menos, 11 huellas, de contorno subelíptico ( $LH/AH=1,95$ ), con muy bajo grado de preservación (1-1,5), compuesta por presuntas huellas de pies. El largo y ancho promedio es de 43,55 y 22,01cm, respectivamente. La rastrillada tendría un ancho promedio aproximado de 72 cm (Tabla 4.4, Apéndice 4).

HC-19-04 (Fig. 4.25 A, B) procede del área 3 Sector Huellas Humanas, y es una rastrillada con bajo grado de preservación (1) que está compuesta por 7 huellas, aparentemente correspondientes a pies y manos. Las huellas son similares en cuanto al tamaño, con una diferencia de 3 cm aproximadamente entre largo y ancho de pies y manos. La rastrillada tiene un ancho aproximado de 0,87 m (Tabla 4.4, Apéndice 4) y las huellas presentes son relativamente anchas (la relación  $LH/AH$  es 1,63). MT-19-04 (Fig. 4.25 C, D) es el modelo tridimensional, observándose las mayores profundidades en H2 y H4.

HC-19-05 (Fig. 4.26 A, B) procede del área 3 Sector Huellas Humanas , (Fig. 2.2 B) y pertenece a una rastrillada compuesta por 12 huellas muy mal preservadas (0.5-1), posiblemente correspondientes a huellas de manos y pies superpuestas. Sin embargo, tienen poca diferencia de tamaño y debido a la baja preservación, es difícil poder diferenciarlos entre sí. La rastrillada tiene un ángulo de paso promedio de  $116^\circ$  (Tabla 4.4, Apéndice 4). MT-19-05 (Fig. 4.26 C, D) corresponde al modelo tridimensional, que incluye al modelo de elevación y el de curvas de isoprofundidad. Se observa la presencia de grietas de desecación en el sector medio del área ilustrada.

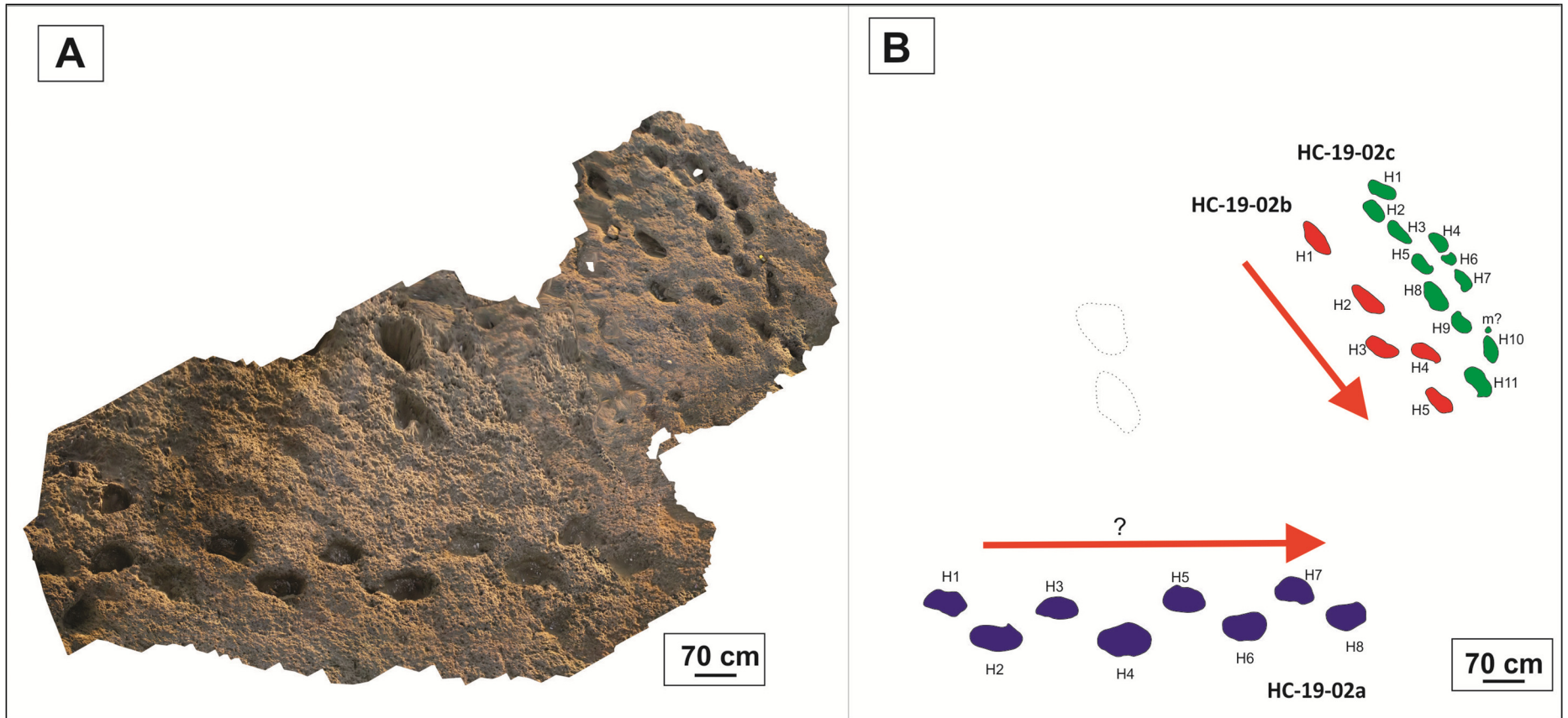


Fig. 4.24. Rastrillada cuadrúpeda de huellas subelípticas indeterminadas (HC-19-02). A. Ortomosaico de tres rastrilladas compuestas por huellas de pies *in situ* pertenecientes a los ejemplares HC-19-02a, HC-19-02b y HC-19-02c. En el centro se observan dos posibles huellas de pies mal preservadas. B. Esquema interpretativo indicando la dirección tentativa de desplazamiento del productor. Las rastrilladas se distinguen con distinto color.



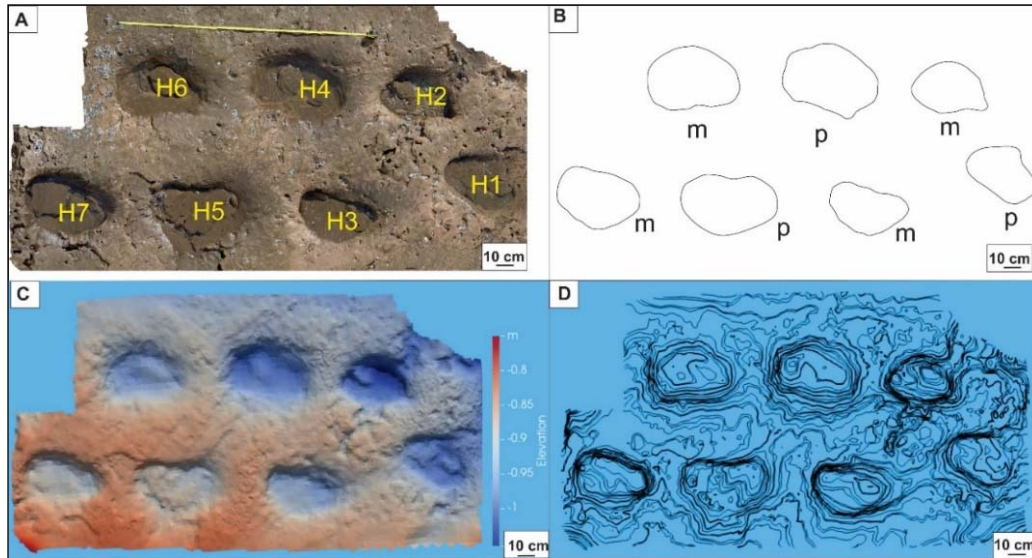


Figura. 4.25. Rastrillada cuadrúpeda de huellas subelípticas indeterminadas (HC-19-04). A. Rastrillada de 7 huellas *in situ*, correspondientes posiblemente a manos y pies. B. Esquema interpretativo. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

HC-19-06 (Fig. 4.27 A, B) procede del área 3 Sector Huellas Humanas, (Fig. 2.2 B) y corresponde a una rastrillada de 5 huellas subelípticas con muy bajo grado de preservación (0.5-1). Presentan escasas diferencias de tamaños entre sí y es difícil diferenciar huellas de manos y pies. El largo y ancho promedio de las huellas es de 38,35 cm y 27,18 cm, respectivamente. El ángulo de paso es en promedio 96,35° y el ancho de la rastrillada es de 0,84 cm (Tabla 4.4, Apéndice 4).

HC-17-12 (Fig. 4.28 A, B) procede del área 2, Sector Tres Palos, (Fig. 2.2 A), es una rastrillada de 5 huellas muy mal preservadas (0.5-1) que presentan un contorno groseramente subelíptico. No se observan diferencias notorias de tamaño y dado el pobre grado de preservación, es difícil diferenciar huellas de pie y mano. La rastrillada tiene un ángulo de paso promedio de 93,8° (pie) y un ancho de rastrillada de 84,8 cm (Tabla 4.4, Apéndice 4).

### Comentarios

Gran parte de los materiales descritos en este apartado presentan un grado de preservación pobre o muy pobre. Sin embargo, la mayoría de ellos reflejan claramente una morfología subelíptica, lo que permite inferir rasgos anatómicos equivalentes a los observados en la nueva icnofamilia 1.

Algunos ejemplares aquí analizados pueden llegar a ser comparables con los icnogéneros e icnoespecies descritos con anterioridad. Uno de ellos es el ejemplar HC-19-02b (Fig. 4.24 A, B) que posee morfología semejante a *Neomegatherichnum pehuencoensis*, sin embargo, el tamaño es muy inferior para ser catalogado dentro de esta icnoespecie (Tabla 4.4, Apéndice 4) y su grado de preservación impide obtener información precisa acerca de los parámetros de la rastrillada que permita hacer una comparación fiable

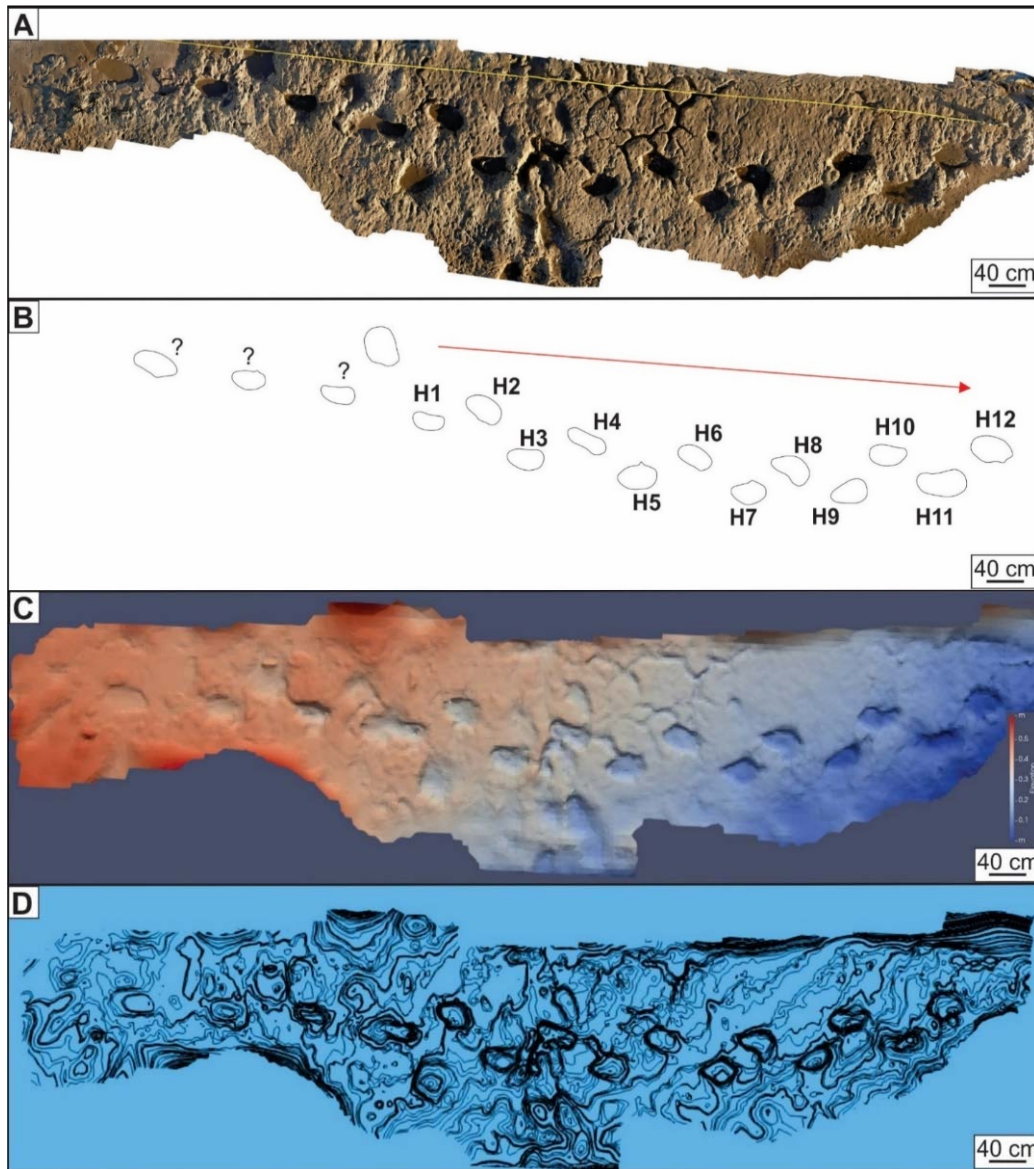


Figura 4.26 Rastrillada cuadrúpeda de huellas subelípticas indeterminadas (HC-19-05). A. Rastrillada de 12 huellas *in situ*. B. Esquema interpretativo. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

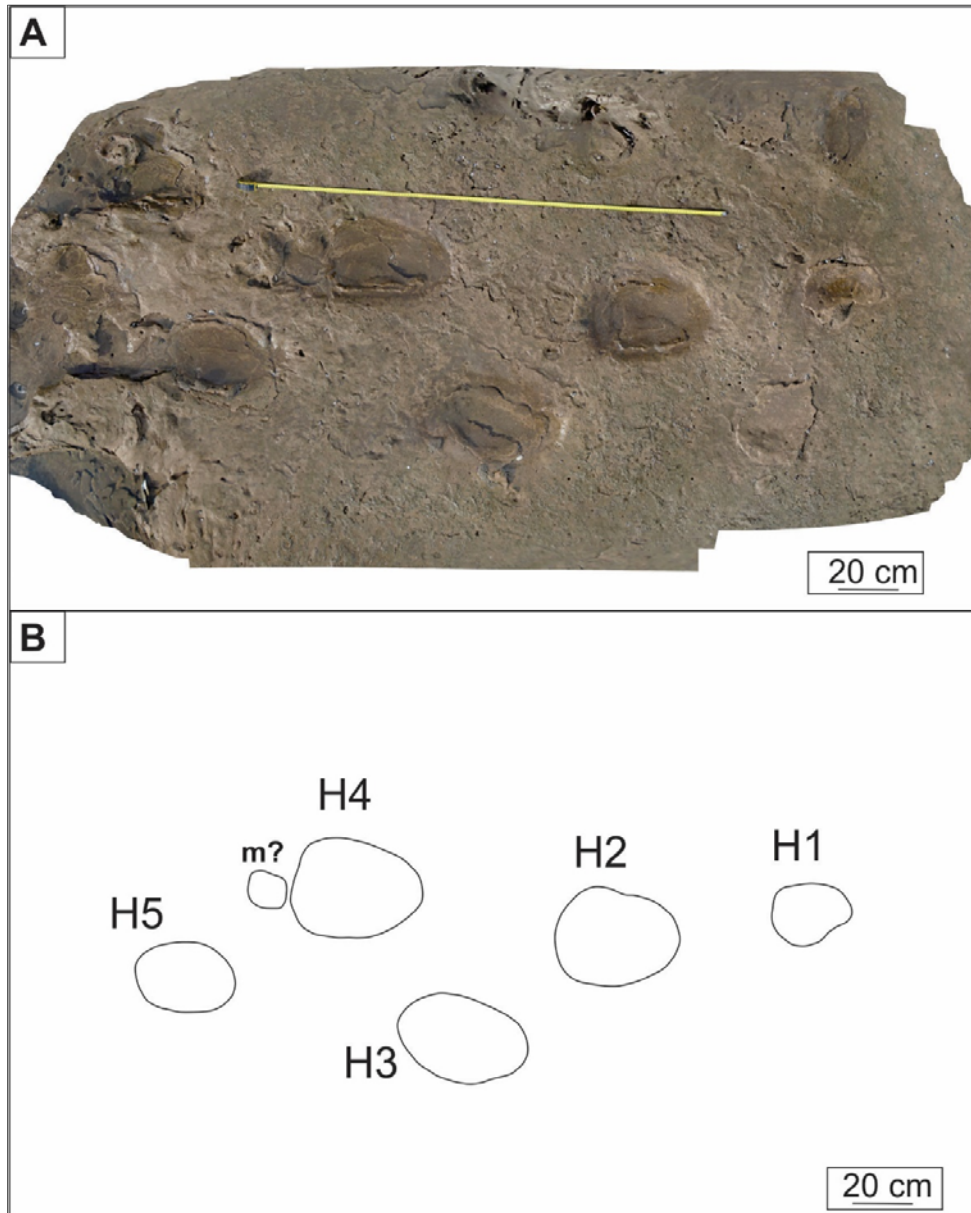


Fig.4.27. Rastrillada cuadrúpeda de huellas subelípticas indeterminadas (HC-19-06). A. Rastrillada de, al menos, 5 huellas. B. Esquema interpretativo.

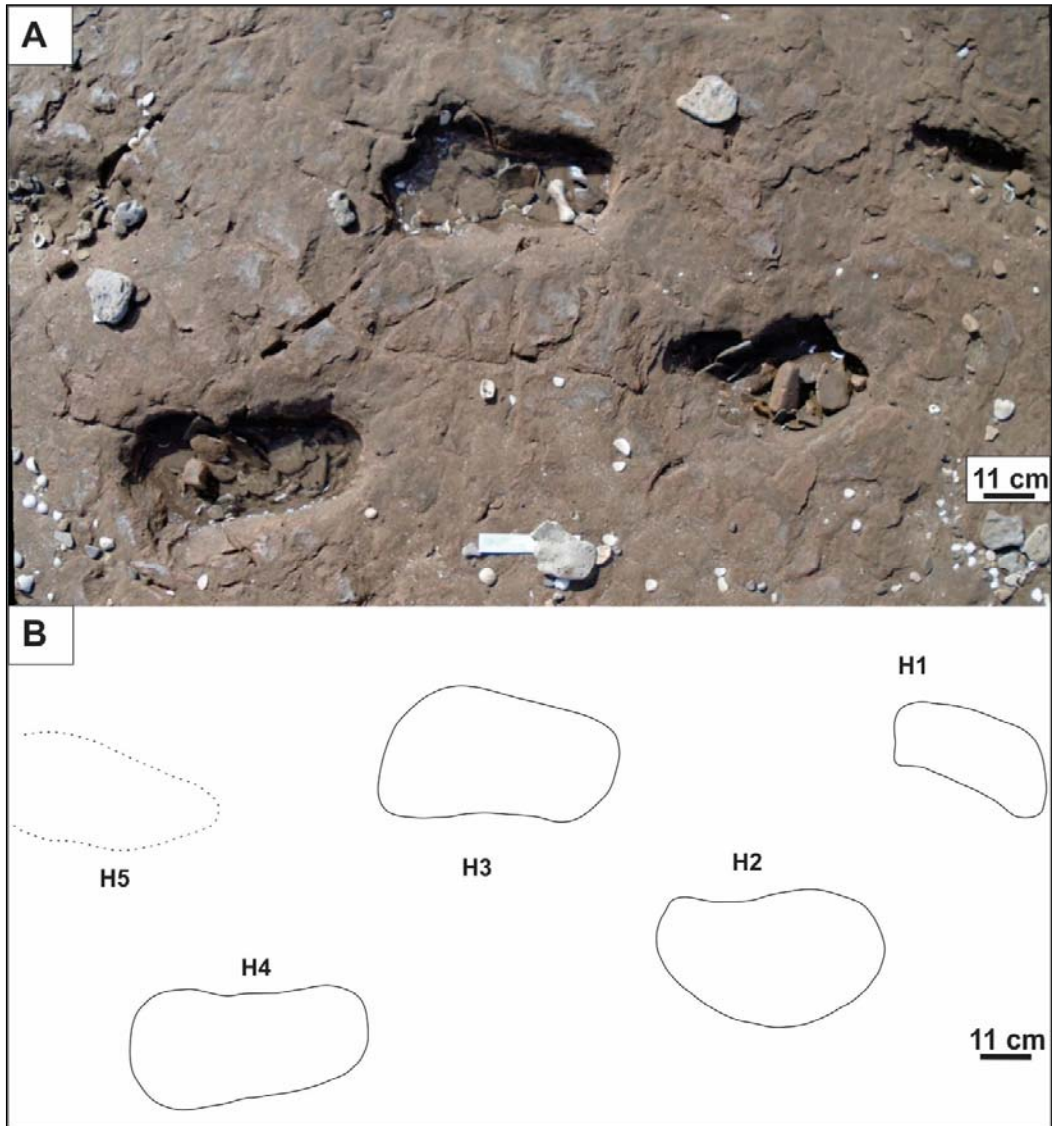


Fig. 4.28. Rastrillada cuadrúpeda de huellas subelípticas indeterminadas, ejemplar HC-17-12.  
A. Rastrillada *in situ* de al menos 5 huellas. B. Esquema interpretativo.

Para el caso del ejemplar HC-17-12 (Fig. 4.28), algunas de las huellas que lo componen podrían ser comparables con *Myodontichnum rosalensis*, ya que la morfología y el tamaño parecen asemejarse. A pesar de ello, el grado de preservación no permite analizar con mejor precisión los parámetros del resto de las huellas y de la rastrillada en sí.

### 4.3. HUELLAS BIDÁCTILAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS CUADRÚPEDAS

#### **Iconotaxobases**

Este tipo de huellas se caracterizan por poseer dos dígitos ser más largas que anchas y, en algunos casos, pueden presentar marcas de pezuñas. La primera descripción y clasificación icnotaxonómica para este tipo de huellas fue realizada por Vyalov (1965,1966), quien utilizó una nomenclatura binomial para la clasificación de huellas producidas por artiodáctilos rumiantes con cornamenta (Lucas 2007), grupo en el que incluyó una gran diversidad de huellas. En primera instancia, Vyalov (1960) creó el icnogénero *Pecoripeda* con su icnoespecie tipo *P. gazella* y a los subgéneros denominados *Pecoripeda*, *Ovipeda* y *Gazellipeda* (Lucas y Hunt 2007). Panin y Avram (1962) también asignaron algunas huellas bidáctilas de pequeño tamaño, de alrededor de 33 mm de largo, a este icnogénero (Panin y Avram 1962, p. 8, fig. 20).

Posteriormente, Vyalov (1965) propuso el icnogénero *Cervipeda* y varias icnoespecies de *Pecoripeda*, incluyendo *P. amalphaea*, *P. dicrocervoides*, *P. djali*, *P. satyri*. Sin embargo, *Cervipeda* comprendería huellas tetradáctilas según Sarjeant y Reynolds (1994), aunque algunos ejemplos descritos por dichos autores son huellas bidáctilas, dependiendo del tipo de marcha y consistencia del substrato. En cuanto a las icnoespecies propuestas originalmente por Vyalov (1965), estas difieren bastante de las huellas ejemplificadas en esta sección, ya que presentan tamaños mucho más pequeños (no más de 4,5 cm de largo en el caso de *P. gazella*), morfología general que tiende a ovalada (*P. djali* y *P. satyri*), y ensanchamiento posterior de los dedos (*P. gazella* y *P. amalphaea*).

Años más tarde, Aramayo y Manera de Bianco (1987b) describieron nuevamente huellas atribuidas a artiodáctilos y definieron al icnogénero *Lamaichnum* con su icnoespecie tipo *Lamaichnum guanicoe*. Estas autoras también propusieron en el mismo trabajo las icnoespecies *Megalamaichnum tulipensis* (sinonimizado posteriormente bajo *Lamaichnum tulipensis* por Aramayo et al. 2015) y *Odocoileichnum commune* (icnoespecie combinada bajo el icnogénero *Pecoripeda* como *P. commune* por Aramayo et al. 2015).

Sarjeant y Langston (1994) también describieron varias huellas bidáctilas y

nombran al icnogénero *Gambapes*, con su icnoespecie tipo *Gambapes hastatus*. Este icnogénero debería ser revisado ya que su diagnosis es muy general y las ilustraciones no concuerdan con el tamaño sugerido, por lo tanto podría tratarse de un sinónimo subjetivo junior de *Pecoripeda* (Lucas y Hunt 2007, p. 156). Sarjeant y Langston (1994) también incluyeron algunas de las huellas descritas dentro de icnogéneros existentes como *Pecoripeda*, *Odocoileinichnum* y *Lamaichnum*.

Las icnotaxobases que han sido utilizadas en la mayoría de los trabajos mencionados previamente, consistieron principalmente en: número de impresiones digitales, morfología general de las huellas y dígitos, ángulos interdigitales e impresiones de pezuñas (Aramayo y Manera de Bianco 1987b, Sarjeant y Langston 1994, Aramayo *et al.* 2015). En esta sección, estos criterios serán tenidos en cuenta adicionando otros relacionados con los parámetros de las rastrilladas. Para la clasificación a nivel de icnofamilia se tuvo en cuenta: la morfología general de las huellas, el número de dígitos impresos y la orientación relativa de los mismos. En cuanto a la clasificación a nivel de icnogénero fueron utilizadas las siguientes icnotaxobases: divergencia de los dígitos, morfología del borde lateral de de las huellas, y grado de unión de los dígitos. Para la clasificación icnoespecífica las icnotaxobases consideradas son: la morfología de las huellas de pies y manos, largo y la diferencia de tamaño existente entre ambas.

### ICNOLOGÍA SISTEMÁTICA

#### 4.3.1. Icnofamilia 2 nov. Icnofam.

##### **Diagnosis**

Huellas bidáctilas, digitigradas, alargadas y con impresiones digitales que se afinan anteriormente con terminaciones en forma redondeada o en punta. Huellas más largas que anchas (la relación largo / ancho de la huella es mayor a 1) e imprimen los dígitos III y IV. Generalmente se disponen en rastrilladas cuadrúpedas que muestran homopodia o leve heteropodia.

### **Ichnogénero tipo *Lamaichnum* Aramayo y Manera de Bianco, 1987b**

Ichnogéneros incluidos: *Pecoripeda* Vyalov, 1965, *Entelodontipus* Casanovas y Santafé 1982, *Odocoileinichnum* Aramayo y Manera de Bianco, 1987b, *Dizygopodium* Sarjeant y Reynolds, 1999, *Gambapes* Sarjeant y Langston 1994, *Cervipus* Matsukawa *et al.* 2007, *Megapecoripeda* Kordos 1985, y *Paracamelichnum* Perez -Lorente *et al.* 2009.

Material probablemente comparable: Huellas de ungulados (Koenigswald *et al.*, 1995, p. 22-23, 26), “Artiodactyl footprint” (Kim, 2009), “Artiodactyl tracks” (Santucci *et al.* 2014).

### **Comentarios**

La icnofamilia propuesta aquí tiene como finalidad agrupar una gran cantidad de huellas que han sido históricamente atribuidas a artiodáctilos y que presentan un conjunto de características morfológicas muy particulares. Estas características incluyen: la impresión de dos dígitos (III y IV), la morfología de la huella es alargada anteriormente y con extremos anteriores que suelen terminar en dos dígitos en forma redondeada o pezuñas en los casos que la preservación lo permite. El tamaño puede ser mediano a grande (largo entre 4 y 26 cm aproximadamente).

#### **4.3.2. Ichnogénero**

##### ***Lamaichnum* Aramayo y Manera de Bianco, 1987b.**

Ichnoespecie tipo

*Lamaichnum guanicoe* Aramayo y Manera de Bianco, 1987b.

1986 *Pecoripeda*; Scrivner y Bottjer, p. 304-305.

1987 *Lamaichnum*; Aramayo y Manera de Bianco, p. 535.

1987 *Megalamaichnum*; Aramayo y Manera de Bianco, p. 536.

1999 *Lamaichnum*; Sarjeant y Reynolds, p. 6.

1999 *Dizygopodium*; Sarjeant y Reynolds, p. 10.

? 2008 "ungulate prints"; Huddart *et al.*, p. 235, fig. 3 a-c.

? 2019 *Lamaichnum*; Oliveira *et al.*, p. 5, fig. 4a

### **Diagnosis original** (Aramayo y Manera 1987a)

Impresiones correspondientes a un mamífero de talla mediana, cuadrúpedo, didáctilo, digitígrado, con dedos provistos de almohadillas en su parte plantar; bordes laterales de la pisada suavemente curvados, cada icnita consta de dos concavidades alargadas, terminadas en forma ligeramente aguda en la parte anterior, y redondeada en la posterior, estando separadas ambas por un tabique que se conserva en la mayoría de los casos. La huella responde en sus características morfológicas y de tamaño, a la de la especie viviente *Lama guanicoe*.

### **Diagnosis enmendada** (modificado de Lucas y Hunt 2007).

Huellas subdigitigradas, bidáctilas, más largas que anchas, con extremos anteriores puntiagudos y extremos posteriores redondeados que se disponen en rastrilladas cuadrúpedas y homopodiales. Las huellas varían en longitud de 40 a 260 mm con márgenes laterales ligeramente curvados y extremos anteriores puntiagudos que pueden tener pezuñas. Se distingue de *Pecoripeda* por no tener las impresiones dígitalas convergentes hacia la parte anterior (son paralelos o divergentes), ser relativamente anchas en la parte posterior ("en forma de corazón") y con frecuencia las huellas tienen dos dígitos conectados o confluentes en la parte media (a lo sumo separadas por un surco poco profundo) en parte o en la mayor parte de su longitud.

### **Comentarios**

La diagnosis propuesta por Oliva y Arregui (2018: 429) no fue considerada en esta diagnosis ya que enfatiza supuestos rasgos patológicos, los que no son considerados válidos como icnotaxobases (Bertling *et al.* 2006).



## Icnoespecie

*Lamaichnum guanicoe* (Aramayo y Manera de Bianco, 1987b)

Figs. 4.29 a 4.45

- 1959 camel footprints; Alf, p. 2, pls. 1-3.
- 1966 camel trackways; Alf, p. 261, fig. 3.
- 1986 *Pecoripeda (Ovipeda)* sp. A; Scrivner y Bottjer, p. 305, fig.7A.
- 1986 *Pecoripeda (Ovipeda)* sp. B; Scrivner y Bottjer, p. 306, fig.7B-C.
- 1986 *Pecoripeda* sp. C; Scrivner y Bottjer, p. 306, fig. 7C-D.
- 1987 *Lamaichnum guanicoe*; Aramayo y Manera de Bianco, p. 535-536, fig. 5.
- 1987 *Megalamaichnum tulipensis*; Aramayo y Manera de Bianco, p. 536-537, fig. 6.
- 1999 ?*Dizygopodium elachistum*; Sarjeant y Reynolds, p. 11, fig. 18, pl. 6, fig. 2.
- 1999 ?*Dizygopodium quadracordatum*; Sarjeant y Reynolds, p. 11, fig. 17, pl. 6, fig. 3.
- 1999 ?*Lamaichnum alfi*; Sarjeant y Reynolds, p. 7, figs. 7, 9, pls. 2-3.
- 1999 ?*Lamaichnum entoromorphum*; Sarjeant y Reynolds, p. 8, fig. 12, pl. 5.
- 1999 ?*Lamaichnum obliquiclavum*; Sarjeant y Reynolds, p. 9, fig. 10, pl. 4.
- 1999 *Lamaichnum borregoensis*; Remeika, p. 41-42, figs. 4-5
- 2001 *Lamaichnum borregoensis*; Remeika, p. 68, fig. 13.
- 2006 *Lamaichnum borregoensis*; Remeika, p. 323, fig. 18.13.
- ?2007 *Lamaichnum guanicoe*; Hunt y Lucas, p. 21, fig. 3e
- partim 2007 *Lamaichnum guanicoe*; Lucas y Hunt, p. 161-164, fig. 6a-e, fig. 7a-f, fig. 8a-f, Fig. 9 a-e.
- partim 2007 *Lamaichnum guanicoe*; Lucas y Schultz, p. 181-182, fig. 6a-d, fig. 7c-e, fig. 8a-f, fig. 9 a-e.
- 2018 *Lamaichnum guanicoe*; Jiménez-Hidalgo y Guerrero- Arenas, p. 354-355, fig. 2.1-2.3, fig. 3.3.
- 2021 *Lamaichnum guanicoe*; Espinoza y Melchor, p. 14, fig. 11D.

## Diagnosis

*Lamaichnum* con longitud de huella que varía de 40 a 120 mm y tiene huellas de manos y pes de tamaño y forma similares (modificado de Aramayo et al. 2015).

### Holotipo

Corresponde a una rastrillada de once huellas que se encontraba *in situ* (Aramayo y Manera de Bianco, 1987b, p. 544, Fig. 5 a-c). Este material se ha perdido producto de la erosión.

### Neotipo

MD-YPI-05-15: Corresponde a un molde de caucho siliconado del neotipo, compuesto por 21 huellas pertenecientes a miembros delanteros y traseros (Fig. 4.29 A). El neotipo corresponde a tres rastrilladas preservadas *in situ* (Fig. 4.29 B). Véase también Aramayo *et al.* (2015, p.155, fig. 11.a).

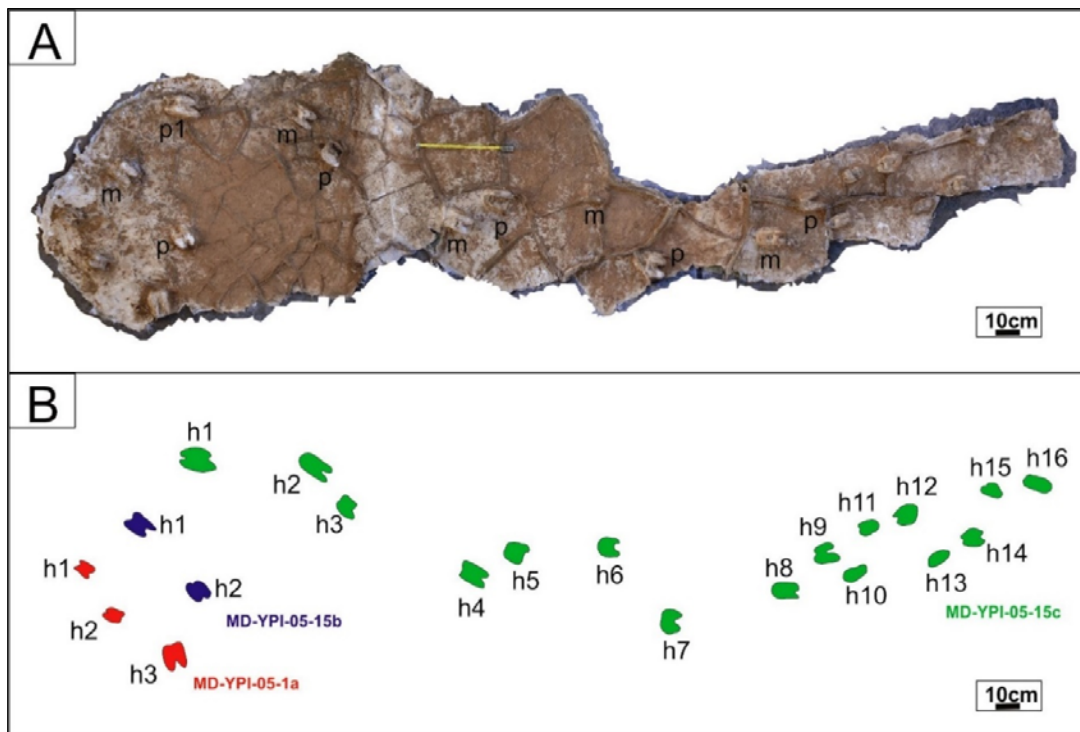


Figura 4.29. Molde del neotipo de *Lamaichnum guanicoe* (MD-YPI-05-15), que incluye a tres rastrilladas diferentes (dos de ellas parciales) y muestran impresiones de miembros anteriores y posteriores. B. Esquema interpretativo (los distintos colores representan a las rastrilladas reconocidas). MD-YPI-15 a y MD-YPI-15 b muestran solo 3 y 2 huellas respectivamente, mientras que MD-YPI-15c se compone de 16 huellas.

## Material y procedencia

Los materiales analizados corresponden a un molde de caucho siliconado, cuatro bloques de sedimento indurado (MD-YPI, MPA), un molde de yeso y once huellas *in situ* procedentes del área 2 (Fig. 2.1), Sector Flamencos (Fig. 2.2 A). MPA-87-50 E (molde de una huella de una rastrillada y modelo tridimensional MT-YPI-18-02, Figs. 4.30 A,B, y 4.30 C, D), MD-YPI-05-05 (bloque de sedimento indurado y modelo tridimensional MT-YPI-18-02, Figs. 4.31 A y 4.31 B, C), MD-YPI-05-06 (bloque de sedimento indurado y modelo tridimensional MT-YPI-05-06, Figs. 4.32 A y 4.32 B, C), MD-YPI-06-03 (bloque de sedimento y modelo tridimensional MT-YPI-06-03, Figs. 4.33 A, B, C), MPA-87-51-I-E (molde de yeso y modelo tridimensional, Figs. 4.34 A, B y 4.34 C,D), MD-YPI-HC-17-11 (rastrillada *in situ*, Fig. 4.35 A, B), HC-16-26 (rastrillada observada en el campo, Fig. 4.36 A, B), HC-17-07 (10 huellas *in situ* correspondientes a varias rastrilladas, Fig. 4.37 A, B), HC-17-13 (rastrillada observada en el campo, Fig.4.38 A, B), HC-16-14 (dos huellas observada en el campo, Fig. 4.39 A, B), , HC-16-06 (huella aislada observada en el campo, Fig. 4.40 A, B), , HC-17-21 (3 huellas observadas en el campo, Fig 4.41 A,B), HC-17-27 (cinco huellas *in situ*, Fig. 4.42).

## Descripción

### Neotipo

MD-YPI-05-15. Se trata de un molde de tres rastrilladas aparentemente subparalelas (Fig. 4.29 A, B). La rastrillada más larga es de 16 huellas y las otras dos rastrilladas parciales tienen 3 y 2 huellas. De acuerdo a la disposición de las huellas en la rastrillada, es posible observar impresiones de manos y pies de forma y tamaño similares. El largo y ancho promedio de las mismas es de 8,43 cm y 7,81 cm, respectivamente; mientras que la profundidad promedio es de 5,83 cm para los pies y 4,56 cm para las manos. El ángulo de paso para las huellas de pies es de 170° y para las de manos es de 133°.

#### Material adicional

MPA-87-50-E (Fig. 4.30 A, B) Se trata de un molde de caucho siliconado de una huella bidáctila aislada con buen grado de preservación (2). Esta huella posee bordes levemente curvados hacia la parte anterior e impresiones digitales orientadas hacia delante. El largo y ancho es de 10,5 cm y 8 cm respectivamente, mientras que la profundidad es de 5 cm. MT-YPI-18-02 (Fig. 4.30 C, D), corresponde al modelo tridimensional de elevación y curvas de isoprofundidad. MD-YPI-05-05 (Fig. 4.31 A, B) Pertenece a una huella bidáctila, probablemente una subtraza, contenida en un bloque de sedimento indurado, con buen grado de preservación (2) y con una hendidura anterior marcada. El largo y ancho promedio es de 9,5 cm y 6,52 cm, respectivamente, mientras que la profundidad es de 5 cm.

MD-YPI-05-06 (Fig. 4.32 A, B) Se trata de un bloque de sedimento indurado, que posee una impresión de una huella bidáctila derecha y con buen grado de preservación (2). Ambos dígitos están separados, dispuestos de forma paralela y levemente divergentes hacia la parte anterior. El largo y ancho es 8,5 cm y 6,5 cm respectivamente, mientras que la profundidad es 1,2 cm. MT-YPI-05-06, es el modelo tridimensional de elevación (Fig. 4.32 C) y el de curvas de isoprofundidad (Fig. 4.32 D).

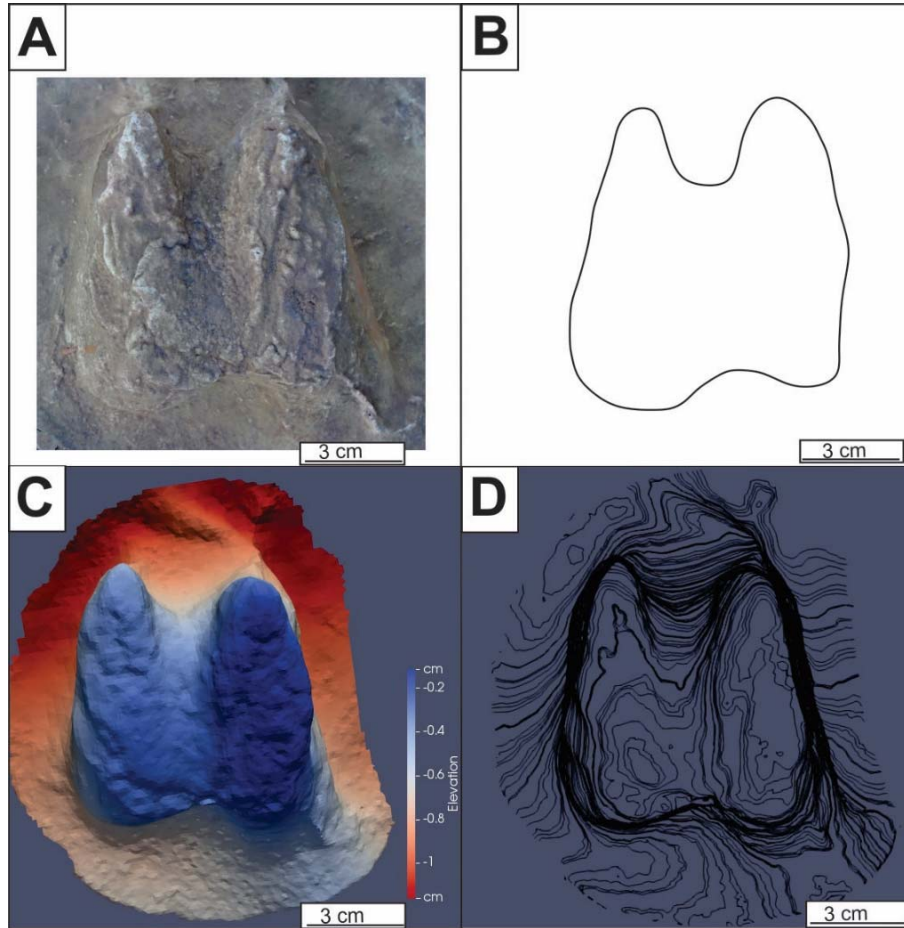


Figura 4.30. *Lamaichnum guanicoe* (MPA-87-50 E). A. Molde de caucho siliconado. B. Esquema interpretativo. C. Modelo de elevación que muestra un dígito más hundido producto de mayor relleno del material que lo compone. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

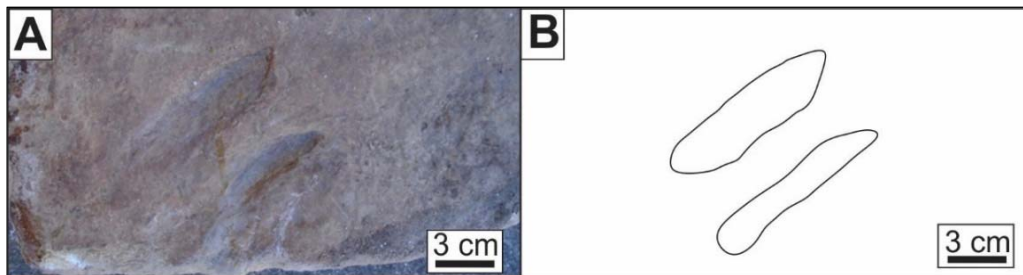


Figura 4.31. *Lamaichnum guanicoe* (MD-YPI-05-05). A. Bloque de sedimento con huella compuesta de dos dígitos elongados que se encuentran desconectados entre sí. B. Esquema interpretativo

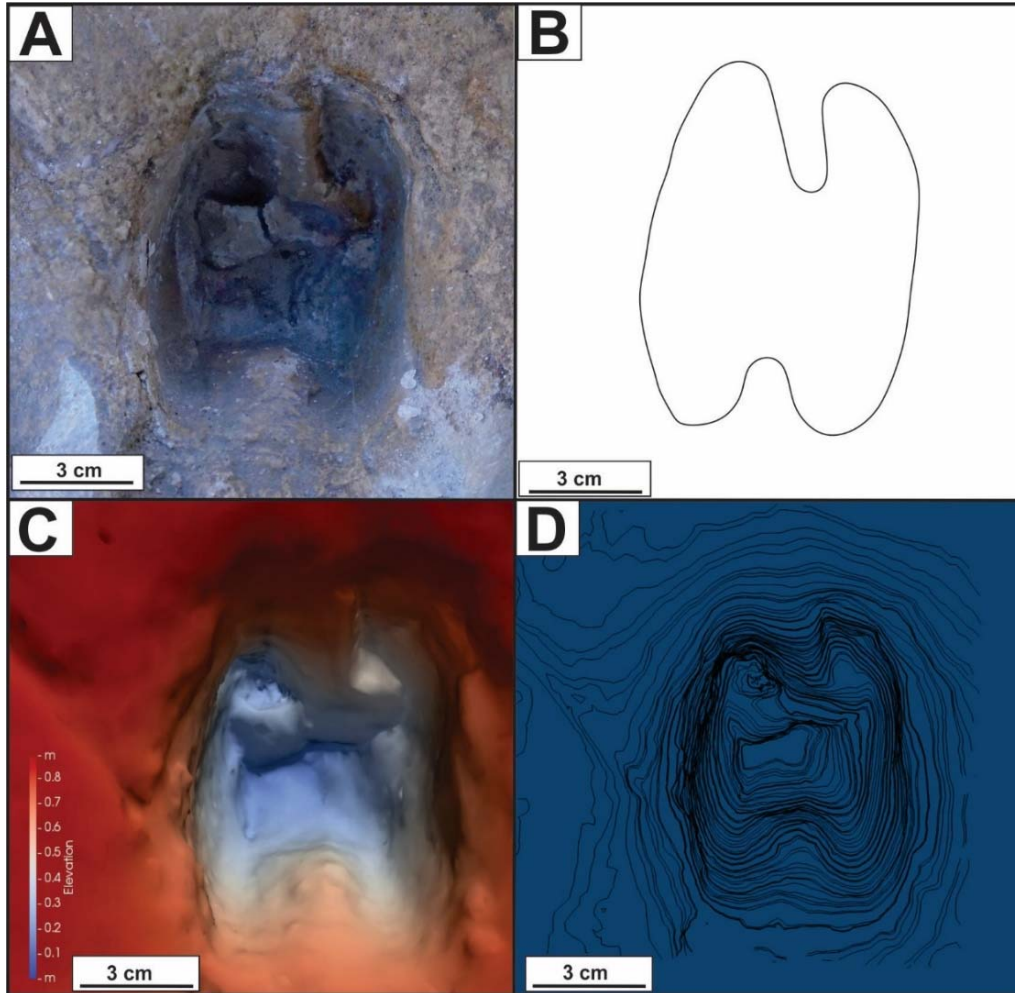


Figura 4.32. *Lamaichnum guanicoe* (MDYPI-05-06). A. Bloque de sedimento con una huella aislada. B. Esquema interpretativo. C. Modelo de elevación donde la mayor profundidad se da hacia el centro (1,2 cm). D. Modelo de curvas de isoprofundidad

MD-YPI-06-03 (Fig. 4.33 A, B): Corresponde a una huella bidáctila derecha, preservada en un bloque de sedimento indurado, con buen grado de preservación (2). Las impresiones digitales divergen hacia la parte anterior y se aprecian marcas incipientes de pezuñas. El largo y ancho es de 10,5 cm y 9 cm, mientras que la profundidad es de 1 cm. MT-YPI-06-03, es el modelo tridimensional de elevación (Fig. 4.35 C) y el de curvas de isoprofundidad (Fig. 4.35 D).

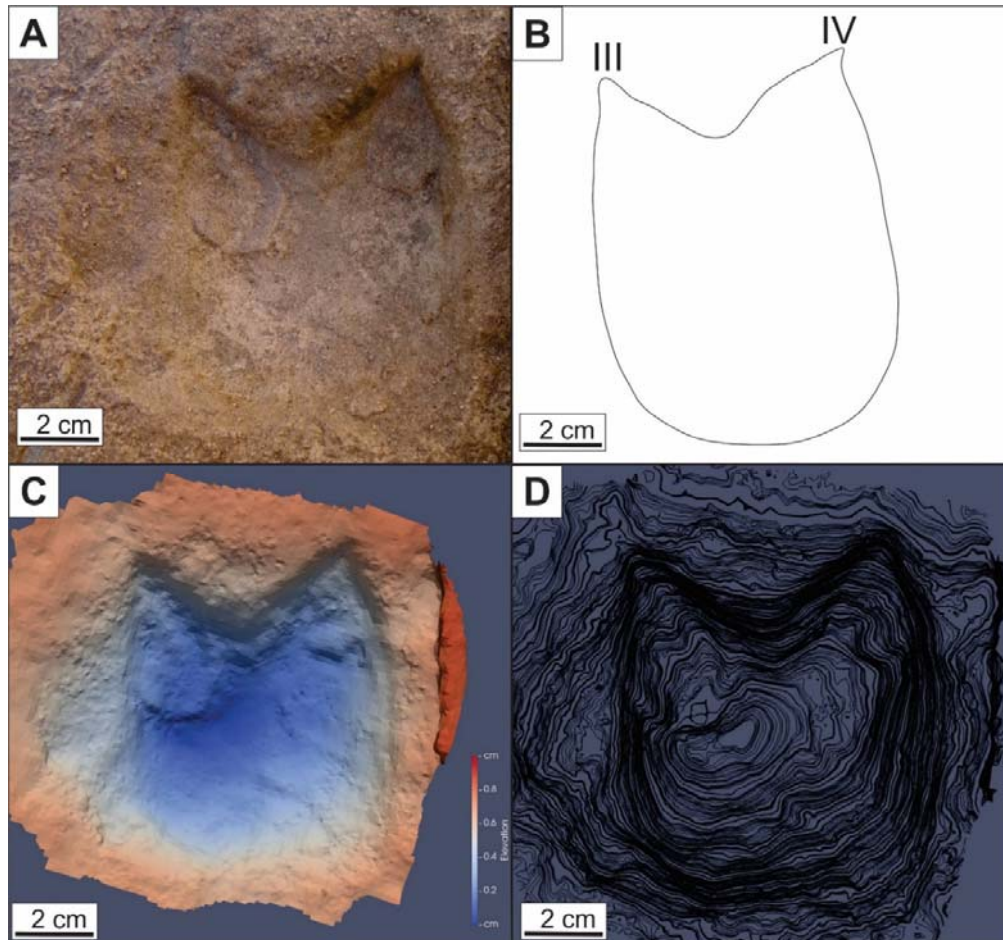


Figura 4.33. *Lamaichnum guanicoe* (MD-YPI-06-03). A. Bloque de sedimento con huella aislada. B. Esquema interpretativo. C. Modelo de elevación, mostrando mayor profundidad en el centro (~ 1 cm). D. Curvas de isoprofundidad.

MPA-87-51-I-E (Fig. 4.34 A, B): Corresponde a un molde de yeso con dos huellas bidáctilas que probablemente conforman un par mano-pie, anterior (derecho) y posterior (izquierdo). Ambas huellas están muy bien preservadas (2.5). La huella anterior presenta un largo y ancho de 10 cm y 7,5 cm, respectivamente; mientras que la posterior mide 10 cm y 8 cm, respectivamente. La profundidad medida es de 6 cm para la huella posterior y 3,5 cm para la huella anterior, como se aprecia en el modelo de elevación y en el de curvas de isoprofundidad, MT-87-51-I-E (Fig. 4.34 C, D).

HC-17-11 (Fig. 4.35 A, B): Corresponde a una rastrillada *in situ* de 8 huellas bidáctilas, pertenecientes a impresiones de manos y pies. Presenta un buen grado de preservación (2-3). Las huellas presentan heteropodia, dígitos divergentes y marcas de hendiduras. El largo y ancho promedio para los pies es

de 8,08 cm y 5,36 cm y para las manos 7,95 cm y 4,94 cm, respectivamente (Tabla 4.5, Apéndice 4) . El ángulo de paso promedio para las huellas de pies es aproximadamente de  $148,6^\circ$  y para las de manos es de  $163,6^\circ$ . La rastrillada tiene un ancho promedio de 21,33 cm (Tabla 4.5, Apéndice 4).

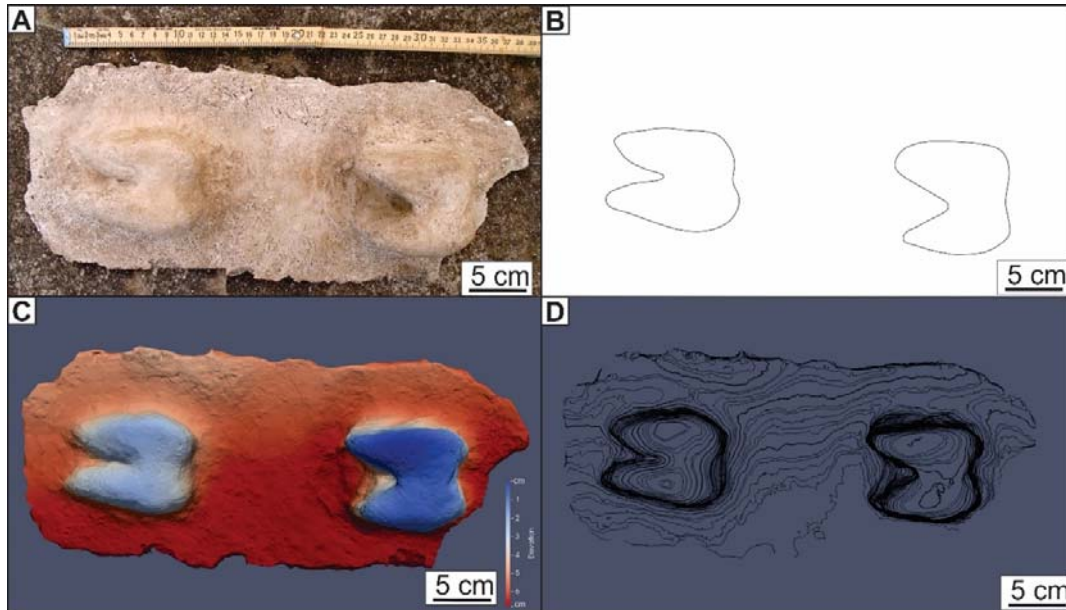


Figura 4.34. *Lamaichnum guanicoe* (MPA-87-51-I-E). A. Molde de yeso con dos huellas de pie (posterior) y mano (anterior). B. Esquema interpretativo del molde. C. Modelo de elevación, mostrando la mayor profundidad del molde en la huella posterior ( $\sim 6$ cm). D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

HC-16-26 (Fig. 4.37 A, B): Corresponde a 5 huellas bidáctilas *in situ*, posiblemente correspondientes a una misma rastrillada parcial y con escasa profundidad. El largo promedio de las impresiones es de 8,02 cm y el ancho es de 5,74 cm (Tabla 4.5, Apéndice 4).

HC-17-07 (Fig. 4.38 A, B). Corresponde a 10 huellas bidáctilas *in situ* (posible subtrazas) que aparentemente serían de distintas rastrilladas. Los pares de huellas que podrían corresponder a una misma rastrillada son: H1/H2, H5/H7 y H9/H10 (Fig. 4.38 B). El largo promedio de las huellas es de 8,39 cm y el ancho 5,2 cm (Tabla 4.5, Apéndice 4).

HC-17-13 (Fig. 4.39 A, B): Se trata de 3 huellas *in situ*, bidáctilas, posiblemente formando parte de una misma rastrillada, incluye un par mano pie y otra huella probable de pie. El largo promedio es de 10,05 cm y el ancho de 6,73 cm. La rastrillada tiene un ancho de 13,8 cm (Tabla 4.5, Apéndice 4).



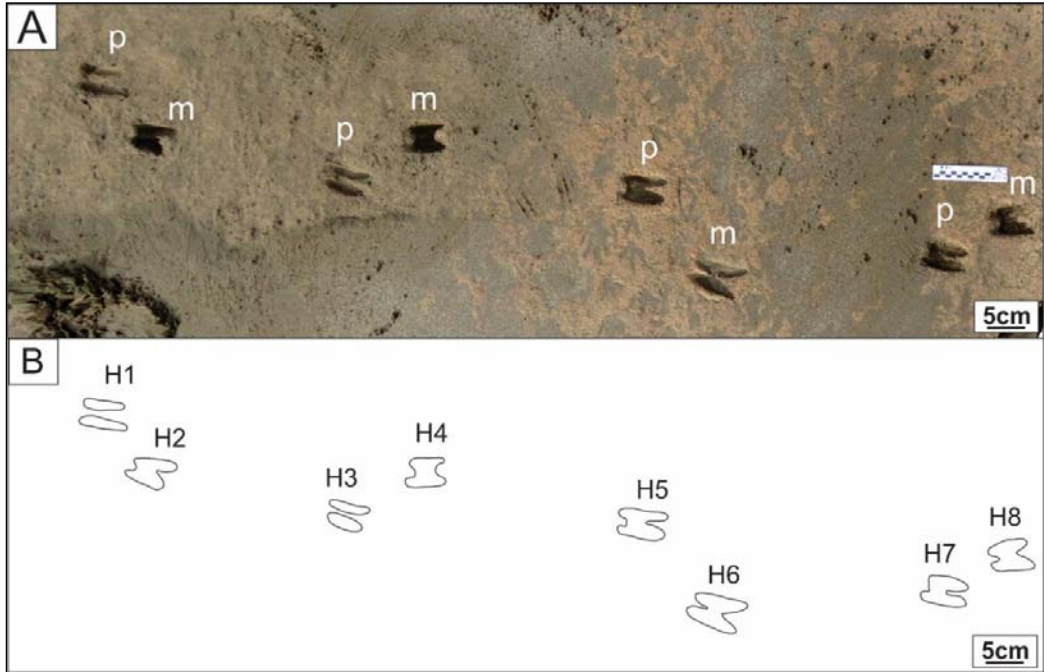


Figura 4.36. *Lomaichnum guanicoe* (HC-17-11). A. Rastrillada in situ con 8 huellas bidáctilas que componen una rastrillada. B. Esquema interpretativo.

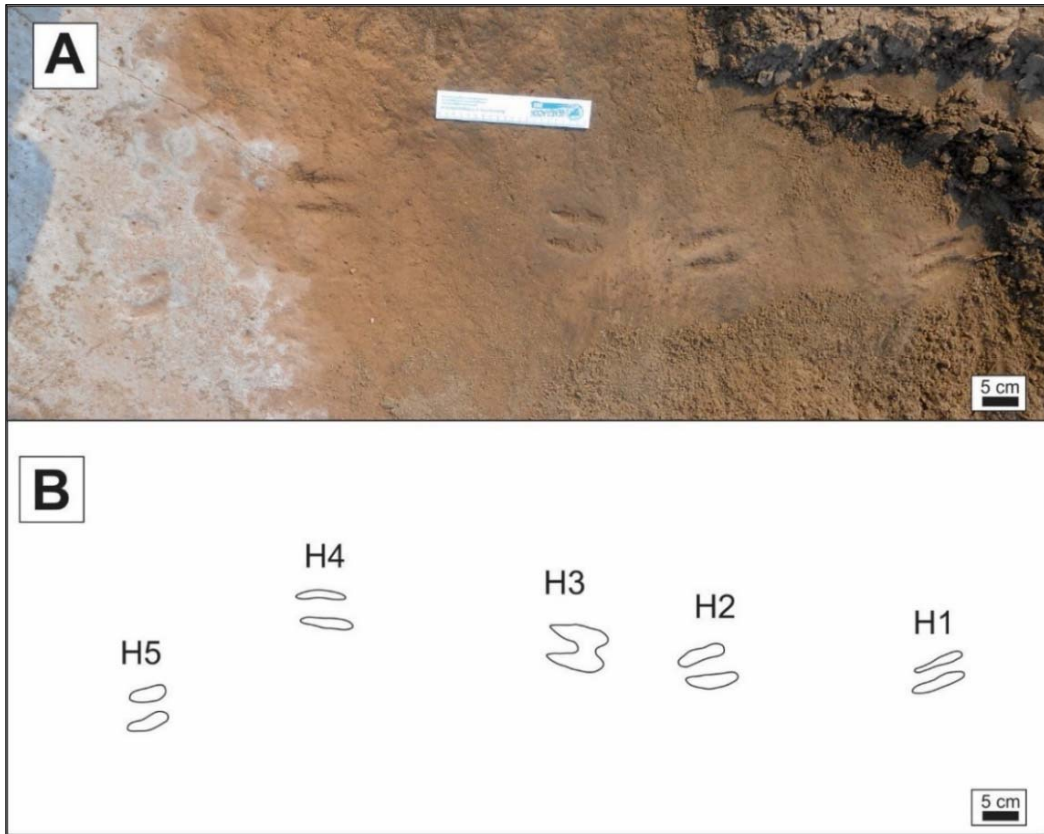


Figura 4.37. *Lomaichnum guanicoe* (HC-16-26). A. Rastrillada observada en el campo, con 5 huellas mostrando orientación cambiante. B. Esquema interpretativo.

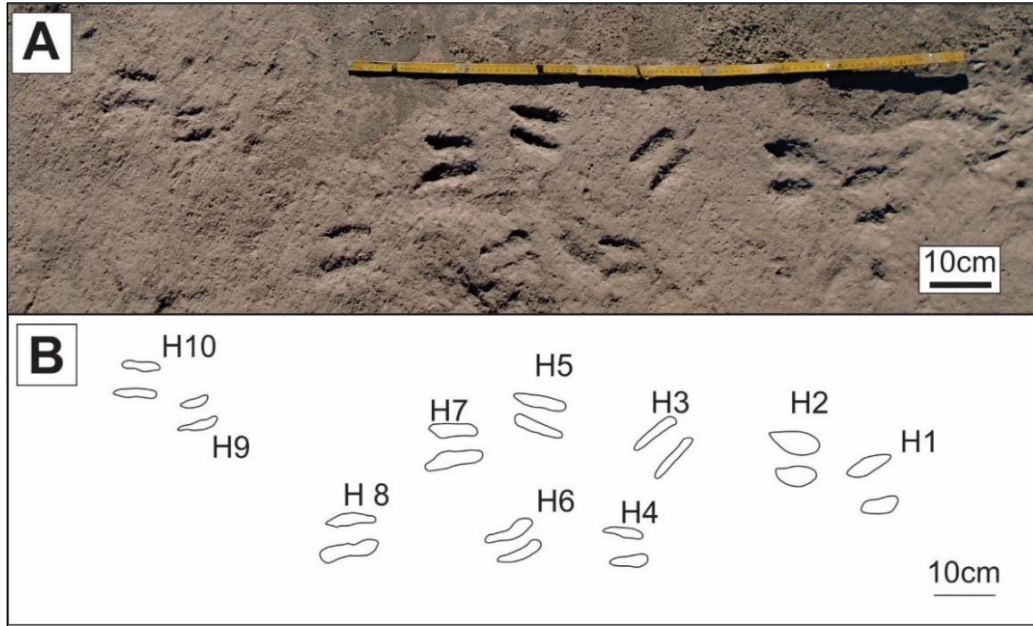


Figura 4.38. *Lamaichnum guanicoe* (HC-17-07). A. Plano de estratificación con al menos 10 huellas con ambos dígitos desconectados. B. Esquema interpretativo, algunos pares de huellas (H1/H2, H5/H7 y H9/H10) pueden ser parte de la misma rastrillada.

HC-16-14 (Fig. 4.40 A, B): Se trata de dos huellas *in situ* y con buen grado de preservación (2,5). De acuerdo a su disposición, posiblemente correspondan a un mismo productor. También se observan dos subtrazas similares pertenecientes a otra rastrillada parcial (Fig. 4.42 B). El largo y ancho medido en la mano (H1) es de 12,9 cm y 10,3cm, mientras que en el pie (H2) es 11,3 cm y 9,33 cm.

HC-16-06 (Fig. 4.41 A, B). Se trata de a una huella bidáctila, *in situ*, bien preservada (2,5) que presenta una hendidura anterior marcada. Preservada en sedimento con grietas de desecación, las que se originan desde la huella. El largo y ancho promedio es de 12,6 cm y 9,1 cm, respectivamente.

HC-17-21 (Fig. 4.42 A, B) Corresponde a dos huellas bidáctilas *in situ* con muy buen grado de preservación (2.5). Ambas huellas poseen bordes rectos y hendidura anterior marcada en H2. La relación LH/AH para estas huellas es mayor a 1,6 (Tabla 4.5, Apéndice 4). Se observan impresiones muy mal conservadas de, al menos, dos huellas más (Fig. 4.42 B).

HC-17-27 (Fig. 4.43 A, B): Procede del área 2, Sector Flamencos (Fig. 2.2 A). Se trata de una rastrillada observada en el campo, compuesta de 5 huellas

bidáctilas y con moderado grado de preservación (2).

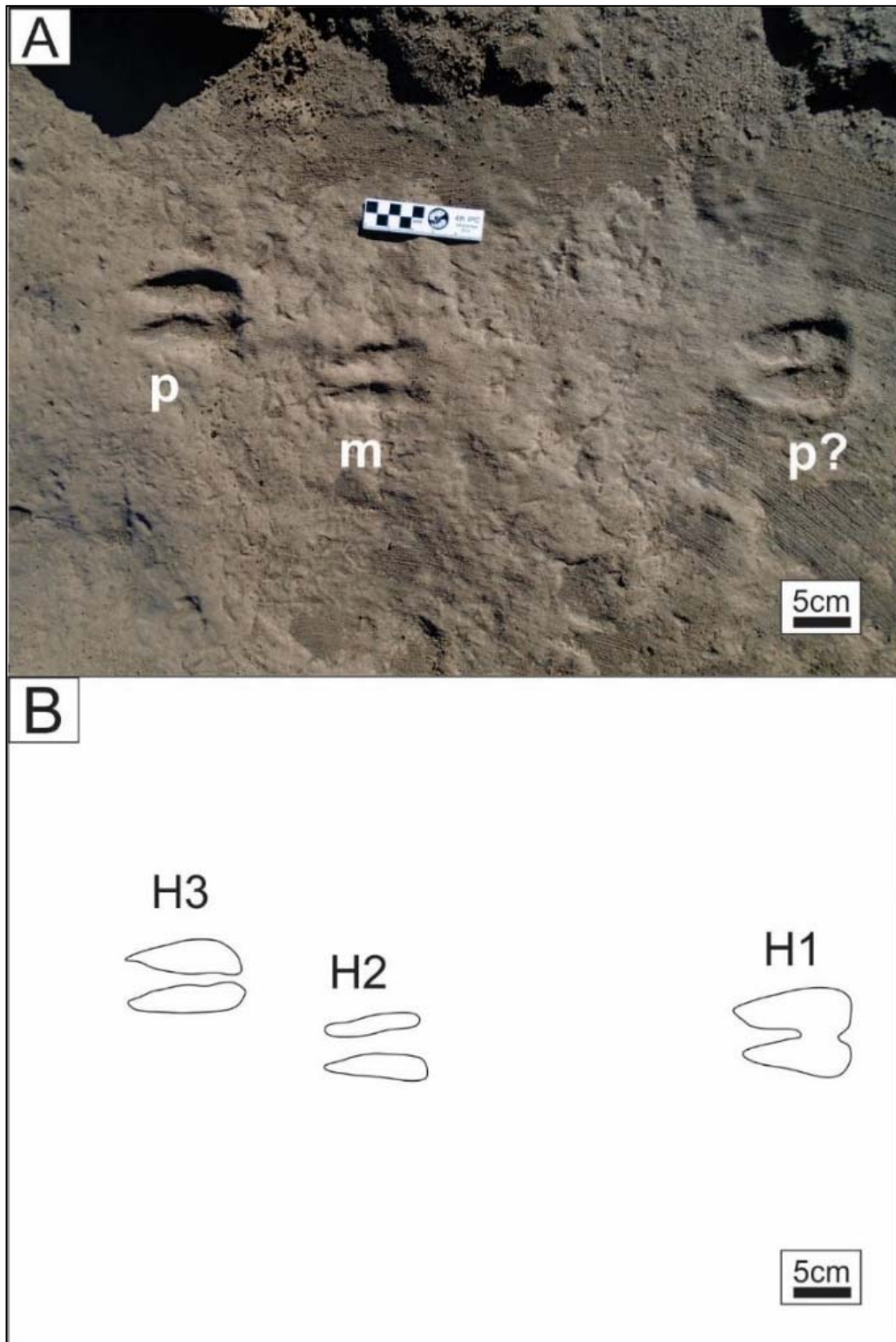


Figura 4.39. *Lamaichnum guanicoe* (HC-17-13). A. Rastrillada de tres huellas observada en el campo. B. Esquema interpretativo, H2 y H3 podrían corresponder a un par mano-pie.

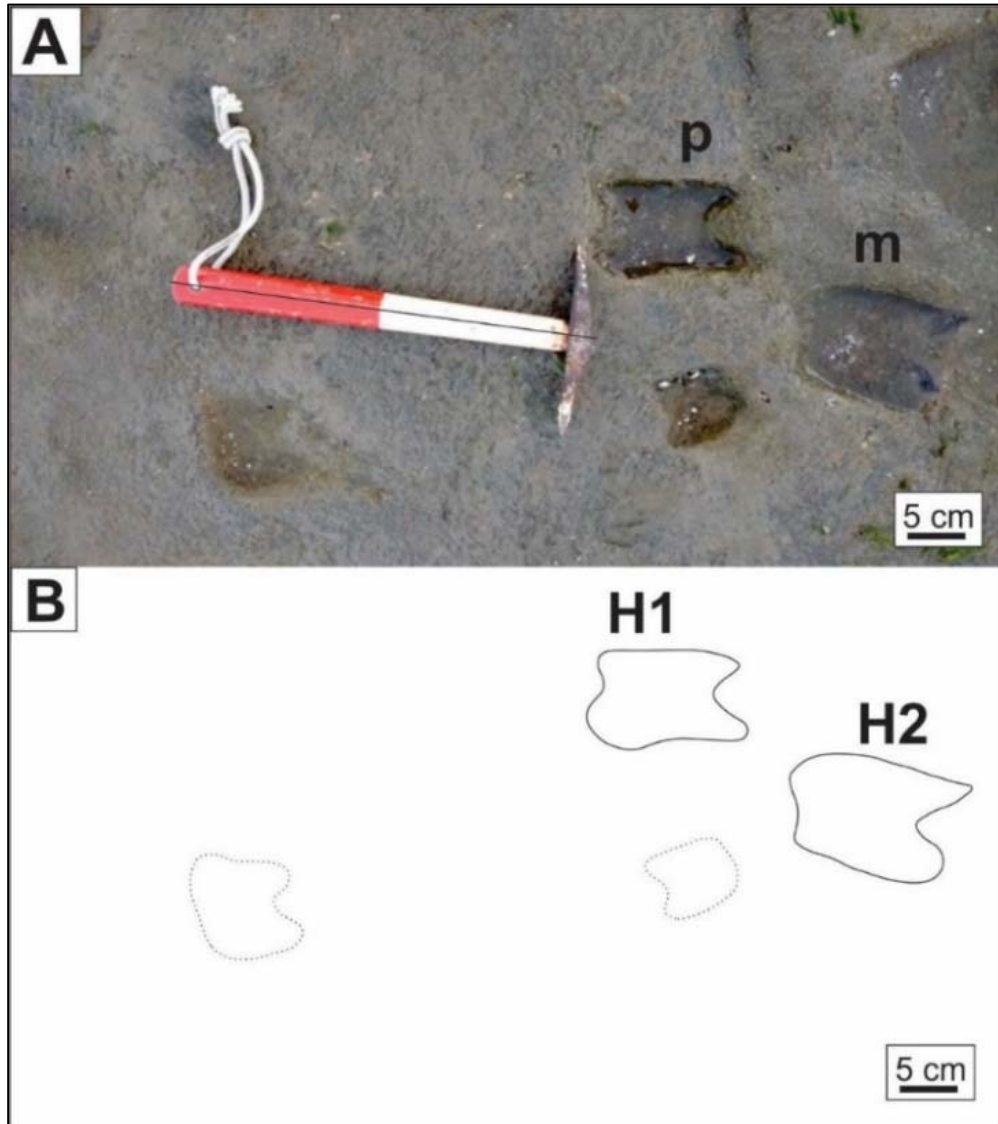


Figura 4.40. *Lamaichnum guanicoe* (HC-16-14). A. Material hallado en el campo con dos huellas bidáctilas bien definidas. Adicionalmente se aprecian 2 subtrazas, una de ellas opuesta a H1 y H2. B. Esquema interpretativo.

De acuerdo a la disposición de las huellas, pueden identificarse dos pares mano-pie (H2 y H3; H4 y H5). Las impresiones presentan leve heteropodia dado que, aunque tanto los pies como manos tienen un largo y ancho promedio de 13,45 cm y 9,19 cm (Tabla 4.6, Apéndice 4), muestran diferencias en la divaricación de los dígitos. El ángulo de paso medido (H1-H3-H5), correspondería a las huellas de pies, con un valor de 155°. El ancho promedio de la rastrillada es de aproximadamente 25,5 cm (Tabla 4.6, Apéndice 4). Se observa una rebaba lateral en las huellas de mano y pie.

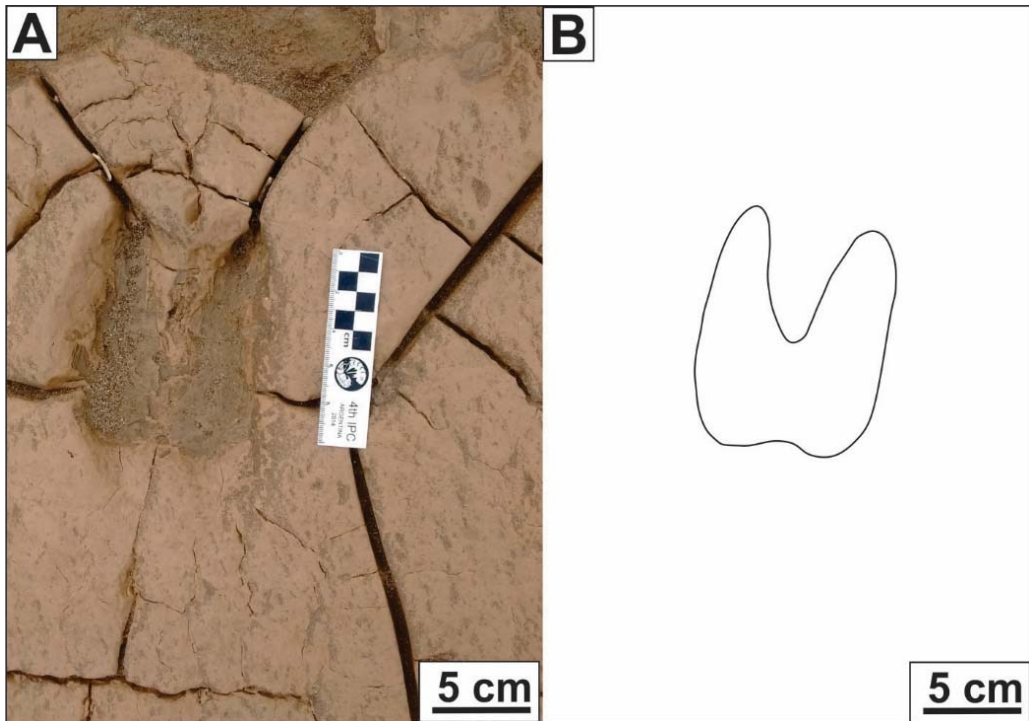


Figura 4.41. *Lamaichnum guanicoe* (HC-16-06). A. Huella observada en el campo asociada a grietas de desecación. B. Esquema interpretativo.

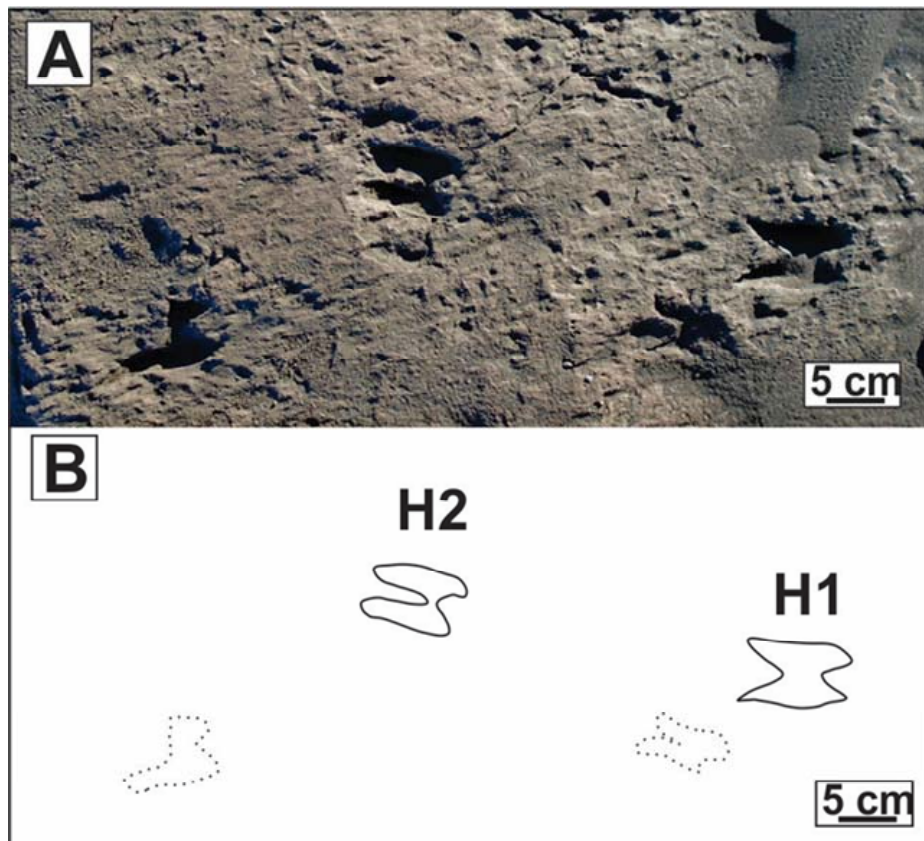


Figura 4.42. *Lamaichnum guanicoe* (HC-17-21). A. Dos huellas observadas in situ. B. Esquema interpretativo con las dos huellas mejor preservadas y dos subtrazas de orientación similar.

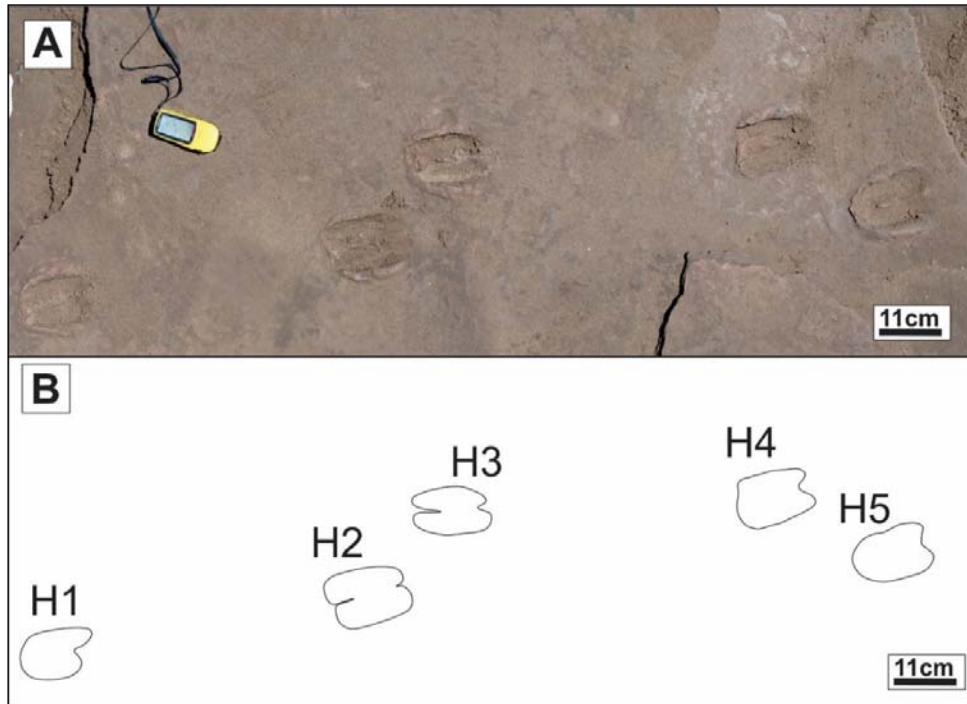


Figura 4.43. *Lamaichnum guanicoe* (HC-17-27). A. Rastrillada observada en el campo incluyendo dos pares mano-pie (H2/H3; H4/H5). B. Esquema interpretativo.

### Comentarios

Los materiales analizados anteriormente han sido catalogados como *Lamaichnum guanicoe*, ya que reúnen los rasgos más característicos de la icnoespecie. Las huellas aquí descritas presentan un largo que varía entre 7,8 y 12,9 cm, mientras que para el ancho se ubica entre 4,94 y 10,3 cm, además la mayoría de ellas tienden a mostrar homopodia, aunque las huellas de manos y pies tienen una morfología contrastante en parte debido a la divergencia de los dígitos, las manos suelen tener dígitos divergentes y los pies dígitos más paralelos (Fig. 4.36 A, B). Algunos materiales estudiados (MD-YPI-06-03, Fig.4.33 y HC-16-15, Fig.4.41) presentan trazas claras de pezuñas. En general, las huellas muestran una leve rotación positiva respecto a la línea media y el ángulo interdigital promedio es de 21°.

### ICnoespecie

*Lamaichnum tulipensis* (Aramayo y Manera de Bianco 1987b)

Figs. 4.44-4.

1987b *Megalamaichnum tulipensis*; Aramayo y Manera de Bianco, p. 536–537, fig. 6.

1996 *Megalamaichnum tulipensis*; Aramayo y Manera de Bianco, p. 50, 52, plate II, figs. 1–2, fig. 4a.

? 1999 *Megalamaichnum albus*; Remeika, p. 44

partim 2007 *Lamaichnum guanicoe*; Lucas y Hunt, p. 159, fig. 15

? 2009 “Artiodactyl footprints”; Kim *et al.*, p.6, fig. 2 a-f.

? 2012 *Lamaichnum macropodum*; Rodríguez-de La Rosa y Guzmán-Gutiérrez, p.150-151, fig. 4e, 6a

? 2014 “Large fossil artiodactyl track”; Santucci *et al.*, p.485, fig. 23

? 2020 *Cervipeda*; Neto de Carvalho *et al.*, p.4, fig. 4 a, d

Diagnosis (tomada de Aramayo et al. 2015)

Rastrillada cuadrúpeda compuesta por huellas bidáctilas y digitígradas de tamaño mediano a grande con cada dígito representado por una sola almohadilla, manos y pies de forma aproximadamente similar, extremo posterior biconvexo y anterior puntiagudo. La impresión de mano es un poco más grande y más profunda que la del pie. Las huellas de manos consisten en dos concavidades alargadas con un extremo anterior puntiagudo hacia afuera, la cresta central entre ambas concavidades es corta y se ensancha anteriormente. Las huellas de pies consisten en dos depresiones alargadas con extremos anteriores paralelos. La longitud de huella para *Lamaichnum tulipensis* es mayor a 120 mm y para *Lamaichnum guanicoe* es menor.

Holotipo

Corresponde a una rastrillada de 21 huellas *in situ* (Aramayo y Manera de Bianco 1987b, p. 545, fig. 6 a-b; Aramayo *et al.* 2015, p.156, fig. 12 A) la cual se ha perdido producto de la erosión.

Neotipo

Corresponde a una rastrillada parcial de 4 huellas *in situ*, descrita por (Aramayo *et al.* 2015, p.156, Fig. 12 D).

#### Paratipo

MD-YPI-06-04 (Fig. 4.44), pertenece a un bloque de sedimento indurado colectado en el campo y que contiene una huella bidáctila (Aramayo *et al.*, 2015; p. 156, fig. 12 B).

#### Material adicional y procedencia

Corresponde a 4 especímenes hallados *in situ* procedentes del Area 2. Tres de ellos son del Sector Flamencos y uno de ellos del Sector Tres Palos. HC-16-13 (una huella *in situ*, Fig. 4.46 A, B), 4.47), HC-16-16 (Fig. 4.49 A, B), HC-16-15 (dos huellas *in situ*, Fig. 4.50 A, B), HC-16-11 (huella aislada observada *in situ*, Fig. 4.51 A, B), HC-16-12 (huella aislada observada en el campo, Fig. 4.52 A).

#### Descripción

Neotipo. Consiste en cuatro huellas *in situ* que corresponderían a manos y pies. Considerando las fotos publicadas por Aramayo *et al.* (2015), las huellas de manos presentan sus dígitos anteriormente divergentes y son de mayor tamaño que las de los pies, con un largo y ancho promedio de 14 y 10 cm, mientras que las de pies no muestran divergencia y miden en promedio 11 cm de largo y 8 cm de ancho (Aramayo *et al.* 2015).

Paratipo (MD-YPI-06-04, Fig. 4.44): Es un bloque de sedimento indurado (y una copia con la misma numeración) que contiene una huella bidáctila, con dedos laterales divergentes. El largo y ancho es de 14 y 10 cm respectivamente.



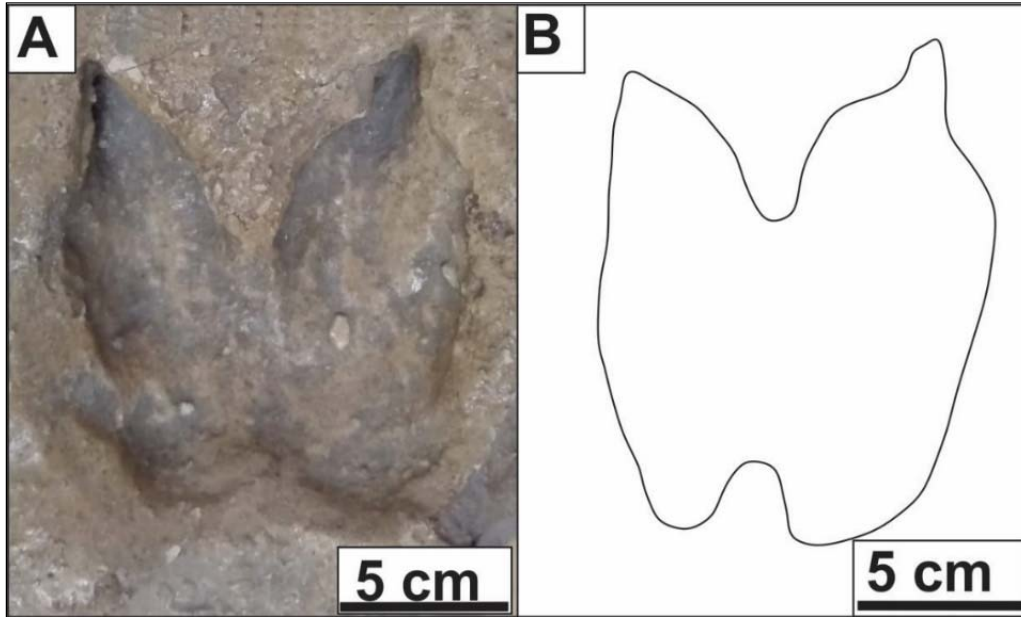


Figura 4.44. *Lomaichnum tulipensis* (MD-YPI-06-04). A. Detalle de la huella preservada en un bloque de sedimento. B. Esquema interpretativo mostrando la divergencia de los digitos hacia la parte anterior.

### Material adicional

HC-16-13 (Fig. 4.45 A, B): Procede del área 2, Sector Flamencos (Fig. 2.2 A). Se trata de una huella bidáctila, *in situ*, con buen grado de preservación (2). El borde posterior se observa algo erosionado. El largo y ancho es de 13,43 cm y 8,7 cm respectivamente.

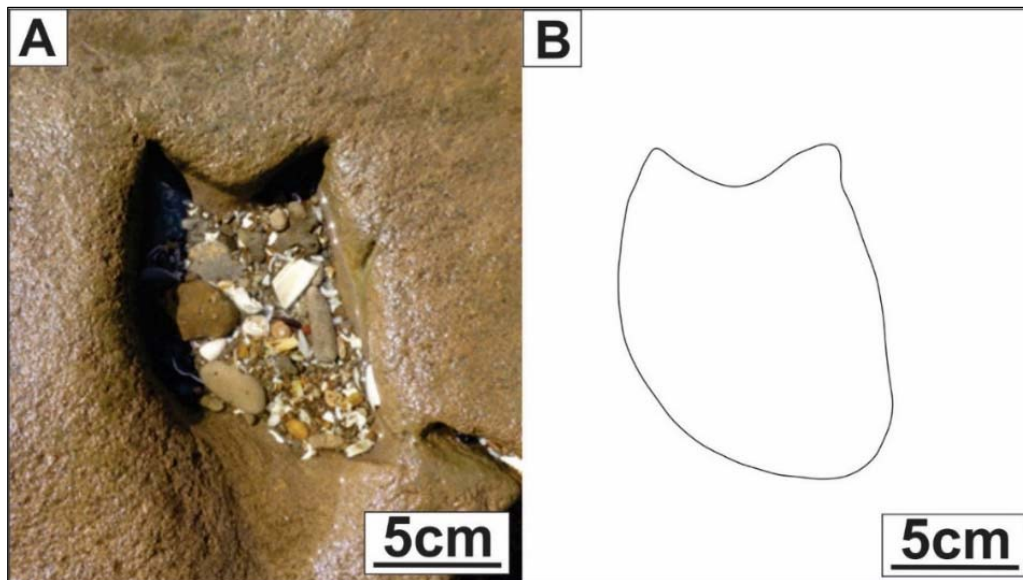


Figura 4.45. *Lomaichnum tulipensis* (HC-16-13). A. Huella aislada hallada *in situ* (preservada como epicnia negativa), muestra deformación (o erosión?) posterior producto de la consistencia del substrato. B. Esquema interpretativo.

HC-16-16 (Fig. 4.46 A, B): Procede del área 2, Sector Tres Palos (Fig. 2.2 A). Corresponde a dos huellas observadas en el campo, que presentan muy buen grado de preservación (2.5). De acuerdo al tamaño y disposición, podría tratarse de la impresión de una mano (H1) y de un pie (H2). El largo de H1 es 13,8 cm y el ancho 10,5 cm, mientras que para H2 estos valores son 11,15 cm y 8,7 cm.

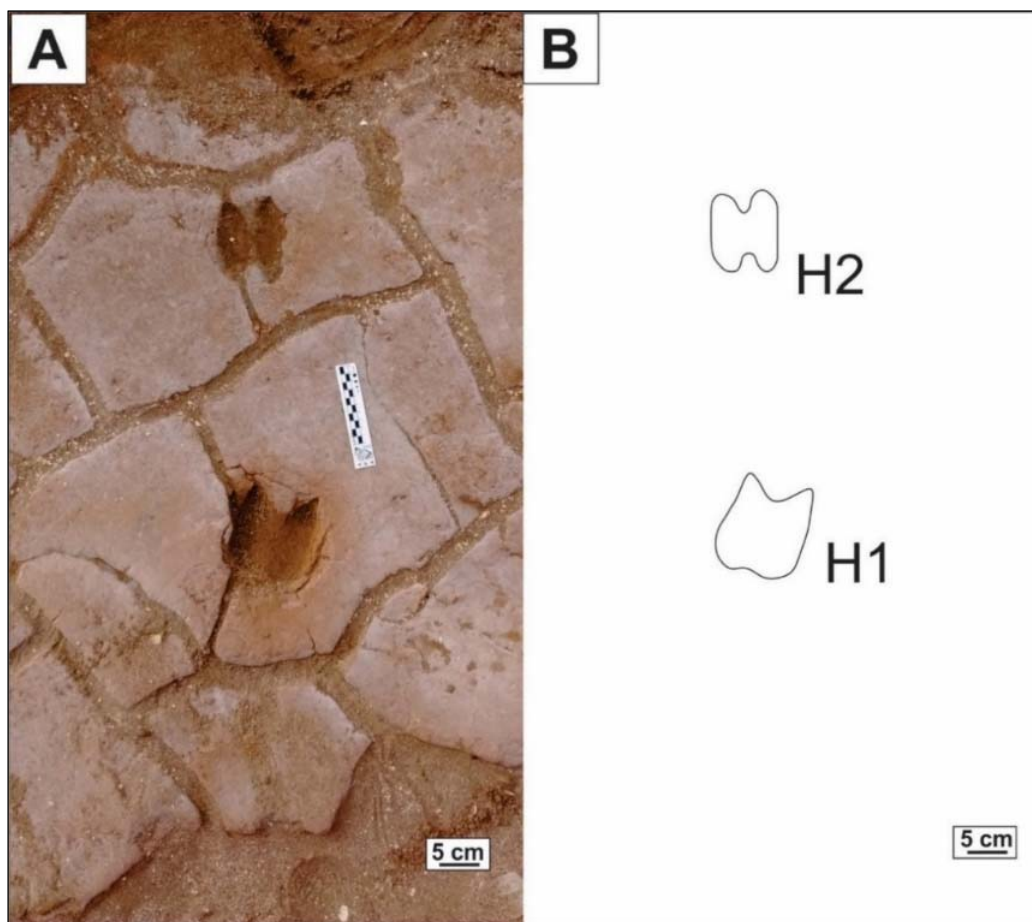


Figura 4.46. *Lamaichnum tulipensis*. A. Dos huellas in situ (HC-16-16). B. Esquema interpretativo. H1 presenta forma de tulipán, H2 con morfología comparativamente más recta.

### Comentarios

Los materiales analizados, presentan características que permiten asignarlos al icnogénero *Lamaichnum*, entre ellas: la morfología general de la huella y la orientación de los dígitos. Se han observado diferencias con la icnoespecie *Lamaichnum guanicoe* que han permitido clasificarlos como *Lamaichnum tulipensis*, definida por Aramayo *et al.* (2015), como una nueva combinación. Los materiales analizados son de tamaños generalmente superiores a *Lamaichnum*

*guanicoe* y presentan huellas de manos con forma de “tulipán” y diferencias de alrededor de 2 cm entre el tamaño de las huellas de manos y pies (Tabla 4.5, Apéndice 4).

Iconoespecie

*cf. Lamaichnum tulipensis*

(Figs. 4.47- 4.51)

Material adicional y procedencia

MD-YPI-05-04 (bloque de sedimento indurado y modelo tridimensional, Figs. 4.47 A, B y 4.47 C, D, HC-16-23 (dos huellas *in situ*, Fig. 4.48 A, B), HC-16-15 (Fig. 4.49 A, B), HC-16-11 (Fig. 4.50 A, B), HC-16-12 (Fig. 4.51 A, B).

Descripción

MD-YPI-05-04 (Fig. 4.47 A, B): Corresponde a una huella bidáctila aislada, con muy buen grado de preservación (2,5-3) que está contenida en un bloque de sedimento indurado. Ambos dígitos se observan bastante separados, con un ángulo interdigital de 54°. El largo y ancho es de 7,8 cm y 5,27 cm.

HC-16-23 (Fig. 4.48 A, B): Procede del área 2, Sector Flamencos (Fig. 2.2 A). Corresponde a dos huellas bidáctilas *in situ*, con buen grado de preservación, bordes curvados y hendiduras marcadas. H1 y H2 presentan diferencias de tamaño, la primera tiene un largo y ancho de 15 y 9 cm, mientras que la segunda 13 y 7,9 cm

HC-16-15 (Fig. 4.49 A, B): Par mano-pie de huellas bidáctilas, observadas en el campo y que presentan un grado de preservación regular a bueno (1.5-2). El largo y ancho promedio para la huella del pie (H1) es de 10,5 cm y 8,4 cm, mientras que la huella de mano (H2) es 8,4cm y 10,07 cm. Estas huellas presentan impresiones de pezuñas marcadas.

HC-16-11 (Fig. 4.50 A, B). Es una huella bidáctila *in situ*, con preservación regular (1.5), algo deformada y que exhibe dígitos anteriormente divergentes. El largo y ancho promedio es de 12,2 cm y 9,15 cm respectivamente.

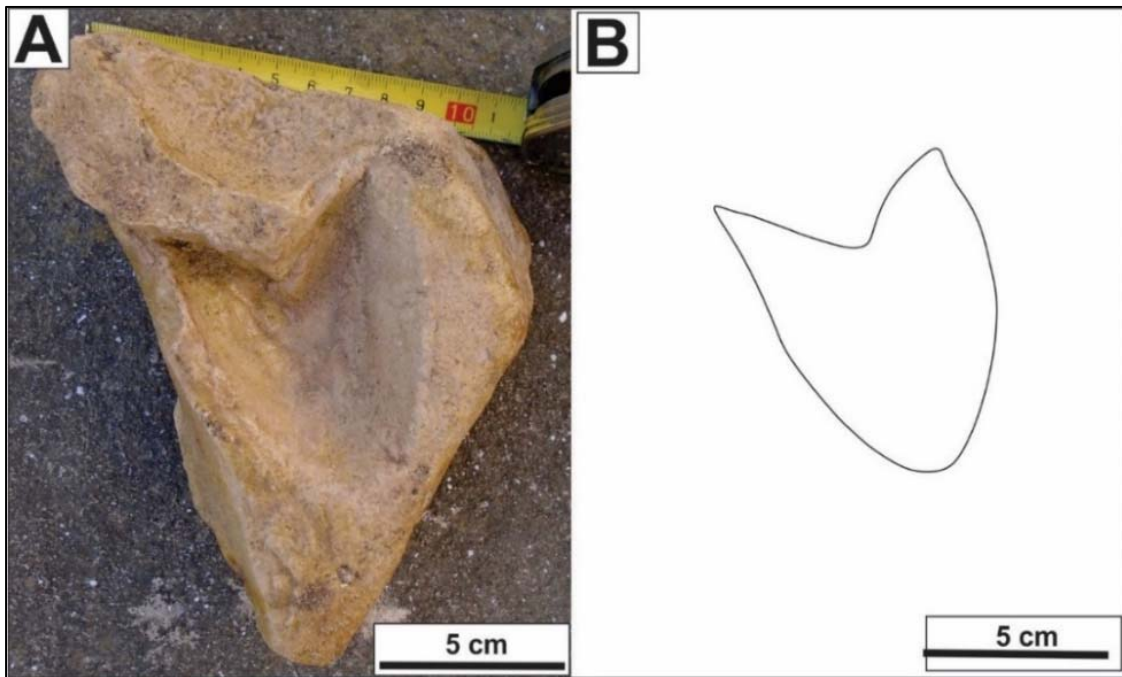


Figura 4.47. *Lamaichnum tulipensis* (MD-YPI-05-04). A. Bloque de sedimento con huella aislada. B. Esquema interpretativo.

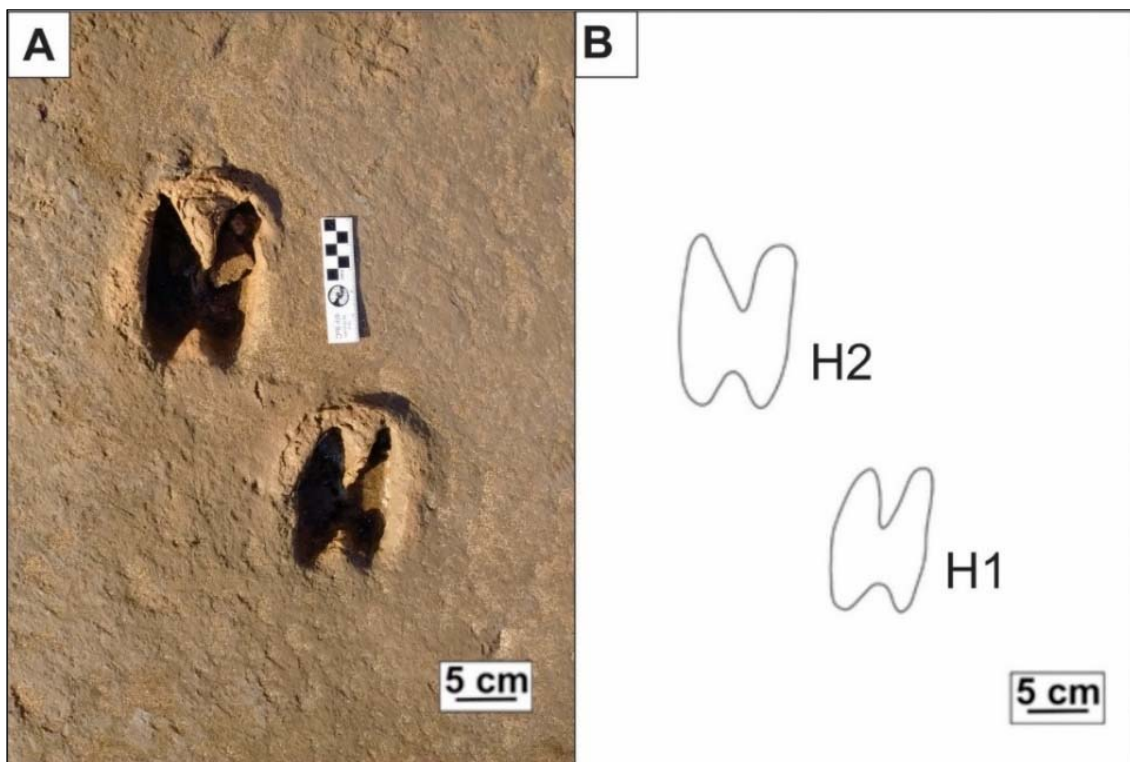


Figura 4.48. *Lamaichnum tulipensis* (HC-16-23). A. Par mano-pie observado en el campo. B. Esquema interpretativo donde se aprecia la heteropodia existente entre ambas huellas, con una diferencia de ~ 2 cm de largo

HC-16-12 (Fig. 4.51 A, B) Corresponde a una huella bidáctila registrada en el campo, con grado de preservación regular (1,5) y algo deformada. La misma presenta un leve ensanchamiento del dígito izquierdo, un ángulo interdígital marcado, mayor profundidad en la parte anterior y un aparente “acortamiento” de la huella. Esto es posiblemente debido a la escasa consistencia del sustrato cuando la misma fue impresa, como lo sugiere su notoria profundidad. El largo de esta huella es de 9,10 cm y el ancho de 8,05 cm.

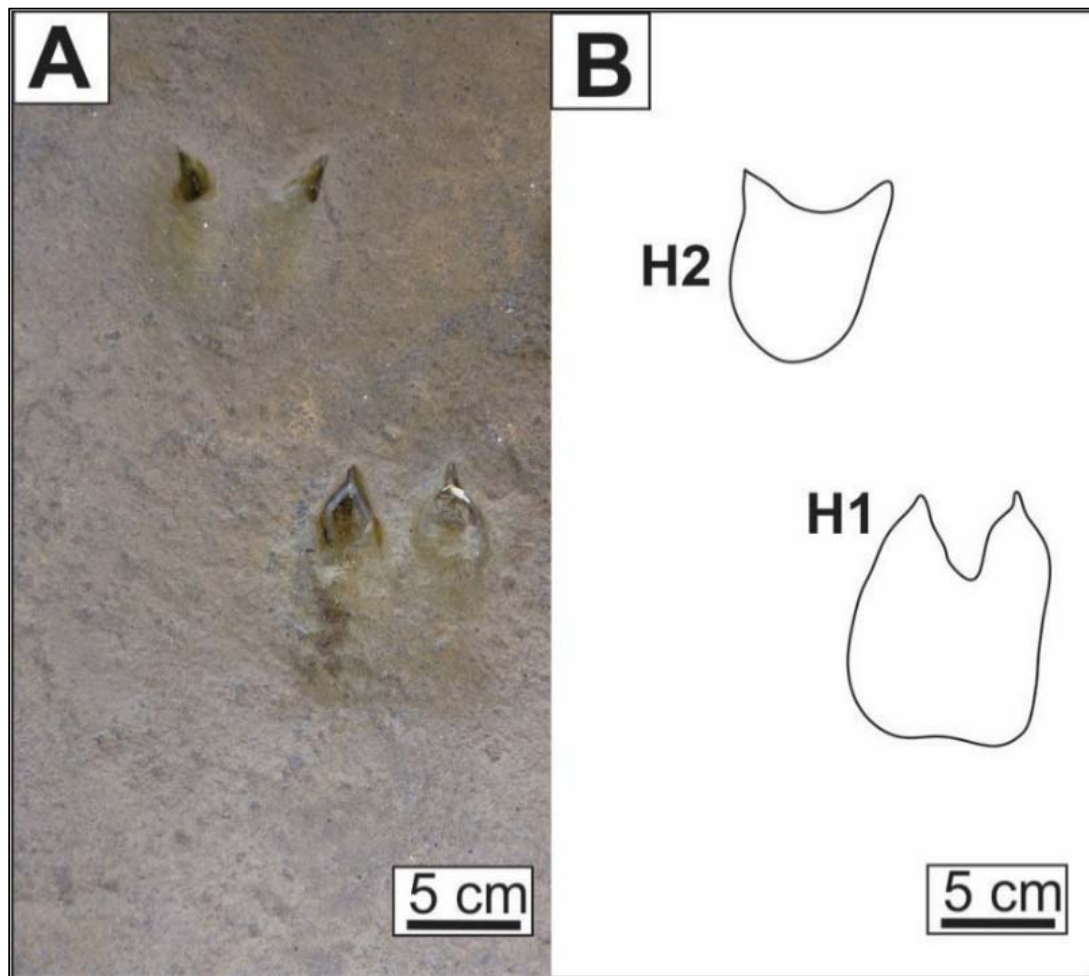


Figura 4.49. *Lamaichnum tulipensis* (HC-16-15). A. Material observado en el campo correspondiente a un par pie (H1) - mano (H2). Se observan marcas de pezuñas y H2 presenta ambos dígitos divergentes. B. Esquema interpretativo.

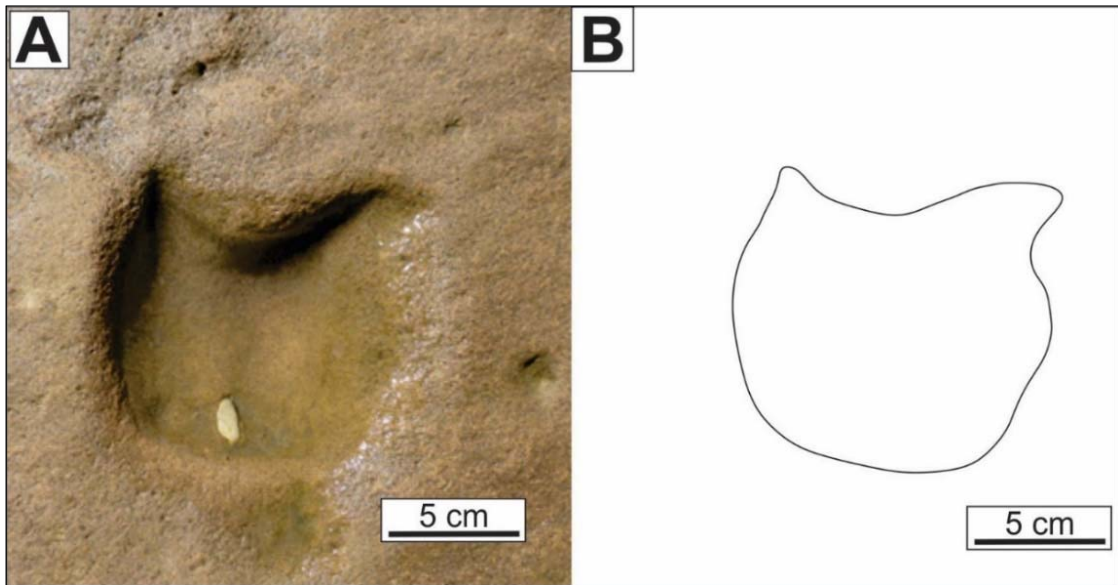


Figura 4.4.50. *Lamaichnum tulipensis* (HC-16-11). A. Huella aislada hallada en el campo con dígito divergente y notorio desgaste. B. Esquema interpretativo.

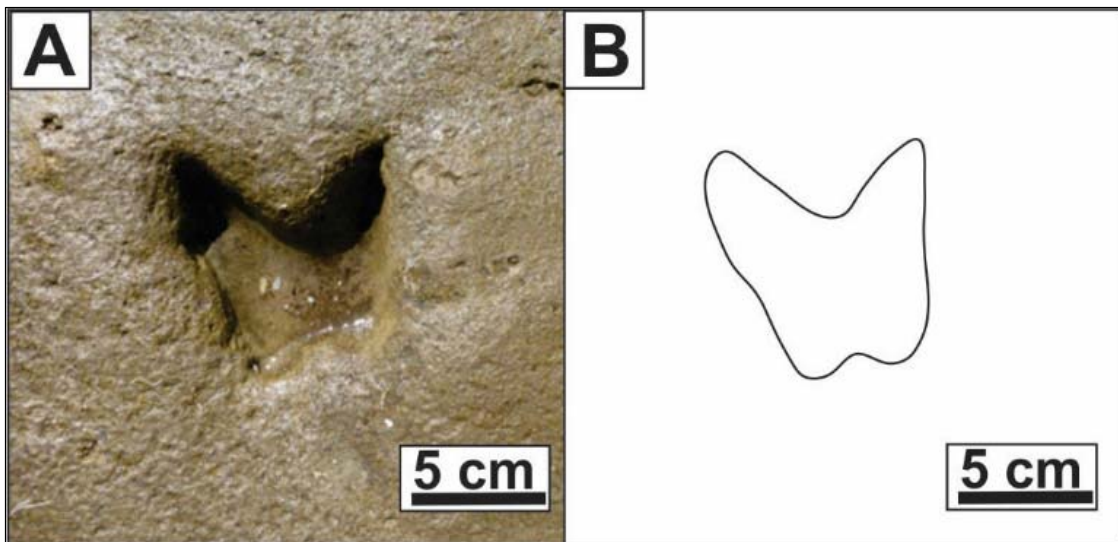


Figura 4.51. *Lamaichnum guanicoe* (HC-16-12). A. Huella bidáctila *in situ*, con dígito marcadamente divergente producto de la consistencia del sustrato. B. Esquema interpretativo.

#### 4.3.2. Icnogénero

##### *Pecoripeda* Vyalov, 1965

Iknoespecie tipo *Pecoripeda gazella* Vyalov, 1965

Diagnosis (Vyalov, 1965)

Wedge-shaped, relatively broad tracks, with pointed anterior end and broad posterior end, length ~ 40 mm, both digits sometimes project anteriorly, and in well-formed tracks the posterior portion has a heart-shaped outline (Lucas 2007).

Holotipo

Huella aislada ilustrada por Lucas (2007, p.121, fig. 7.2)

Iconoespecie

*Pecoripeda commune* (Aramayo y Manera de Bianco 1987b)

Figs. 4.51-4.59

1987b *Odocoileinichnum commune*; Aramayo y Manera de Bianco,  
p. 537–538, fig. 7.

2015 *Pecoripeda commune*; Aramayo *et al.* p. 158, fig. 13A-C

Diagnosis

Rastrillada cuadrúpeda compuesta por huellas bidáctilas con pezuñas de tamaño pequeño a mediano (50 - 120 mm de largo), impresiones digitales con superficie plana o ligeramente cóncava; la separación entre dígitos suele estar ausente o poco desarrollada. El borde anterior está muy marcado por ambos cascos; los lados laterales son rectos mientras que el borde posterior es ligeramente convexo (Aramayo *et al.* 2015).

Holotipo

Corresponde a una rastrillada de 12 huellas *in situ* (Aramayo y Manera de Bianco 1987b, p. 545, Fig. 7 b-c, Aramayo *et al.* 2015, p.157, fig. 13 a-b), MPA-87-54-I E es un molde de yeso con 2 huellas pertenecientes al holotipo (Fig. 4.51 A, B). MPA-87-53-I-E es un molde de huellas pertenecientes al holotipo (Fig. 4.52 A,

B).

### **Material adicional y procedencia**

Los materiales analizados corresponden a un molde de caucho siliconado, 3 bloques de sedimento indurado (MD-YPI, MPA) y 4 especímenes correspondientes a huellas *in situ* procedentes del área 2, Sector Flamencos (ver localización en Fig. 2.2 A).

MD-YPI-04-04 (molde de yeso de una huella aislada, Figs. 4.53 A, B), MD-YPI-05-01 (bloque de sedimento indurado con dos huellas bidáctilas, Figs. 4.54. A, B), MD-YPI-19-01 (bloque de sedimento indurado con una huella bidáctila, Figs. 4.55 A, B), MD-YPI-05-03 (bloque de sedimento indurado que contiene a una huella bidáctila, Figs. 4.56 A, B), HC-17-15 (huella hallada *in situ* en el Sector Flamencos, Figs. 4.57 A, B), HC-16-15 (cinco huellas observadas en el campo en el Sector Flamencos, Figs. 4.58 A, B), HC-17-18 (rastrillada *in situ* observada en el Sector Flamencos, Fig. 4.59 A, B).

### **Descripción**

#### Holotipo

MPA-87-54-I-E (Fig. 4.51 A) Corresponde a dos huellas bidáctilas contenidas en un molde de yeso tomado del holotipo original de 12 huellas. La huella de pie (H1) presenta bordes rectos bien definidos (Fig. 4.50 B), mide 7 cm de largo y 4,5 cm de ancho. La impresión de mano (H2) presenta bordes más curvados, mide 7,5 cm de largo y 5 cm de ancho.

MPA-87-53-I-E (Fig. 4.52 A). Corresponde a un molde yeso con dos huellas bidáctilas. H1 presenta bordes levemente curvados (Fig. 4.52 B) y H2 bordes más bien rectos. El largo y ancho promedio para el primero es 7 y 5 cm, mientras que para el segundo 6,8 y 5,5 cm. El molde también presenta dos huellas tridáctilas incipientes de aspecto aviano (Fig. 4.52 B).



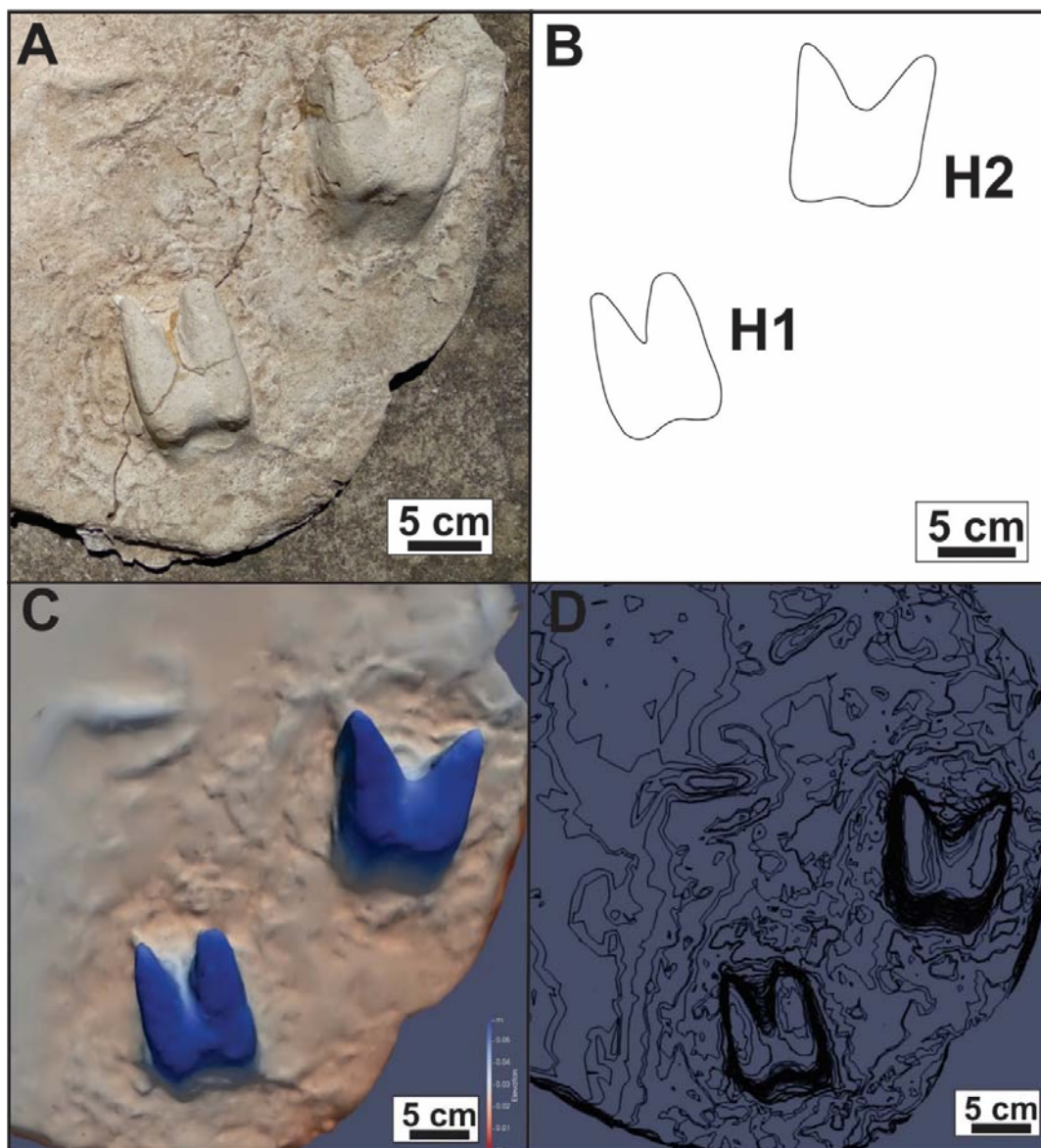


Figura 4.51 Molde del holotipo de *Pecoripeda commune* (MPA 87-54-I-E). A. Molde de dos huellas que son parte del holotipo. B. Esquema interpretativo del molde. Ambas huellas son de bordes rectos y extremo posterior levemente convexo. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

#### Material adicional

MD-YPI-04-04 (Fig. 4.53 A, B). Corresponde a un molde de yeso de una huella bidáctila, de tamaño relativamente pequeño que presenta un largo de 4,41 cm y un ancho de 4,34 cm. Los bordes laterales son rectos y los dígitos están orientados paralelamente hacia la parte anterior.

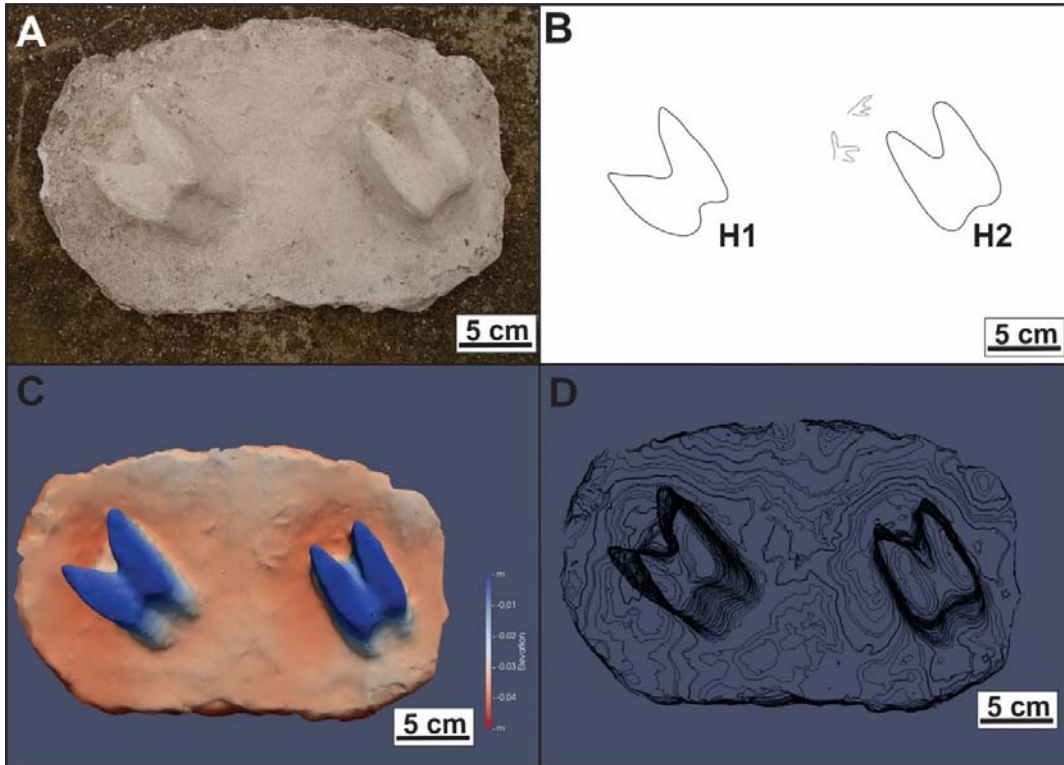


Figura 4.52. Molde parcial del holotipo de *Pecoripeda commune* (MPA 87-53-I-E) A. Molde de yeso con dos huellas que son parte del holotipo. B. Esquema interpretativo del molde. Se observa la presencia adicional de dos huellas pequeñas de aves. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

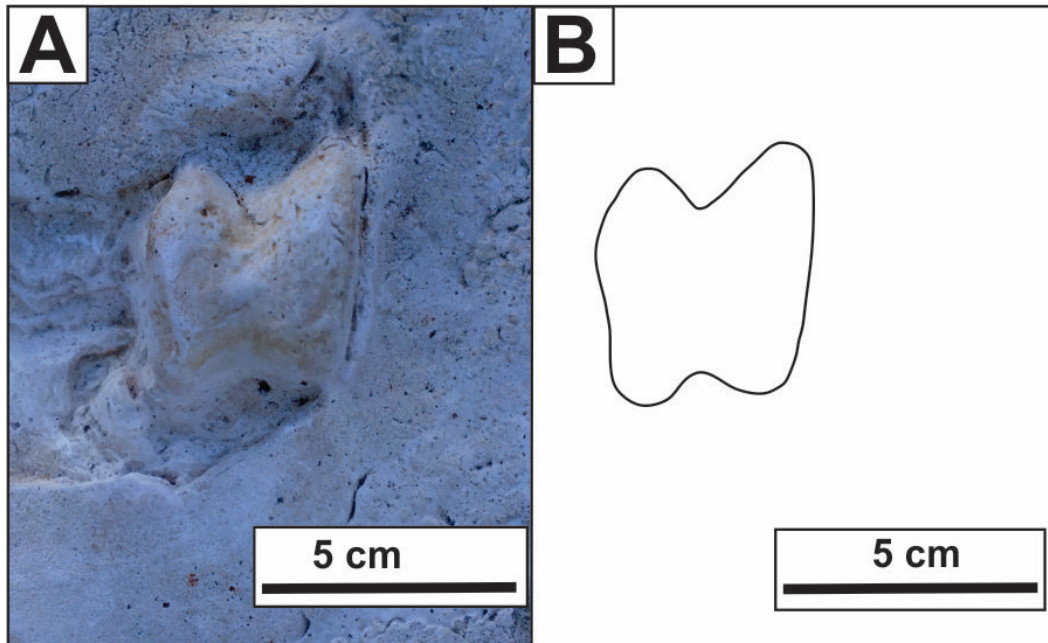


Figura 4.53. *Pecoripeda commune* (MD-YPI-04-04). A. Molde de yeso con huella pequeña (< 5 cm). B. Esquema interpretativo del molde

MD-YPI-05-01 (Fig. 4.54. A, B) Corresponde a dos huellas bidáctilas que están contenidas en un bloque de sedimento indurado, en general, con buen grado de preservación (2). H1 está pobremente definida hacia el borde inferior derecho, la misma mide 7,5 cm de largo y 4,25 cm de ancho. En tanto H2 es más grande: mide 9,05 cm de largo y 5,68 cm de ancho.

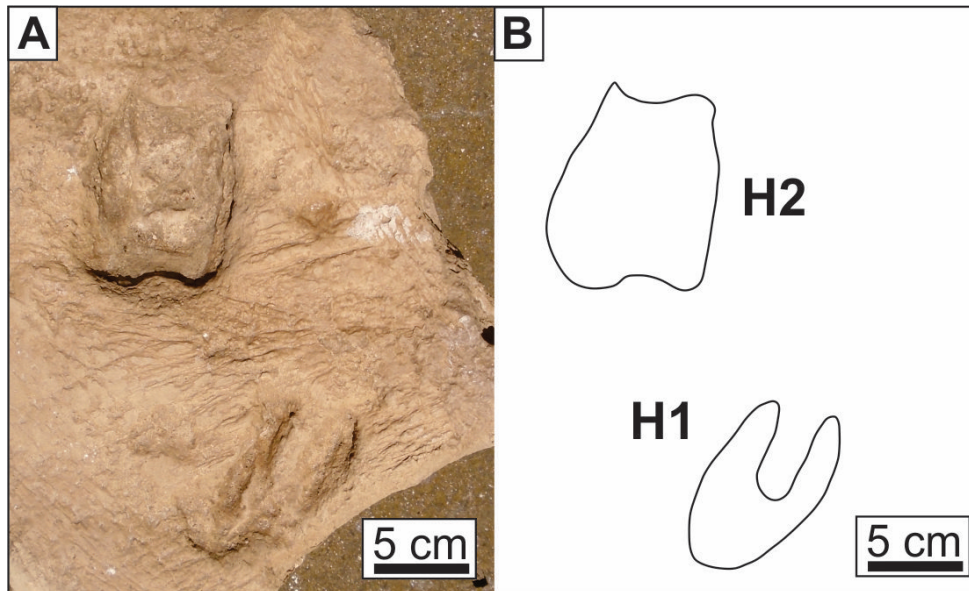


Figura 4.54. *Pecoripeda commune* (MD-YPI-05-01). A. Bloque de sedimento con dos huellas. B. Esquema interpretativo.

MD-YPI-19-01 (Fig. 4.55 A, B) Corresponde a una huella bidáctila contenida en un bloque de sedimento indurado, presenta trazas de pezuñas de aproximadamente 0,5 cm de largo y con probables trazas de arrastre hacia la parte delantera. Presenta bordes rectos y hendidura anterior marcada. El largo de la huella es 7,6 cm y el ancho 4,7 cm.

MD-YPI-05-03 (Fig. 4.56 A, B) Pertenece a una huella contenida en un bloque de sedimento indurado, que presenta trazas de pezuñas de aproximadamente 0,9 cm y 0,4 cm de largo, tiene bordes laterales rectos y dígitos con cierta asimetría. El largo promedio (incluidas las pezuñas) es 12 cm y el ancho 9 cm.

HC-17-15 (Fig. 4.57 A, B) Corresponde a una huella bidáctila *in situ* con buen grado de preservación (2), la huella presenta borde posterior recto, al igual que los bordes laterales, notoria profundidad y hendidura anterior marcada. El largo es de 11,9 cm y el ancho 7,5 cm.

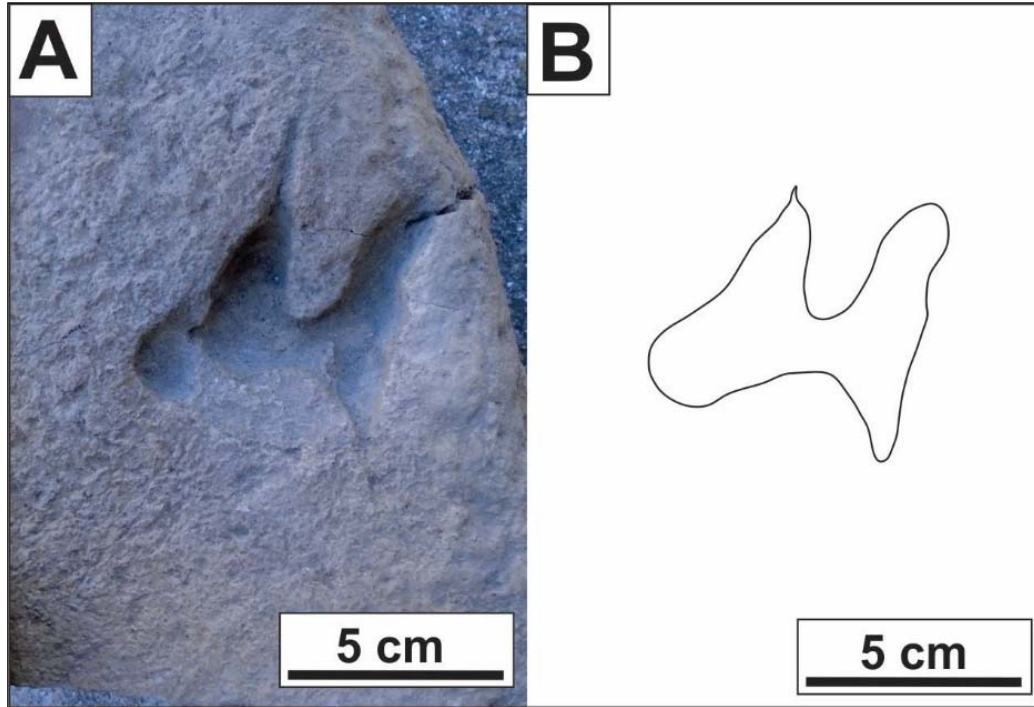


Figura 4.55. *Pecoripeda commune* (MD-YPI-19-01). A. Bloque de sedimento con una huella. B. Esquema interpretativo.

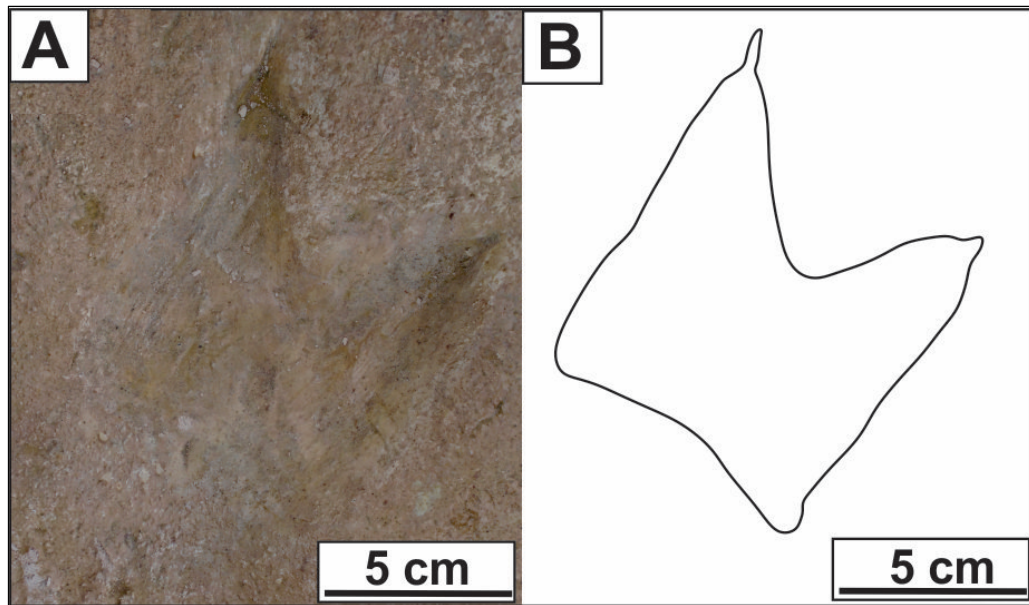


Figura 4.56. *Pecoripeda commune* (MD-YPI-05-03). A. Bloque de sedimento con huella aislada mostrando trazas de peñías. B. Diagrama interpretativo.

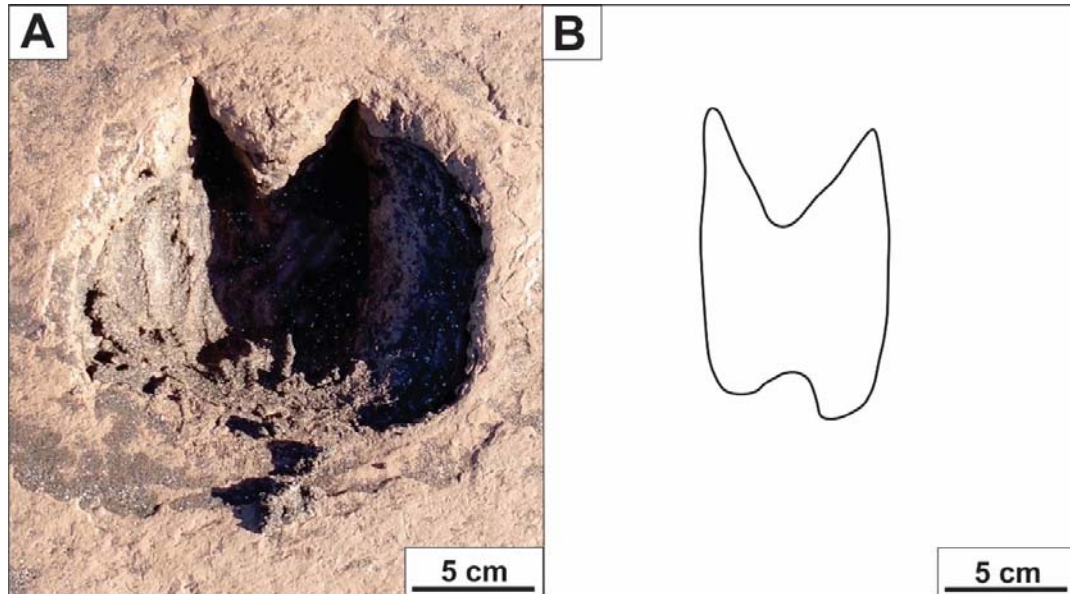


Figura 4.57. *Pecoripeda commune* (HC-17-15). A. Huella observada en el campo que muestra su margen lateral izquierdo erosionado. B. Esquema interpretativo mostrando los bordes laterales rectos.

HC-16-15 (Fig. 4.58 A, B). Pertenece a 5 huellas observadas en el campo, con buen grado de preservación (2). También se observan dos huellas adicionales con menor grado de preservación (1-1.5). De acuerdo a la disposición de las huellas, es probable que H1 y H3 pertenezcan a la misma rastrillada (Fig. 4.58 B), mientras que H3, H4 y H5 posiblemente correspondan a rastrilladas diferentes. La distribución aleatoria de las huellas dificulta identificar las huellas de mano y pie. El largo promedio para estas impresiones es 12,26 cm y el ancho 9,96 cm (Tabla 4.7, Apéndice 4).

HC-17-18 (Fig. 4.59 A, B) Es una rastrillada de 4 huellas bidáctilas, observada en el campo, con buen grado de preservación (2-2,5). Las impresiones pertenecerían a pies (H1 y H3) y a manos (H2 y H4), con un largo promedio de 12,6 cm y ancho de 8,4 cm. En cuanto al ángulo de paso, el valor es  $169^\circ$  para las huellas de pies y  $149^\circ$  para las de manos (Tabla 4.7, Apéndice 4). La rastrillada tiene un ancho de 25 cm.

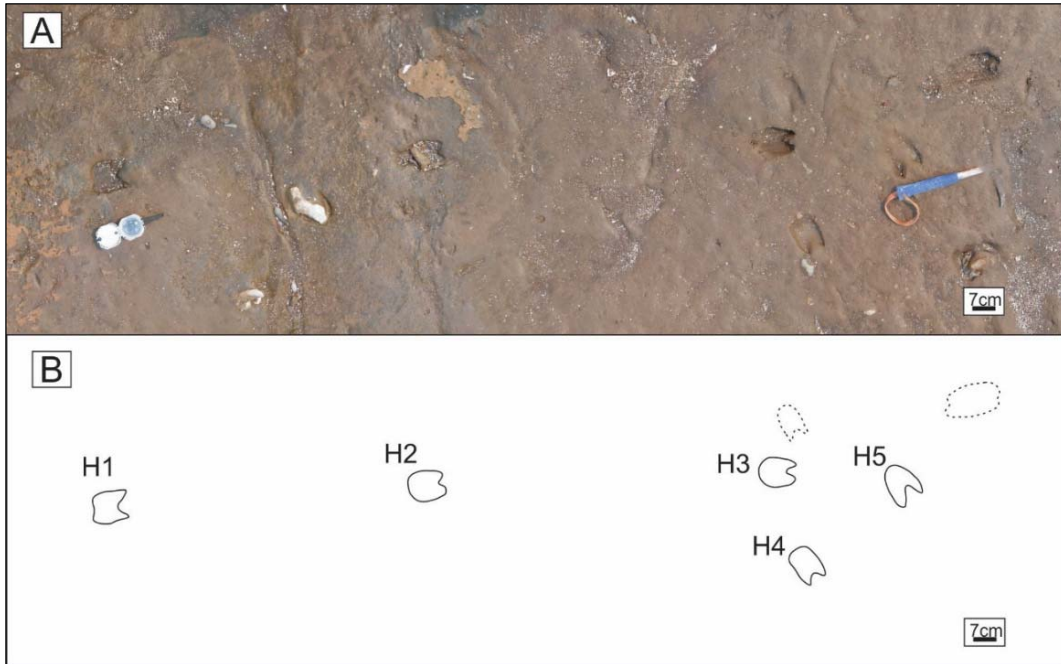


Figura 4.58. *Pecoripeda commune* (HC-16-15). A. Material *in situ* compuesto por al menos cinco huellas. De acuerdo a su posición, H1, H2 y H3 podrían corresponder a la misma rastrillada. B. Esquema interpretativo donde se aprecian las cinco huellas y algunas subtrazas (línea punteada).

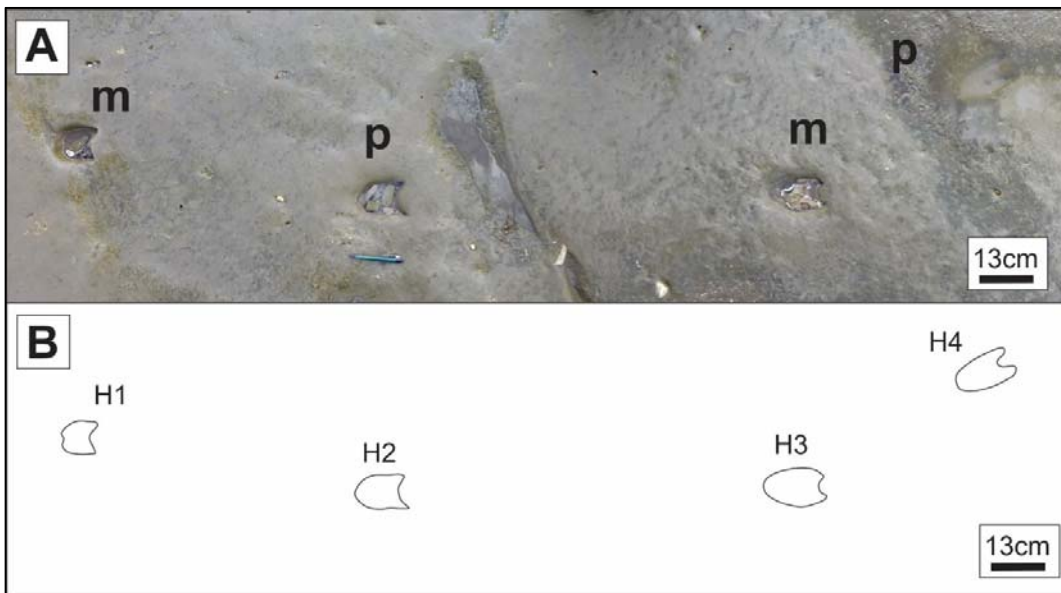


Figura 4.59. *Pecoripeda commune* (HC-17-18). A. Rastrillada *in situ*, se observan dos posibles par mano-pie (H1/H2, H3/H4). B. Esquema interpretativo de las cuatro huellas.

### Comentarios

Las huellas descritas en los apartados previos han sido asignadas al icnogénero *Pecoripeda* por presentar características distintivas de este

icnogénero, como la forma de las impresiones digitales en general con bordes laterales rectos, extremo anterior puntiagudo y extremo posterior ancho, con dígitos que en general se proyectan hacia delante formando un bajo ángulo de divaricación (menor a 30°).

A su vez todas ellas han sido clasificadas como *Pecoripeda commune* ya que, en algunos casos, se han preservado marcas de pezuñas (MD-YPI-19-01, Fig. 4.54 A, B), el largo de las huellas oscila entre 44 y 148 mm y tampoco se han observado separaciones entre los dígitos. En general la mayoría de ellas presentan bordes laterales rectos y bordes posteriores ligeramente convexos.

A diferencia de *Lamaichnum*, la gran mayoría de las veces *Pecoripeda* exhibe impresiones digitales conectadas entre sí, además en *Pecoripeda* la orientación de los mismos rara vez es divergente y el borde posterior de la huella suele ser recto.

#### 4.4. HUELLAS SUBCIRCULARES DISPUESTAS EN RASTRILLADAS CUADRÚPEDAS

##### **Iconotaxobases**

Este tipo de huellas de gran tamaño y contorno ovalado han sido descritas por Panin y Avram (1962), como huellas de proboscidos del Mioceno de Rumania. Estos autores erigieron el icnogénero *Proboscipeda* Panin y Avram, 1962 junto con la icnoespecie tipo *Proboscipeda enigmatica* (Panin y Avram 1962). La diagnosis del icnogénero fue enmendada por Aramayo *et al.* (2015). La descripción de *Proboscipeda* indicaba una morfología ovalada (más larga que ancha), textura en forma de surcos vermiculares, la mayoría sin marcas de dedos, algunas con impresiones digitales dirigidos anteriormente y dos impresiones dirigidas lateralmente (Panin y Avram 1962; Lucas 2007). Posteriormente, Scrivner y Bottjer (1986, p. 301) también utilizaron el término *Proboscipeda* para referirse una rastrillada del Mioceno de California (USA), compuesta por "depresiones circulares profundas donde solo se conservan leves contornos de los dedos de los pies". Años más tarde, fueron redescritas por

Sarjeant y Reynolds (1999) como huellas pobremente preservadas, pertenecientes a una única rastrillada, con diámetros de aproximadamente 50 cm y zancada de aproximadamente 275 cm (Lucas *et al.* 2007). Aramayo y Manera de Bianco (1987a) crearon el icnogénero *Stegomastodonichnum* para describir una rastrillada de 7 huellas de contorno “casi circulares”, que presentaban tres lóbulos poco marcados correspondientes a pezuñas y semejantes a los dedos medios de un elefante, y el resto de la superficie palmar/plantar presentaba pliegues irregulares que evidenciaban la presencia de almohadillas. Además, observaron presencia de rebabas marginales. Años más tarde, Lucas *et al.* (2007), propusieron aplicar el icnogénero *Proboscipeda* a todas las huellas fósiles neógenas de proboscidos. En el mismo volumen, McNeil *et al.* (2007) crearon otra icnoespecie denominada *Proboscipeda panfamilia*, para describir huellas del Pleistoceno del oeste de Canadá. Estas últimas presentan mayores tamaños y contorno subcircular, a diferencia de *Proboscipeda enigmatica* que es de forma más ovalada y de menor tamaño. Siguiendo con la propuesta de Lucas *et al.* (2007), Aramayo *et al.* (2015) consideraron a *Stegomastodonichnum* sinónimo junior de *Proboscipeda*. De aquí deriva la nueva combinación icnoespecífica denominada *Proboscipeda australis* Aramayo *et al.* 2015, para reconocer a la icnoespecie *australis* del icnogénero *Stegomastodonichnum*.

En términos generales, es posible afirmar que la mayoría de estas huellas son de tamaño mediano a grande y de contorno subcircular. A su vez, dependiendo de si corresponden a impresiones de pies o manos, suelen mostrar impresiones de tres (pies; II, III y IV) a cinco (mano) dígitos y, en ocasiones, puede observarse ornamentación en su interior.

Las icnotaxobases genéricas empleadas son: la morfología general de la huella y el tamaño. Para la clasificación icnoespecífica se tuvo en cuenta: la relación largo / ancho de las huellas, las diferencias de tamaño entre las huellas de manos y pies, la presencia de ornamentación en las impresiones palmares/plantares y la cantidad de impresiones digitales.

#### 4.4.1. Icnogénero



## ***Proboscipeda* (Panin y Avram 1962)**

Iconoespecie tipo

*Proboscipeda enigmatica* Panin y Avram 1962

### **Diagnosis**

Large oval to subcircular footprints, large and flat sole/palm surface either ornamented or smooth, three to five short and blunt digit impressions pointing anteriorly, deep footprints with a noticeable marginal ridge (Aramayo *et al.* 2015).

Iconoespecie

*Proboscipeda australis* Aramayo *et al.* 2015

Figs. 4.60-4.62

1987a *Stegomastodonichnum australis*: Aramayo y Manera de Bianco, p. 21–522, fig. 7.

Diagnosis enmendada (modificada de Aramayo *et al.* 2015)

Grandes huellas circulares a ligeramente ovaladas (largo y ancho: 0,23–0,40 m), manos similares a las patas y ligeramente más grandes, las huellas ovaladas pueden ser más anchas que largas o más largas que anchas. Comúnmente imprimen de 3 a 5 dígitos en el margen anterior de la planta o la palma, a veces apareciendo como ligeras ondulaciones de forma casi rectangular, con su eje longitudinal tangencial al margen de la huella. La superficie de la planta/palma irregular, agrietada y arrugada.

### **Comentarios**

De la diagnosis original se enmiendan las dimensiones de las huellas, con la finalidad de integrar el nuevo material descrito, que tiene tamaño superior al rango contemplado en la diagnosis original. Este material, sin embargo, cumple con los principales rasgos morfológicos de la iconoespecie *Proboscipeda australis*.

### Holotipo

Corresponde a una rastrillada *in situ* de 7 huellas (Aramayo *et al.* 2015, p.151, fig.7 a-b). MPA.87-56-I-E es un molde de yeso correspondiente a una huella del holotipo (Fig. 4.60 A).

### Material adicional y procedencia

El material adicional analizado corresponde a tres huellas *in situ* procedentes del área 2 (Fig. 4.61 a-c y Fig. 4.62 a-d), Sector Flamencos (Fig. 2.2 A). HC-17-17 (tres huellas halladas *in situ* y su modelo tridimensional correspondiente (MT-17-17. Figs. 4.61 A - C y Fig. 4.62 A- D).

### Descripción

Molde de una huella del holotipo

MPA-87-56-I-E (Fig. 4.60 A, B). Es un molde de yeso de la huella del pie, perteneciente a una rastrillada de 7 huellas que conformaba el holotipo, el que se ha perdido a causa de la erosión costera. Presenta marcas de tres dígitos (II, III y IV) y ornamentación en su interior. El largo y ancho es de 28,2 cm y 25,1 cm, mientras que la profundidad, que es de 8 cm, se evidencia en el modelo tridimensional (Fig. 4.60 C, D).

### Material adicional

HC-17-17 (Figs. 4.61A, B, C, 4.62A-D). Corresponde a tres huellas subcirculares observadas en el campo, que presentan un grado de preservación moderado (1,5-2) y que probablemente sean parte de una misma rastrillada. H1 es más larga que ancha y H2 más ancha que larga (Tabla 4.8, Apéndice 4), siendo el largo y ancho para H1 de 32 y 25 cm y para H2, 35,5 y 36 cm (Fig. 4.62A, B). Se observa algo de ornamentación en el interior de H2 (Fig. 4.61. A, B, Fig. 4.62 A, B). H3 tiene un largo de 38,7 cm y se encuentra erosionada, lo cual impide conocer el valor del ancho. La profundidad decrece levemente entre H1 y H3 (de 12,5 a 8 cm, Tabla 4.8, Apéndice 4, MT-17-17, Fig. 4.62 C, D). Probablemente las 3 huellas sean parte de una misma rastrillada, aunque el grado de preservación, impide determinar si se trata de la huella de miembros delanteros

o traseros.

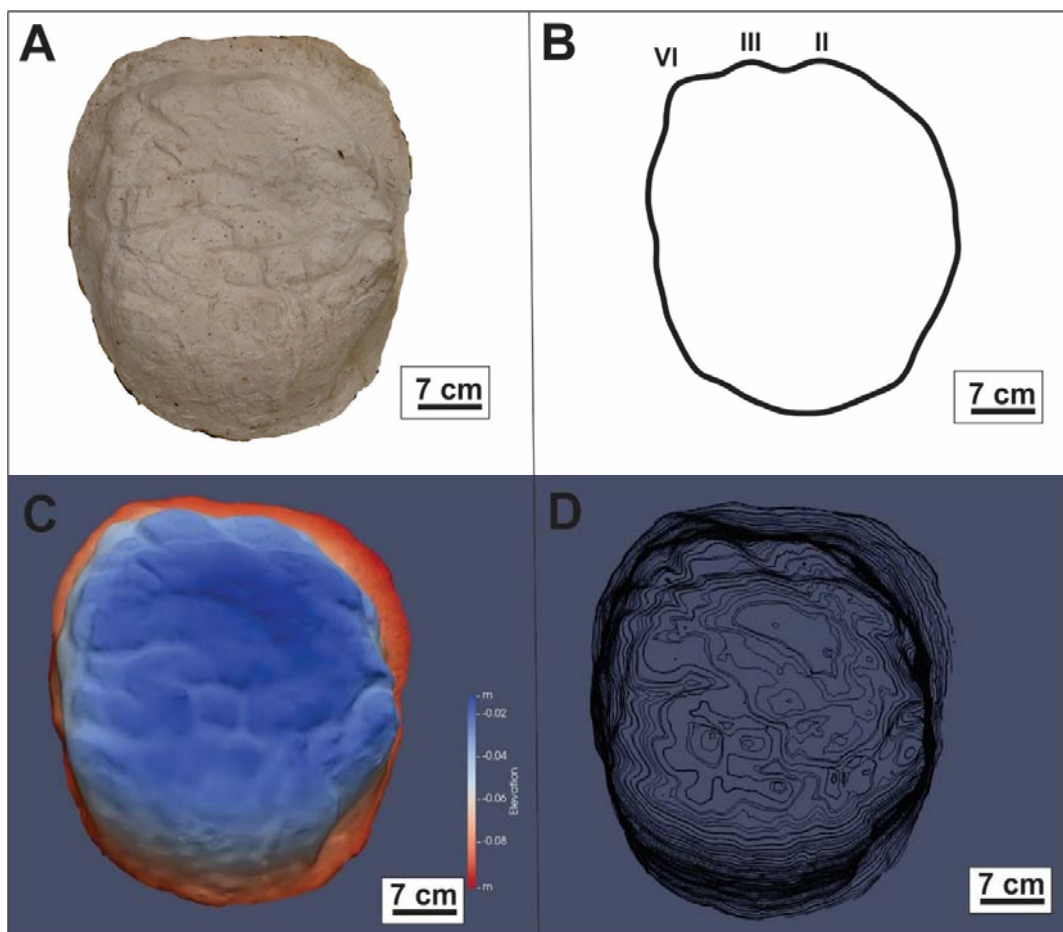


Figura 4.60. Molde del holotipo de *Proboscipeda australis* (MPA-87-56-I-E). A. Molde de yeso correspondiente a una huella de pie. B. Esquema interpretativo mostrando la morfología subcircular. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad

## Comentarios

Los materiales analizados, incluyen un molde con una huella de pie (MPA-87-56-I-E, Fig. 4.60 A) perteneciente al holotipo de 7 huellas *in situ* redescrito por Aramayo *et al.* (2015); y 3 huellas que posiblemente conforman una rastrillada parcial *in situ* (HC-17-17, Fig. 4.62 A - D). Para el caso del material HC-17-17 el grado de preservación moderado permite apreciar un tamaño y morfología acorde a las de *Proboscipeda australis* y en su interior marcas incipientes de

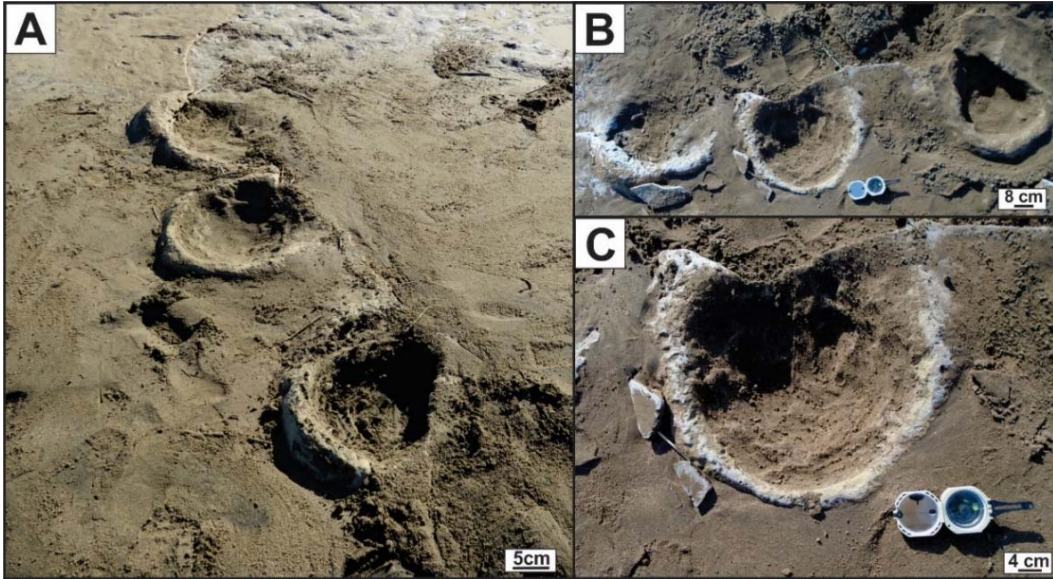


Figura 4.61. Vista de campo de *Proboscipeda australis* (HC-17-17). A. Vista oblicua de las tres huellas. B. Vista en planta. C. detalle de la huella central (H2).

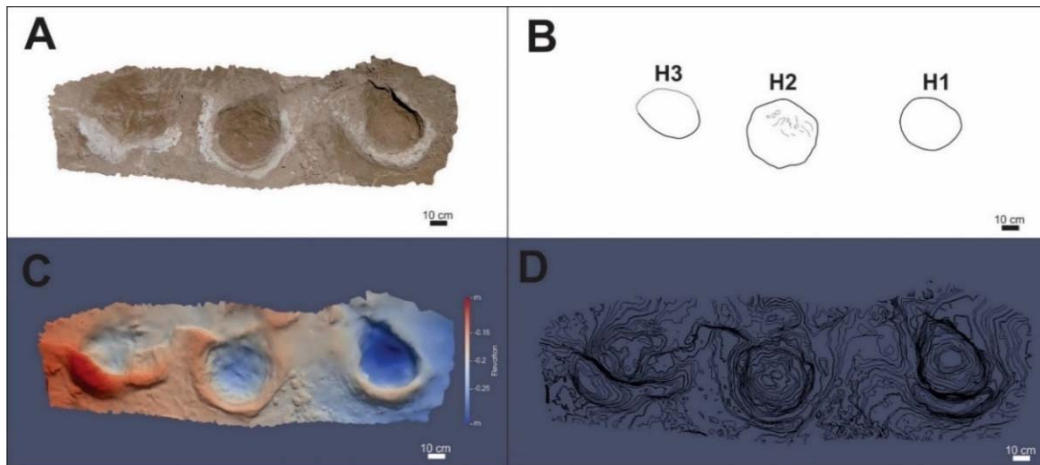


Figura 4.62. *Proboscipeda australis* (HC-17-17). A. Ortomosaico, B. Esquema interpretativo. C. Modelo de elevación mostrando la mayor profundidad en H1 (~ 12,5 cm). D. Modelo de curvas de isoprofundidad. Notar que H1 muestra mayor densidad de curvas por su mayor profundidad.

ornamentación (Fig. 4.61 C).

*Proboscipeda australis* se diferencia de las especies similares *Proboscipeda enigmatica* y *Proboscipeda panfamilia* por su menor tamaño, la presencia de impresiones digitales bien definidas y la ornamentación en la impresión palmar / plantar (Fig. 4.60 A-D). La ornamentación de *P. australis* en forma de cordones subparalelos y transversales al eje mayor de la huella, es característica de esta icnoespecie (Aramayo *et al.* 2015). *Proboscipeda enigmatica* no presenta impresiones digitales o estas son muy poco marcadas (Sarjeant y Reynolds,

1999). *Proboscipeda australis* presenta impresiones de tres dígitos (Aramayo y Manera 1987a, p.531, fig. 7 b, c; Aramayo *et al.* 2015, p.151, fig. 7 b-e), aunque este rasgo no se logra apreciar en el espécimen HC-17-17 (Fig. 4.61, A-C) debido a la calidad de preservación.

#### 4.5. HUELLAS TRIDÁCTILAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS CUADRÚPEDAS

##### **Iconotaxobases**

Este tipo de huellas tiene una morfología muy particular, caracterizada por tener impresiones de tres dígitos de forma lobulada, el extremo posterior ligeramente cóncavo y ser de tamaño mediano a grande (largo y ancho aproximado alrededor de 20 cm y 22 cm, respectivamente). Los primeros hallazgos de huellas de este tipo fueron realizados Bonaparte (1965), en la quebrada del Yeso (La Rioja). Posteriormente, Angulo y Casamiquela (1982) reconocieron este tipo de huellas y las describieron como “impresiones correspondientes a un mamífero cuadrúpedo tridáctilo, de contorno trilobulado(..)”, de 18 cm de largo por 16 cm de ancho, con ángulo de paso próximo a 180° (Angulo y Casamiquela, 1982, p. 56-58). A partir de huellas fósiles halladas en la Fm. Río Negro (provincia homónima), Angulo y Casamiquela (1982) propusieron el icnogénero *Macrauchenichnus* y la icnoespecie tipo *Macrauchenichnus rector*. Posteriormente, Aramayo y Manera de Bianco (1987a) crearon el icnogénero *Eumacrauchenichnus*, con su icnoespecie tipo *E. patachonicus*. Este surgió a partir de una rastrillada compuesta por 10 huellas de manos y pies, de forma y tamaño similares, tridáctilas, con un largo de huella de aproximadamente de 13-24 cm y un ángulo de paso de aproximadamente 125°-150° (Aramayo *et al.* 2015, p.150, fig. 6 A, B).

Las iconotaxobases que se tuvieron en cuenta para la clasificación icnogénica son: la morfología general de la huella y la cantidad y forma de las impresiones digitales. En cuanto a las iconotaxobases específicas se consideró: el tamaño y el ángulo interdigital.

#### 4.5.1. Icnogénero

##### ***Macrauchenichnus* Angulo y Casamiquela, 1982**

1987a *Eumacrauchenichnus*; Aramayo y Manera de Bianco, p.521, fig. 6 a-c

2009 *Macrauchenichnus*; Krapovickas *et al.*, p. 140-141, fig. 8A.

2016 *Macrauchenichnus*; Krapovickas y Vizcaíno, p. 383-385, fig. 14.3 d, g

lcnoespecie tipo

*Macrauchenichnus rector* Angulo y Casamiquela 1982

**Diagnosis** (tomada Angulo y Casamiquela 1982)

Impresiones correspondientes a un mamífero de talla mediana, cuadrúpedo y funcionalmente tridáctilo, aparentemente provisto de una almohadilla plantar (de tipo elefantino), con lo que aquellas, en las muestras buenas, muestran un contorno trilobulado, sobre un modelo subcircular hasta oblongo y piriforme.

##### **Comentarios**

*Macrauchenichnus* y *Eumacrauchenichnus* comparten la forma general de la huella, el carácter tridáctilo, y un similar rango de tamaño. Esta afinidad ya había sido notada por Aramayo y Manera de Bianco (1987 a) quienes, sin embargo, optaron por separar las huellas del Yacimiento Pehuen Co en un nuevo icnogénero, considerando la edad de las capas portadoras y el productor posible. De acuerdo al consenso actual, dichos criterios no deberían ser considerados icnotaxobases válidas (Bertling *et al.* 2006). Las similitudes morfológicas existentes entre *Macrauchenichnus* y *Eumacrauchenichnus* sugieren que es posible sinonimizarlos. Considerando que la publicación del artículo por Angulo y Casamiquela (1982) es un medio válido y el principio de prioridad que establece el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica, *Macrauchenichnus* Angulo y Casamiquela 1982 es considerado el sinónimo subjetivo senior y

*Eumacrauchenichnus* Aramayo y Manera de Bianco 1987a se considera sinónimo subjetivo junior.

Iconoespecie

*Macrauchenichnus patachonicus* nov. comb.

*Figs. 4.63-4.69*

1987a *Eumacrauchenichnus patachonicus*; Aramayo y Manera de Bianco, p. 530, fig. 6a-c.

2015 *Eumacrauchenichnus patachonicus*; Aramayo *et al.*, p. 149-150, fig. 6 A-C.

**Diagnosis enmendada** (modificada de Aramayo *et al.* 2015).

Rastrillada cuadrúpeda compuesta por grandes huellas tridáctilas, equidimensionales con manos y pies de tamaño y forma similar. La relación de la longitud de paso/longitud de la huella es aproximadamente 3 a 5, el ángulo de paso es elevado (115-150°). Huellas de manos y pies de contorno subcircular, borde anterior con tres amplias ondulaciones que corresponden a dedos cortos y gruesos, el dedo III es más ancho y largo, superficie lisa de planta/palma. La parte posterior de las huellas muestra una concavidad medial característica del borde de la huella.

Holotipo

Rastrillada de, al menos, 10 huellas bien definidas (Aramayo y Manera de Bianco, 1987a, p. 530, fig. 6 a-c). El holotipo se ha perdido producto de la erosión marina.

### **Comentarios**

La nueva combinación, surge de la iconoespecie *patachonicus* Aramayo y Manera de Bianco 1987a con el icnogénero *Macrauchenichnus* Angulo y Casamiquela,

1982.

### **Material adicional y procedencia**

Los materiales estudiados corresponden a dos moldes de yeso, dos moldes de caucho siliconado y tres especímenes correspondientes a huellas *in situ* procedentes del área 2 (Fig. 2.1): dos del Sector Flamencos (Fig. 2.2 A) y uno del Sector Tres Palos.

MPA-87-55-I-E-a (molde de yeso y su respectivo modelo tridimensional, Fig. 4.63 A, B y Fig. 4.63 C,D), MPA-87-55-I-E-b (molde de yeso y su respectivo modelo tridimensional, Figs. 4.64 A, B y Figs. 4.64 C, D), MD-YPI-17-01 (molde de caucho siliconado con dos huellas y su modelo tridimensional correspondiente, Figs. 4.65 A, B y Figs. 4.65 C, D), MD-YPI-17-02 (molde de caucho siliconado con 4 huellas y su modelo tridimensional correspondiente (Figs. 4.66 A, B y Figs. 4.66 C,D), HC-17-11 (corresponde a una huella aislada hallada en el campo, Fig. 4.67 A, B), HC-16-07 (rastrillada *in situ* de 6 huellas, Fig. 4.68 A, B), HC-16-06 (corresponde a una rastrillada *in situ* de 9 huellas, Fig. 4.69 A, B).

### **Descripción**

#### Material adicional

MPA-87-55-I-E-a (Fig. 4.63 A, B): Corresponde a un molde de yeso de una huella aislada tridáctila, con el dígito III (medio) más extendido anteriormente. Presenta un largo y ancho de 19,3 y 22,3 cm, respectivamente, con una profundidad de 6 cm (ver MT-87-55-I-E-a, Fig. 4.63 C, D).

MPA-87-55-I-E-b (Fig. 4.64 A, B): Pertenece a un molde de yeso de morfología muy similar al anterior, pero con un largo y ancho de 20 y 21,5 cm y profundidad de 7,1 cm (ver MT-55-I-E-b, Fig. 4.64 C, D).

MD-YPI-17-01 (Fig 4.65 A, B). Corresponde a un molde de caucho siliconado que contiene tres huellas, dos bien definidas y una (H2, Fig. 4.65 A, B), probablemente sobreimpresa por H1. Las huellas son tridáctilas y aparentemente presentan homopodia con un largo y ancho equivalente de 25,5 cm en promedio (Tabla 4.9, Apéndice 4). En tanto, la profundidad es alrededor



de 1-3 cm y se puede apreciar en el modelo tridimensional MT-YPI-07-01 (Fig. 4.65 C, D).

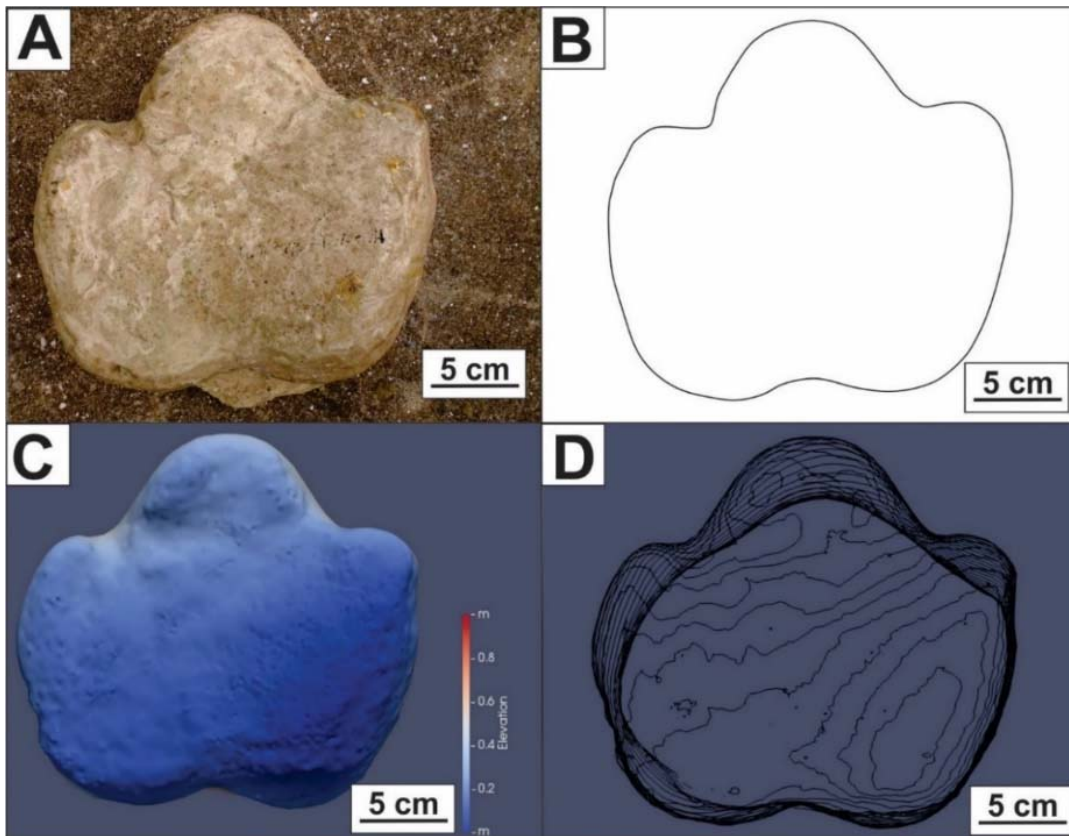


Figura 4.63. *Macrauchenichnus patachonicus* nov. comb. (MPA-87-55-I-E-a). A. Molde de yeso de huella aislada. B. Esquema interpretativo de la morfología tridáctila de la huella. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

MD-YPI-17-02 (Fig. 4.66 A, B). Consiste en un molde de caucho siliconado que conforma una rastrillada parcial, la cual está compuesta por 4 huellas tridáctilas con impresiones digitales que terminan en forma trilobulada. Las huellas presentan leves diferencias de tamaño, con un largo y ancho promedio de 23,95 y 22 cm (respectivamente) y una profundidad promedio de 6,95 cm (ver MT-YPI-17-02, Fig. 4.66 C, D; Tabla 4.9, Apéndice 4). El ángulo interdigital entre el dígito II y IV es en promedio  $63^\circ$ . La rastrillada tiene un ángulo de paso de aproximadamente  $115^\circ$  y un ancho de 0,90 m.

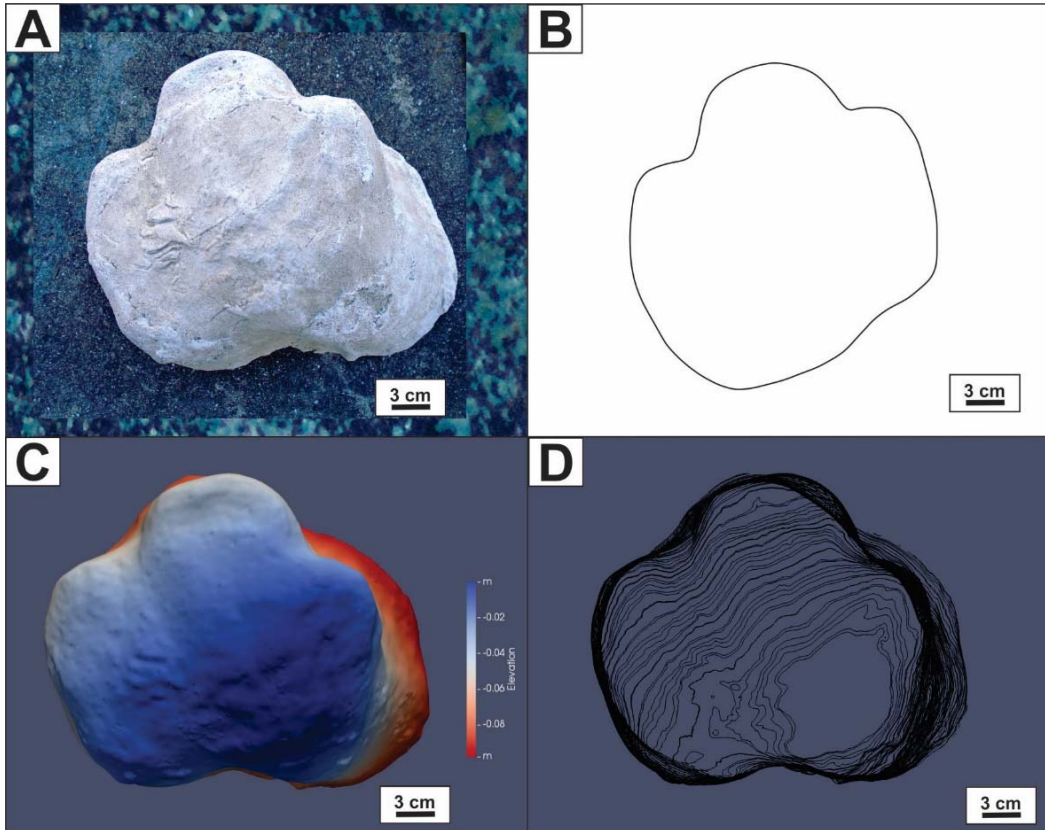


Figura 4.64. *Macrauchenichnus patachonicus* nov. comb. (MPA-87-55-I-E-b). A. Molde de yeso de huella aislada. B. Esquema interpretativo. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

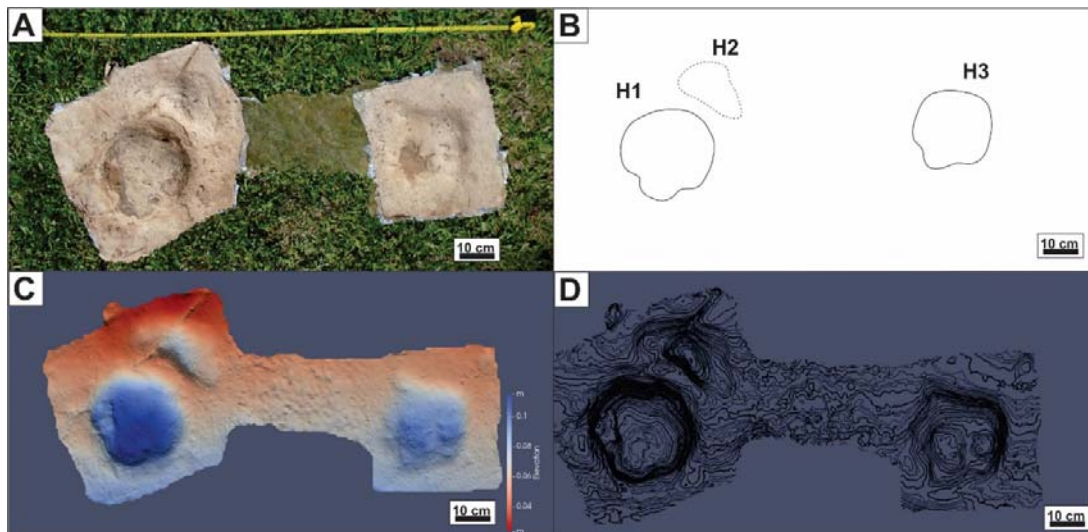


Figura 4.65. *Macrauchenichnus patachonicus* nov. comb. (MD-YPI-17-01). A. Molde con tres huellas. B. Esquema interpretativo del molde, H2 está sobreimpresa por H1. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad

HC 17-11 (Fig. 4.67 A, B) Corresponde a una huella individual hallada *in situ* en el Sector Tres Palos, con buen grado de preservación (2). Presenta dos

impresiones digitales bien definidas y una tercera menos clara. Los dígitos le dan una forma lobulada a la parte anterior de la huella y muestra un ángulo interdigital (II-IV) que sería superior a  $68^\circ$  (Tabla 4.9, Apéndice 4).

HC-16-07 (Fig. 4.68 A, B). Se trata de una rastrillada de 6 huellas tridáctilas *in situ* en el Sector Flamencos, con moderado grado de preservación (1,5-2). Se reconocen impresiones de pies y manos, con una leve sobreimpresión de pies en manos en H1/H2 y H5/H6 y más marcada en H3/H5 (Fig 4.68 A, B). En los casos en que se pudieron medir los ángulos interdigitales (II-IV), el valor promedio fue  $68^\circ$  (Tabla 4.9, Apéndice 4). Las huellas de pies son en promedio, levemente más largas que las de manos (Tabla 4.9, Apéndice 4). El ángulo de paso tanto para pies como para manos, es aproximadamente  $148^\circ$ - $150^\circ$

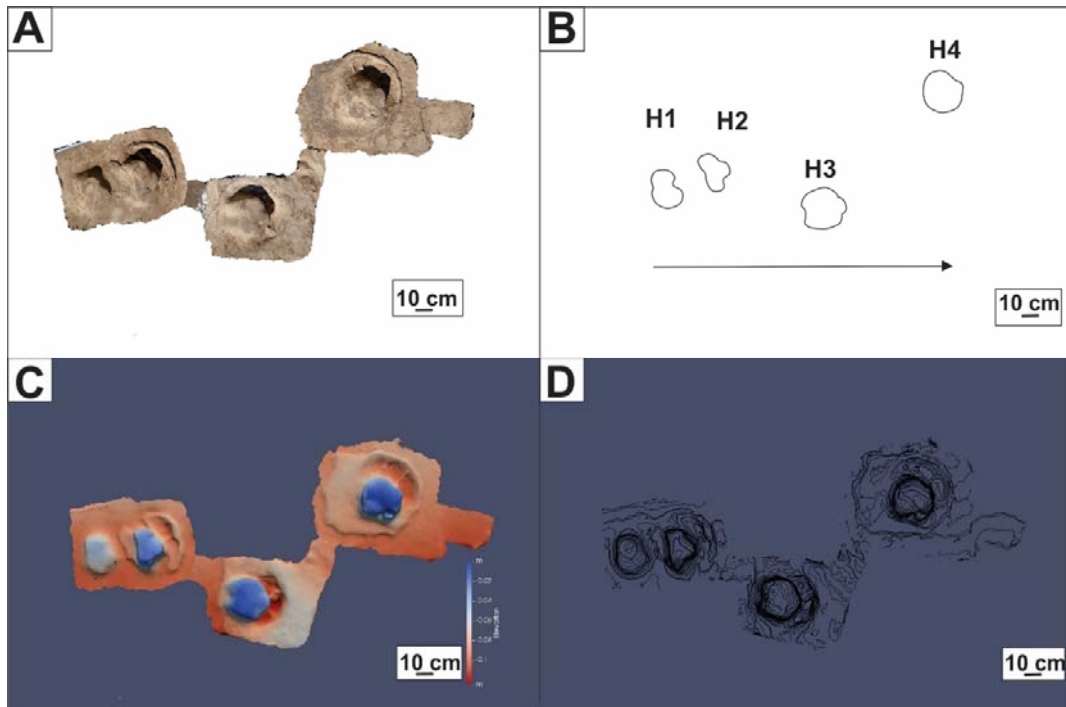


Figura 4.66. *Macrauchenichnus patachonicus* nov. comb. (MD-YPI-17-02). A. Molde de caucho siliconado con cuatro huellas trilobuladas. B. Esquema interpretativo. C. Modelo de elevación, mostrando mayor profundidad en H3 (~ 9 cm). D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

HC-16-06 (Fig. 4.69 A, B). Se trata de una rastrillada de 9 huellas tridáctilas observadas en el campo, procedentes del Sector Flamencos y con grado de preservación regular (1,5). Las huellas corresponden a impresiones de manos y pies, y se observan algo deformadas posiblemente por la consistencia del sustrato original donde se produjeron. De todas maneras, es posible distinguir la

forma lobulada en algunas impresiones digitales y la concavidad en la parte posterior de la huella. La rastrillada tiene un ángulo de paso elevado y un ancho de 48 cm (Tabla 4.9, Apéndice 4).

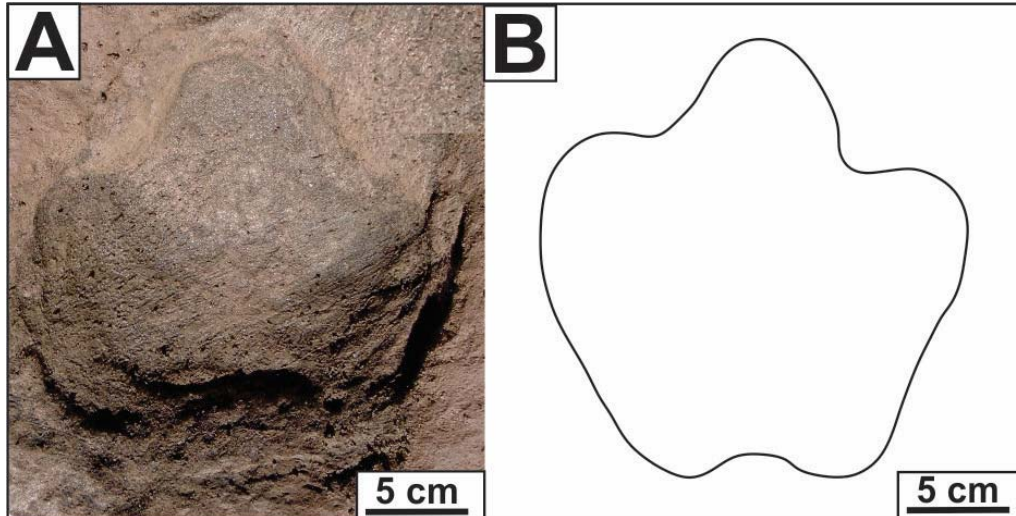


Figura 4.67. *Macrauchenichnus patachonicus* nov. comb. (HC-17-11). A. Huella aislada in situ hallada en el Sector Tres Palos. B. Esquema interpretativo.

### Comentarios

La mayor parte de los materiales descritos exhiben impresiones digitales correspondientes a los dígitos II, III y IV, siendo el dígito central (III) el de mayor tamaño. Las huellas son generalmente equidimensionales, con una relación LH/AH muy próxima a 1 (ver espécimen HC-16-06, Tabla 4.9, Apéndice 4) y en todos los casos presentan una concavidad medial en la parte posterior. Las rastrilladas analizadas exhiben impresiones de manos y pies, de tamaños similares y ocasionalmente pueden presentar sobreimpresión parcial del pie sobre la mano (HC-16-07, Fig. 4.68 A, B). El ángulo de paso en general es elevado (rango= 115°-172°, promedio= 144, 5°) y el ancho promedio de las rastrilladas es 67,25 cm.

.A diferencia de *Macrauchenichnus rector* Angulo y Casmiquela 1982, los ejemplos aquí analizados presentan un tamaño mayor con un largo y ancho promedio de 20,16 cm y 22,07 cm, mientras que los ejemplos de *Macrauchenichnus rector* son de menor tamaño, con un largo de 18 cm y ancho de 16 cm (Angulo y Casamiquela 1982). Si bien la morfología de los dígitos es muy similar, el ángulo interdigital (II-IV) medido en *Macrauchenichnus*

*patachonicus* es en promedio  $67^\circ$  mientras en *Macrauchenichnus rector* es aproximadamente  $50^\circ$  (Angulo y Casamiquela 1982)

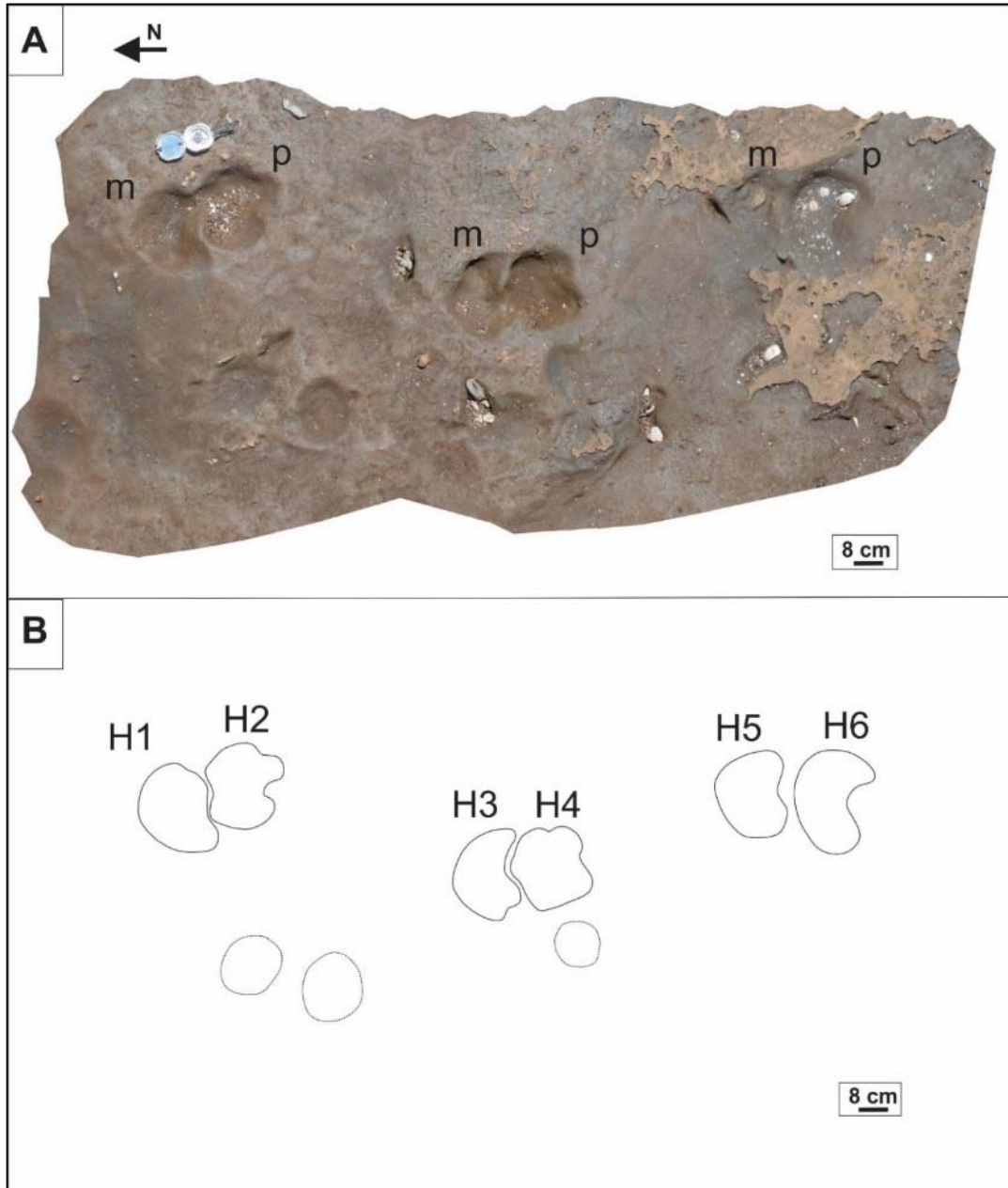


Figura 4.68. *Macrauchenichnus patachonicus* nov. comb. (HC-16-07). A. Rastrillada observada en el campo. Se puede observar la disposición en 3 pares mano-pie, donde el pie sobreimprime a la mano, abajo algunas impresiones mal preservadas indeterminadas. B. Esquema interpretativo

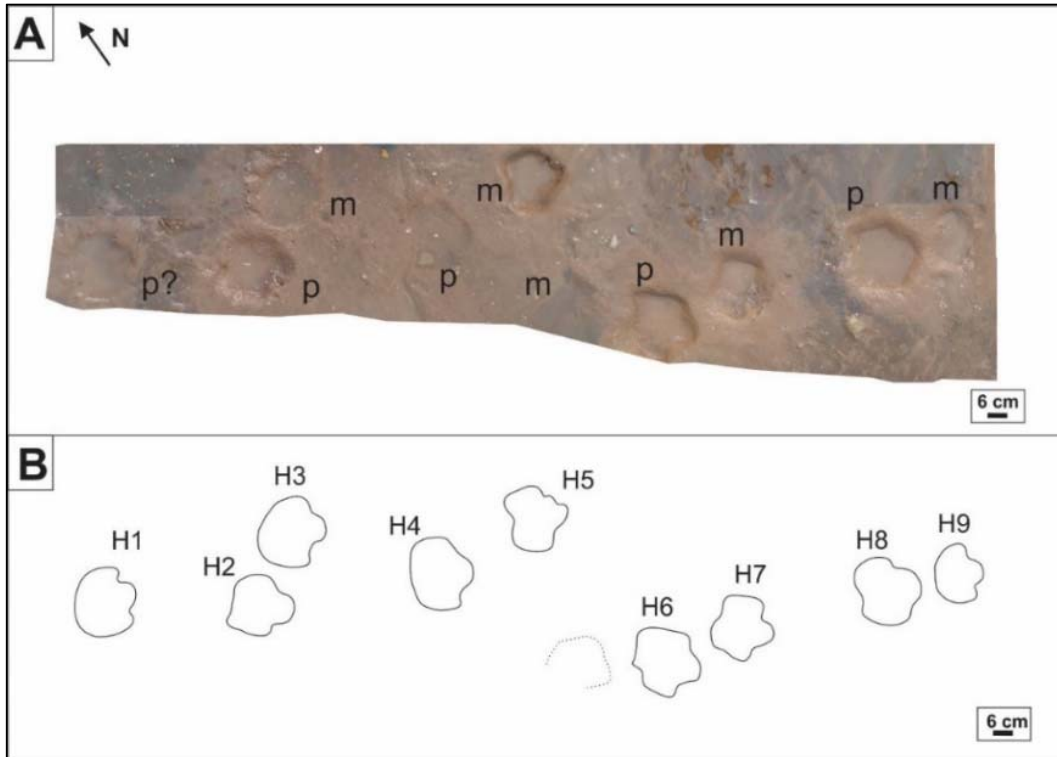


Figura 4.69. *Macrauchenichnus patachonicus* nov. comb. (HC-16-06). A. Rastrillada *in situ* de nueve huellas. B Esquema interpretativo.

## 4.6. HUELLAS TETRADÁCTILAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS CUADRÚPEDAS

### 4.6.1. Icnotaxobases

En esta sección se hará una descripción de huellas tetradáctilas que, en general, presentan tamaño pequeño a mediano (3-6 cm). Este tipo de huella ha sido ampliamente estudiado a nivel mundial y atribuidas a cánidos y félidos, dado que guardan similitudes con sus representantes actuales. Siguiendo la propuesta de aplicar la nomenclatura binomial creada por Vyalov (1960) para rastrilladas fósiles de vertebrados, Panin y Avram (1962) definieron a los icnogéneros *Canipeda* y *Felipeda*, como parte de la morfofamilia *Carnivoripedidae* Vyalov, 1960. Entonces, Panin y Avram (1962) intentaron seguir el esquema propuesto por Vyalov (1960). Estos icnogéneros fueron descritos e ilustrados en la publicación original y son icnotaxa válidos para huellas tetradáctilas digitígradas

o subdigitigradas, que tienen impresiones de la almohadilla digital de forma redondeada y alargada, ubicada enfrente a una gran almohadilla metapodial. Vyalov (1965, 1966), posiblemente sin conocer el trabajo de Panin y Avram (1962), propuso a *Bestiopeda* como un nombre genérico para todas las huellas de los depredadores. Para poder sustentar esta propuesta, Vyalov (1966, p. 126) argumentó que fue complicado realizar una distinción basada en la asignación taxonómica (a nivel de familia) del productor para este tipo de huellas. *Bestiopeda* también se propuso para huellas tetradáctilas con características similares a las de *Canipeda* y *Felipeda*. Tanto Sarjeant *et al.* (2002) como Lucas (2007) ofrecieron traducciones de la diagnosis original propuesta por Vyalov (1965, 1966). Además, Vyalov (1965, 1966) reconoció tres icnoespecies de *Bestiopeda*, incluida *B. bestia* (la icnoespecie tipo), *B. sanguinolenta* y *B. gracilis*. Por distintas razones, hasta la última década, *Felipeda* y *Canipeda* fueron mal utilizadas en la literatura icnológica. Sin embargo, *Bestiopeda* fue empleada de manera frecuente para hacer referencia a diferentes morfologías de huellas de carnívoros, con criterios muy disímiles y no siguiendo siempre la descripción de Vyalov (1965, 1966). *Bestiopeda* también se utilizó para huellas pentadáctilas (Thenius 1967; Kordos 1985; Costeur *et al.*, 2009) y rastrilladas con heteropodia, con manos pentadáctilas y pies tetradáctilos (Thenius 1967). Para el análisis de huellas de mamíferos y aves del Mioceno temprano de Ipolytarnóc (Hungría), Kordos (1985) discutió los esquemas semejantes propuestos por Vyalov (1965, 1966) y Panin y Avram (1962), aunque con diferentes enfoques. Kordos (1985) continuó con la propuesta de Vyalov (1965, 1966), a la que consideró "homogénea", en lugar de la de Panin y Avram (1962) que fue considerada como "con mentalidad diferenciadora". Además, Kordos (1985) también creó el nuevo icnogénero *Carnivoripeda* para referirse a huellas con homopodia y pentadáctilas para diferenciarlo de *Canipeda*, *Felipeda*, y *Bestiopeda*, ya que estos habían sido propuestos para huellas tetradáctilas de carnívoros con homopodia. Reconociendo las dificultades de aplicar un sistema de clasificación para las huellas de aves y mamíferos del Cenozoico, Scrivner y Bottjer (1986) sugirieron aplicar el esquema de Vyalov (1966) para nombrar rastrilladas neógenas del Death Valley, California, siguiendo la recomendación de Sarjeant (1975). Estos autores consideraron a *Felipeda* como subicnogénero de *Bestiopeda*; en

paralelo a una propuesta similar de Vyalov para *Pecoripeda*, que incluye cuatro subicnogéneros (ver también Lucas 2007). Sin embargo, esta fue una elección que complicó aún más la icnotaxonomía de huellas de carnívoros (Sarjeant *et al.* 2002).

Teniendo en cuenta la importancia de la presencia o ausencia de marcas de garras para distinguir huellas de felinos y cánidos, Sarjeant y Langston (1994) propusieron reservar *Bestiopeda* para referirse a huellas de felinos (incluidas *B. bestia* y *B. sanguinolenta* Vyalov 1965). Estos autores además propusieron el nuevo icnogénero *Chelipus* Sarjeant y Langston 1994 para huellas de cánidos, basado en *Bestiopeda gracilis* Vyalov 1965. Esto dio como resultado la combinación *Chelipus gracilis* (Vyalov 1965), como único icnogénero e icnoespecie tipo. Sobre la base de la diagnosis propuesta para *Chelipus* y de la selección de la icnoespecie tipo hecha por Sarjeant y Langston (1994), *Chelipus* es considerado un sinónimo subjetivo junior de *Canipeda*. La propuesta de *Chelipus* para huellas de cánidos fue descartada y fue corregida por Sarjeant *et al.* (2002). Las diagnosis de *Felipeda* y *Canipeda* (ambas propuestos por Panin y Avram 1962) fueron revisadas por Sarjeant *et al.* (2002) y proporcionaron una descripción más completa y actualizada. Nueve icnoespecies de *Felipeda* fueron reconocidas como válidas por Sarjeant *et al.* (2002), incluidas algunas dentro de *Bestiopeda* Vyalov 1965 y *Pumaeichnum* Aramayo y Manera de Bianco 1987b; así como dos nuevas icnoespecies adicionales. De estas icnoespecies, *F. maxima* (= *Bestiopeda maxima* Kordos 1985) no pueden ser colocadas dentro del icnogénero *Felipeda*, ya que ésta fue definida para huellas pentadáctilas. La undécima icnoespecie de *Felipeda* (*F. parvula*) fue propuesta por Antón *et al.* (2004). Sarjeant *et al.* (2002) consideraron a *Chelipus* como sinónimo de *Canipeda*, corrigieron la diagnosis de este último icnogénero y reconocieron seis icnoespecies dentro *Canipeda*.

Las características que se proponen como icnotaxobases genéricas para este grupo de huellas dispuestas en rastrilladas cuadrúpedas son: 1) número de impresiones digitales, 2) posición de la huella del pie respecto a la de la mano, 3) relación largo / ancho de la huella (distinguiendo entre valores LH / AH alrededor de 1, >1 o <1), 4) presencia / ausencia de marcas de garras, 5) contorno y grado de asimetría de la impresión de la almohadilla metapodial, 6)



forma y tamaño relativo de las impresiones de la almohadilla digital y, 7) grado de separación entre la almohadilla digital y las impresiones metapodiales de la almohadilla. Del mismo modo, las características que se tienen en cuenta como icnotaxobases específicas incluyen: 1) largo promedio de las huellas, 2) relación largo / ancho de la huella (valores promedio para manos y pies), 3) separación entre las impresiones de los dígitos II-V y III-IV, 4) forma de las almohadillas digitales (incluyendo la asimetría) y las diferencias en la forma de las almohadillas digitales entre las manos y pies, 5) forma de la almohadilla metapodial, 6) parámetros de la rastrillada.

La mayor parte de los icnotaxa para cánidos han sido definidos sobre la base de una o un par de huellas (Panin y Avram 1962, Vyalov 1965; Remeika 1999), aunque aquí se sugiere que las características de la rastrillada pueden ser utilizadas para la distinción de icnoespecies.

#### 4.6.1. Icnogénero

##### ***Canipeda* (Panin y Avram 1962)**

- partim 1937 "cat tracks of unidentified species"; Johnston, p. 148, fig. 3  
 1962 *Canipeda*; Panin y Avram, p. 461–462, fig. 16  
 partim 1965 *Bestiopeda*; Vyalov, p. 112, plate 16  
 partim 1966 *Bestiopeda*; Vyalov, p. 134-135, plate 36, fig. 2  
 ? 1974 "icnita de cánido"; Casanovas Cladellas y Santafé y Llopis, p. 46, placa 1  
 1976 "huellas de carnívoros"; Bjork, p. 159, figs. 2, 4  
 ?1984 "huella de cánido"; Hunter *et al.*, p. 10-11, fig. 27  
 1987b *Pehuencoichnum*; Aramayo y Manera de Bianco, p. 534-535, fig. 3  
 1992 *Canipeda*; Brustur, fig. 2J  
 1994 *Chelipus*; Sarjeant y Langston, p. 28-29  
 1995 "Wolfsfährte"; Koeniswald *et al.*, p. 29, figs. 32-34  
 1996 *Chelipus*; Williamson y Lucas, p. 1, 3, figs. 4, 5B  
 ? 1999 "pista de carnívoro"; Pérez-Lorente *et al.*, p. 265, fig. 10  
 1999 *Chelipus*; Remeika, p. 42-43, fig. 8  
 2001 *Chelipus*; Remeika, p. 61-63, figs. 7, 8  
 partim 2002 *Canipeda*; Sarjeant *et al.*, p. 48-49, text-fig..19-21, plate 12.

- 2004 *Canipeda*; Antón *et al.*, p. 380–381, figs. 3, 5, 10, 11  
 2005 "empreintes de canidé"; García, p. 106-107, figs. 4-6  
 partim 2007 *Bestiopedia*; Lucas, p. 116, fig. 17.2 a 17.6  
 ? 2007 *Canipeda*; Lucas y Schultz, p. 177, fig. 2C  
 2007 "huellas de felino"; Dávalos-Álvarez *et al.*, P. 202, higo. B1b  
 non 2008 *Chelipus* isp. Abbassi y Amini, p. 60–61, fig. 7  
 2010 cf. *Canipeda* isp. Rabal-Garcés y Díaz-Martínez, p. 260-263, figs. 2-3  
 ? 2011 *Canipeda*; Gentry *et al.*, Fig. 8  
 2011 "huellas de carnívoros"; Morales *et al.*, p. 211–212, fig. 5  
 ? 2012 Carnivoripedida, Iliopoulos *et al.*, p. 267–269, figs. 4-6  
 ? 2014 "huella carnívora"; Santucci *et al.*, p. 476, fig. 11  
 ? 2014 "huellas de cánidos"; Santucci *et al.*, p. 477, fig. 15

Íconoespecie tipo

*Canipeda longigriffa* Panin y Avram 1962

### **Diagnosis enmendada (Melchor et al. 2018)**

Impresiones digitígradas a semidigitígradas, tetradáctilas, paraxónicas, huellas más largas que anchas; dispuestas en vías cuadrúpedas y homopodiales. Las almohadillas digitales son elípticas, de tamaño similar y con garras forman un arco frente a una almohadilla metapodial grande y están bien separadas de ella. Almohadilla metapodial redondeada a triangular o trapezoidal. *Felipeda* se distingue por tener huellas más anchas que largas, sin marcas de garras y con impresiones de almohadillas digitales que tienden a ser subcirculares.

**Comentarios** Los dígitos (II a V) están representados por almohadillas digitales ovaladas, en forma de lágrima y con marcas de garras que comúnmente no están conectadas con la almohadilla. Los dígitos centrales están más avanzados que los laterales. Las almohadillas digitales pueden ser de tamaños iguales o similares o pueden mostrar limitada variación en sus dimensiones. Las marcas de garras pueden aparecer pobremente preservadas en la huella trasera. La almohadilla metapodial puede tener un extremo posterior bilobulado.

La diagnosis de Sarjeant *et al.* (2002) fue modificada por Melchor *et al.* (2018) para adaptarse a ciertos aspectos (por ejemplo, relación largo / ancho de la huella, forma de las impresiones de la almohadilla digital y forma de la almohadilla metapodial), así como funcionalidad básica de la rastrillada, que incluyen el carácter cuadrúpedo y homopodia. A su vez, la distinción de *Felipeda* está incluida en la diagnosis.

El material tipo de *Canipeda longigriffa* consiste en tres huellas contenidas en una laja delgada, aunque solo la huella mejor conservada fue ilustrada por Panin y Avram (1962, figura 16) (Fig. 4.70 A). Desafortunadamente, este espécimen, que se encontraba en el Museo Geológico Nacional de Bucarest (Rumania), fue destruido durante un terremoto en marzo de 1977 (T. Brustur, comunicación escrita, 2016).

Dos de las icnoespecies de *Bestiopedes* Vyalov 1965, pueden considerarse dentro de *Canipeda*: 1) *B. sanguinolenta* (Fig. 4.70 B), considerado por Sarjeant *et al.* (2002) como una icnoespecie de *Felipeda*, de hecho muestra almohadillas digitales puntiagudas que sugieren una marca de garra notable (ver Lámina XXVI, figuras 3 a 6 en Vyalov 1966) poniéndolos dentro de *Canipeda*. Esta interpretación es contraria a la opinión de Vyalov (1966, p. 131), quien no reconoció ningún indicio de marcas de garras. La segunda icnoespecie que se considera dentro de *Canipeda* es *B. gracilis* (Fig. 4.70 C), de acuerdo con la opinión de Sarjeant *et al.* (2002).

*Pehuencoichnum* (Fig. 4.70 E) es un icnogénero definido por Aramayo y Manera de Bianco (1987 b) que se describió originalmente como carente de marcas de garras e impresiones de almohadillas metapodiales. La revisión de fotografías originales del holotipo (Fig. 4.71) sugiere que la mayoría de las pisadas muestran marcas de garras, lo que hace que sea equivalente a *Canipeda*. Las impresiones metapodiales son superficiales pero distinguibles.

Otro icnogénero semejante es *Chelipus*, que fue propuesto por Sarjeant y Langston (1994) sobre una base meramente nominal, sin revisar ni describir ningún tipo de material fósil. El diagnóstico de *Chelipus* Sarjeant y Langston 1994 incluyó algunos parámetros de rastrilladas, algo que no fue considerado en la diagnosis previa de huellas parecidas a cánidos. También Remeika (1999, 2001) identificó a este icnogénero en depósitos del Plioceno tardío del Anza-Borrego

Desert State Park, California. El material descrito por Remeika (1999) como la nueva icnoespecie *Chelipus therates* (Fig. 4.70 D) fue considerado por Sarjeant *et al.* (2002) y Melchor *et al.* (2018) dentro de *Canipeda*.

Existen algunas ocurrencias más dudosas del icnogénero *Canipeda* que fueron revisadas en Melchor *et al.* (2018). *Canipeda* está morfológicamente cerca de las huellas tetradáctilas del icnogénero *Creodontipus* Santamaria *et al.* 1989–1990, *Tetrastoibopus* Sarjeant y Langston 1994 y *Quiritipes* Sarjeant *et al.* 2002. Estos icnogéneros fueron sólo descritos en sus localidades tipo, en la mayoría de los casos basados en unos pocos especímenes, y por lo tanto son necesarias más comparaciones para estar seguro de una posible sinonimia (Melchor *et al.* 2018).

ICNOESPECIE

*Canipeda gracilis* (Vyalov 1965)

Figs. 4.71-4.75

1965 *Bestiopedia gracilis*; Vyalov, p. 112, lámina 16

1966 *Bestiopedia gracilis*; Vyalov, p. 134, lámina 36, fig. 2

1987b *Pehuencoichnum gracilis*; Aramayo y Manera de Bianco, p. 534–535, fig. 3

1999 *Chelipus therates*; Remeika, p. 42–43, fig. 8

2001 *Chelipus therates*; Remeika, p. 61–63, figs. 7, 8

2007 *Bestiopedia gracilis*; Lucas, p. 116, fig. 17.2

#### **Diagnosis enmendada (Melchor *et al.* 2018)**

*Canipeda* con huellas de manos más grandes que las de pies, longitud de la huella entre 35 y 65 mm, relación longitud/ancho de la huella entre 1,0 y 1,3, ángulo de divarificación de los dedos externos (II-V) de 30 a 70 grados, divarificación de los dedos internos (III-IV) de 10 a 20 grados, impresión de la almohadilla metapodial de forma triangular en la mano y subredondeada a elíptica en el pie. *Canipeda longigriffa* tiene una mayor relación largo/ancho de la huella (1,6 a 1,9) y un ángulo de divarificación más pequeño de los dígitos

exteriores (II-V menos de 30°). *Canipeda sanguinolenta* es más grande (longitud de la huella de 75 a 85 mm) y exhibe almohadillas metapodiales arqueadas con una parte trasera marcadamente bilobulada (Melchor et al. 2018).

## Comentarios

Sarjeant et al. (2002) reconocieron seis icnoespecies de *Canipeda*: *C. longigriffa* (Fig. 4.70 A), *C. amphicyonides*; *C. gracilis* (Fig. 4.70 C), *C. therates* (Fig. 4.70 D), *Canipeda* isp. A, y *Canipeda* isp. B. La icnoespecie *C. amphicyonides* no se puede incluir dentro de *Canipeda*, ya que su definición indica que posee manos pentadáctilas y pies tetradáctilos (Thenius 1967) *Canipeda* isp. A de Sarjeant et al. (2002) probablemente pertenece a una nueva icnoespecie y *Canipeda* isp. B, de estos autores, pueden incluirse en *C. longigriffa*.

Melchor et al. (2018) propusieron agregar a estas icnoespecies a *C. sanguinolenta* (Fig. 4.70 B), como resultado de combinar la icnoespecie de *Bestiopeda* con *Canipeda*. *Canipeda gracilis* fue propuesta por Sarjeant et al. (2002) como una nueva combinación de la icnoespecie *Bestiopeda gracilis* Vyalov 1965 con el icnogénero *Canipeda* Panin y Avram 1962.

Según Lucas (2007), *B. gracilis* surgió a partir de un espécimen originalmente ilustrado por Khizhnyakov (1954) que Vyalov (1965) lo describió como "una huella de pequeño tetradáctilo de 35 mm de largo, 29 mm de ancho, con dígitos separados y desplegados, anchos y que son puntiagudos (garras)" (traducido al inglés en Lucas 2007).

De acuerdo con las icnotaxobases específicas descritas anteriormente, la icnoespecie *Canipeda gracilis* (Vyalov 1965) (Fig. 4.70 D), *Canipeda therates* (Remeika 1999) (Fig. 4.70 F) y *Pehuencoichnum gracilis* Aramayo y Manera de Bianco 1987b (Fig. 4.70 E) son casi indistinguibles. Las icnoespecies mencionadas, comparten una relación LH / AH entre 1,1 y 1,3, divaricación similar de los dígitos laterales (30°-47°) y de los centrales (9°-14°), las impresiones de la almohadilla metapodial son subtriangulares en la mano, redondeadas en el pie y elípticas en forma de "lágrima" para las almohadillas digitales. Por las razones mencionadas anteriormente, Melchor et al. (2018) propusieron sinonimizar estas icnoespecies bajo *Canipeda gracilis*, definida

originalmente por Vyalov, 1965. Sarjeant y Langston (1994) y Remeika (2001) previamente también habían considerado que *Pehuencoichnum gracilis* había sido producida por un cánido y no por un félido.

### **Material y procedencia**

Corresponde a dos bloques de sedimento indurado depositados en el MD y dos especímenes *in situ* hallados en el Sector Flamencos (Fig. 2.2 A).

MD-YPI-16-01 (bloque de sedimento indurado con dos huellas y su modelo tridimensional, MT-YPI-16-01, Figs. 4.72 A, B y Fig. 4.72 B, C), MD-YPI-16-02 (bloque de sedimento indurado con cuatro huellas y su modelo tridimensional correspondiente, MT-YPI-16-02, Fig. 4.73 A-D), HC-16-15 (huella aislada preservada en el campo, Fig. 4.74 A, B), HC-17-16 a y HC-17-16 b (2 rastrilladas *in situ*, Fig. 4.75 A, B).

### **Descripción**

MD-YPI-16-01 (Fig. 4.72 A, B): Se refiere a un bloque que contiene dos huellas, correspondientes a manos y pies. La impresión de la mano, tiene 59 mm de largo y es de forma isométrica ( $LH / AH = 1$ ), posee cuatro dígitos de forma elíptica con trazas de garras. Los dígitos centrales están muy juntos ( $III-IV = 12^\circ$ ), mientras que los dígitos laterales están más separados ( $II-V = 32^\circ$ ). La impresión de la almohadilla metapodial es subredondeada y menos profunda que las impresiones digitales. El pie mide 5,75 cm de largo y es más largo que ancho ( $LH / AH = 1,1$ ). La impresión de la almohadilla metatarsiana es subcircular y más pequeña (el eje mayor es 1,52 cm) que las impresiones de los dígitos. La longitud de los dígitos de las manos y los pies es muy similar con valores promedio que varían entre 1,9 y 2,1 cm. Las marcas de garras son visibles en los dígitos III a V. Las huellas de ambos especímenes recolectados son muy similares en cuanto a la forma y el tamaño (Tabla 4.10, Apéndice 4). En tanto, las profundidades oscilan entre 1 y 2 cm, como se comprueba en el modelo tridimensional (Fig. 4.72 C, D).

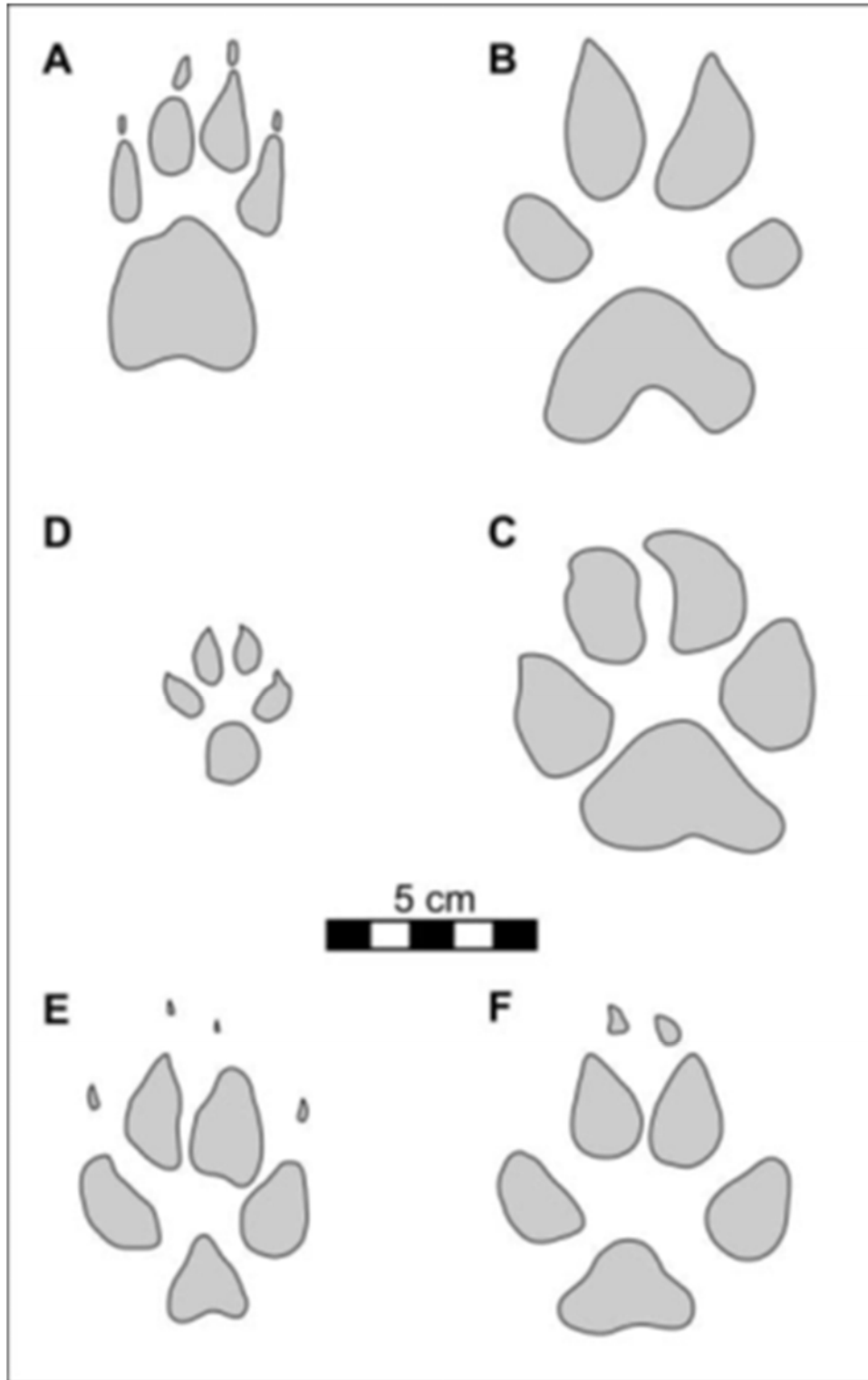


Figura 4.70. Comparación entre las icnoespecies válidas para *Canipeda* y la icnoespecie *Pehuencoichnum gracilis*. A. *Canipeda longigriffa* Panin y Avram 1962. B. *Canipeda sanguinolenta* (Vialov 1965). C. *Canipeda gracilis* (Vialov 1965). D. *Canipeda terathes* (Remeika 1999). E. *Pehuencoichnum gracilis* Aramayo and Manera de Bianco 1987b. F. *Canipeda gracilis* (Tomada de Melchor et al. 20

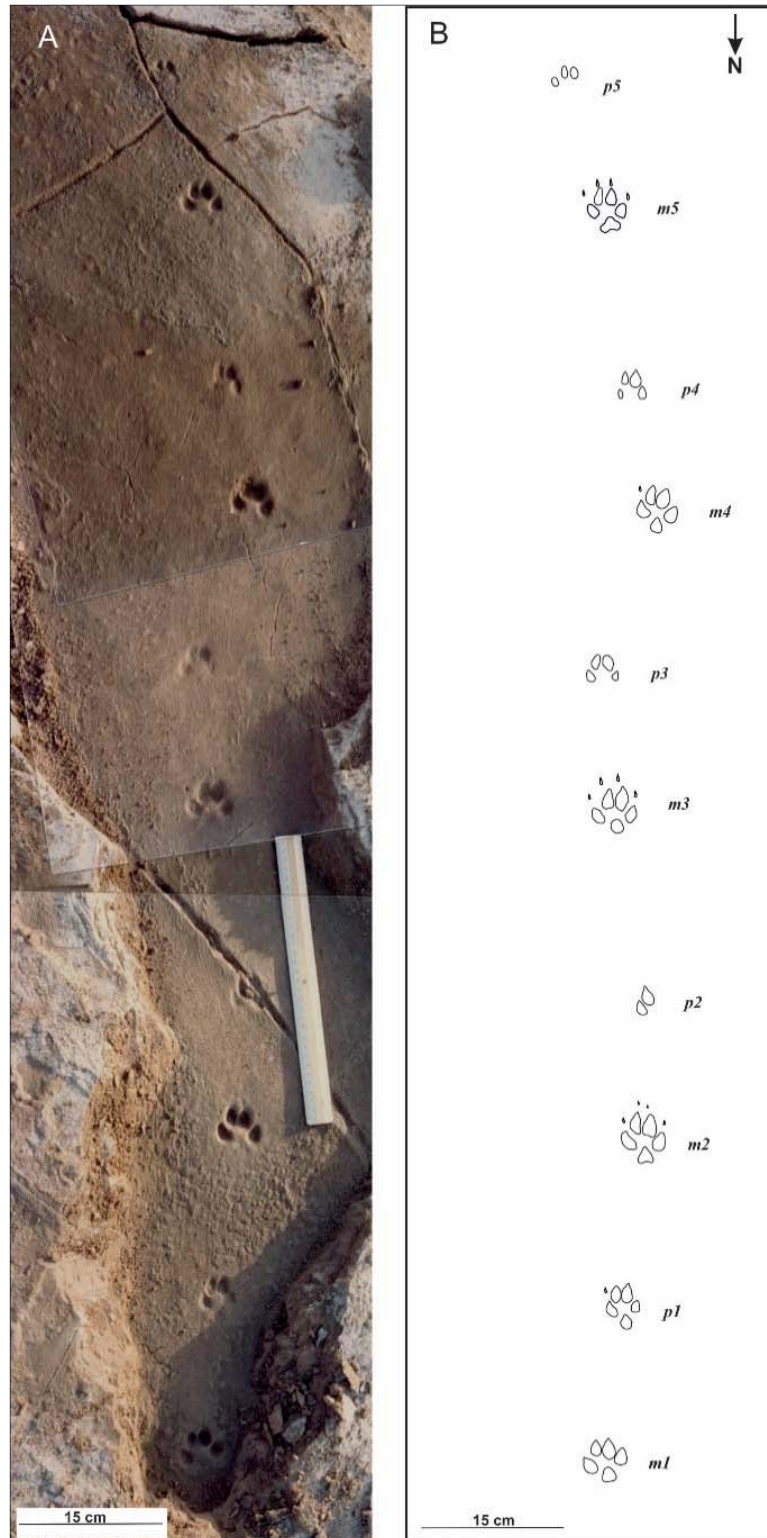


Figura 4.71. Holotipo del icnogénero *Canipeda* (=Pehuencoichnum) Aramayo y Manera 1987b.  
A. Mosaico de fotografías. B. Diagrama interpretativo (tomado de Melchor et al. 2018).



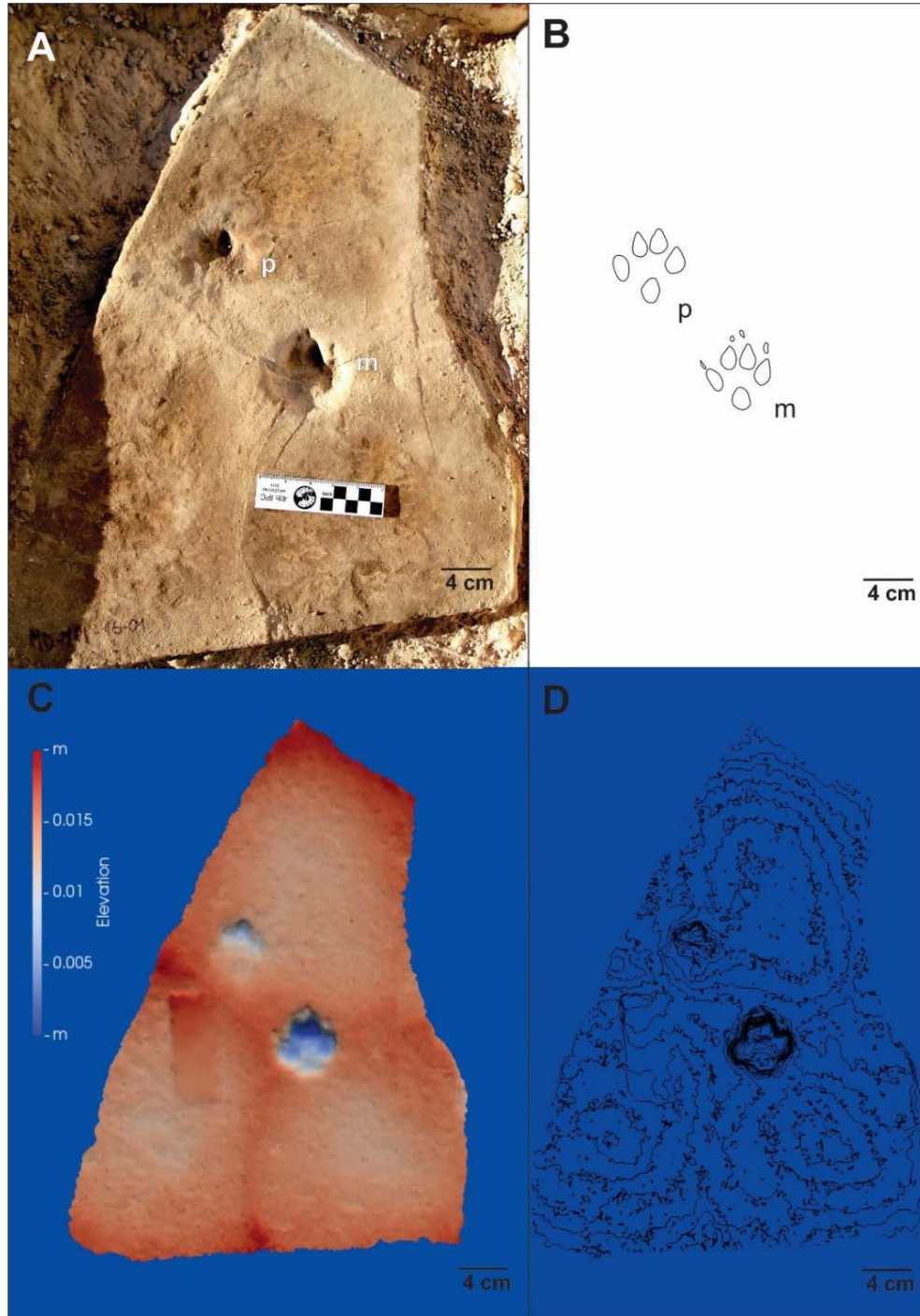


Figura 4.72. *Canipeda gracilis* (MD-YPI-16-01). A. Bloque de sedimento con dos huellas. B. Esquema interpretativo del par mano-pie. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

MD-YPI-16-02 (Fig. 4.73 A, B) es una rastrillada parcial de 4 huellas que componen dos conjuntos mano-pie mas una huella incompleta (p1). La longitud total de la rastrillada conservada es de 60 cm; y el ancho es de 22 cm. La primera

huella del pie derecho (p1 en la Fig. 4.73 A, B) está incompleta, sin embargo, es posible estimar la longitud de la zancada en 62,6 cm. La impresión del V dígito del pie izquierdo está ausente (p2). Todas las impresiones de la almohadilla digital tienden a ser elípticas y de tamaños similares, con marcas de garras especialmente en las impresiones de manos. Las almohadillas digitales elípticas son considerablemente más profundas que la almohadilla metapodial subtriangular que las acompaña (Fig. 4.72 C, D). El contorno de la mano es subredondeado y el del pie elíptico. La mano mide en promedio 5,7 cm de largo y 5,9 cm de ancho, y el pie 5,85 mm de largo y 5,8 cm de ancho (Tabla 4.10, Apéndice 4). El promedio de la distancia mano-pie es de 12 cm. El ángulo de paso es relativamente alto ( $143^\circ$  para los pies) y la rotación del pie con respecto a la línea media es de  $19^\circ$ . La longitud media es similar para todos dígitos con un rango entre 1,7 y 2,1 cm, mientras que la longitud de la traza de la garra varía entre 0,6 y 1,2 cm. El ángulo interdigital promedio entre los dígitos II-V es de  $57^\circ$  y el de los dígitos III-IV es  $17^\circ$  (Tabla 4.10, Apéndice 4). El rango de profundidad es aproximadamente 1-3 cm y se puede apreciar en el modelo tridimensional (Fig. 4.72 C, D).

HC-16-15 (Fig. 4.74 A, B). Es una huella aislada *in situ* contenida en una rastrillada mal conservada de aproximadamente 105 cm de largo y 0,1 m ancho. La huella descrita aquí es la mejor preservada (2), mide 5,9 cm de largo y 6,2 cm de ancho. La longitud de los dígitos laterales es de 1,9 cm y la de los centrales es de 2,5 cm. Se observan algunas marcas de garras en los dígitos IV y V. El ángulo entre los dígitos II-V es de  $61^\circ$  y el de los dígitos III-IV es  $10^\circ$ . Es posible distinguir una almohadilla metapodial de contorno elíptico tenue y una delicada rebaba en el margen frontal y lateral de la huella (Tabla 4.10, Apéndice 4).

HC-17-16 a (Fig. 4.75 A, B): Corresponde a una rastrillada *in situ* compuesta por 6 huellas tetradáctilas, que presentan un grado de preservación regular (1,5). Las huellas mejor preservadas (H4, H5) permiten identificar con más claridad la presencia de cuatro almohadillas digitales de morfología elíptica y una almohadilla metapodial de morfología subredondeada (Fig. 4.75 B).

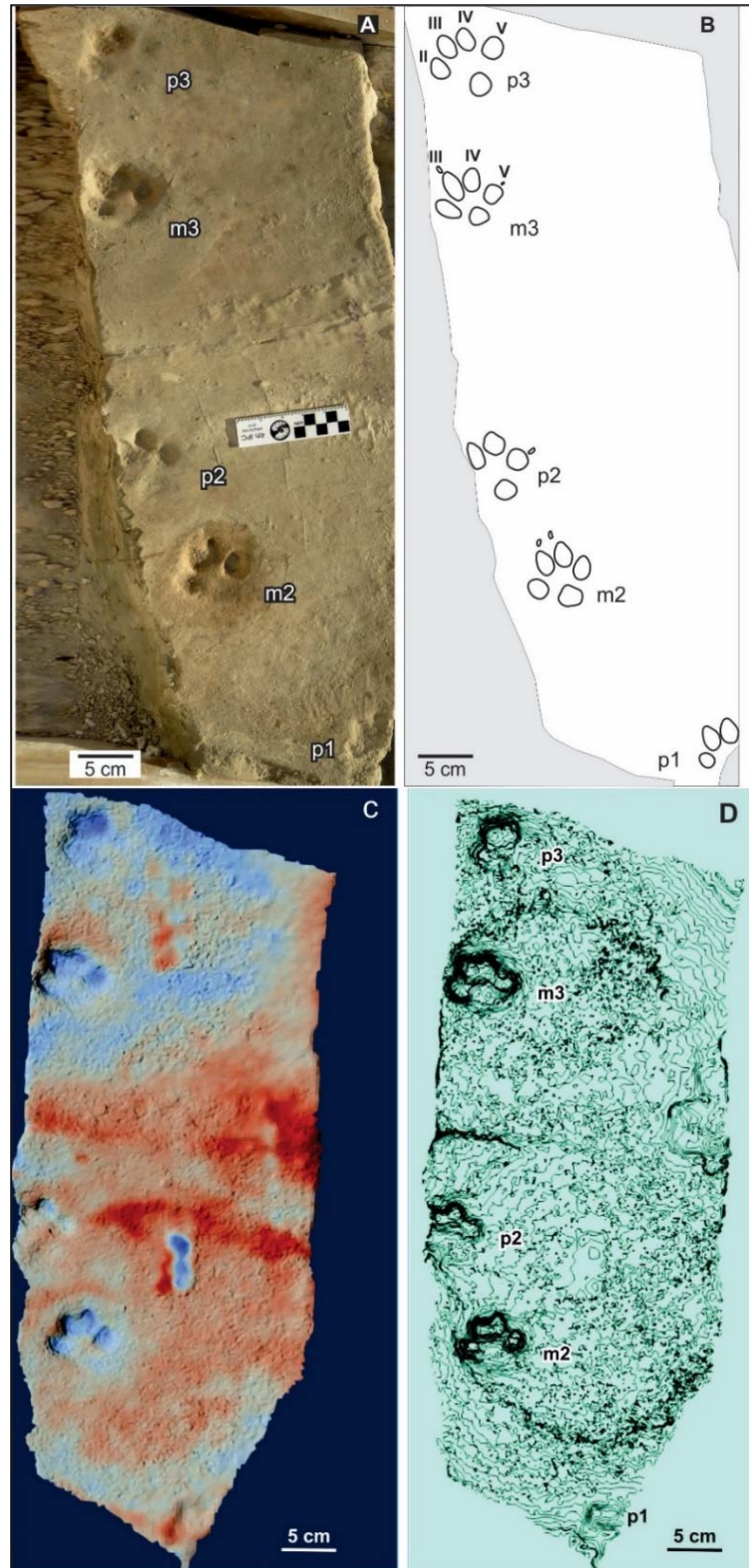


Figura 4.73. *Canipeda gracilis* (MD-YPI-16-02). A. Bloque de sedimento con cuatro huellas. B. Esquema interpretativo mostrando la disposición de dos pares mano-pie. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad (modificado de Melchor *et al.* 2018).

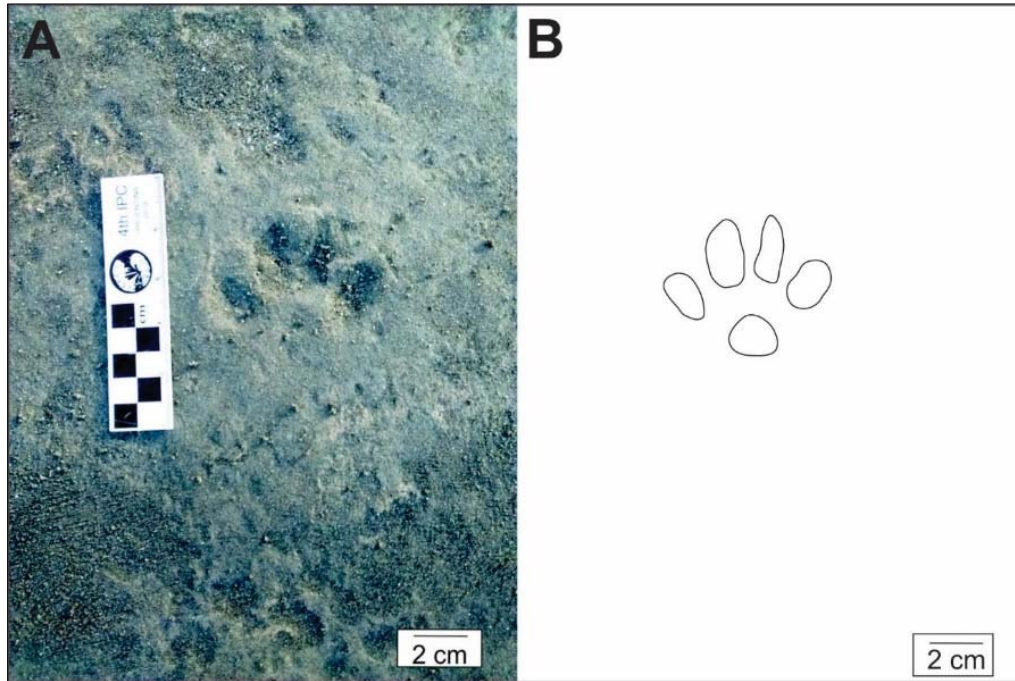


Figura 4.74. *Canipeda gracilis* (HC-16-15). A. Huella aislada observada en el campo. B. Esquema interpretativo.

Trazas de garras muy tenues pueden observarse en H5 (Fig. 4.75 B). La disposición de las huellas sugiere que las impresiones corresponden a manos y pies, aunque el bajo grado de preservación dificulta su diferenciación. La rastrillada, que tiene una dirección aproximadamente este–oeste, se intercepta con otra de huellas bípedas tridáctilas avianas y tiene un ancho aproximado de 14 cm (Tabla 4.10, Apéndice 4).

HC-17-16 b (Fig. 4.75 A, B): Corresponde a una rastrillada de 6 huellas tetradáctilas observadas en el campo que presentan un grado de preservación regular (1,5). Algunas de ellas, (H1, H3) permiten identificar almohadillas digitales de morfología elíptica. Se aprecian algunas marcas tenues de garras que pueden observarse en H1 (mejor preservada). Otras huellas, como H2 y H3 están pobremente preservadas lo que dificulta tomar medidas de largo y ancho precisas. El ancho aproximado de la rastrillada es de 14 cm (Tabla 4.10, Apéndice 4).

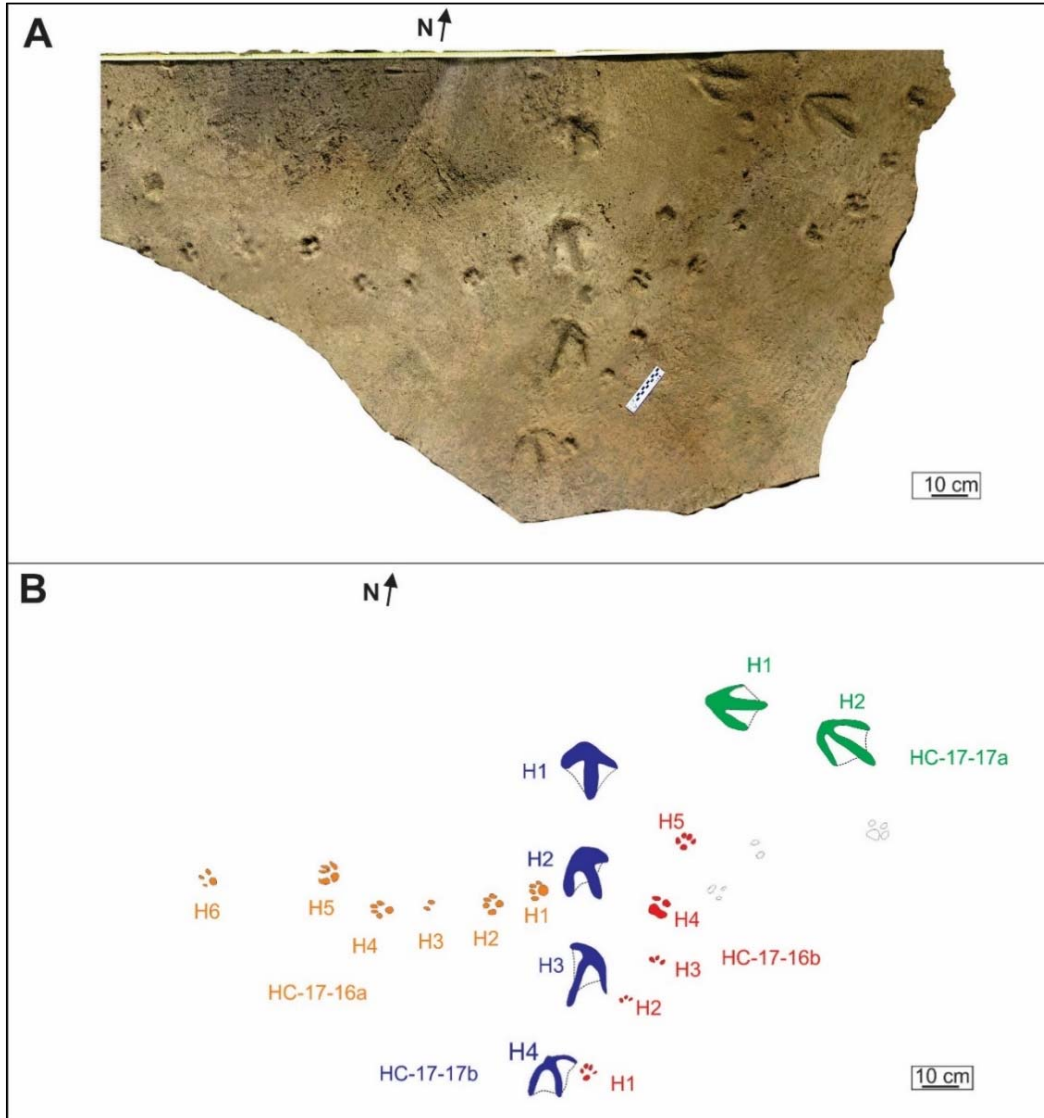


Figura 4.75. *Canipeda gracilis* (HC-17-16 a y HC-17-16 b). A. Material limoarcilloso compuesto por diversas rastrilladas, dos de ellas asignadas a *C. gracilis*, presentando distintos grados de preservación y dos rastrilladas de aves tridáctilas de mayor tamaño. En el sector izquierdo se observan algunas huellas tetradáctilas con muy bajo grado de preservación. B. Esquema interpretativo. Los colores distinguen las diferentes rastrilladas.

## Comentarios

Gran parte de los materiales estudiados presentan las características típicas del icnogénero *Canipeda*: huellas tetradáctilas, con impresiones digitales de forma elíptica y presencia de trazas de garras (a excepción de las huellas mal preservadas). La presencia de almohadillas metapodiales de morfología subreondeada en las huellas, es un rasgo que también puede observarse en gran parte de los materiales.

En cuanto a la clasificación icnoespecífica, los ejemplos analizados en este apartado fueron asignados a *Canipeda gracilis* ya que cumplen con las icnotaxobases definidas para la misma, entre ellas el largo promedio comprendido entre 3,5 y 6,5 cm, la relación LH/AH que también está dentro del rango definido para *C. gracilis* (0,95- 1,05; n=8) y los ángulos interdigitales II-IV (30°, n=4) son semejantes. Por el contrario, *C. longigriffa* es de mayor tamaño, con una relación LH/AH entre 1,6 y 1,9. En cuanto a *C. sanguinolenta*, la misma presenta un tamaño mayor (largo de la huella entre 7,5 y 8,5 cm) y la almohadilla metapodial es arqueada con extremo posterior fuertemente bilobulado (Melchor *et al.* 2018).

#### 4.7. HUELLAS DE PIES TRIDÁCTILOS Y MANOS TETRADÁCTILAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS CUADRÚPEDAS

##### **icnotaxobases**

Las huellas aquí tratadas son muy particulares, ya que consisten de manos tetradáctilas y pies tridáctilos con marcas de garras de tamaño pequeño a mediano (4 a 7,1 cm). Existen algunos registros de icnotaxones de características semejantes a los que serán descritos aquí. Entre ellos están las icnoespecies *Porcellusignum conculcator* Angulo y Casamiquela 1982 y *Tacheria troyana* Krapovickas y Nasif, 2011. El primer caso, halladas en la Fm. Río Negro (Mioceno tardío-Plioceno temprano) son huellas digitígradas, de hasta 10,5 cm (Angulo y Casamiquela 1982, p. 52-53), funcionalmente tridáctilas, ocasionalmente tetradáctilas. Las manos y pies son prácticamente iguales y han sido atribuidas a roedores hidroquéridos (Cardiatheriinae) (Angulo y Casamiquela 1982, p. 54). En cuanto a *Tacheria troyana*, proveniente de la Formación Vinchina (Mioceno temprano de La Rioja), comprende huellas de manos y pies tetradáctilas (Krapovickas y Nasif, 2011).

El material descrito a continuación es el único de esta morfología hallado en el YPPC hasta el momento (Aramayo *et al.*, 2015).

##### 4.7.2. Icnogénero

***Dolichotichnus* Aramayo et al. 2015**

Íconoespecie tipo

*Dolichotichnus marae* Aramayo et al. 2015

Diagnosís

Huellas semiplantígradas de tamaño relativamente mediano. Huellas de manos de contorno sub-circular, con cuatro dígitos divergentes (II-V) de tamaño similar, que terminan en marcas de garras afiladas y una palma acolchada en forma de riñón. Huellas de pies más largas que las huellas de manos, almohadilla palmar circular y tres dígitos paralelos con garras, dígito central (III) más largo que los laterales (II-IV) y con una profunda marca de garra. El pie sobrepasa a la mano y está rotado hacia adentro con respecto a la línea media (Aramayo et al. 2015).

Holotipo

Es un conjunto de mano- pie preservado *in situ* (Aramayo et al. 2015, fig. 8A, B). MD-97-14, es un molde de caucho siliconado del holotipo (Fig. 4.76 A-D).

Íconoespecie

*Dolichotichnus marae* Aramayo et al. 2015

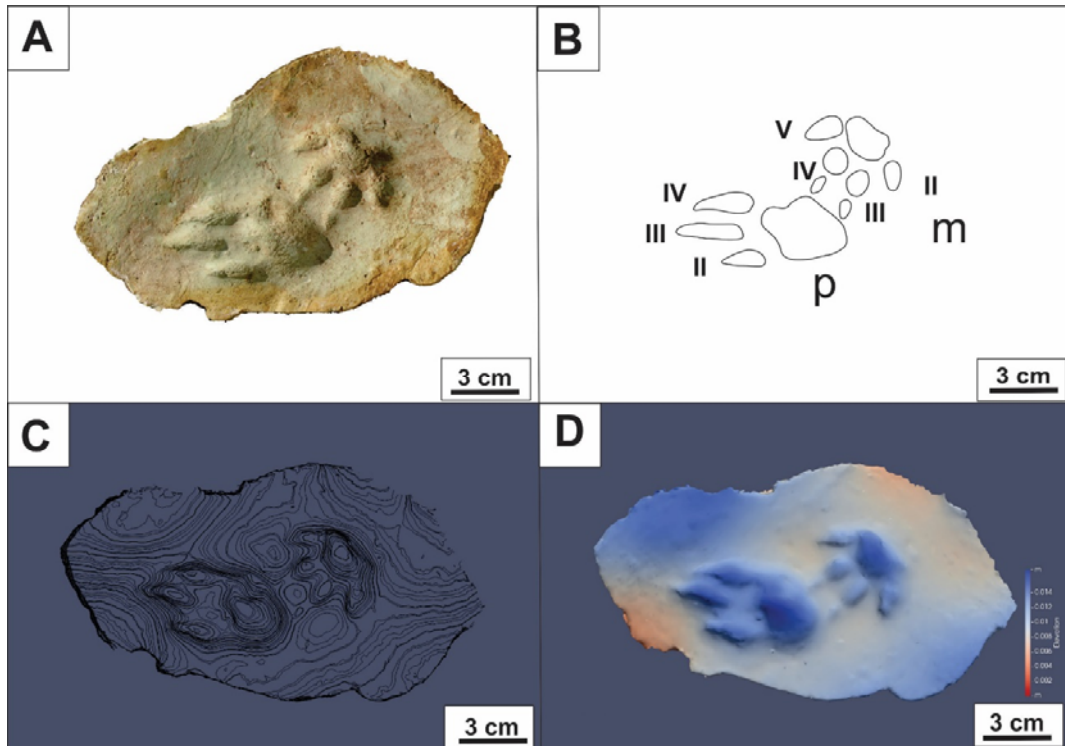
Fig. 4.76 A-D

2009 “small heteropod footprint”; Krapovickas et al., p. 143–144, figs. 8D–8H, 11.

**Descripción**

MD-97-14 (Fig 4.76 A, B): Incluye dos huellas, la huella posterior correspondería

a impresión de mano, con cuatro dígitos y trazas de garras. Presenta un largo de 4 cm y un ancho de 3 cm, con una profundidad de 0,6 cm. La huella del pie es tridáctila, con un largo y ancho de 7,1 y 3 cm, y una profundidad de 0,7 cm. Las trazas de garras se observan especialmente en los dígitos centrales de la mano y se puede inferir en el pie por la terminación acuminada de las impresiones de los dígitos.



4.76. *Dolichotichnus marae* (MD-97-14). A. Molde de yeso. B. Esquema interpretativo mostrando el par mano-pie con dígitos alargados, destacándose el III. C. Modelo de curvas de isoprofundidad. D. Modelo de elevación.

### Comentarios

Hasta el momento el material MD-97-14 (Fig. 4.76 A) es el único que ha sido registrado en el YPPC. El mismo ha sido asignado a la icnoespecie *Dolichotichnus marae* Aramayo *et al.* 2015, la que presenta características icnotaxonómicas que no se observan en los icnotaxa descritos con anterioridad. *Porcellusignum conculcator* es de tamaño mayor y presentan manos y pies prácticamente del mismo tamaño. Por su parte, las huellas descritas como



“small heteropod footprint” por Krapovickas *et al.* (2009) son similares a *D. marae*.

McDonald *et al.* (2007) realizaron una recopilación bibliográfica mundial de huellas y rastrilladas del Cenozoico, donde se incluyeron dos icnoespecies particularmente similares: *Ptyaiopus aichmanticheirus* Sarjeant y Langston 1994 y *Trycorinopus elaphrus* Sarjeant y Langston 1994 del Eoceno tardío de Texas. Sin embargo, estos no son comparables con *Dolichotichnus marae*. *Ptyaiopus aichmanticheirus* son más bien huellas plantígradas, pentadáctilas, de tamaño mediano, con pies un poco más grande que las manos, dígitos delgados con el pulgar reducido, bastante engrosado y curvado hacia adentro. Mientras que *T. elaphrus* consiste en huellas tridáctilas muy pequeñas, con sus dígitos estrechos, más expandidos distalmente, y manos y pies casi del mismo tamaño.

#### 4.8. HUELLAS PENTADÁCTILAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS CUADRÚPEDAS

##### **Iconotaxobases**

Las huellas estudiadas en esta sección corresponden a huellas de tamaño mediano, plantígradas y con impresiones digitales pentadáctilas desconectadas de la impresión de la almohadilla palmar. La gran mayoría de las veces presentan marcas de garras (~2 cm) correspondientes a los cinco dígitos.

El primer antecedente para este tipo de huellas fue propuesto por Sarjeant *et al.* (2002), quienes crearon la icnoespecie *Platycopus ilycalculator*, pero este icnotaxón exhibe las impresiones digitales conectadas a la impresión de la almohadilla palmar. Posteriormente, Diedrich (2011) definió el icnogénero *Ursichnus* Diedrich 2011 basado en las siguientes características: tipo de locomoción del productor, morfología de las huellas, cantidad, disposición y longitud de las impresiones digitales, relación LH/AH en manos y pies, desarrollo, morfología e impresión del talón y trazas de garras. En cuanto a la clasificación icnoespecífica Diedrich (2011) propuso para este icnogénero a la icnoespecie tipo *Ursichnus europaeus* Diedrich 2011, con huellas de pies y manos de 25 cm y 17,5 cm de largo.

#### 4.8.1. Icnogénero

*Ursichnus* Diedrich, 2011

Ichnoespecie tipo

***Ursichnus europaeus* Diedrich, 2011.**

#### **Diagnosis (Tomada de Diedrich 2011)**

Rastrillada cuadrúpeda compuesta por huellas plantígradas, pentadáctilas de manos y pies de diferentes morfologías, la mano es casi circular y el pie es de forma elipsoidal, la relación de longitud manos/pies es de aproximadamente 1:1,25. Durante marcha normal, la mano se coloca cerca y delante de la huella del pie. La impresión del talón está ausente en la huella de la mano y la morfología de la palma es ovalada o en forma de riñón y pequeña, mientras que la planta de la huella del pie es grande, aproximadamente triangular y muestra un talón bien desarrollado. Huellas de manos y pies imprimen dígitos cortos, ovalados a redondeados con marcas claras de garras. Las impresiones de los dedos no están conectadas con la impresión del talón.

Ichnospecie

*Ursichnus sudamericanus* Aramayo *et al.* 2015

Figs. 4.77-4.79

2009 "Ursidae footprints": Aramayo y Manera de Bianco, p. 29.

#### **Holotipo**

Corresponde a 4 huellas consecutivas *in situ* (Aramayo *et al.* 2015, p.154, fig. 9.A). MD-94-15, es un molde de yeso tomado del holotipo y correspondiente a un par mano-pie (4.77 A-C).

#### **Diagnosis (Aramayo *et al.* 2015)**

Rastrillada cuadrúpeda con huellas plantígradas, pentadáctilas que muestran marcada heteropodia. La huella de la mano (11,5 a 15 cm de largo, 10 a 19 cm de ancho) presenta impresiones de dígitos ovalados, con orientación paralela y rotación hacia adentro con respecto a la línea media. Impresión de la palma bien definida y separada de las impresiones de la almohadilla digital por una cresta, marcas de garras definidas, impresión del talón de la mano ausente. La huella del pie es más estrecha que la de mano (20 a 23 cm de largo, 10,5 a 13 cm de ancho) con impresión de la planta ancha y separada de la huella del talón por una muesca, huellas de dedos no conectadas con la impresión de la planta, huella de dígito III más larga.

### **Material adicional**

MD-YPI-07-02 (huella pentadáctila derecha contenida en un bloque de sedimento indurado y su respectivo modelo tridimensional. Figs. 4.78 A, B; y Fig. 4.78 C, D), y MD-YPI-15-03 (molde de caucho siliconado compuesto un par de huellas mano-pie pentadáctilas y tres huellas pentadáctilas dispuestas en una rastrillada, Fig. 4.79. A, B y el modelo tridimensional correspondiente, Fig. 4.79 C, D). Este último molde también contiene dos huellas de aves de gran tamaño y varias huellas de aves de pequeño tamaño.

### **Descripción**

#### *Holotipo*

MD-94-15 es el molde de yeso con dos huellas correspondiente al holotipo, la Figura 4.77 A muestra las huellas originales que exhiben mejor los detalles del material. Se trata de un par mano-pie de huellas pentadáctilas, provistas de garras de hasta 1 cm de largo (Tabla 4.11, Apéndice 4). La huella de pie tiene un largo de 19 cm y un ancho de 10,5 cm, mientras que la impresión de la mano es algo menor con un largo de 12 cm y ancho de 10,5 cm. Las profundidades de las huellas están alrededor del centímetro (ver MT-94-15, Fig. 4.77 C, D).

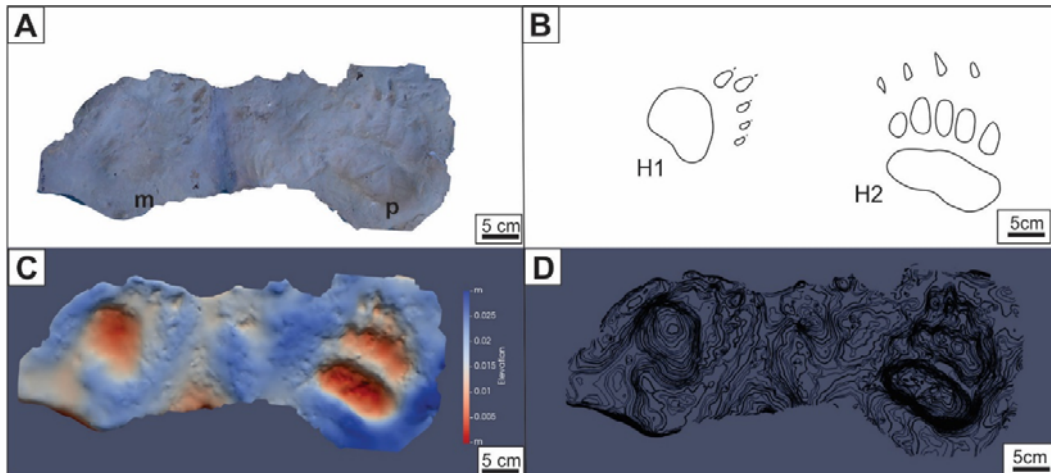


Figura 4.77. Molde de parte del holotipo de *Ursichnus sudamericanus* (MD-94-15). A. Molde con huellas de mano y pie. B. Esquema interpretativo del molde que muestra un importante desarrollo de garras. C. Modelo de elevación del molde. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

### Material adicional

MD-YPI-07-02 (Fig. 4.78 A, B) corresponde a un bloque de sedimento indurado con una huella pentadáctila preservada en hiporrelieve positivo, de tamaño mediano (LH=13,87 cm; AH=10 cm), con muy buen grado de preservación (2,5-3) y trazas de garras. La morfología de la palma es arriñonada, extendida lateralmente, mientras que las impresiones digitales están desconectadas de la almohadilla palmar. La profundidad medida en la impresión es de 2,6 cm (Tabla 4.11, Apéndice 4) y se puede comprobar en el modelo tridimensional (Fig. 4.78 C, D).

MD-YPI-15-03a (Figs. 4.79 A, C). Se refiere a tres huellas pentadáctilas presentes de un molde de caucho siliconado. Las tres huellas tienen tamaños similares, con un largo promedio de 19,5 cm y un ancho promedio de 13,26 cm. H3 permite diferenciar 4 impresiones digitales y trazas de garras. De acuerdo a las fotos de la rastrillada *in situ* (Aramayo *et al.* 2015, p. 154, fig. 9 B-D), H1 y H2 corresponderían a un par mano-pie. Tanto las impresiones digitales como las plantares exhiben una morfología acorde a la definida para la icnoespecie. La profundidad de estas huellas es en promedio 5,23 cm (Tabla 4.11, Apéndice 4).

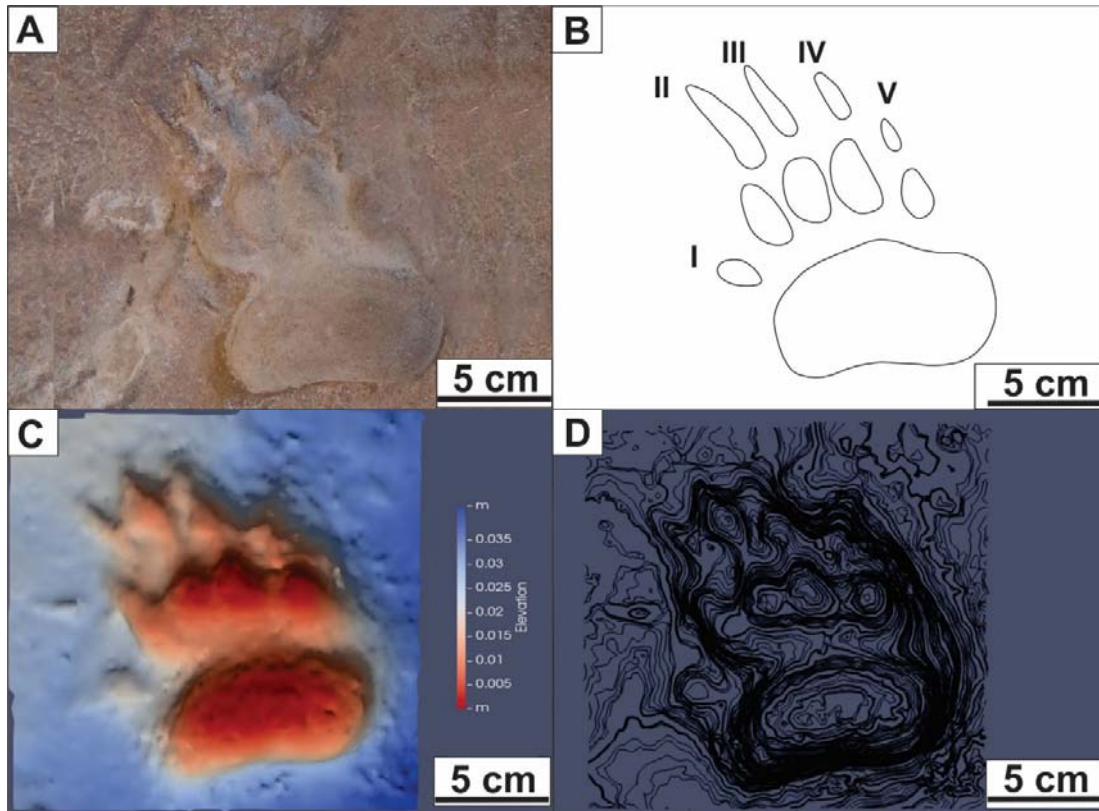


Figura 4.78. *Ursichnus sudamericanus* (MD-YPI-07-02). A. Bloque de sedimento con huella aislada preservada en hiporrelieve positivo. B. Esquema interpretativo. Notar los cinco dígitos bien definidos. C. Modelo de elevación. D. Curvas de isoprofundidad.

MD-YPI-15-03-b (Fig. 4.79 B, D). Corresponde a dos huellas pentadáctilas de un molde de caucho siliconado. La huella H1 sería de pie y solo permite diferenciar 3 impresiones digitales, el largo y ancho es de 20 y 7,5 cm. H2 sería una huella de mano y exhibe 4 impresiones digitales, el largo y ancho es de 13,5 y 10,3 cm (Tabla 4.11, Apéndice 4). Ambas huellas tienen trazas incipientes de garras. La profundidad promedio es 3,5 cm para el pie y 3 cm para la mano (Tabla 4.11, Apéndice 4).

### Comentarios

Los materiales analizados en esta sección correspondieron en su totalidad a moldes y bloques de sedimento con huellas depositados en el MD. Durante el desarrollo de esta Tesis, no se ha observado en el campo nuevas huellas correspondientes a este icnogénero. Tanto la morfología como el tamaño de las huellas que se han descrito, coinciden con lo expresado en la diagnosis

propuesta para la icnoespecie *Ursichnus sudamericanus* Aramayo *et al.* 2015. Se diferencia de icnoespecie *P. ilycalculator* por tener las impresiones digitales desconectadas de la impresión de la almohadilla palmar. Las escasas rastrilladas documentadas (Aramayo *et al.* 2015 p.154, fig. 9. A, MD-YPI-15-03a, Fig. 4.79 A, C) muestran evidencias de impresiones de par mano-pie, aparentemente dispuestas en pares alternos, lo que indica que el productor sería de locomoción cuadrúpeda.

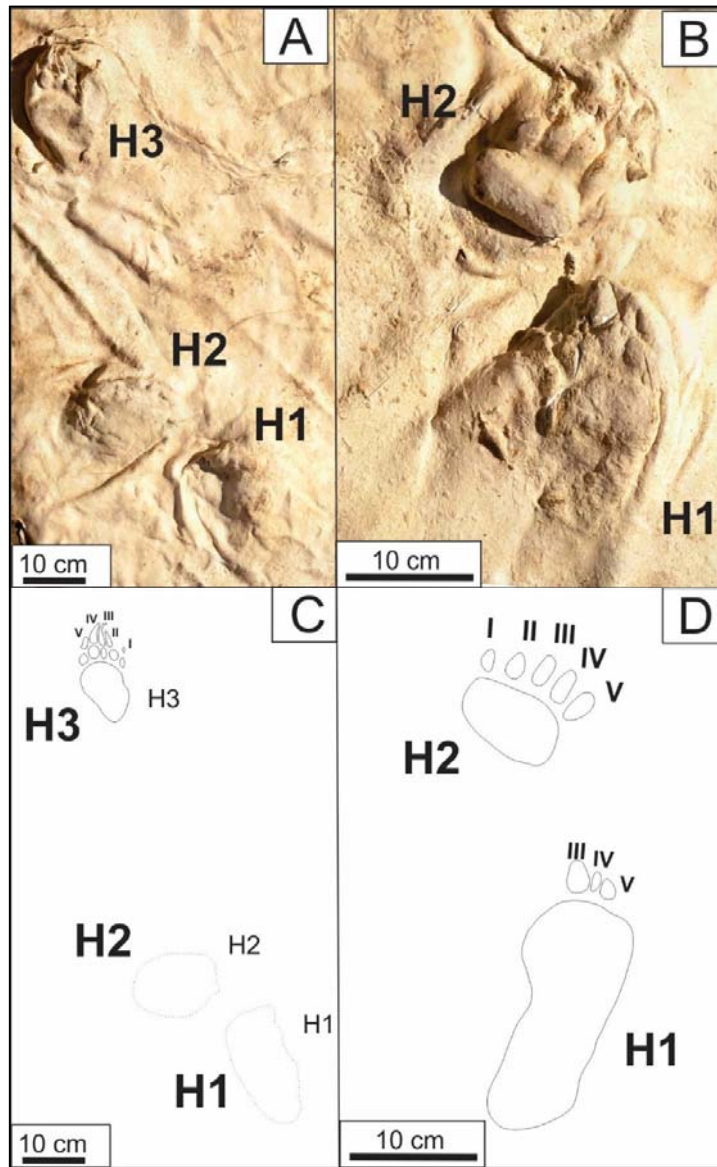


Figura. 4.79. *Ursichnus sudamericanus* (MD-YPI-15-03). A. Tres huellas contenidas en molde de caucho siliconado (MD-YPI-15-03 a). B. Dos huellas en molde de caucho siliconado (MD-YPI-03 b). C. Esquema interpretativo del molde MD-YPI-15-03 a. D. Esquema interpretativo del molde MD-YPI-15-03 b.

## 4.9. HUELLAS DE PIES PENTADÁCTILOS Y MANOS TETRADÁCTILAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS CUADRÚPEDAS

### **Iconotaxobases**

Las huellas que se presentan aquí, corresponden a una morfología subcircular a elongada anteriormente y tamaño pequeño a mediano (7 a 15 cm de largo). También se observa la presencia de impresiones de almohadilla palmar e impresiones digitales anchas y terminadas en punta. Las impresiones digitales pueden ser 3 o 5, dependiendo de si se trata de miembros anteriores o posteriores. Este tipo de huellas son particulares ya que, si bien existen huellas tridáctilas adjudicadas al icnogénero *Macrauchenichnus*, se diferencian de estas últimas principalmente por tener impresiones de la almohadilla palmar y dígitos terminados en punta. Una característica bastante particular en este tipo de huellas y que no había sido documentado hasta su reconocimiento, es la morfología general de la huella, con manos tridáctilas y pies pentadáctilos (Aramayo *et al.* 2015).

#### 4.9.1. Icnogénero

#### ***Glyptodontichnus* Aramayo *et al.* 2015**

##### 4.9.2.1. Icnoespecie tipo

*Glyptodontichnus pehuencoensis* Aramayo *et al.* 2015

#### Diagnosis

Grandes huellas plantígradas con impresiones de almohadillas, huella de pie pentadáctilo, subcircular en forma de abanico, algo más grande que la huella de mano de contorno subelíptico y tridáctila. Impresión de pie de con dígitos cortos, anchos y romos; el ángulo de divaricación de los dígitos laterales (I-II y IV-V) es más ancho (40-50°) que en los dedos centrales (5-10°). La huella de mano posee dígitos anchos casi paralelos (II a IV) que terminan en una punta

corta dirigida hacia adelante; el dígito IV es ligeramente divergente de los dígitos II y III (ángulo entre III y IV: es de 20°), huella metapodial definida, con palma subcircular (Aramayo et al. 2015).

Ichnoespecie

*Glyptodontichnus pehuencoensis* Aramayo et al. 2015

Figs. 4.80-4.81

Holotipo

Bloque de sedimento con huella de un pie izquierdo (MD-93-5, Aramayo et al. 2015, p. 149, fig. 5A).

Paratipo

Dos huellas correspondientes a una mano y pie derecho *in situ* (Aramayo et al. 2015, p.149, fig. 5B).

### **Diagnosis**

La misma que para el icnogénero, es la única ichnoespecie conocida.

### **Material adicional**

MD-YPI-19-05 (molde de silicona con una huella *in situ* perdida por la erosión y su modelo tridimensional correspondiente, Fig. 4.80 A, B y Fig. 4.80 C, D), MD-YPI-04-04 (molde de yeso tomado del holotipo original y su modelo tridimensional correspondiente, Fig. 4.81 A, B y Fig. 4.81 C, D).

### **Descripción**

MD-YPI- 19-05 (Figs. 4.80 A, B). Es un molde de caucho siliconado de una huella pobremente preservada con tres dígitos (II, III, IV) y una almohadilla



palmar/plantar. El largo y ancho es de 15 y 12 cm, mientras que la profundidad es aproximadamente 3 cm (MT-YPY-19-05, Fig. 4.80 C, D). Las impresiones de los dígitos son anchas con un largo y ancho promedio de 2,74 y 2,24 cm. De acuerdo a la cantidad de dígitos impresos podría corresponder a la impresión de un miembro anterior izquierdo.

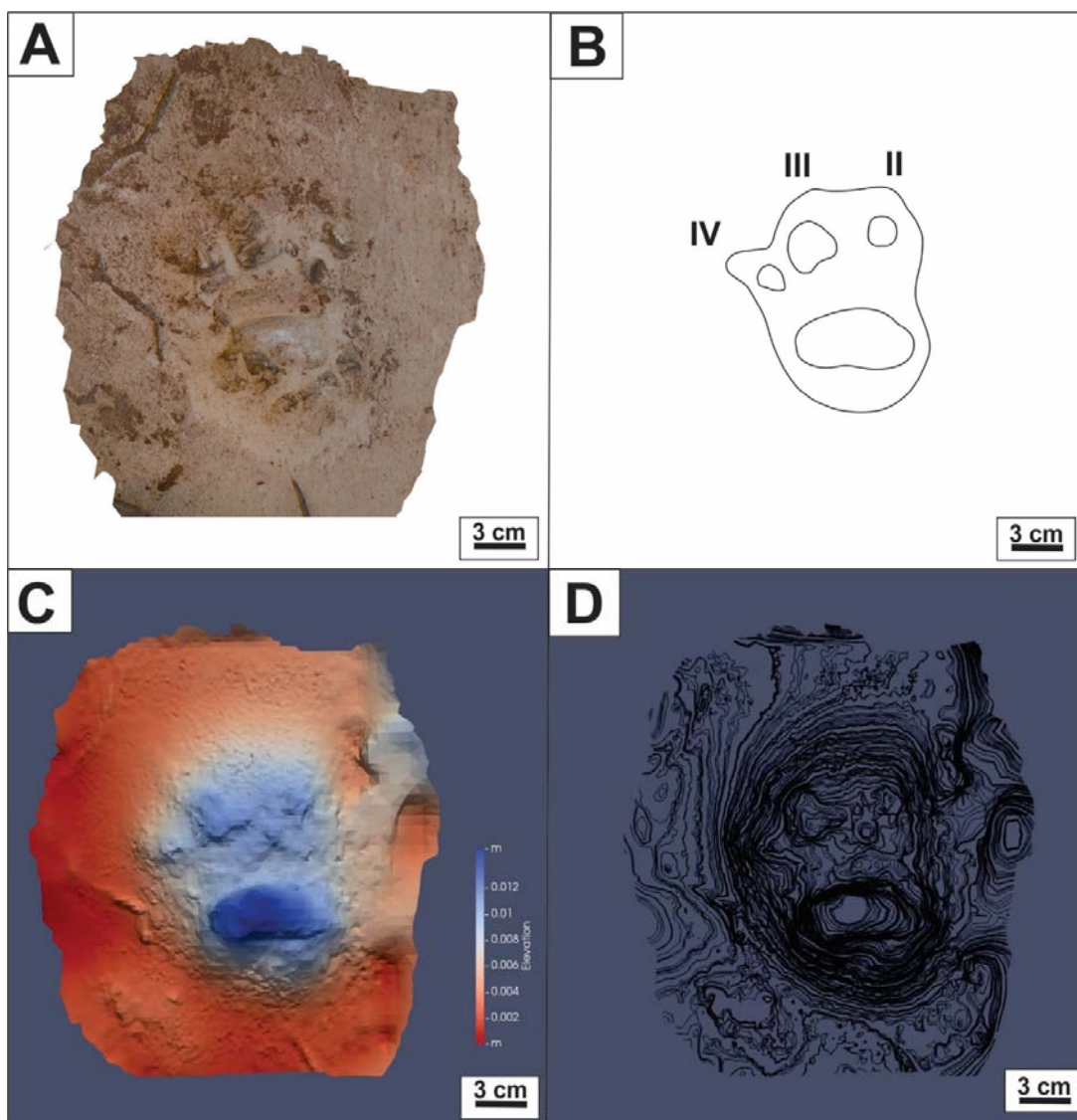


Figura 4.80. *Glyptodontichnus pehuencoensis* (MD-YPI-19-05). A. Molde de caucho siliconado. B. Esquema interpretativo de la impresión provista de tres dígitos. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

MD-YPI-04-04 (Figs. 4.81 A, B). Es un molde de yeso con una huella pentadáctila aislada que exhibe una almohadilla palmar/plantar. El largo y ancho es de 7 y 5,5 cm, con una profundidad de 3,3 cm (MT-YPI-04-04, Figs. 4.81 C, D). Los

dígitos terminan en punta, son robustos y largos en relación al resto de la impresión de huella, exhibiendo un largo promedio de 3,1 cm. De acuerdo a la cantidad de impresiones digitales, podría tratarse de la impresión de un miembro posterior izquierdo.

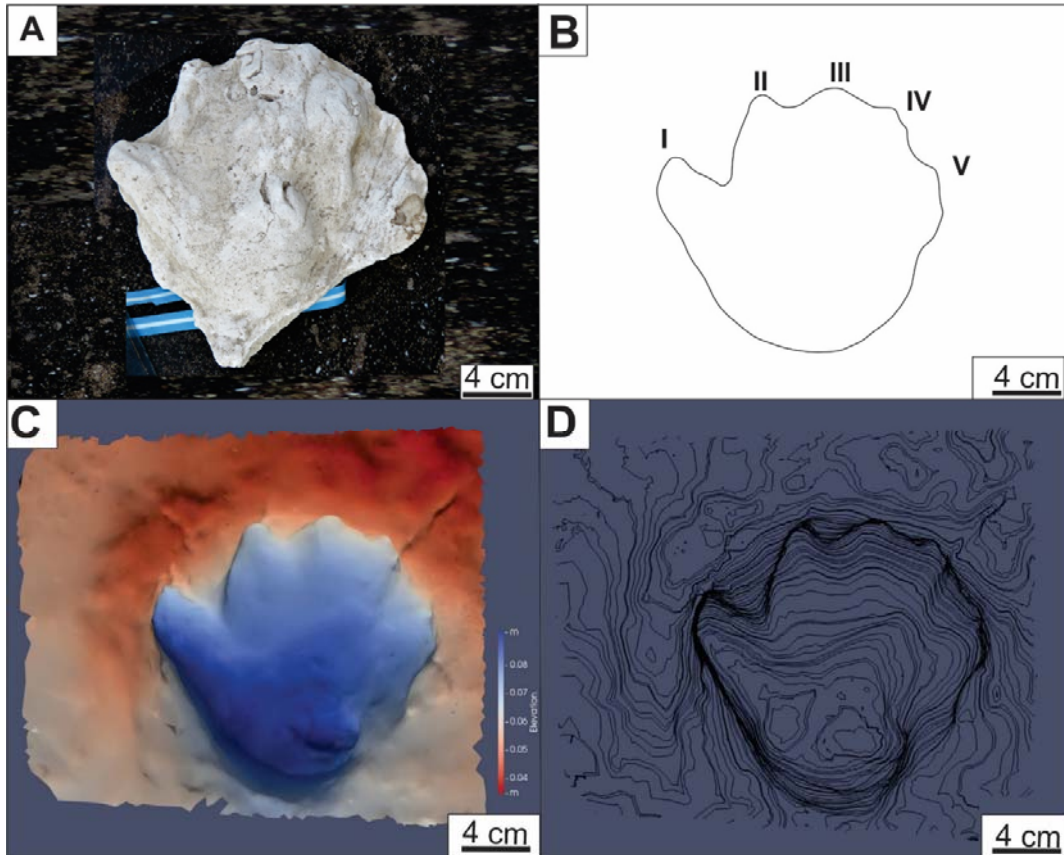


Figura 4.81. *Glyptodontichnus pehuencoensis* (MD-YPI-04-04). A. Molde de yeso del holotipo asignado a una huella izquierda. B. Esquema interpretativo del molde, exhibiendo los cinco dígitos que componen la huella. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

### Comentarios

Las huellas analizadas en este apartado corresponden a dos moldes depositados en el MD, y no se han vuelto a encontrar materiales *in situ*, adicionales a los publicados por Aramayo *et al.* (2015, p.149, fig. 5 a, b). Tanto el espécimen MD-YPI-19-05 (Fig. 4.80 A, B) como MD-04-04 (Fig. 4.81 A, B) tienen características que permiten incluirlos dentro de la icnoespecie *Glyptodontidichnum pehuencoensis* Aramayo *et al.* 2015. Estos rasgos son morfología general, impresiones digitales y tamaño acorde a su diagnosis y que permite diferenciarlos de otros icnotaxa descritos con anterioridad.

Iconoespecie

cf. *Glyptodontichnus* isp.

Fig. 4.82

Debido a la preservación regular a pobre de estas huellas (menor a 2), se trata separadamente a un material compuesto por una rastrillada de, al menos, 12 huellas *in situ*.

Si bien la preservación de estas huellas no es óptima, algunas de ellas permitieron diferenciar al menos cuatro o cinco impresiones digitales y un tamaño similar a *Glyptodontichnus*.

### **Material y procedencia**

HC-16-08 (rastrillada *in situ* compuesta por 12 huellas Fig. 4.82 A).

### **Descripción**

HC-16-08 (Fig. 4.82 A). Es una rastillada de 11 huellas observada en el campo, con grado de preservación regular (1,5). Las huellas tienden a ser alargadas anteriormente, en gran medida como consecuencia de la consistencia del substrato. En algunas huellas como H2 y H4 (Fig. 4.82 B) pueden apreciarse hasta 4 dígitos y en varios casos también se observan rugosidades internas. El largo y ancho promedio de las huellas es 17,92 y 12,43 cm respectivamente. Los parámetros de la rastrillada indican que podría tratarse de un productor de locomoción cuadrúpeda, con un ángulo de paso promedio de 150° y un paso doble promedio de 150 cm (Tabla 4.12, Apéndice 4).

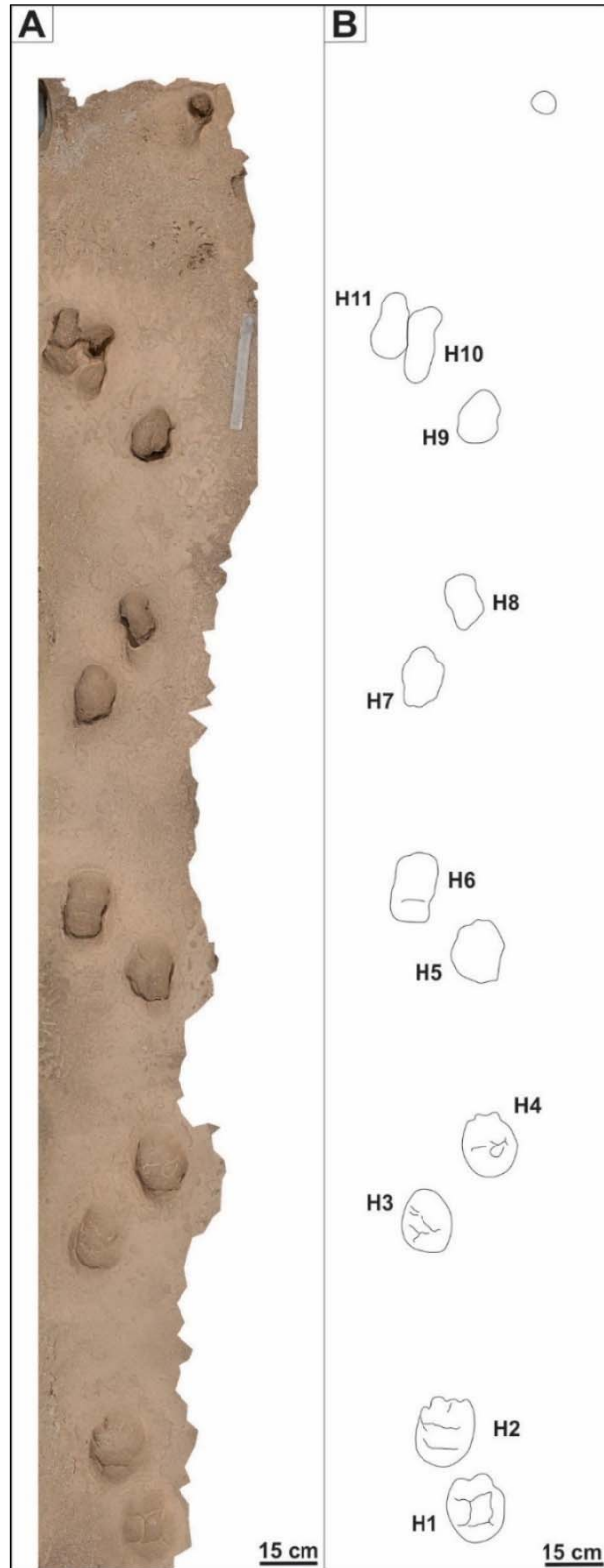


Figura 4.82. cf. *Glyptodontichnus* isp. (HC-16-08A). Rastrillada in situ de 11 huellas. La baja calidad de preservación de las huellas dificulta visualizar la cantidad exacta de dígitos. B. Esquema interpretativo. Se aprecian huellas como H1, H2 y H4 permiten inferir impresiones de tres y cinco dígitos.

#### 4.10. HUELLAS MONODÁCTILAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS CUADRÚPEDAS

##### **Iconotaxobases**

Las primeras definiciones respecto a este tipo de huellas, fueron realizadas por Vyalov (1966), quien describió a una de ellas como “huella de ungulado con pezuñas, que está arqueada convexamente con márgenes exteriores casi paralelos, largo ~40 mm, ancho ~ 40 mm (Lucas, 2007, p. 215). El holotipo corresponde a dos huellas ilustradas por Vyalov, 1966 (ver Lucas 2007, p. 132, figs. 8.1-2). Estas huellas, fueron diagnosticadas por este autor como *Hippipeda aurelianus* Vyalov 1966, dejando sin validez el nombre previo *Hippichnis aurelianus* Vyalov, 1965, el cual lo había empleado en primer lugar para referirse a estas huellas, pero que al carecer de diagnóstico fue considerado “*nomen nudum*” (ver Lucas, 2007, p. 116). Además, debe considerarse que *Hippipeda aurelianus* fue posteriormente utilizado por distintos autores para describir este tipo de huellas (por ejemplo, Sarjeant y Reynolds, 1999, Lucas 2007), lo que demuestra su uso extendido.

##### 4.10.1. Iconogénero

##### **Hippipeda (Vyalov 1966)**

*Iconoespecie tipo Hippipeda aurelianus* Vyalov 1966

##### **Diagnósis**

Huellas de herbívoros con pezuñas de un solo dedo funcional, que tienen la pared de la pezuña hemielipsoidal a hemisférica o semiovalada, con o sin rastros de una ranilla. También pueden quedar impresos en las huellas durante una marcha rápida uno o dos dedos laterales (II y IV), mucho más pequeños que la impresión central del dígito III. Rastrillada angosta; zancada y paso largo (Sarjeant y Reynolds 1999)

Iconoespecie

*Hippipeda* isp.

## Figs. 4.83-4.85

**Material**

MD-YPI-05-08 (huella contenida en un bloque de sedimento indurado y su modelo tridimensional correspondiente, MT-YPI-05-08; Fig. 4.83 A, B y Fig. 4.83 B, C); MD-YPI-05-02 (huella contenida en un bloque de sedimento indurado y su respectivo modelo tridimensional MT-YPI-05-02, Fig. 4.84 A, B y Fig. 4.84 C, D); y MD-YPI-05-10 (molde de caucho siliconado con dos huellas y su modelo tridimensional correspondiente MT-YPI-05-10, Fig. 4.85 A, B y Fig. 4.85 C, D).

**Descripción**

MD-YPI-05-08 (Fig. 4.83 A, B). Pertenece a una huella monodáctila aislada contenida en un bloque de sedimento indurado. Es de forma semicircular alargada hacia la parte anterior. Sus dimensiones indican un largo y ancho de 16 y 14 cm, respectivamente; mientras que la profundidad es de 6,5 cm. La mayor profundidad, se localiza hacia la parte anterior de la huella y es aproximadamente 9 cm (ver MT-05-08, Fig. 4.83 C, D).

MD-YPI-05-02 (Fig. 4.84 A, B). Corresponde a una huella monodáctila contenida en un bloque de sedimento indurado. Presenta forma alargada, semicircular hacia la parte anterior y hacia la parte posterior se observa una marca incipiente de una escotadura en forma de V, con el ápice dirigido hacia la parte anterior de la huella. El largo y ancho promedio es de 14 y 10,5 cm, con una profundidad mayor en la zona central de 2,2 cm, como se aprecia en el modelo tridimensional MT-YPI-05-02 (Fig. 4.84 C, D).

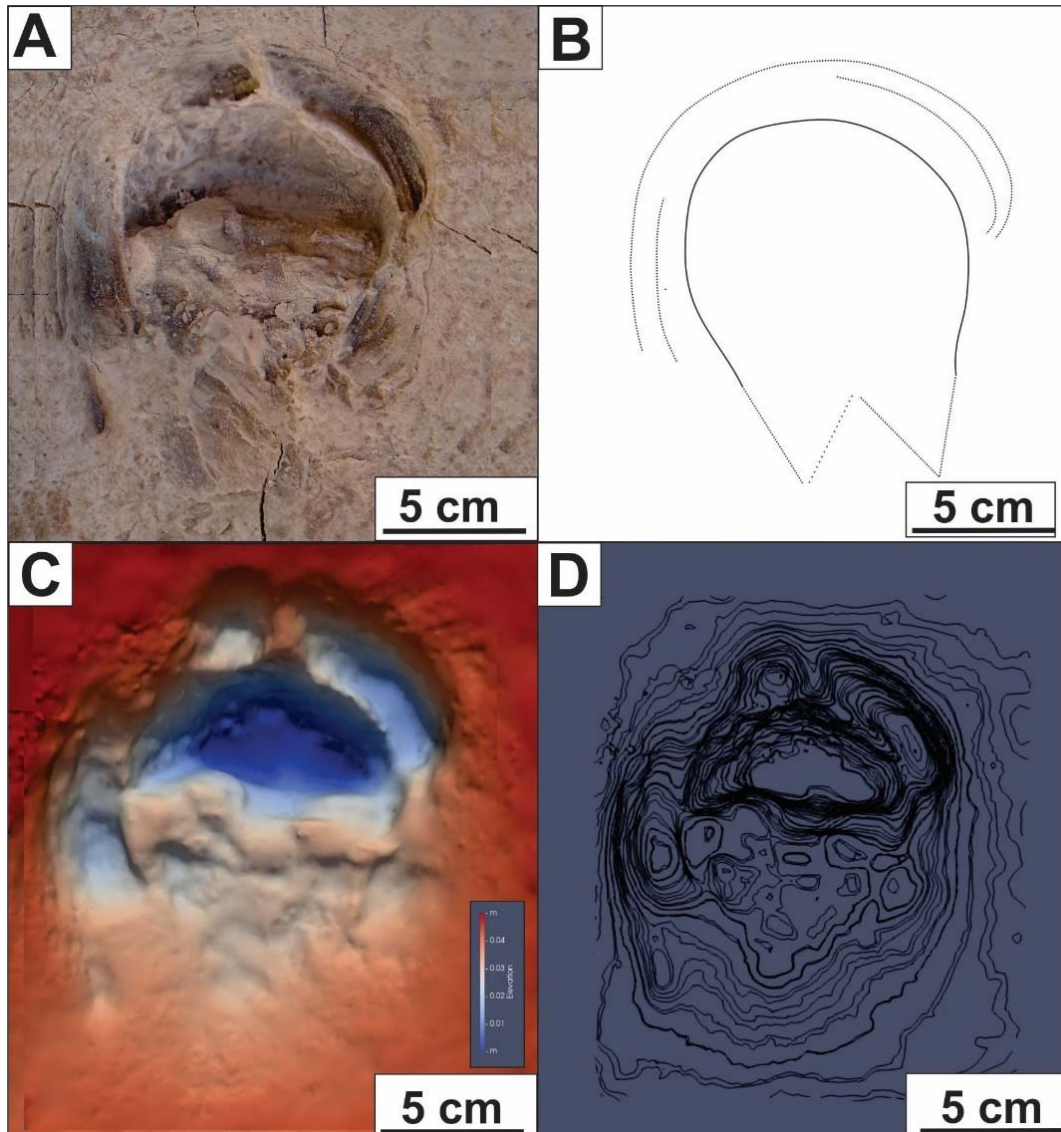


Figura 4.83. *Hippipea* isp. (MD-YPI-05-08). A. Bloque de sedimento con huella monodáctila. B. Esquema interpretativo mostrando bordes marginales externos. C. Modelo de elevación, exhibiendo la mayor profundidad en la parte anterior de la huella (~6, 5 cm). D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

MD-YPI-05-10 (Fig. 4.85 A, B) Es un molde de caucho siliconado con dos huellas monodáctilas que pertenecerían al mismo productor. Hacia la parte posterior de las huellas se observa una tenue impresión de una escotadura (Fig. 4.85 B). Las huellas son de tamaño similar, ambas tienen 15 cm de largo y alrededor de 15 cm de ancho. La profundidad es aproximadamente 4 cm, siendo más profunda la huella derecha, mostrando la máxima profundidad (4,5 cm) hacia la parte central como puede apreciarse en el modelo tridimensional MT-05-10 (Fig. 4.85 C, D).

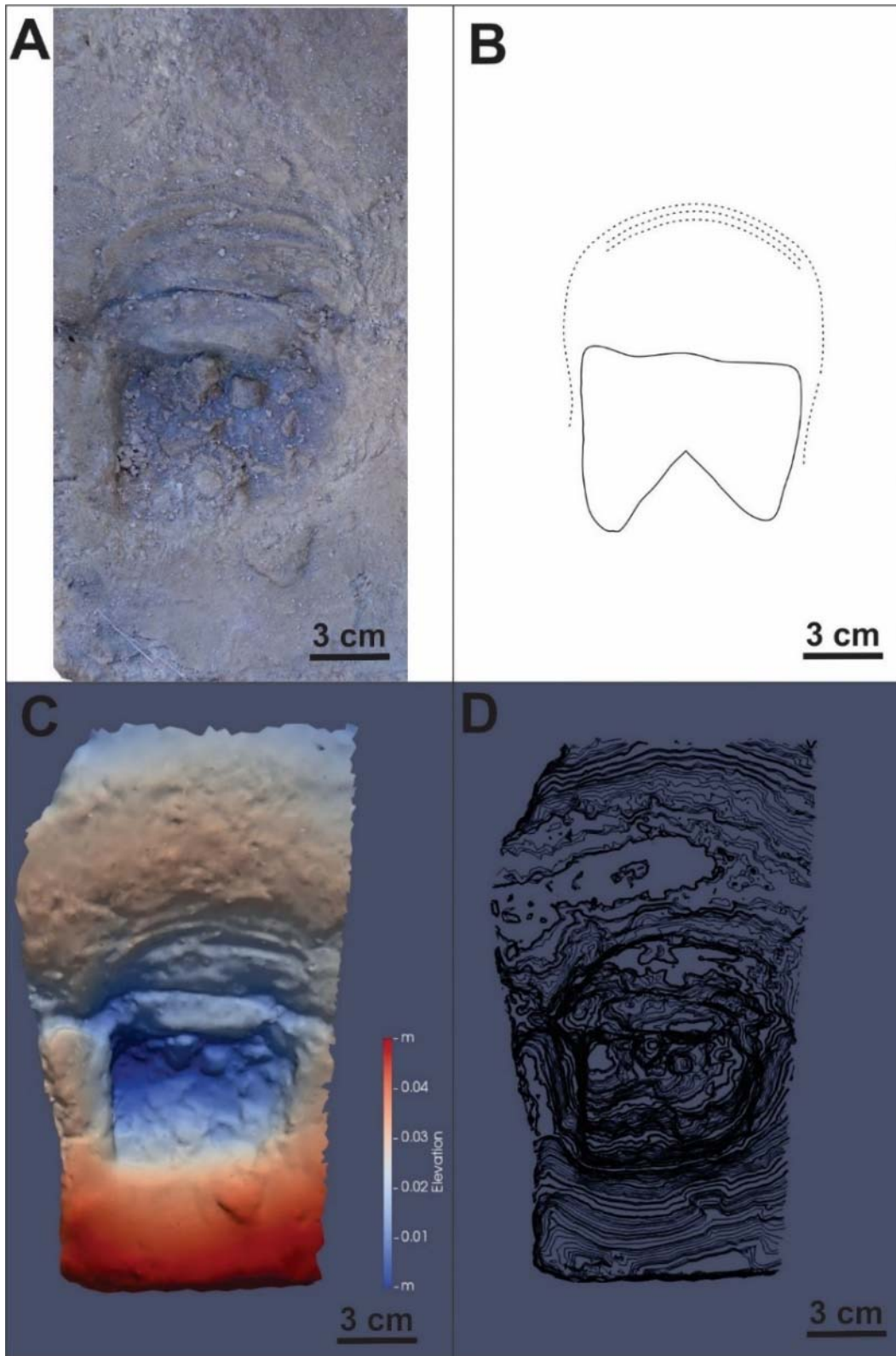


Figura 4.84. *Hippipeida* isp. (MD-YPI-05-020). A. Bloque de sedimento con huella aislada. B. Esquema interpretativo mostrando la escotadura en v en la parte posterior de la huella. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.



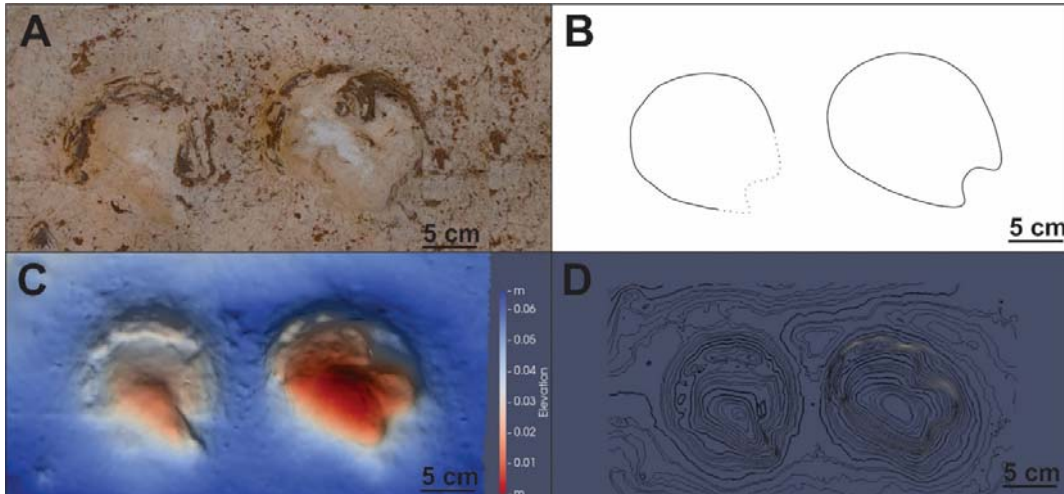


Figura 4.85. *Hippipea* isp. (MD-YPI-05-10). A. Molde de caucho siliconado con dos huellas monodáctilas. B. Esquema interpretativo de las dos huellas, una de ellas (izq.) con la parte posterior escasamente preservada. C. Modelo de elevación denotando la mayor profundidad de la huella derecha (~4,5 cm). D. Curvas de isoprofundidad.

### Comentarios

Los materiales analizados anteriormente habían sido previamente descritos por Aramayo *et al.* (2015), pudiéndose observar que presentan las principales características del icnogénero *Hippipea* Vyalov, 1966. Esto incluye la morfología semicircular, monodactilia y la marca de escotadura hacia la parte posterior de la huella. En cuanto a la clasificación icnoespecífica, Aramayo *et al.* (2015) consideraron que los materiales correspondían a una icnoespecie sin determinar, algo que se ratifica aquí ya que no se cuentan con rastrilladas que permitan asignarlos fehacientemente a las icnoespecies definidas previamente por Vyalov (1966), Sarjeant y Reynolds (1999) y Remeika (1999).

### 4.11. HUELLAS TRIDÁCTILAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS BÍPEDAS

#### Iconotaxobases

Las huellas consideradas aquí han sido atribuidas a aves y presentan una morfología claramente distintiva de las que han sido tratadas previamente. Las principales características son: la impresión de tres dígitos (II, III y IV) con uno central de mayor tamaño. Algunas de ellas además presentan impresiones de la

membrana interdigital. Aunque el primer icnogénero e icnoespecie de huellas fósiles de aves ha sido distinguido en el primer tercio del siglo XX (Mehl, 1931), Panin y Avram (1962) fueron los primeros autores en aplicar consistentemente la nomenclatura binomial a huellas fósiles de aves. Panin y Avram (1962) propusieron los icnogéneros *Ardeipeda*, *Gruipeda*, *Charadriipeda* y *Anatipeda*. De acuerdo a la descripción de los autores, tanto *Charadriipeda* como *Anatipeda* presentaban evidencias de impresiones de membrana interdigital. Luego de las descripciones de Panin y Avram (1962), durante un largo tiempo se ha empleado *Avipeda* para diversas huellas de aves de edad cenozoica (Vyalov, 1965, 1966, 1972, Scrivner y Bottjer, 1986; Jones 2002).

Años más tarde, Sarjeant y Langston (1994) y Sarjeant y Reynolds (2001) ampliaron el esquema original de Panin y Avram (1962) y propusieron icnofamilias y morfofamilias para huellas de aves basadas en distintos icnogéneros, siguiendo un enfoque que concuerda con la clasificación de aves mesozoicas (Lockley *et al.*, 1992, 2006, 2007; Kim *et al.*, 2006). Es así que Sarjeant y Langston (1994) crean las morfofamilias Avipedidae, Gruipedae, Charadriipedidae, Anatipedidae tomando para éstas los icnogéneros tipo previamente propuestos por Panin y Avram (1962).

Además de estas nuevas morfofamilias (icnofamilias), Sarjeant y Langston (1994) crean al icnogénero *Fuscinapeda* Sarjeant y Langston 1994, para referirse a huellas de aves de tamaño pequeño a mediano y con impresión incipiente de la membrana digital. La icnoespecie tipo que consideraron para dicho icnogénero, fue *F. sirin*, la cual fue previamente publicada por Vyalov 1965 (Vyalov, 1965:112, Vyalov, 1966:123, pl. 31 fig. 1). Además, describieron cuatro icnoespecies nuevas denominadas: *F. meuneri*, *F. texana*, *Gruipeda calcarifera* y *Avipeda adunca*.

La diversidad de huellas fósiles de aves merece una revisión exhaustiva dada la existencia de numerosos icnogéneros e icnoespecies y, además, porque muchos icnotaxones han sido creados sobre la base de su productor biológico y no por caracteres exclusivamente morfológicos (Lucas *et al.* 2007, p.169-176). En esta sección se consideran para la clasificación a nivel icnofamilia: el tamaño relativo, el número de impresiones digitales, y la presencia/ausencia de membrana. En cuanto a la clasificación icnogénica se considera: el ángulo interdital entre

los dígitos II-IV, la relación LH/AH de la huella y el ángulo de paso.

#### 4.11.1. Icnogénero

##### ***Aramayoichnus* Aramayo et al. 2015**

Icnoespecie tipo

*Aramayoichnus rheae* Aramayo et al. 2015

Holotipo

Corresponde a una rastrillada de diez huellas halladas *in situ* (Aramayo et al. 2015, p.159, fig. 14 B-E)

##### **Diagnosis**

Rastrillada bípeda con ángulo de paso elevado, huellas tridáctilas mesaxónicas de tamaño moderado (la longitud de la huella es generalmente mayor de 10 cm), relación longitud/ancho de la huella menor de 2, huellas con pequeña rotación positiva respecto a la línea media. Huellas con tres dedos gruesos dirigidos hacia adelante que muestran claras impresiones de almohadillas falángicas y marcas de garras. Al menos la mitad de la longitud de la impresión del dedo III sobresale de la línea imaginaria formada por la punta de los dedos laterales, la impresión del dedo IV es más larga que la del dedo II. El ángulo de divaricación de los dígitos II-IV suele ser menor de 80°. Los dígitos están separados proximalmente o unidos a una impresión de almohadilla metatarsiano-falángica circular profunda. La impresión de la almohadilla interdigital está ausente. Se diferencia de *Anchisauripus* por la presencia de una impresión de almohadilla metatarsiano-falángica, por tener mayor ángulo de divaricación de los dígitos y una menor relación longitud/ancho de la huella (Aramayo et al. 2015).

Icnospecie

*Aramayoichnus rheae* Aramayo et al. 2015

*Figs. 4.86-4.88*

(ver lista sinonímica en Aramayo *et al.*, 2015)

2018 *Aramayoichnus rhaeae*; Tineo *et al.*, p. 110-111, fig. 2, 3, 4.2

### **Diagnosis**

Es equivalente a la propuesta para el icnogénero.

### **Material y procedencia**

El material analizado corresponde a un molde de caucho siliconado del holotipo, un bloque de sedimento indurado y dos materiales hallados *in situ* en el área 2 del YPPC, Sector Flamencos (Fig. 2.2 A).

MD-YPI-15-2 (molde de caucho siliconado del holotipo con diez huellas y su modelo tridimensional correspondiente MT-YPI-15-2, Figs. 4.86 A, B y 4.86. C, D), MD-YPI-16-05 (molde de caucho siliconado con una huella y su respectivo modelo tridimensional MT-YPY-16-05, Figs. 4.87 A, B y 4.87 C, D), y HC-21-01 (rastrillada de tres huellas *in situ* y su respectivo modelo tridimensional MT-21-01, Figs 4.88 A, B y Figs. 4.88 C, D).

### **Descripción**

#### Holotipo

MD-YPI-15-02 (Fig. 4.86 A, B): Corresponde a un molde de caucho siliconado tomado del holotipo, compuesto por una rastrillada de 10 huellas tridáctilas. No se observan marcas visibles de garras. El largo y ancho promedio de las huellas es de 13,05 cm y 9,25 cm, mientras que la profundidad es aproximadamente 2 cm (MT-YPI-15-02, Fig. 4.86 C, D). El tercer dígito es marcadamente mayor que los dígitos II y IV, presentando un largo promedio de 7 cm (Tabla 4.13, Apéndice 4). La rastrillada presenta un ancho promedio de 27 cm. El ángulo de divaricación promedio de los dígitos II-IV es 65,5° (Tabla 4.13, Apéndice 4).

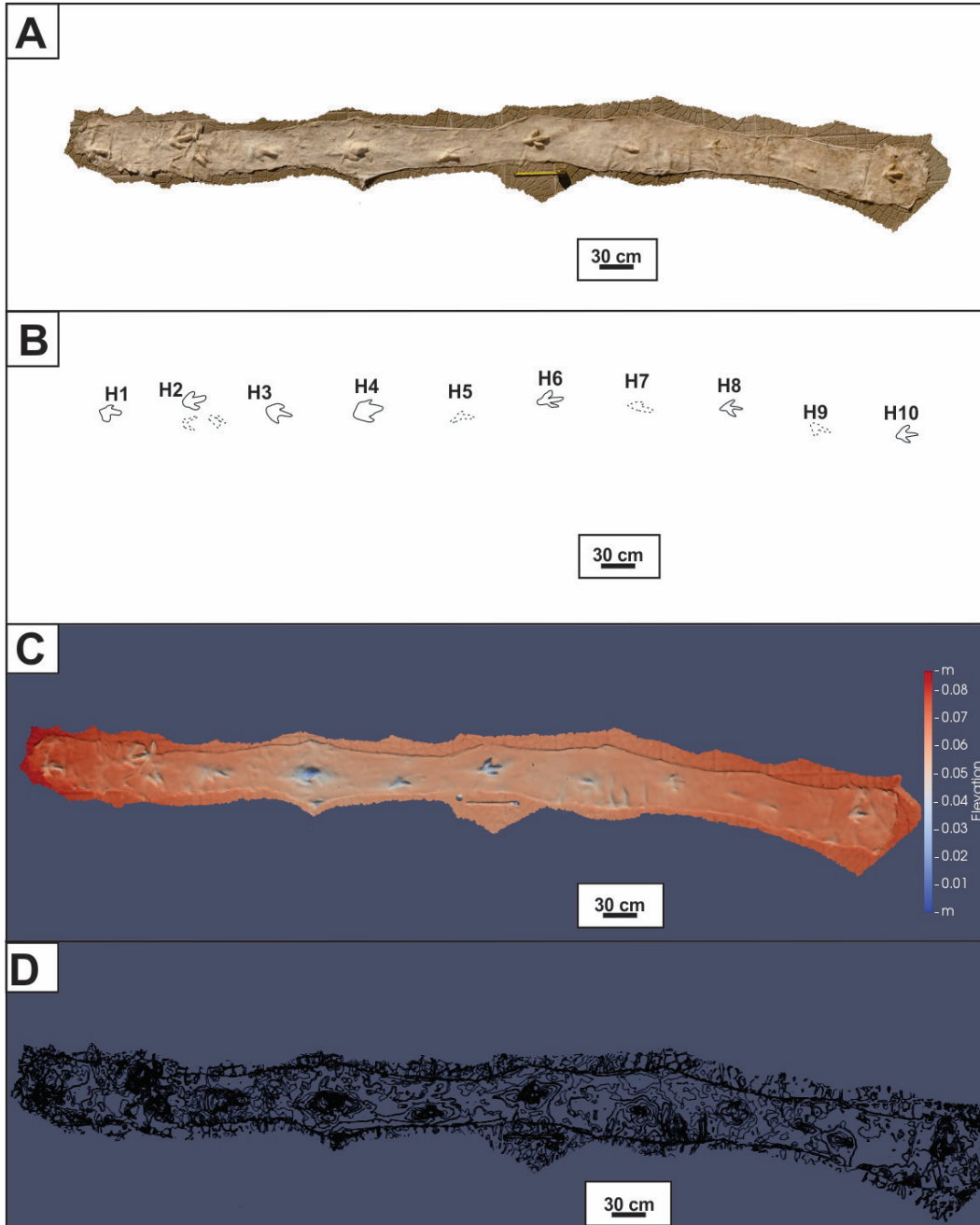


Figura 4.86. *Aramayoichnus rheae* (MD-YPI-15-02). A. Molde de caucho siliconado con una rastrillada de diez huellas del holotipo. B. Esquema interpretativo del molde de la rastrillada, algunas huellas presentan bajo grado de preservación y solo se puede inferir sus dígitos a través del contorno (H3, H5, H7 y H9). C. Modelo de elevación mostrando las mayores profundidades hacia el centro de la rastrillada (~ 2 cm). D. Curvas de isoprofundidad.

### Material adicional

MD-YPI-16-05 (Fig. 4.87 A, B). Corresponde a una huella tridáctila contenida en un bloque de sedimento indurado, con buen grado de preservación (2), con

tenues trazas de garras en dos dígitos (Fig. 4.87 A). El largo de la huella es de 12,5 cm y el ancho es 10,5 cm, mientras que la profundidad es de 0,5 cm (MT-YPI-16-05; Figs. 4.87 C, D). El ángulo interdigital II-IV es de aproximadamente 78°.

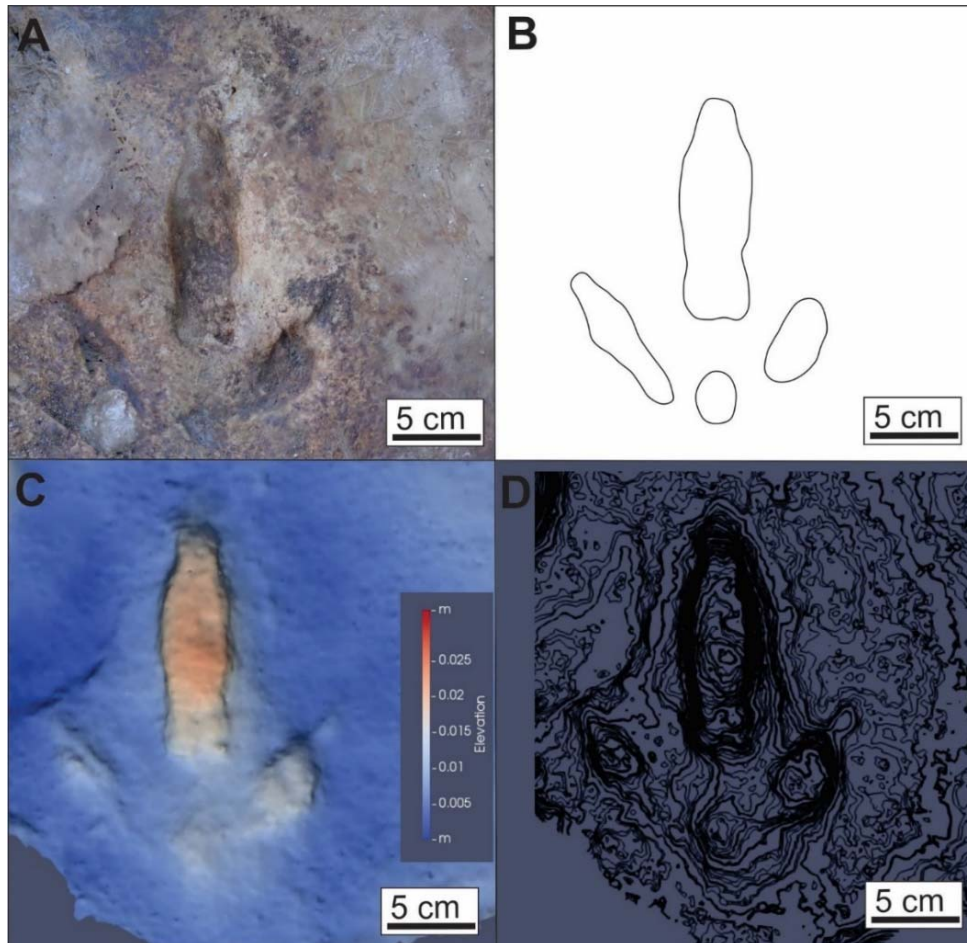


Figura 4.87. *Aramayoichnus rheae* (MD-YPI-16-05). A. Bloque de sedimento con huella tridáctila. B. Esquema interpretativo. Se observa el dígito III de tamaño considerablemente mayor y la impresión de la almohadilla metatarsiana-falángica en el centro. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

HC-21-01 (Fig. 4.88 A). Es una rastrillada incompleta hallada in situ compuesta por 3 huellas tridáctilas, dos bien conservadas (2-2,5) y una tercera con grado de preservación regular a pobre (1,5-2). De acuerdo a la disposición, estas impresiones conformarían una rastrillada, aunque no se ha preservado la huella que conecta H1 y H2, lo que impide determinar algunos parámetros de la rastrillada (por ejemplo, AP, LP, LZ). Estas huellas se presentan contiguas a otras tres pertenecientes a un artiodáctilo y que se disponen en sentido contrario

(Fig. 4.88 A, B). El largo y ancho promedio de las huellas tridáctilas es de 12,78 cm y 9,70 cm, mientras que la profundidad es de 1,8 cm (ver MT-21-01, Fig. 4.88 C, D). El ángulo interdigital entre los dígitos II-IV es en promedio  $61^\circ$ . El ancho aproximado de la rastrillada es de 22 cm (Tabla 4.13, Apéndice 4). No se aprecian marcas visibles de garras.

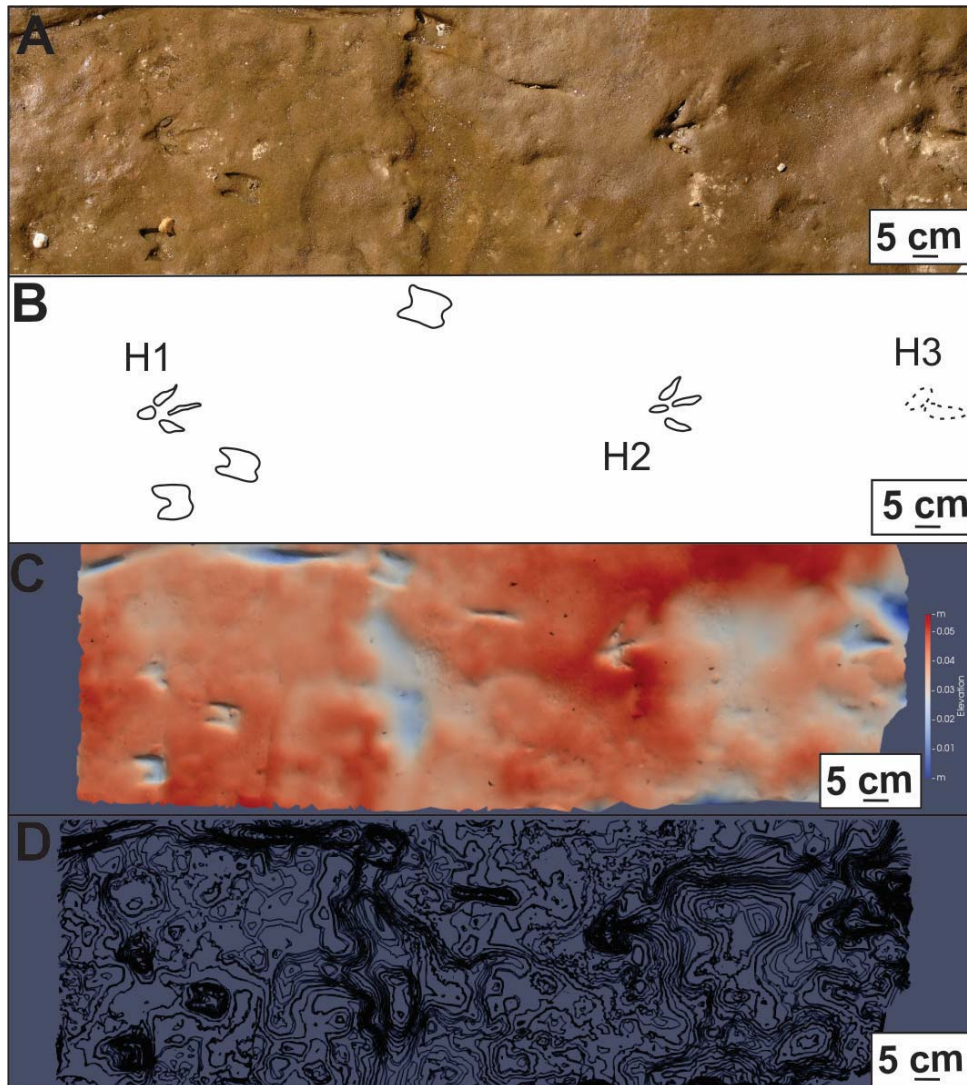


Figura 4.88. *Aramayoichnus rheae* (HC-21-01). A. Huellas tridáctilas *in situ*. B. Esquema interpretativo de las tres huellas. Se observan también tres huellas de *Lamaichnum guanicoe*. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

#### 4.11.2. Icnogénero

#### ***Phoenicopteroichnum* Aramayo and Manera de Bianco 1987 b**

Iconoespecie tipo

*Phoenicopterichnum pehuencoensis* Aramayo and Manera de Bianco 1987b.

**Diagnosis enmendada** (Melchor *et al.* 2012).

Grandes huellas de ave tridáctila con membrana, contorno en forma de abanico y una relación largo/ancho inferior a 1. La huella del dígito III se proyecta anteriormente desde la impresión de la almohadilla digital, en una proporción de aproximadamente una cuarta parte de la longitud de la huella. En el margen anterior, dos líneas definidas y curvas unen a las huellas de los dedos laterales con la del dígito III. El margen posterior de la huella es ligeramente convexo

Iconoespecie

*Phoenicopterichnum rector* Aramayo and Manera de Bianco 1987a.

Figs. 4.89 – 4.94

Diagnosis (Aramayo y Manera 1987a)

Iconitas pertenecientes a un ave palmípeda, de talla grande y largas patas. Las iconitas son flabeliformes, destacándose el dedo medio que se prolonga por delante de la membrana interdigital. Esta última define dos curvaturas cóncavas anteriormente, a ambos lados del dedo medio. El borde posterior de la iconita tiene un contorno suavemente convexo.

Holotipo

Corresponde a 6 huellas *in situ* formando parte de una misma rastrillada y tres huellas aisladas con la misma orientación (Aramayo y Manera de Bianco 1987a, p. 546, fig. 9a)

Neotipo

MD-YPI-05-09 (Fig. 4.89 A). Es un bloque de sedimento indurado con dos huellas y su modelo tridimensional correspondiente (MT-05-09, Fig. 4.89 C, D).

**Material adicional y procedencia**



El material analizado consiste en tres moldes de caucho siliconado, tres bloques de sedimento indurado y dos especímenes hallados *in situ*, uno en el Sector Flamencos y otro en el Sector del área 3.

MD-YPI-19-04 (molde de caucho siliconado que contiene una rastrillada compuesta por 17 huellas, Fig. 4.90 A, B), MD-YPI-05-10 (molde de caucho siliconado de cuatro huellas y su respectivo modelo tridimensional MT-YPI-05-10, Fig. 4.91 A, B y Fig. 4.91 C, D), MD-YPI-06-01 (bloque de sedimento indurado compuesto por una huella y su modelo tridimensional correspondiente MT-YPI-06-01, Fig. 4.92 A, B y Fig. 4.92 C, D), HC-16-16 (pisadero con varias huellas de aves palmeadas halladas *in situ*, Fig. 4.93 A-D), HC-18-03 (pisadero de, al menos, 17 huellas observado en el campo y su respectivo modelo tridimensional MT-18-03, Figs. 4.94 A, B y Figs. 4.94 C, D).

## Descripción

### *Neotipo*

MD-YPI-05-09 (Fig. 4.89 A, B): Es un bloque de sedimento indurado que contiene dos huellas, H1 está bien preservada (2,5) y H2 pobremente preservada (1,5). Ambas son de tamaño similar, presentan membrana interdigital y están orientadas en posiciones opuestas. El largo y ancho promedio para ambas huellas es de 11,25 y 13 cm, con una profundidad de aproximadamente 0,1-0,2 cm (MT-YPI-05-09, Fig. 4.89 C, D, Tabla 4.15, Apéndice 4).

### Material adicional

MD-YPI-19-04 (Fig. 4.90 A, B). Es un molde de caucho siliconado que contiene 17 huellas tridáctilas con membrana que fueron halladas *in situ* y que corresponderían a una misma rastrillada (Aramayo *et al.* 2015, p.161, fig. 16A). El largo y ancho promedio de las huellas es de 13,67 y 10,8 cm. La rastrillada tiene un ancho aproximado de 18,5 cm y un ángulo de paso de 152,6° (Tabla 4.15, Apéndice 4).

MD-YPI-05-10 (Fig. 4.91 A, B). Es un molde de caucho siliconado compuesto por 5 huellas tridáctilas halladas *in situ* (Aramayo *et al.* 2015, p. 161, fig. 16 B, C). Las huellas son de tamaño similar con largo y ancho promedio de 9,54 cm y 10,72 cm, respectivamente; y una profundidad de 1,88 cm (MT-YPI-05-10, Fig. 4.91 C, D). Todas las huellas presentan membrana interdigital y se destaca el tercer dígito que se prolonga por delante de la membrana interdigital, por una distancia promedio de 3,32 cm (Tabla 4.15, Apéndice 4).

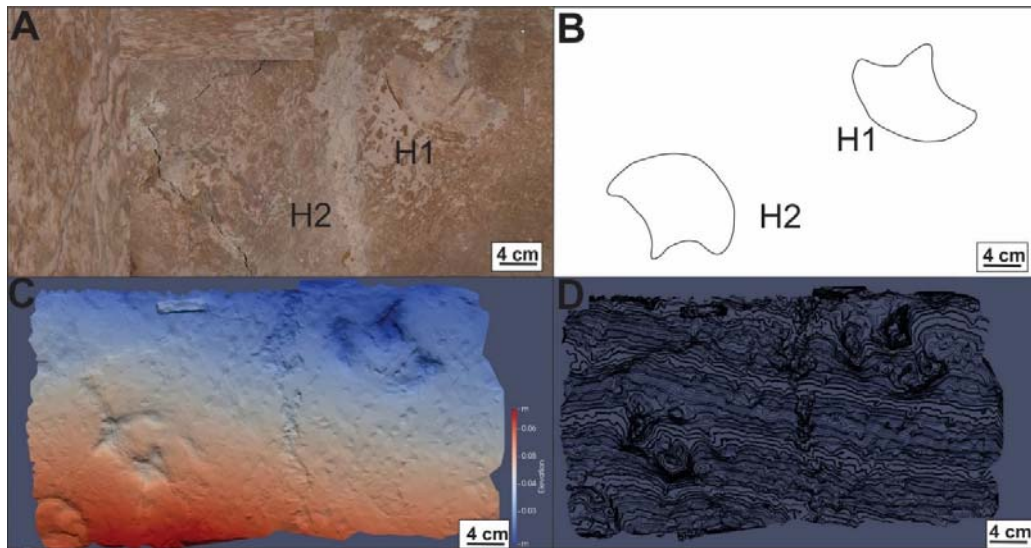


Figura 4.89. Neotipo de *Phoenicopterichnum pehuencoensis* (MD-YPI-05-09). A. Bloque de sedimento con dos huellas. B. Esquema interpretativo. Ambas huellas tienen orientaciones opuestas y distintos grados de preservación. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isopropfundidad.

MD-YPI-06-01 (Fig. 4.92 A, B). Es una huella tridáctila con membrana interdigital contenida en un bloque de sedimento indurado con muy buen grado de preservación (2,5). El largo y ancho de la huella es de 11 y 12 cm (Tabla 4.15, Apéndice 4) con una profundidad de 0,1 cm (MT-YPI-06-01, Fig. 4.92 C, D). El dígito III es el más largo y se prolonga por delante de la membrana (Fig. 4.92 A, B).

HC-16-16 (Figs. 4.93 A, B) Corresponde a decenas de huellas tridáctilas palmeadas *in situ*, con buen grado de preservación (2.5). Puede observarse tres dígitos unidos por la membrana interdigital. Se destaca el tercer dígito prolongándose por delante de la membrana (Figs. 4.93 C, D). El largo y ancho promedio de las huellas es de 10,8 y 12,73 cm. Las posiciones aleatorias y con distintas orientaciones de las huellas no permiten identificar rastrilladas individuales (Figs. 4.93 A, B).

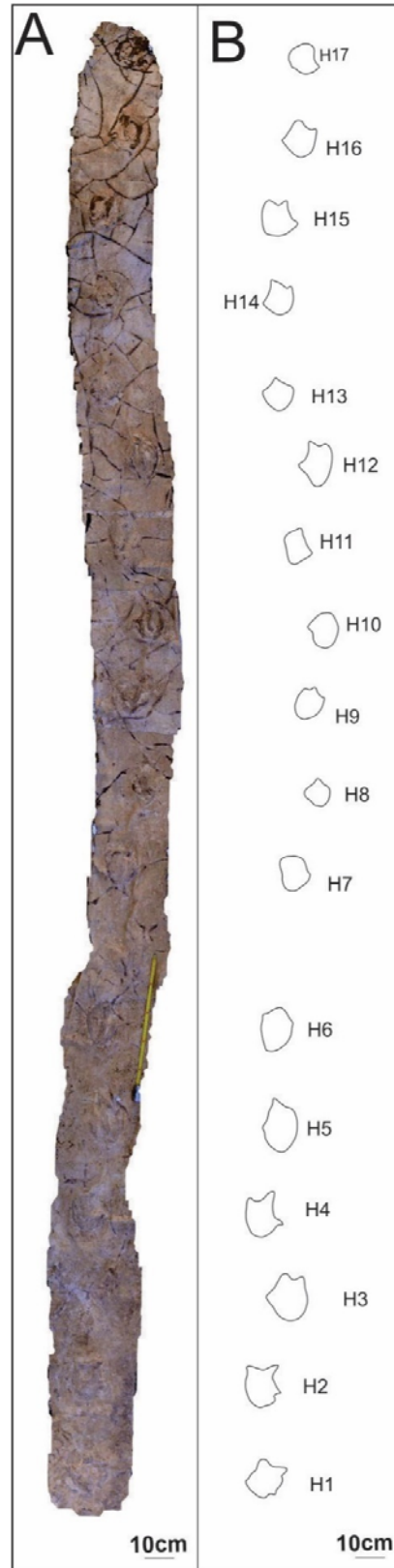


Figura 4.90. *Phoenicopterichnum pehuencoensis* (MD-YPI-19-04). A. Molde de 17 huellas. B. Esquema interpretativo del molde. La mayor distancia observada entre H6 y H7 podría sugerir que no se habría preservado una huella intermedia.

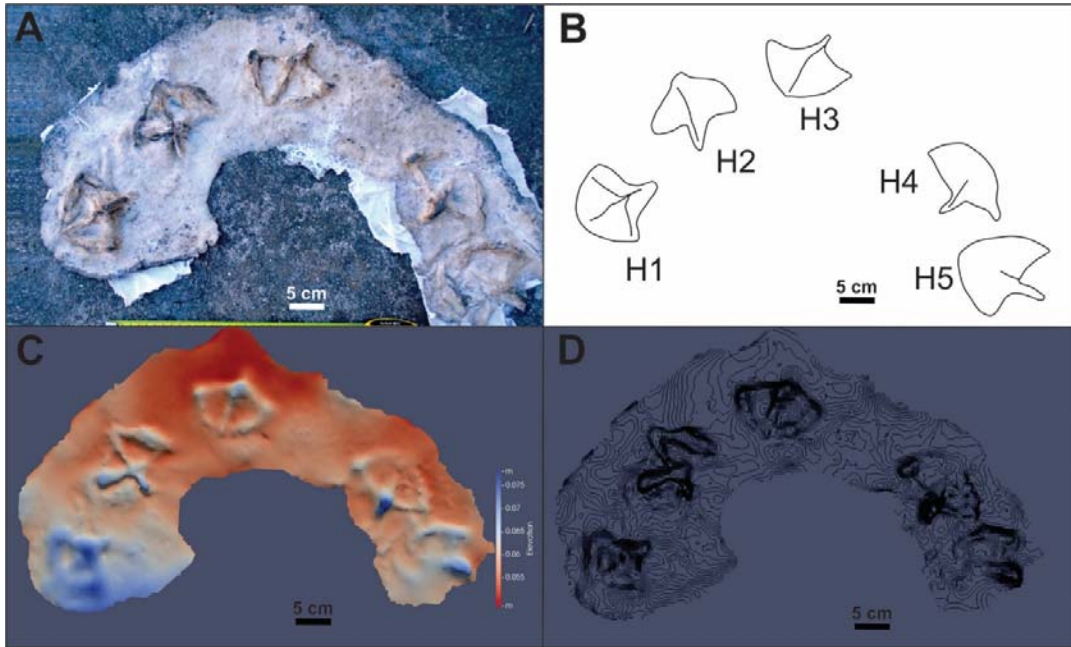


Figura 4.91. *Phoenicotherichnum pehuencoensis* (MD-YPI-05-10). A. Molde de caucho siliconado con cinco huellas. B. Esquema interpretativo del molde donde se observa la disposición aleatoria de las huellas. C. Modelo de elevación mostrando la profundidad de las huellas. D. Modelos de curvas de isoprofundidad de las huellas.

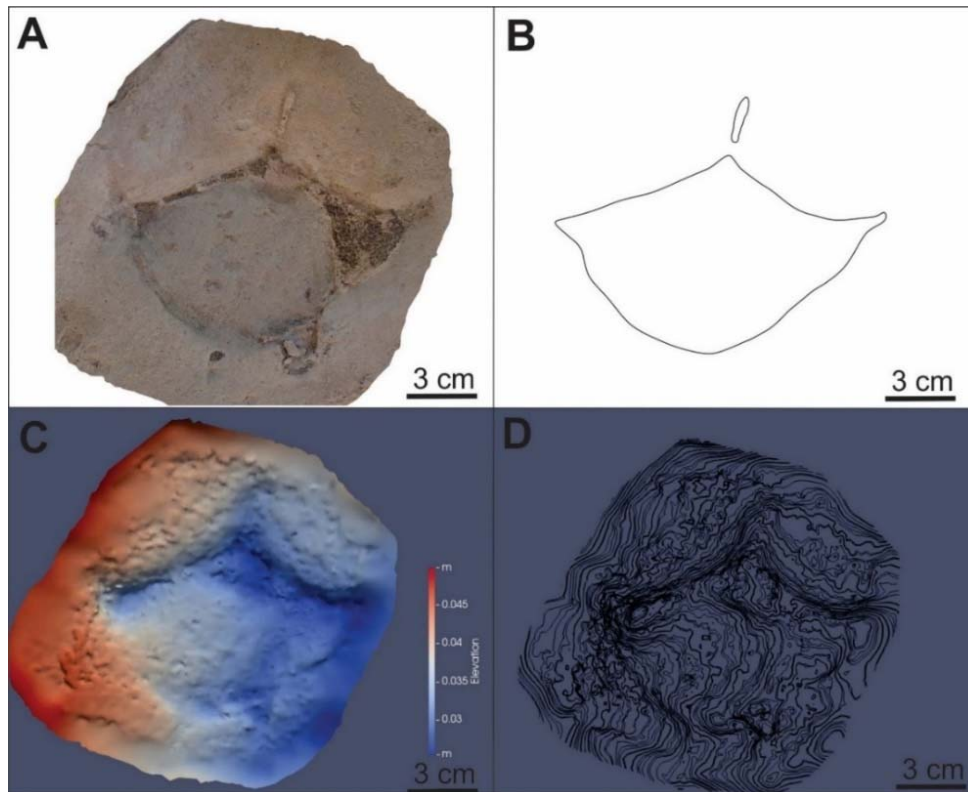


Figura 4.92. *Phoenicotherichnum pehuencoensis* (MD-YPI-06-01). A. Bloque de sedimento con huella palmeada tridáctila. B. Esquema interpretativo exhibiendo el dígito III por delante de la membrana interdigital. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

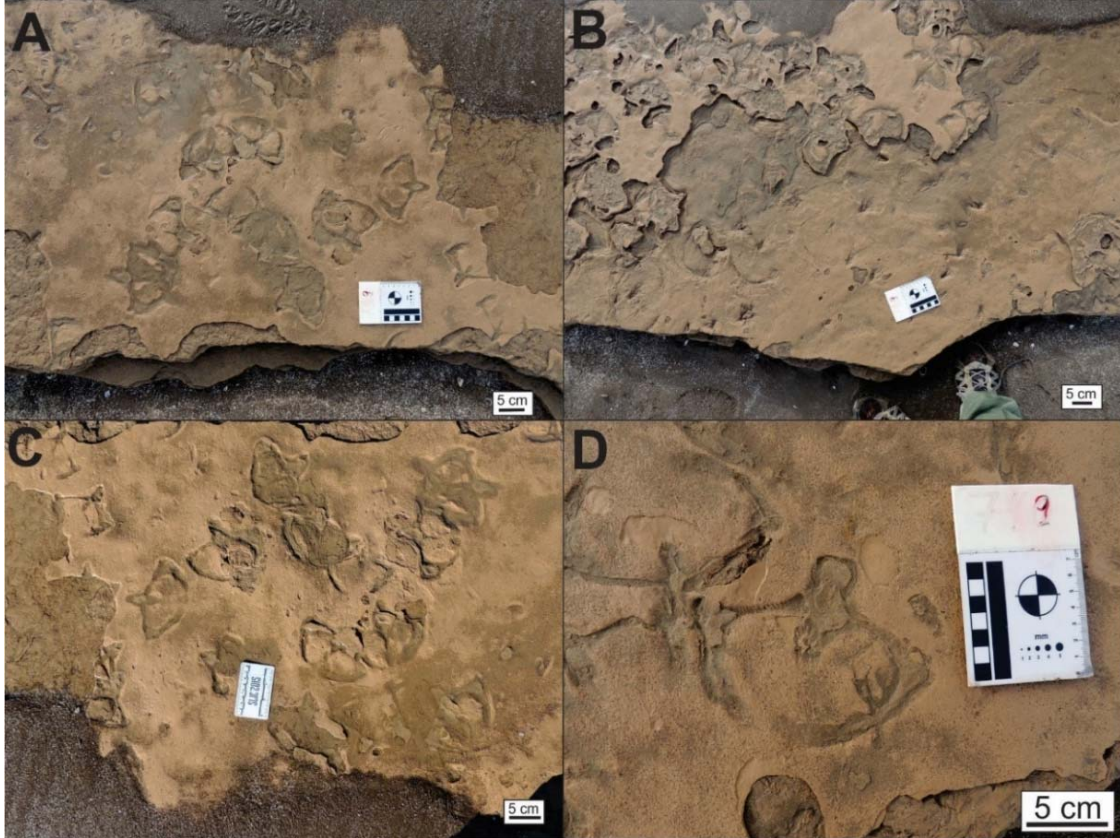


Figura 4.93. *Phoenicotherichnum pehuencoensis* (HC-16-16). A. Varias huellas halladas *in situ*. A. Vista de detalle en planta. B. Vista general. C. Se observan huellas palmeadas con diferente orientación y preservación. D. Vista en detalle apreciándose la marca de la membrana interdigital y III dígito prominente.

HC-18-03 (Fig. 4.94 A, B). El material se compone de 17 huellas tridáctilas palmeadas halladas *in situ* y que presentan buen grado de preservación (2-2,5). Se aprecian tres dígitos unidos por una membrana, la cual es sobrepasada por el tercero. El largo y ancho promedio medido es de 11,3 y 10,8 cm, con una profundidad aproximada de 1,8 cm (Fig. 4.94 A, B). No es posible diferenciar rastrilladas individuales, aunque existe una orientación preferencial de las huellas (Fig. 4.94 C, D).

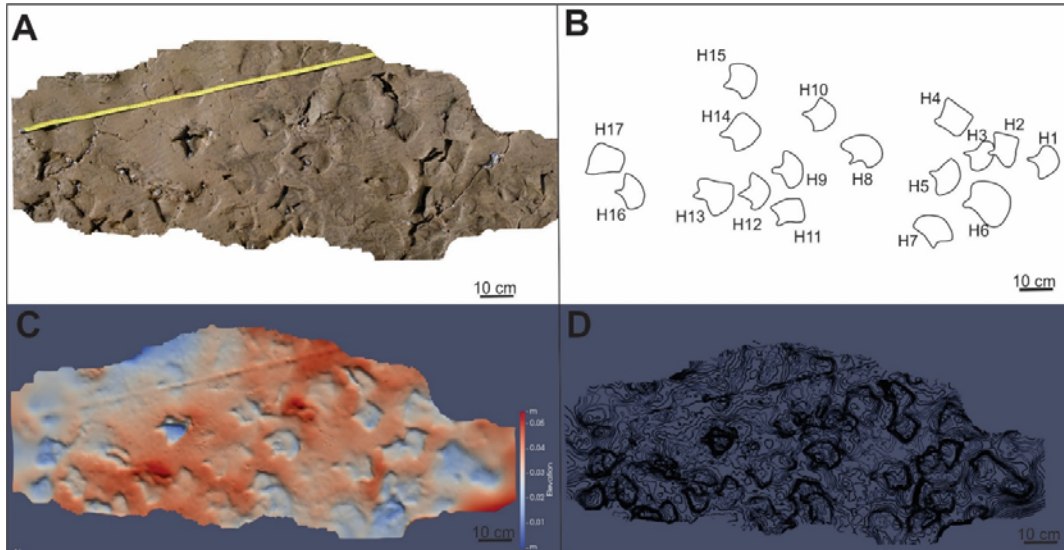


Figura 4.94. *Phoenicotherichnum pehuencoensis* (HC-18-03). A. Pisadero de huellas palmeadas observado en el campo. B. Esquema interpretativo con, al menos, 17 huellas, varias muestran algún grado de sobreimpresión (por ejemplo, H2 y H3). C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isoprofundidad.

#### 4.11.3. Icnogénero

##### ***Roepichnus* Doyle et al. 2000**

Iknoespecie tipo

*Roepichnus grahami* Doyle et al. 2000

Diagnosis

Huellas de aves tetradáctilas que comprenden pies con impresiones de falange prominente, nudos articulares y dígitos exteriores curvos. Los dígitos terminan en garras; hallux rara vez preservado; impresiones de membranas interdigitales completas conservadas de forma variable (Tomada de Doyle et al. 2000).

Iknoespecie

cf. *Roepichnus*

Fig. 4.95 A-B

HC-17-17a (2 dos huellas in situ, Fig. 4.95 A), HC-17-17b (4 cuatro huellas in

situ, Fig. 4.95 B).

HC-17-17a (Fig. 4.95 A). Son dos huellas observadas en el campo con buen grado de preservación (2-2,5) que serían parte de una misma rastrillada. Estas huellas se cruzan con una rastrillada de cánido (HC-17-16b, Fig. 4.75 A, B) y está contigua a otra rastrillada de la misma icnoespecie (HC-17-17b, Fig. 4.95 B). Ambas huellas son de tamaños similares, con un largo y ancho promedio de 15,2 y 11,63 cm. Las impresiones de los dígitos son gruesas y muestran impresión de membrana interdigital. Para ambas huellas el ángulo interdigital II-IV es en promedio  $61^\circ$  (Tabla 4.16, Apéndice 4).

HC-17-17b (Fig. 4.95 B). Corresponde a cuatro huellas *in situ*, con buen grado de preservación (2) pertenecientes a una rastrillada, contiguas a dos huellas de aves tridáctilas (HC-17-17a, Fig. 4.95 A) y que se intercepta con una rastrillada de cánido (HC-17-16 a, Fig. 4.75 A, B). Las huellas presentan un largo y ancho promedio de 13,78 y 12,4 cm, con una profundidad cercana al centímetro. El ángulo interdigital entre los dígitos II-IV es de  $77,25^\circ$ . Las impresiones de los dígitos son gruesas y muestran impresión de membrana interdigital. No se observan marcas visibles de garras. El ancho de la rastrillada es aproximadamente 15 cm (Tabla 4.16, Apéndice 4).

### **Comentarios**

Estas huellas son tentativamente asignadas al icnogénero *Roepichnus*, con el que comparten similar proporción y presencia de membrana interdigital, aunque dicho icnotaxon fue propuesto para huellas tetradáctilas.

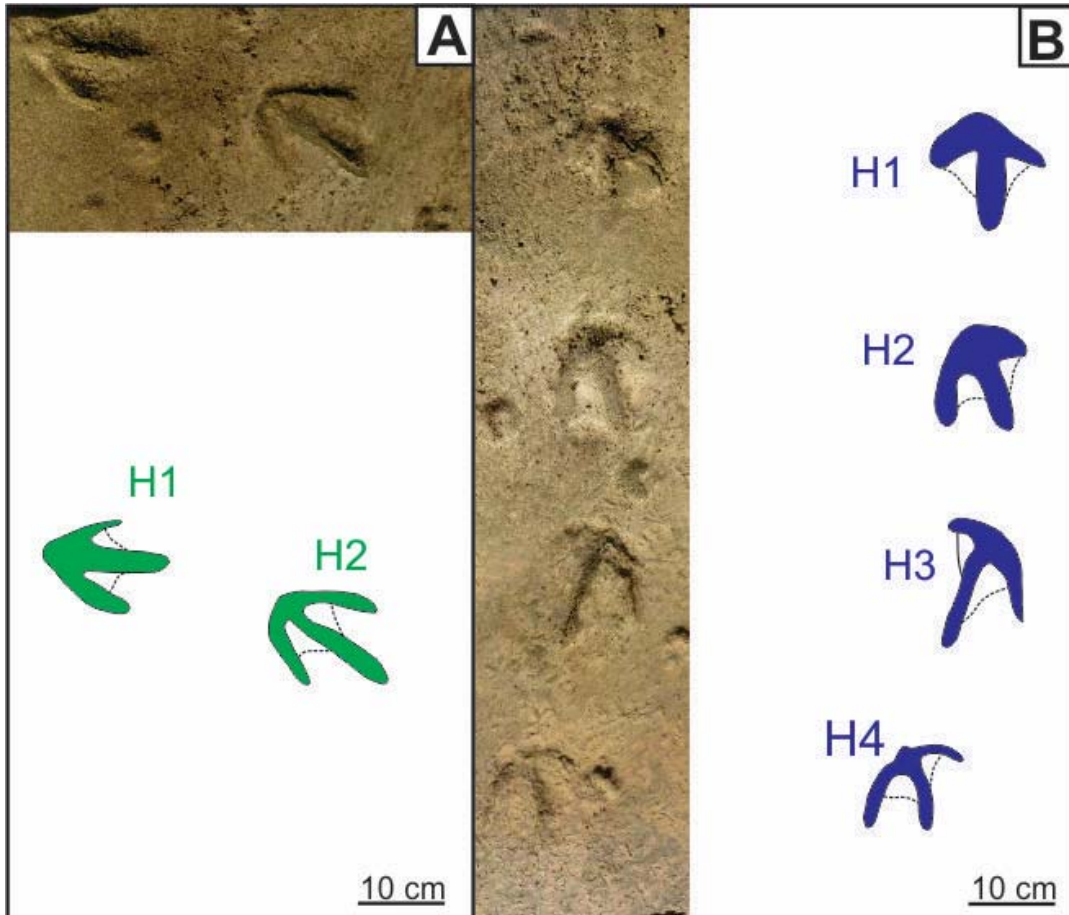


Figura 4.95. cf. *Roepichnus* isp. A. Espécimen de dos huellas tridáctilas observado en el campo (HC-17-17 a). B. Rastrillada de cuatro huellas (HC-17-17b) *in situ*. Se observa un buen grado de preservación para la mayoría de las impresiones, con el dígito III destacándose sobre el resto. También se aprecian otras huellas tetradáctilas pequeñas.

## 4.12. HUELLAS TETRADÁCTILAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS BÍPEDAS

### 4.12.1. Icnofamilia

Anatipedidae Sarjeant y Langston 1994

Diagnosis (tomada de Sarjeant y Langston 1994) Huellas de aves que muestran tres dígitos, todos dirigidos hacia adelante, unidos proximalmente y unidos por una red. La membrana suele extenderse casi hasta las puntas de los dedos.

Icnogénero tipo



*Anatipeda* (Panin y Avram 1962)

#### 4.12.2. Icnogénero

#### ***Charadriipeda* (Panin y Avram 1962)**

Icnoespecie tipo

*Charadriipeda recurvirostrioidea* Panin y Avram 1962

Holotipo

Corresponde a una huella tridáctila *in situ* (Panin y Avram 1962, p. 465, Fig. 10)

#### **Diagnosis**

Huellas de aves que muestran cuatro dígitos, tres de los cuales (II a IV) son grandes y dirigidos hacia adelante, el cuarto (I) dirigido hacia atrás, corto y en forma de espolón; no siempre está impreso. El dedo central III es mucho más largo (típicamente más del 25%) que los dedos laterales (II y IV); los ángulos interdigitales que lo separan de ellos rondan los 70° (teniendo en cuenta la curvatura). Los dígitos II-IV están unidos proximalmente y unidos por membranas casi hasta sus puntas: el dígito I puede estar unido a los demás o estar separado. Dígitos acuminados o con garras (Sarjeant y Reynolds 2001).

#### Icnoespecie

*Charadriipeda* isp.

Figs. 4.96.-4.98

#### **Material y procedencia**

MD-YPI-04-16 (Molde de caucho siliconado con 14 huellas y su modelo tridimensional MT-YPI-04-16, Figs. 4.96 A, B y Figs. 4.96 C, D; también una imagen de las huellas originales sobre las que se obtuvo el molde, Fig. 4.97 C),

y MD-YPI-06-06 (bloque de sedimento indurado que contiene 3 huellas y su respectivo modelo tridimensional MT-YPI-06-06, Fig.4.98 A, B y Fig. 4.98 C, D).

### **Descripción**

MD-YPI-04-16 (Fig. 4.96 A, B): Corresponde a un molde de caucho siliconado compuesto por 14 huellas tridáctilas con trazas de membrana interdigital completa. Las impresiones presentan tamaños similares con un largo y ancho promedio de 5,61 y 5,22 cm, mientras la profundidad es aproximadamente 0,1-4,5 cm (MT-YPI-04-16, Fig. 4.96 C, D). En tanto la rastrillada presenta un ancho promedio de 11,6 cm y ángulo de paso moderado a alto con valores entre 60° y 116° (Tabla 4.14, Apéndice 4). La figura 4.90 A, B muestra huellas de la misma icnoespecie halladas previamente en el YPPC, y también se incluye una foto del material MD-YPI-04-16 hallado *in situ*. (Fig. 4.97 C).

MD-YPI-06-06 (Fig. 4.98 A, B). Es un bloque de sedimento indurado compuesto por tres huellas tridáctilas palmeadas con grado de preservación regular a bueno (1,5-2). Las huellas poseen distintas orientaciones y no es posible identificar una rastrillada. El largo y ancho promedio es de 5,8 y 6,33 cm, con una profundidad promedio de 0,16 cm (ver MT-YPI-06-06, Fig. 4.98 C, D).

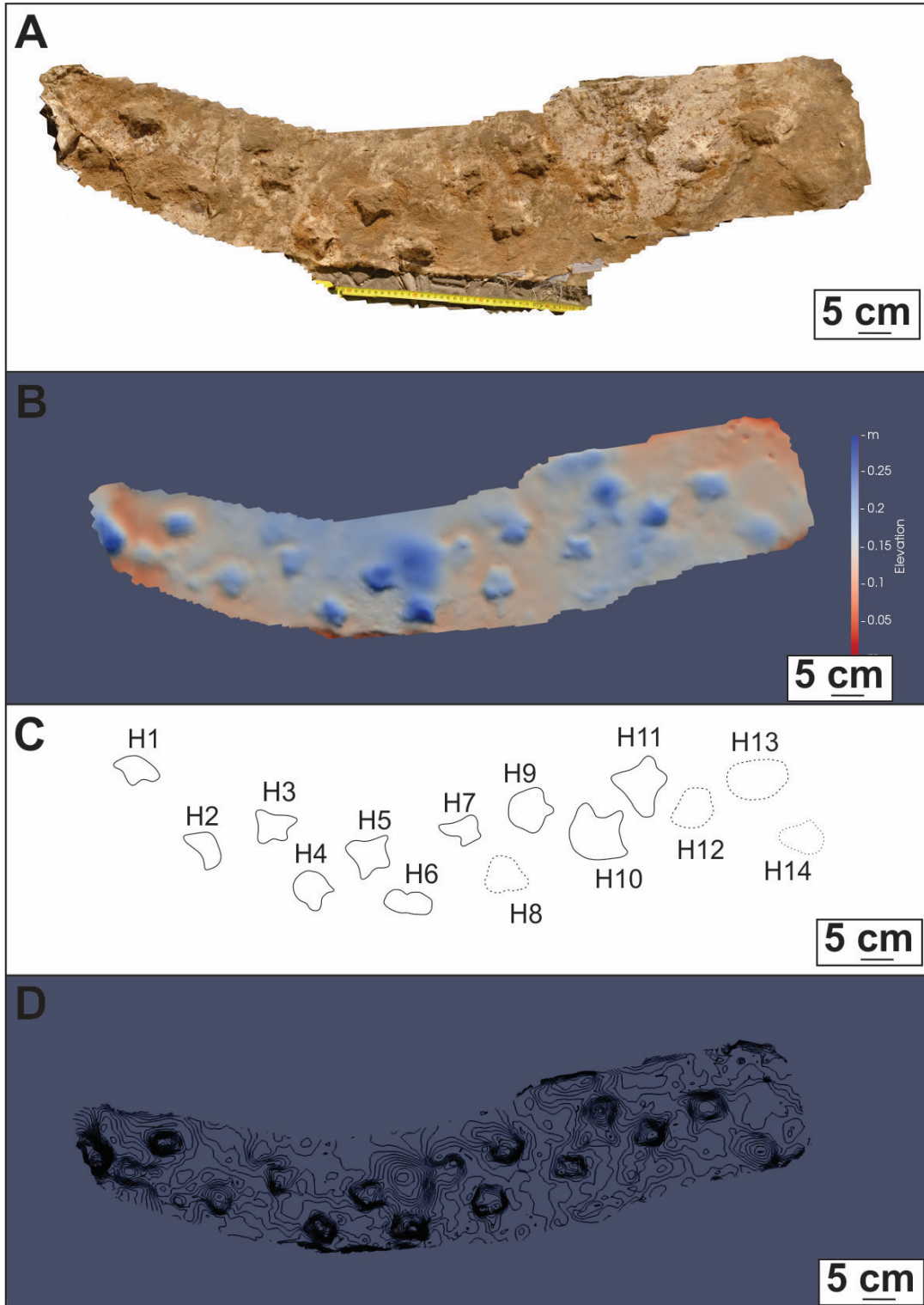


Figura 4.96. *Charadriipeda* isp. (MD-YPI-04-16). A. Molde de caucho siliconado con al menos catorce huellas. B. Esquema interpretativo del molde. Las huellas representadas están provistas de membrana interdigital. Algunas de ellas están pobremente preservadas (H8, H12, H13, H14). C. Modelo de elevación del molde. D. Modelo de curvas de isopropundidad.

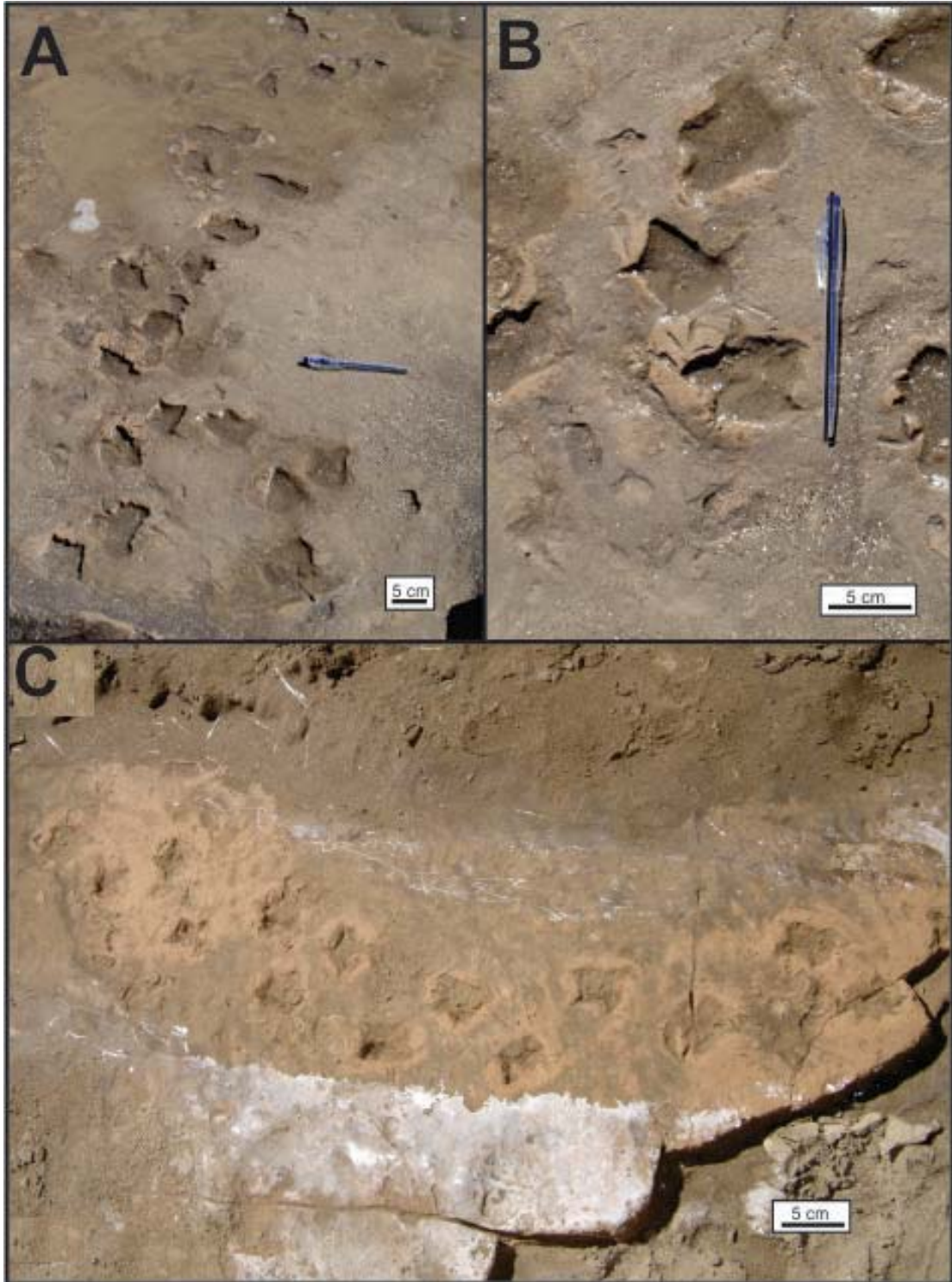


Figura 4.97. *Charadriipeda* isp. Imágenes de campo de material no numerado (fotos de la Dra. Manera de Bianco). A-B. Superficie con abundantes huellas. B. Detalle de huellas. C. Vista general de la rastrillada *in situ* del molde MD-YPI-04-16.

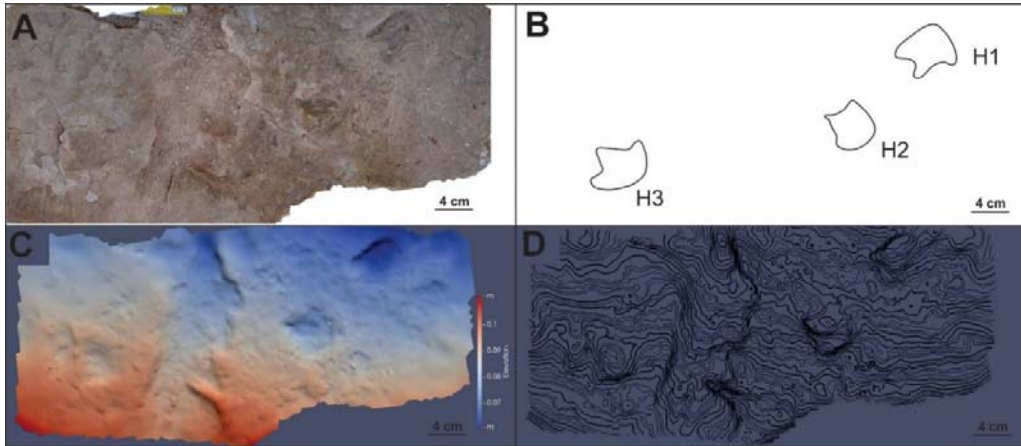


Figura 4.98. *Charadriipeda* isp. (MD-YPI-06-06). A. Bloque de sedimento con tres huellas. B. Esquema interpretativo donde se observa que H1 y H2 posiblemente correspondan a una misma rastrillada. C. Modelo de elevación donde se aprecia la mayor profundidad de H1 (~ 0,2 cm). D. Curvas de isoprofundidad.

#### 4.12.3. Icnofamilia

Gruipedidae Sarjeant y Langston 1994

Diagnosis

Huellas de aves que muestran cuatro dígitos, tres de los cuales (II a IV) están dirigidos hacia adelante y el cuarto (I) dirigido hacia atrás, su eje coincide con el del dígito III y forma un ángulo con éste. Dígitos unidos o separados proximalmente. Membrana ausente o limitada a la parte más proximal del ángulo interdígital (Sarjeant y Langston 1994).

Icnogénero tipo

*Gruipeda* (Panin y Avram 1962)

#### 4.11.7. Icnogénero

*Gruipeda* (Panin y Avram 1962)

**Diagnosis**

Huellas que muestran impresiones de cuatro dígitos, tres de las cuales (II a IV) están dirigidas hacia adelante y el mayor, el cuarto (I), dirigido hacia atrás en

forma de espolón y corto. Los ángulos interdigitales entre los dígitos II y III y entre los dígitos III y IV son comúnmente menores de 70°. La huella del dedo gordo se dirige postero-medialmente; los ángulos interdigitales entre los dígitos I y II son más pequeños que los ángulos entre los dígitos I y IV. Las marcas de la almohadilla digital, cuando están presentes, muestran una relación I: 2, II: 2, III: 3, IV: 4. La impresión de membrana está ausente (de Valais y Cónsole-Gonella 2019).

Íconoespecie tipo

*Gruipeda máxima* Panin y Avram 1962

Holotipo

Huella aislada *in situ* (Panin y Avram, 1962, p. 474, pl. VII, fig. 25)

Íconoespecie

*Gruipeda* isp.

Figs. 4.99 – 4.100

### **Material y procedencia**

MD-YPI-16-04 (bloque de sedimento indurado compuesto por diversas huellas tridáctilas y su modelo tridimensional correspondiente MT-YPI-16-04, Figs. 4.99 A, B y Figs. 4.99 C, D). Numerosas huellas registradas en el campo (Fig. 4.100 A-D)

### **Descripción**

MD-YPI-16-04 (Fig. 4.99 A, B) Es un bloque de sedimento compuesto al menos por 8 huellas de aves tridáctilas con distintos grados de preservación, que en general es bastante bueno (2-2,5). Pueden distinguirse 4 huellas bien definidas, que presentan un largo y ancho promedio de 2,78 y 3,19 cm. En tanto los ángulos interdigitales II-III y III-IV no superan los 53° (Tabla 4.17, Apéndice 4).

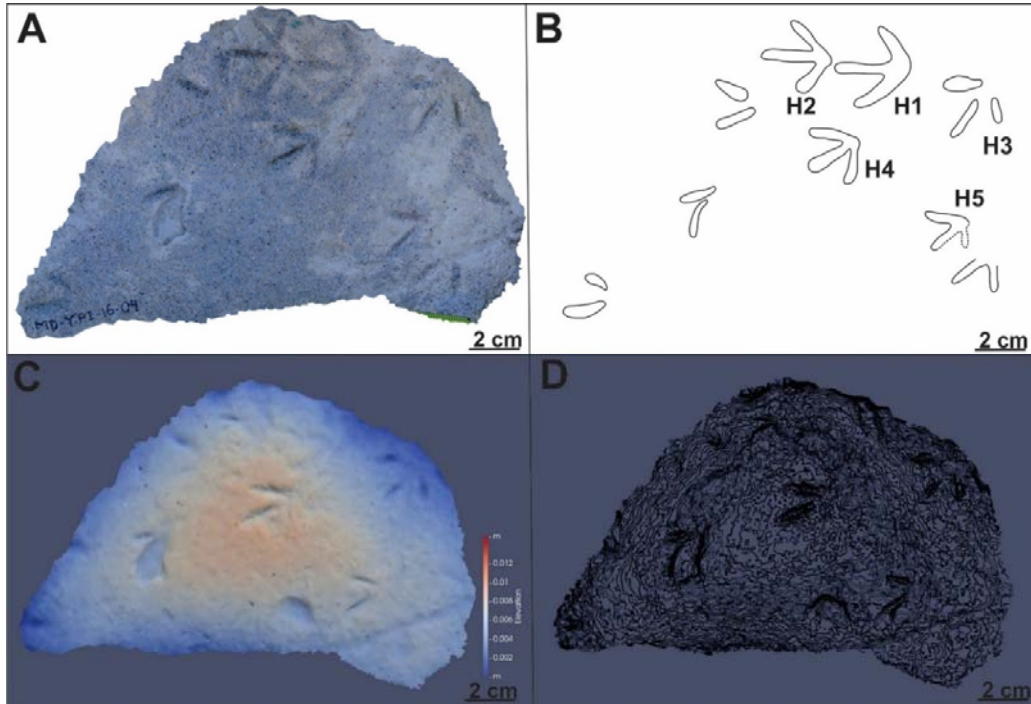


Figura 4.99. *Gruipeda* isp. (MD-YPI-16-04). A. Bloque de sedimento compuesto por al menos cinco huellas. B. Esquema interpretativo donde se aprecian varias huellas tridáctilas, de las cuales cuatro están bien preservadas. C. Modelo de elevación. D. Modelo de curvas de isopropundidad.

### Comentarios

Las huellas tridáctilas sin membrana interdigital analizadas aquí presentan algunas características particulares, entre ellas, el tamaño que no supera los 3 cm de largo, ángulo interdigital II-IV elevado, generalmente mayor que  $70^\circ$  y los ángulos interdigitales II-II y III-IV generalmente son menores a  $70^\circ$ . Otro aspecto que caracteriza a estas impresiones, es la longitud del tercer dígito, que generalmente es más largo que los tres restantes.

El material estudiado en esta sección (MD-YPI-16-04, Fig. 4.99 A, B) reúne las características para ser asignado al icnogénero *Gruipeda*, a pesar de no registrar claramente la impresión del dígito I dirigida hacia atrás. Comparativamente es muy similar morfológicamente a registros previos documentados en el YPPC (Fig. 4.100 A-D), aunque de tamaño menor.

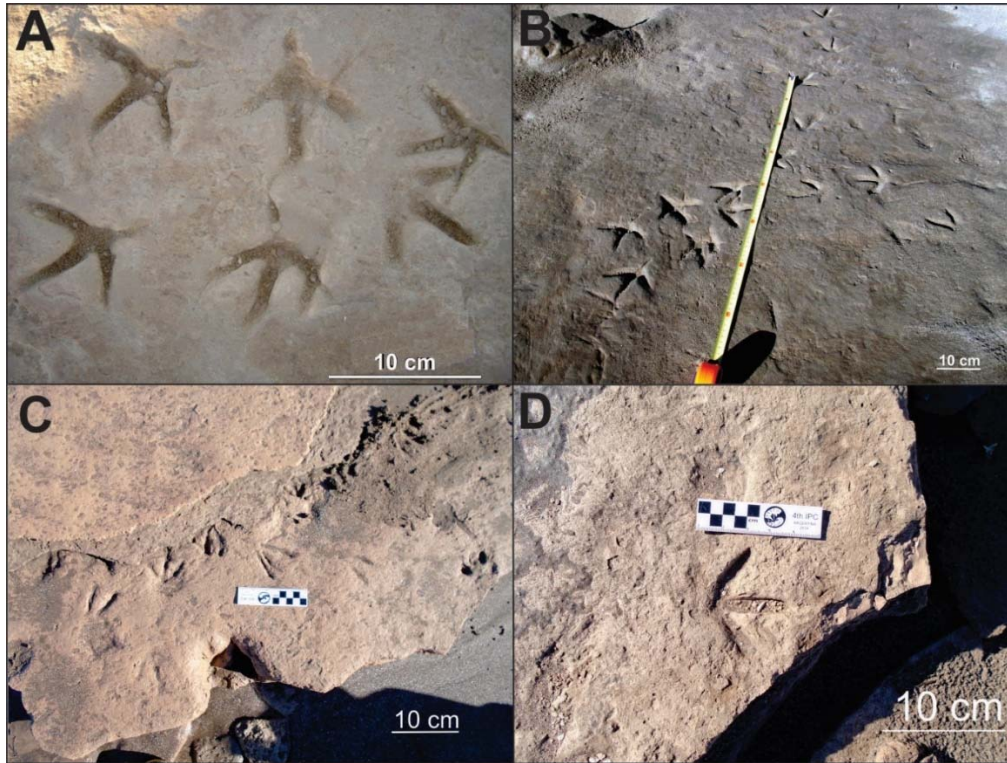


Figura 4.100 *Gruipeda* isp. A. Huellas *in situ* (foto proporcionada por la Dra. Manera). B. Huellas observadas en el campo y conformando una rastrillada (foto proporcionada por la Dra. Manera). C. Varias huellas dispuestas de forma aleatoria. D. Detalle de huella tridáctila exhibiendo un ángulo interdigital superior a 90° entre los dígitos II-IV.

#### 4.13. HUELLAS PENTADÁCTILAS DISPUESTAS EN RASTRILLADAS BÍPEDAS

##### **Iconotaxobases**

En este apartado se examinaron huellas particularmente muy diferentes a las descritas hasta el momento. Las mismas se caracterizan por imprimir generalmente 5 dígitos, aunque en algunos casos estos pueden no estar presentes como consecuencia del comportamiento del productor o de aspectos tafonómicos. También presentan morfología elongada e impresión del talón. Hay un amplio registro para este tipo de huellas (Watson *et al.*, 2005, García 2005, Gibbard, 2011, Ashton 2014, Bustos 2018, Moreno *et al.* 2019 Liutkus-Piercert, 2016, McLaren *et al.* 2018, Dubeau *et al.* 2019) pero gran parte de estos, carecen de asignaciones icnotaxonómicas y muchos de ellos solo las mencionan como:



“huellas de homínidos” o “huellas humanas”.

Kim *et al.* (2008) han propuesto un sistema de clasificación para huellas atribuidas a homínidos. Dichos autores han erigido la icnofamilia Hominipodidae Kim *et al.* 2008, considerando las características morfológicas básicas, cantidad de impresiones digitales y orientación del eje de la huella. Para la clasificación icnogénica, Kim *et al.* (2008) definieron al icnogénero *Hominipes* y para ello tuvieron en cuenta otros detalles morfológicos más precisos como la forma y longitud del dígito I, presencia de impresión del talón, orientación de los dígitos y algunos parámetros de la rastrillada (amplitud y locomoción). También propusieron la icnoespecie denominada *H. modernus* Kim *et al.* 2008, para la que se consideran parámetros más precisos vinculados a la relación entre el largo de los dígitos y otros referidos a las características de la rastrillada. Estos icnotaxones también fueron reconocidos posteriormente por Muñiz *et al.* (2019) para rocas de edad pleistocena.

#### **4.13.1. Icnofamilia**

Hominipodidae Kim *et al.* 2008

Icnogénero tipo

*Hominipes* Kim *et al.* 2008

Diagnosis

Huellas pentadáctilas, entaxónicas, alargadas de un bípedo con impresión del dígito I de contorno subovalado prominente y de talón subredondeado. Rastrillada estrecha. Eje de la huella subparalelo al eje de la rastrillada o ligeramente girado hacia afuera (Kim *et al.* 2008).

#### **4.13.2. Icnogénero**

*Hominipes* Kim *et al.* 2008

Icnoespecie tipo

*Hominipes modernus* Kim et al. 2008

### Diagnosis

Huellas pentadáctilas, entaxónicas, alargadas de un bípedo. De la parte anterior a la posterior, las características principales incluyen la impresión del dígito I grande, alargado y ovalado, bola transversal y talón subredondeado. Dignos cortos y no divergentes. Rastrillada estrecha, con pasos cortos para caminar de 2 a 3 veces la longitud de la huella. El eje de la huella es paralelo al eje de la rastrillada o ligeramente girado hacia afuera (Kim et al. 2008).

### lcnoespecie

*Hominipes* isp.

Fig. 4.101

### Material

MD-YPI-21-01 (Fig. 4.101 A). Consiste en un bloque de sedimento indurado compuesto por una huella pentadáctila, bien preservada (2-2,5). La morfología es alargada anteroposteriormente y ovalada, con talón subredondeado (Fig. 4.101 A, B). El largo y ancho es de 23,5 y 4,5 cm, mientras que la profundidad es de 1,5 cm. Tres de los cinco dígitos están mejor preservados, mientras que dos de ellos están pobremente preservados. El largo determinado para los dígitos I, II y III es de 1,2 cm, 0,66 cm y 0,9 cm, respectivamente.

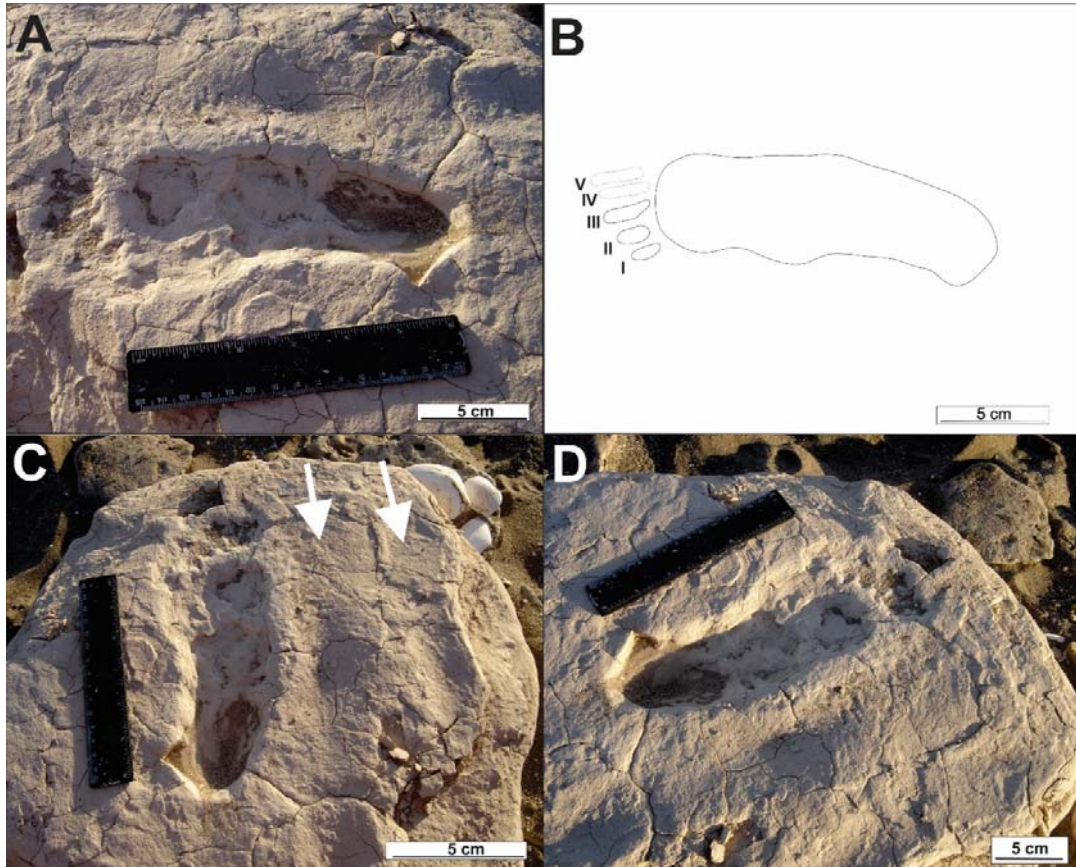


Figura 4.101. *Hominipes* sp. (MD-YPI-21-01). A. Detalle de huella en bloque de sedimento. B. Esquema interpretativo mostrando las impresiones de tres dígitos bien definidos (I, II y III) y otros más difusos (IV y V). C. El mismo material in situ con dos posibles subtrazas a la derecha (flechas). D. Vista oblicua de la huella.

### Comentarios

El material analizado se compone de una huella que presenta la típica morfología descrita por Kim *et al.* (2008) para el icnogénero *Hominipes*. Además, reúne otras características diagnósticas del mismo, entre ellas: el dedo I es el mayor (1,2 cm en el caso del material MD-YPI-21-01) y presenta marca definida del talón. En cuanto a la clasificación icnoespecífica del material, no es posible mayor precisión dado que no se cuenta con otras huellas que permitan determinar información acerca de los parámetros de la rastrillada.

## 4.14. COMENTARIOS FINALES

En este capítulo se ha descrito un total de 20 icnoespecies (dos nuevas), 18 icnogéneros y 5 icnofamilias (dos nuevas), también se han registrado dos icnotaxones nuevos no registradas previamente en el YPPC. Estos icnotaxones se han agrupado para su descripción en trece categorías morfológicas informales. La siguiente tabla (Tabla 4.1) resume el contenido icnológico con las respectivas categorías morfológicas y taxonómicas.

MORFOLOGÍA	ICNOFAMILIA	ICNOGÉNERO	ICNOESPECIE
Cuadrúpeda subelíptica	Icnofamilia 1 nov. icnofam.	<i>Neomegatherichnum</i>	<i>N. pehuencoensis</i>
		<i>Mylodontidichnum</i>	<i>M. rosalensis</i>
		<i>Megatherichnum</i>	<i>Megatherichnum</i> isp. A
Cuadrúpeda bidáctila	Icnofamilia 2 nov. icnofam.	<i>Lamaichnum</i>	<i>L. guanicoe</i>
		<i>Lamaichnum</i>	<i>L. tulipensis</i>
		<i>Pecoripeda</i>	<i>P. commune</i>
Cuadrúpeda subcircular	?	<i>Proboscipeda</i>	<i>P. australis</i>
Cuadrúpeda tridáctila	?	<i>Macrauchenichnus</i>	<i>M. patachonicus</i> nov. comb.
Cuadrúpeda tetradáctila	?	<i>Canipeda</i>	<i>C. gracilis</i>
Cuadrúpeda tridáctila/tetradáctila	?	<i>Dolichotichnus</i>	<i>D. marae</i>
Cuadrúpeda pentadáctila	?	<i>Ursichnus</i>	<i>U. sudamericanus</i>
Cuadrúpeda tetradáctila/pentadáctila	?	<i>Glyptodontichnus</i>	<i>G. pehuencoensis</i>
	?	<i>Glyptodontichnus</i>	Cf. <i>Glyptodontichnus</i> isp.
Cuadrúpeda monodáctila	?	<i>Hippipeda</i>	<i>Hippipeda</i> isp.
Bípeda tridáctila	?	<i>Aramayoichnus</i>	<i>A. rheae</i>
Bípeda tridáctila	Anatipedidae	<i>Charadriipeda</i>	<i>Charadriipeda</i> isp.
		<i>Phoenicoptichnum</i>	<i>P. pehuencoensis</i>
		<i>Roepichnus</i>	cf. <i>Roepichnus</i> isp.
Bípeda tridáctila	Gruipedidae	<i>Gruipeda</i>	<i>Gruipeda</i> isp.
Bípeda pentadáctila	Hominipodidae	<i>Hominipes</i>	<i>Hominipes</i> isp.

Tabla 4.1. Resumen de los icnotaxones reconocidos en el YPPC.

## CAPÍTULO 5

### PRODUCTORES Y DISTRIBUCION DE LAS TRAZAS FÓSILES

En este capítulo se realizaron las comparaciones de las huellas fósiles mejor preservadas que han sido descritas en el capítulo anterior, con el registro osteológico del Pleistoceno de la provincia de Buenos Aires, incluyendo el material analizado en los museos y la bibliografía. Estas comparaciones permitieron sugerir los posibles productores de las huellas. Luego de determinar a los potenciales productores de las huellas, se realizaron inferencias biomecánicas a partir de las características osteológicas e icnológicas. La biomecánica permitió comprender el principal tipo de desplazamiento y realizar cálculos para obtener la velocidad de los productores mediante la fórmula propuesta por Alexander (1976) y siguiendo el procedimiento de Anton *et al.* (2004). También se realizaron estimaciones de la masa corporal de los productores, mayormente a partir de la fórmula elaborada para mamíferos por Michilsens *et al.* (2009) y siguiendo el procedimiento propuesto por Vera y Krapovickas 2019. En el caso de las huellas atribuidas a aves, se empleó la aproximación propuesta por Tanaka 2015 para estimar la masa corporal de los productores. Finalmente, se realizó una interpretación paleogeográfica / paleoambiental de las huellas a partir de la orientación y distribución estratigráfica de las huellas.

#### 5.1. PRODUCTORES

##### 5.1.1. *Icnofamilia 1*

Los primeros hallazgos de huellas incluidas dentro de esta icnofamilia en el YPPC, realizados por Aramayo y Manera de Bianco (1987a), fueron directamente asociadas a perezosos terrestres grandes y medianos. Para el caso de la icnogénero *Neomegatherichnum*, las huellas fueron asignadas a *Megatherium americanum* (Aramayo y Manera de Bianco 1987 a, Blanco y Czerwonogora 2003) ya que presentaban morfología y tamaño similar con el material osteológico hallado en la región (Fericola *et al.* 2009, Deschamps *et al.*

2003, 2016). En cuanto a la icnoespecie *Mylodontidichnum rosalensis*, Aramayo y Manera de Bianco (1987a) lo atribuyeron a géneros de perezosos terrestres de tamaño mediano que pertenecerían a la familia *Mylodontidae*.

De acuerdo al registro osteológico de la región pampeana, existen diversos hallazgos de ejemplares que presentan similitudes con huellas pertenecientes a la icnofamilia 1. Además de *Megatherium americanum*, se han hallado restos de otros perezosos grandes y medianos como *Scelidotherium leptocephalum* (Bargo y Vízcaíno 2012, Miño-Boilini 2012), *Scelidotherium* cf. *S. leptocephalum* (Deschamps 2003, 2016), *Lestodon armatus* (Czerwonogora, 2010) y *Glossotherium* sp. (Deschamps 2003; 2016) (Tabla 5.1).

Edad	Localización	Unidad litoestratigráfica	Taxón	Autor/año
Pleistoceno tardío (Lujanense)	Río Sauce Grande, Arroyo Napostá Grande	Agua Blanca	<i>Scelidotherium leptocephalum</i>	Rabasa (1989), Quattrochio <i>et al.</i> (1988), Quattrochio <i>et al.</i> (1993), Deschamps (2003), Deschamps y Tomassini (2016)
Pleistoceno tardío (Lujanense)?	Lamadrid (Bs. As.)	Agua Blanca?	<i>Scelidotherium leptocephalum</i>	Urquiola de Carli y Aramayo (1966)
Pleistoceno medio (Ensenadense)	Balneario Saldungaray	Secuencia San José, sección inferior	<i>Glossotherium</i> sp.	Deschamps (2003)
Pleistoceno medio (Bonaerense)	Bajo San José	Secuencia San José, sección inferior	<i>Glossotherium</i> sp., <i>Scelidotherium</i> cf. <i>Scelidotherium leptocephalum</i> , <i>Megatherium americanum</i> , <i>Lestodon armatus</i>	Deschamps (2003), Deschamps y Tomassini (2016)
Pleistoceno tardío (Lujanense)	Playa del Barco	Secuencia San José	<i>Scelidotherium leptocephalum</i> , <i>Lestodon armatus</i>	Deschamps (2003), Deschamps y Tomassini, (2016)
Pleistoceno medio (Bonaerense-Lujanense)	Bajo San José	Secuencia San José	<i>Megatherium americanum</i>	Deschamps (2005)

Tabla 5.1 Registro osteológico de grandes perezosos de la provincia de Buenos Aires

### 5.1.2. *Neomegaterichnum pehuencoensis*

Sobre la base de estudios comparativos realizados a partir del registro osteológico, incluyendo las medidas de los miembros reconstruidas a partir de los esqueletos, es posible sugerir que *Megatherium* es uno de los productores probables de algunas de las huellas. De acuerdo a las medidas de la Tabla 5.2 y considerando la presencia de tejidos blandos, se observan escasas diferencias entre el tamaño reconstruido de los autopodios y la mayoría de las huellas analizadas. El material HC-18-01 presenta tamaño menor para las huellas de los miembros anteriores (casi la mitad), ya que corresponderían a impresiones parciales producto de la sobreimpresión de los miembros posteriores. Las relaciones LH/AH son llamativamente mayores en los huesos, posiblemente por la distribución de los tejidos blandos. La distancia gleno-acetabular (DG) medida en los ejemplares MACN 1000, MLP 27 VII-1-1 y MLP s/n (ejemplar sin numeración), muestra varias similitudes con las inferidas a partir de las rastrilladas HC-17-01, HC-18-01 y HC-18-02 (Tabla 5.2). Las mayores coincidencias se observan en el valor obtenido para el largo de los autopodios de los miembros posteriores (cercana a los 70 cm de largo) y en la distancia gleno-acetabular (DG) medida en los esqueletos, con un valor comprendido en el rango de 1,63-1,90 cm. El ejemplar MACN100, mostró una mayor diferencia, alrededor de 11 cm, aunque esto posiblemente se deba a la precisión de la medición, que estuvo condicionada por la manera en que se encontraba montado el esqueleto (en posición erguida). De acuerdo a la escasa separación existente entre las huellas de manos y pies del ejemplar HC-18-01 (Cap. 4, Fig. 4.14), se deduce que las impresiones de los miembros delanteros serían parciales, no reflejando el tamaño total, lo que podría justificar las diferencias con las dimensiones observadas en el material osteológico. La Figura 5.1 muestra la comparación entre el miembro anterior del ejemplar MACN 1000 y una huella bien conservada de la mano de la rastrillada HC-16-01, donde se aprecian tamaños equivalentes. La misma comparación puede realizarse entre un miembro posterior del mismo ejemplar con una huella de pie bien preservada de la rastrillada HC-18-01 (Fig. 5.2).

PARÁMETROS	<i>M. americanum</i> (MACN 1000)	<i>M. americanum</i> MLP 27 VII-1-1	<i>M. americanum</i> MLP MLP s/n	HC-17-01	HC-17-03	HC-18-01	HC-18-02	HC-16-01
LH MANOS (cm)	47,5	59	56,5	67	20,9	22,4	*	56,6
AH MANOS (cm)	25	28	27,5	44	25	20,8 5	*	40
LH PIES (cm)	77,5	73	72,5	75,3	65	73,3	70,7	63,3
AH PIES (cm)	29	25	28,5	43,1	32	44	37	38
DG (cm)	163	190	175	173	*	174	*	171
LH/AH MANOS	1,9	2,1	2,05	1,5	0,8	1,1	*	1,42
LH/AH PIES	2,7	2,9	2,54	1,7	2	1,7	1,9	1,67

Tabla 5.2. Comparación entre los ejemplares de perezosos exhibidos en los museos (MLP, MACN) y las rastrilladas asignadas a *N. pehuencoensis*.

\*Incompleto/dificultad para medir.

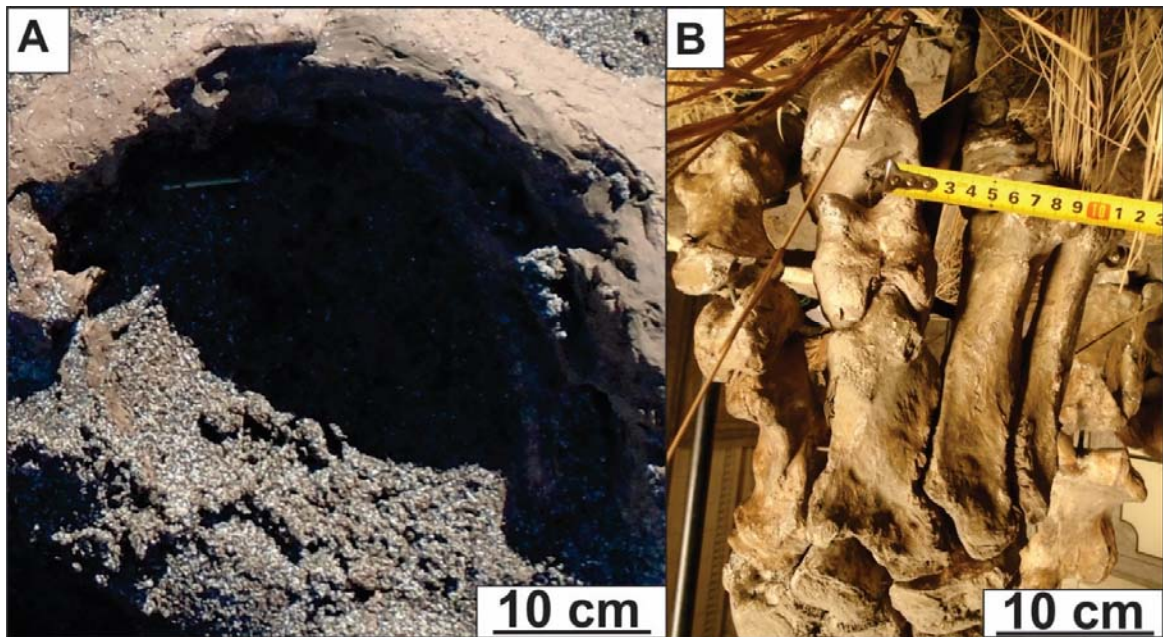


Figura 5.1. Comparación entre la huella de mano derecha de la rastrillada HC-16-01 y la mano derecha del ejemplar MACN 100.



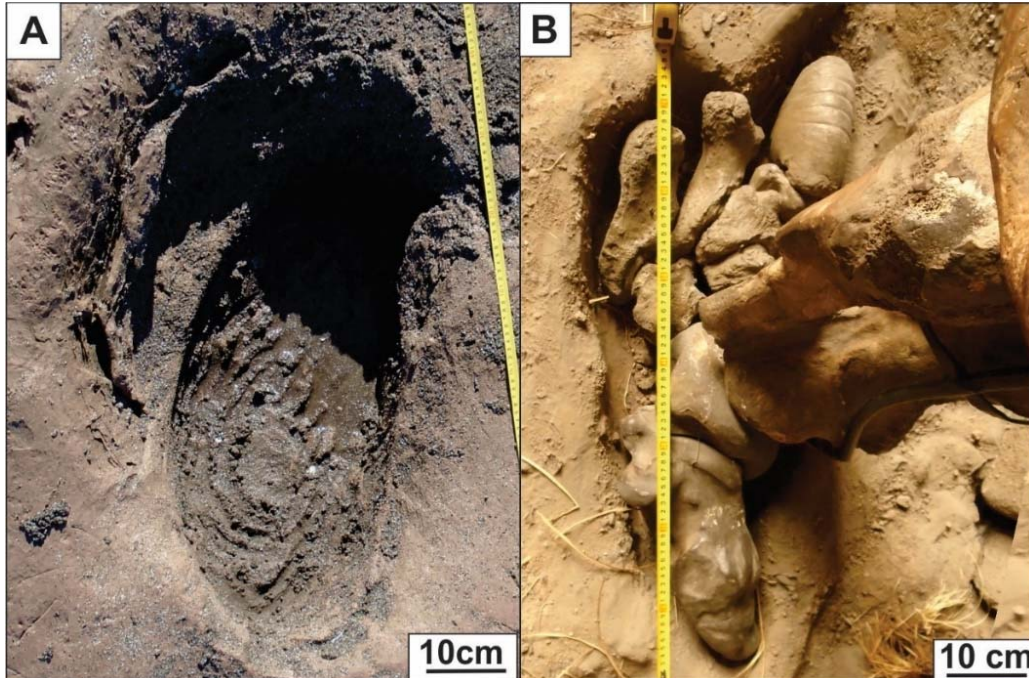


Figura 5.2. Comparación entre (A) la impresión del pie de la rastrillada HC-18-01 y (B) el del ejemplar MACN 100.

### 5.1.3. *Mylodontidichnum rosalensis*

De acuerdo al análisis del registro osteológico del Pleistoceno tardío de la provincia de Buenos Aires, los productores posibles para estas huellas corresponderían a géneros incluidos dentro de la familia Mylodontidae (Aramayo y Manera de Bianco 1987a). Entre los registros, se encuentran *Scelidotherium leptcephalum*, que ha sido descrito en la localidad de Lamadrid (Urquiola de Carli y Aramayo 1967), y *Lestodon armatus* que ha sido descrito en las localidades de San Antonio de Areco (Czerwonogora 2010, Bargo y Vízcaíno 2012, Czerwonogora 2010) y Playa del Barco (Aramayo y Manera de Bianco 1989, Tomassini *et al.* 2020).

La Tabla 5.3 muestra las medidas comparativas entre los autopodios registrados de dos ejemplares, uno sin número perteneciente a un calco de *Scelidotherium* depositado en el Museo de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia (MACN) y el otro perteneciente al esqueleto de la Universidad Nacional del Sur (PV-UNS-01), con las medidas promedio de las huellas de las rastrilladas MD-YPI-05-12 y HC-17-10. En dicha tabla, se observan algunas similitudes entre el material fósil y el icnológico, principalmente en las relaciones LH/AH y en el tamaño de los pies, especialmente del ejemplar PV-UNS-01.

El autopodio reconstruido del otro productor potencial, *Lestodon armatus*, también presenta algunas similitudes con los ejemplares asignados a *Mylodontidichnum rosalensis*. La Tabla 5.4 muestra semejanzas entre el ejemplar MACN 13010 (*Lestodon* sp.) con el molde MD-YPI-05-12 y la rastrillada *in situ* MD-YPI-18-01, especialmente en la distancia gleno-acetabular (en el rango 138-145 cm) y la relación LH/AH de manos (aproximadamente 1,4-1,6). Aunque los valores máximos de longitud de las huellas de manos coinciden con los valores inferidos del registro osteológico, se observan diferencias que pueden deberse a la preservación parcial de alguna de ellas (debido a sobreimpresión del pie). El ejemplar MLP3-3 (*Lestodon armatus*) muestra parámetros de mayor valor, lo que podría explicarse por tratarse de una especie diferente o por cuestiones ontogenéticas.

PARÁMETROS	<i>Scelidothorium</i> sp. (calco, MACN s/n)	<i>Scelidothorium</i> <i>leptocephalum</i> (PV-UNS-01)	MD-YPI-05-12	HC-17-10
LH MANOS (cm)	27,00	30,50	14,50	-
AH MANOS (cm)	18,00	24,00	14,60	-
LH PIES (cm)	32,50	50,30	49,86	53,4
AH PIES (cm)	17,00	24*	25,41	20,0
DG (cm)	118,00	120,00	*	-
LH/AH MANOS	1,50	2.10	0,99	-
LH/AH PIES	1,91	1.27	1,96	2,7

Tabla 5.3. Medidas comparativas entre los ejemplares correspondientes a *Scelidothorium* sp. con dos rastrilladas asignadas a *M. rosalensis* (un molde y una *in situ*).

\*Incompleto/dificultad para medir.

PARÁMETROS	<i>Lestodon armatus</i> MLP3-3	<i>Lestodon</i> sp. MACN 13010	MD-YPI-05-12	HC-19-01	MD-YPI-18-01
LH MANOS (cm)	40	34,8	25,3	-	33
AH MANOS (cm)	11	22	26,1	-	23
LH PIES (cm)	*	30,3	51,2	43,5	68,9
AH PIES (cm)	*	23	25	21,6	34,5
DG (cm)	200,0	138	140		1,45*
LH/AH MANOS	3,6	1,6	1,4		1,4
LH/AH PIES	-	1,3	2,1	2,0	2,0

Tabla 5.4. Tabla comparativa entre ejemplares de *Lestodon armatus* y *Lestodon* sp. con tres rastrilladas asignadas a *M. rosalensis* (una *in situ* y dos moldes).

\*Incompleto/dificultad para medir.

#### 5.1.4. *Megatherichnum* nov. isp.

El registro osteológico para los grandes perezosos extintos de la región, muestra evidencias de que gran parte de los integrantes de la familia Mylodontidae y Megatheridae presentan diferencias tanto en la morfología como en las dimensiones entre manos y pies.

De acuerdo al análisis del registro osteológico, se ha documentado la presencia de *Glossotherium* sp. de la familia Mylodontidae en la provincia de Buenos Aires (Deschamps 2003, Deschamps 2016). El ejemplar MLP-3-130 depositado en el Museo de La Plata, exhibe medidas en sus extremidades anteriores y posteriores las cuales son muy similares entre sí (Tabla 5.3). La comparación de este ejemplar con la rastrillada HC-16-01 indica que las relaciones L/A entre manos y pies es equivalente (Tabla 5.3).

Si bien las medidas del esqueleto apendicular se realizaron sobre un ejemplar de *Glossotherium* sp., existe otro ejemplar correspondiente a *Glossotherium robustum* (ML-3-140) que no ha sido estudiado por falta de acceso, pero de acuerdo a la publicación de Bargo *et al*, 2000 puede observarse que presenta dimensiones similares entre los miembros delanteros y traseros.

PARAMETROS	<i>Glossotherium robustum</i> -MLP-3-138	HC-16-01
LH MANOS (cm)	40,0	56,6
AH MANOS (cm)	31,0	40,0
LH PIES (cm)	46,0	63,3
AH PIES (cm)	29,0	38,0
DG (cm)	140,0	171,0
LH/AH MANOS	1,3	1,4
LH/AH PIES	1,6	1,7

Tabla 5.5. Medidas comparativas entre el ejemplar correspondiente a *Glossotherium* sp. y la rastrillada HC-16-01

#### ***Inferencias biomecánicas***

A lo largo de la historia ha habido diversas posturas acerca de la locomoción de estos grandes perezosos ya extinguidos. Uno de los primeros hallazgos de estas huellas fue registrado en la Formación Río Negro. En esta formación, las huellas asignables a perezosos no están acompañadas de huellas más pequeñas que

puedan indicar la presencia de impresiones correspondientes a manos y, por lo tanto, Casamiquela (1974, 1983, 1987) asumió una locomoción bípeda para sus productores. Posteriormente, Aramayo y Manera de Bianco (1987a, 1996) llegaron a la misma conclusión, a partir del análisis de diversas rastrilladas atribuidas a *Neomegatherichnum pehuencoensis*, en las que no se observan impresiones de manos, salvo en algunas rastrilladas en las que se observaba un cambio de rumbo (Aramayo y Manera 1996, Blanco y Czerwonogora 2003, Casinos 1996) hizo estimaciones de la masa corporal y velocidad de desplazamiento de *Megatherium americanum*, analizando una rastrillada de *Neomegatherichnum* y el material osteológico del esqueleto apendicular de ejemplares tomados del Museo Bernardino Rivadavia, Museo de La Plata, Museum National d'Histoire Naturelle, Galerie de Paléontologie (París, Francia), Colección Rodrigo Botet (Valencia, España), y Museo Nacional de Ciencias Naturales (Madrid, España). De acuerdo a los resultados obtenidos, concluyó que este animal estaría bien adaptado al bipedalismo. Siguiendo con este lineamiento, Blanco y Czerwonogora (2003), analizaron una rastrillada de 35 huellas del YPPC que había sido atribuida previamente por Aramayo y Manera de Bianco (1996) al género *Megatherium* y la compararon con el material osteológico. A partir de cálculos de las fuerzas de presión ejercidas por los miembros del animal sobre el substrato, determinaron que el principal tipo de locomoción de *Megatherium* habría sido bípeda.

Algunos años más tarde, McDonald (2007) analizó algunos ejemplos de rastrilladas de grandes perezosos halladas en la prisión de Carson City (Estados Unidos) y también realizó algunas comparaciones con las de Pehuen Co. A partir de este análisis, McDonald (2007) sugirió que las escasas huellas de manos halladas se debían a la sobreimpresión de las huellas del pie durante el desplazamiento de un animal cuadrúpedo y que, algunas de ellas, habrían quedado al descubierto cuando el productor cambió de dirección de desplazamiento. Algunos otros autores (Coombs, 1983; De Iuliis, 1996) también han propuesto una postura bípeda más bien ocasional a partir de la rotación lateral del pie (evidencia osteológica). Esta idea se sostiene a partir de la presencia de una rebaba lateral externa y de la impresión de la garra del tercer dígito en las huellas estudiadas (Aramayo 2001, McDonald 2007, Melchor *et al.*

2015, Feola *et al.* 2018).

En el capítulo anterior, se han analizado varias rastrilladas asignadas a *Neomegatherichum pehuencoensis*. La gran mayoría de ellas, presentaban impresiones de pies y ocasionalmente de manos. En las rastrilladas MD-YPI-18-01 (Fig. 4.3), HC-17-01 (Fig. 4.9) y HC-18-01 (Fig. 4.14) se observaron huellas de manos en los tramos en que se producen cambios durante la marcha del productor, incluyendo la dirección de desplazamiento, el ángulo de paso (AP) o el largo de paso (LP). En otros ejemplos, se han observado impresiones de manos y pies dispuestas de manera alterna, como es el caso de los materiales HC-16-01 (Fig. 4.24) y HC-17-02 (Fig. 4.10), lo cual indicaría una marcha cuadrúpeda. En éstos últimos ejemplos se destaca la presencia de ángulo de paso elevado, comprendidos en un rango entre 80° y 120°, algo común en animales cuadrúpedos de gran tamaño (por ejemplo, Hutchinson, 2021). Otro factor que posiblemente haya influenciado en la presencia de huellas de manos en las rastrilladas de perezosos terrestres, es el largo relativo de los miembros anteriores y posteriores del productor. En consecuencia, las rastrilladas del YPPC permiten sugerir una marcha cuadrúpeda para sus productores, aunque no es posible descartar un bipedalismo facultativo (Feola *et al.* 2018).

### ***Estimaciones de masa corporal y velocidad***

Empleando la fórmula propuesta por Michilsens *et al.* (2009), se estimó la masa corporal de las rastrilladas mejor preservadas de *N. pehuencoensis* y *Megatherichnum* nov. isp., que arrojó los siguientes valores: 27371 kg (HC-16-01), 27728 kg (HC-18-01), 34062,7 kg (HC-17-01) y 10463 kg (MD-YPI-18-10). Estos resultados son muy por encima de lo estimado en trabajos previos para los potenciales productores (e.g., Fariña *et al.* 2013). En consecuencia, se considera que dicha fórmula debería ser re-evaluada para su aplicación a la estimación de masa corporal de perezosos terrestres extintos. La estimación de la velocidad de desplazamiento del productor a partir de las rastrilladas mejor conservadas utilizando la fórmula de Alexander (1976), arrojó valores aceptables, aunque algo bajos, entre 0,98 y 1,87 m/s (Tabla 5.5).

En cuanto a *M. rosalensis*, la estimación de la masa corporal mediante la fórmula de Michilsens *et al.* (2009), para los ejemplares disponibles dio valores de 3886

kg (MD-YPI-05-12) y 8230 kg (MD-YPI-18-01). Estos valores son significativamente mayores que los estimados para el posible productor, *Scelidotherium leptcephalum* (e.g., Fariña *et al.* 2013), e incluso para cualquier mamífero terrestre.

Rastrilladas	Iconoespecie	Ejemplar considerado	Altura a la cintura (m)	LZ (promedio) (m)	Velocidad estimada (m/s)
HC-16-01	<i>Megatherichnum</i> isp. nov.	MCN-100	1,31	1,651	1,65
		MLP-27 VII-1-1	1,18	1,651	1,87
HC-17-01	<i>Neomegatherichnum pehuencoensis</i>	MCN-100	1,31	1,642	1,64
		MLP-27 VII-1-1	1,18	1,642	1,85
HC-17-02b	<i>Neomegatherichnum pehuencoensis</i>	MCN-100	1,31	1,249	1,04
		MLP-27 VII-1-1	1,18	1,249	1,18
HC-18-01	<i>Neomegatherichnum pehuencoensis</i>	MCN-100	1,31	1,208	0,98
		MLP-27 VII-1-1	1,18	1,208	1,11

Tabla 5.6. Estimación de la velocidad para las rastrilladas asignadas a *Megatherichnum* isp. y *Neomegatherichnum pehuencoensis* considerando los distintos parámetros.

#### 5.1.4. Iconofamilia 2

En esta nueva iconofamilia se han incluido varios iconogéneros, pero solo se analizarán aquellos que han sido identificados en el YPPC.

##### *Lamaichnum*

Dada la afinidad morfológica, se discutirán de manera conjunta las dos iconoespecies descritas de *Lamaichnum*: *L. guanicoe* y *L. tulipensis*. Las huellas de *L. guanicoe*, de acuerdo a su tamaño y morfología, fueron asignadas por Aramayo y Manera de Bianco (1987b) a la especie *Lama guanicoe*. Esta inferencia coincide con la amplia distribución del género *Lama* en la región y especialmente de la especie *Lama guanicoe* en el Pleistoceno tardío-Holoceno (hasta la actualidad) de la provincia de Buenos Aires (Tonni y Politis 1980, Politis y Pedrotta 2006). La comparación de huellas de camélidos con la osteología de su probable productor no es sencilla, dado que este grupo muestra una postura semi-digitígrida. En particular, las almohadillas digitales involucran las falanges III, II y parte de la falange I, a lo que debe sumarse la pezuña (comparar con fig. 1 de Lucas y Hunt, 2007; Azzopardi 1987).

Parte del material osteológico comparado corresponde al ejemplar fósil MLP-s/n (procedente del Museo de La Plata), asignado a la especie *Lama guanicoe*. Dicho ejemplar exhibe una longitud total del acropodio (falanges I+II+III) de 12 cm (Fig. 5.3). Esta longitud es muy superior a las huellas analizadas LH= 9,19 cm (Tabla 5.6). Por su parte, la segunda y tercera falanges arrojaron medidas entre 5 - 6 cm de largo y 4 - 4,5 cm de ancho (MLP-1242). Estos valores deberían contemplar la presencia de la almohadilla digital que está bien desarrollada en los camélidos, siendo 40% más larga y aproximadamente 20% más ancha que las falanges II+III en el caso de *Lama vicugna* (Azzopardi 1987).

La icnoespecie *L. tulipensis*, es de mayor tamaño que *L. guanicoe*, por lo que Aramayo *et al.* (2015) propusieron como probable productor al género *Hemiauchenia* Gervais y Ameghino, 1880, que es un camélido extinguido de gran tamaño que vivió durante el Pleistoceno tardío de la provincia de Buenos Aires (Scherer *et al.*, 2007). Sin embargo, no se han hallado materiales completos del esqueleto apendicular que permitan comprobar que una especie de este género produjo las huellas de *L. tulipensis*.

La comparación del tamaño de huellas de *L. tulipensis* con las de *Lama guanicoe* actuales procedentes de la provincia de La Rioja (Parque Nacional Talampaya), indican que los tamaños son prácticamente iguales, con valores promedio de la longitud de huellas fósiles en 13,5 cm y de las huellas actuales en 13,40 (Tabla 5.7). Por lo tanto, es posible que las huellas fósiles hayan sido producidas por representantes muy similares a esta especie actual. De la misma forma, las huellas de *Lama guanicoe* actuales observadas en el norte de Santa Cruz, exhiben una longitud que solapa el rango de *Lamaichnum guanicoe* (Fig. 5.4). En cuanto a las impresiones en forma de tulipán correspondientes a las huellas de manos en *L. tulipensis*, es probable que resulten de transitar un substrato poco consolidado (algo observado en artiodáctilos actuales) que a una morfología distintiva del autopodio del productor.

En consecuencia, es probable que los productores de ambas especies de *Lamaichnum* sean camélidos pertenecientes o emparentados a la especie viviente *Lama guanicoe*.

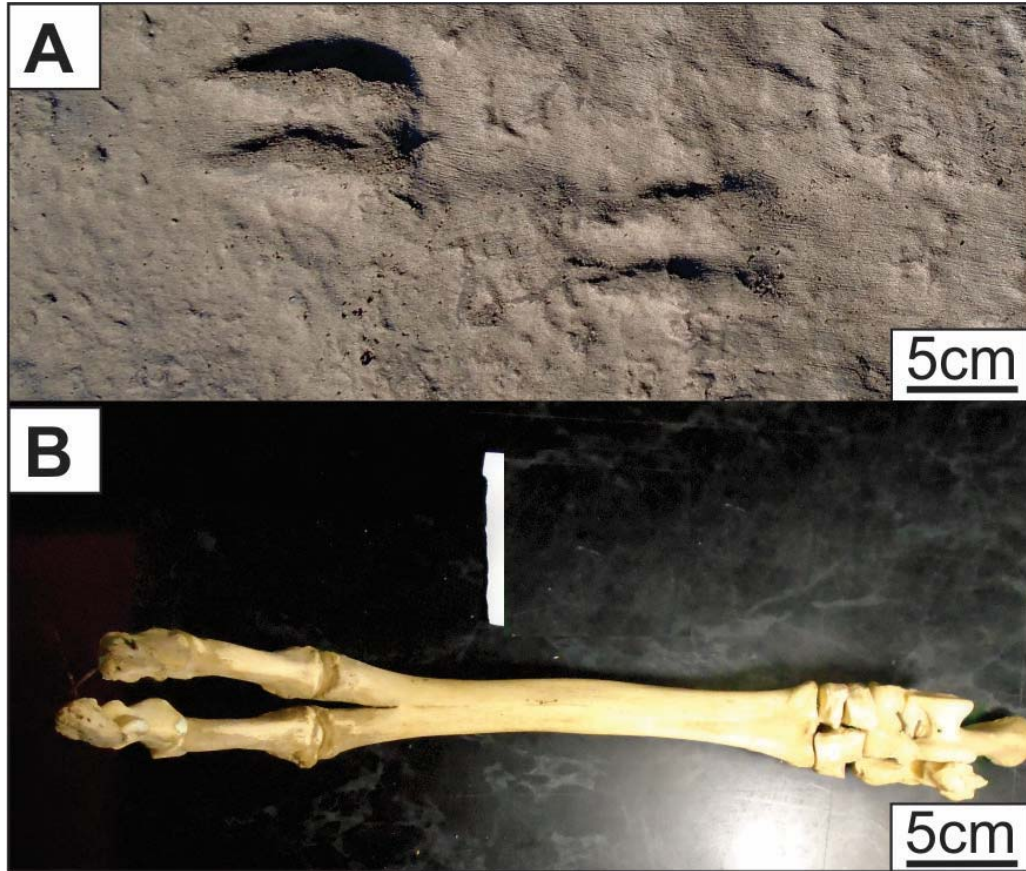


Figura 5.3. Comparación entre dos huellas bien preservadas del material HC-17-07 (A) y el ejemplar *Lama guanicoe* MLP-s/n (B).

Falanges/miembros	<i>Lama</i> -MLP s/n	<i>Lama</i> -MLP s/n	<i>Lama vicugna</i> MLP-1067	HC-17- 07	HC-17- 13	HC-17- 11
Largo falanges II y III (anteriores)	-	5,4	8,2		9	8,48
Ancho falanges I y III (anteriores)	-	4,2	3,5		6	5
Largo falanges I y III (posteriores)	6	5	9	9,19	10,6	8,3
Ancho falanges I y III (posteriores)	4,5	4,2	6,9	7,49	7,1	5,33

Tabla 5.7. Comparaciones entre los ejemplares de *Lama* y *Lama vicugna* analizado en el Museo de La Plata y algunas huellas fósiles bien preservadas asignadas a *Lamaichnum guanicoe*.

Huella	LH	AH	LH/AH	LP	LZ	AP	AR
H1 (m)	13	11,2	1,16				21
H2 (p)	12,8	10,7	1,20				



H3 (m)	13,7	8,5	1,61	70,2			
H4 (p)	13,5	10,7	1,26	63,7			
H5 (m)	12,7	8,8	1,44	65,6	137	158	
H6 (p)	13,1	11,6	1,13	71	135	168	
H7 (m)	14,9	10,6	1,41	75,3		150	
H8 (p)	13,9	12,1	1,15	64,4		168	
H9 (m)	13,3	10,8	1,23	68,1	137	145,6	
H10 (p)	14	11,1	1,26	70,6	136	161,7	
H11 (m)	15,8	10,4	1,52	67,6		155,4	
H12 (m)	9,8	11,4	0,86	71,9		175	
H13 (p)	13,3	10,6	1,25	74,1	135	138,3	
H14 (m)	13,5	10,8	1,25				
Promedio	13,41	10,62	1,27	69,32	136	157,78	

Tabla 5.8. Parámetros icnológicos medidos en *Lama guanicoe* actual (La Rioja)

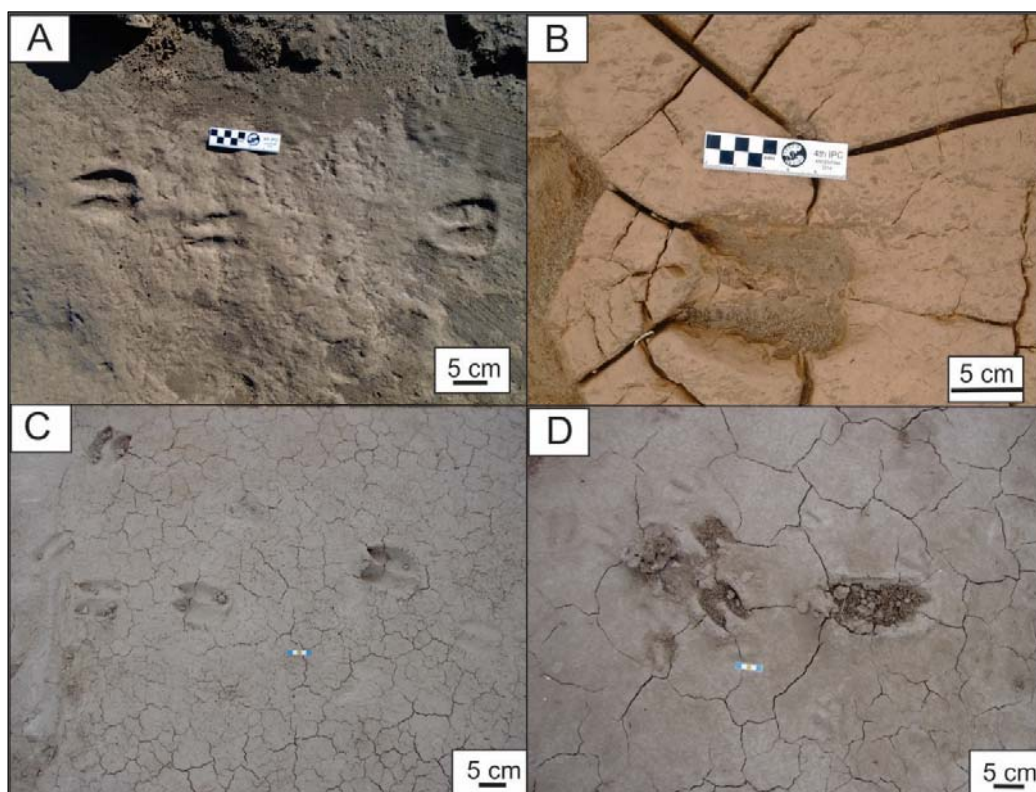


Figura 5.4. Comparación entre *Lamaichnum guanicoe* y huellas actuales de *Lama guanicoe*. A-B. Huellas fósiles de *Lamaichnum guanicoe*. C-D Huellas actuales de *Lama guanicoe* observadas en el norte de la provincia de Santa Cruz.

#### 5.1.5. Pecoripeda

##### *Pecoripeda commune*

El icnogénero *Pecoripeda* fue definido por Vyalov (1965) para agrupar diversas

huellas con ciertas afinidades morfológicas y con una amplia gama de productores. En el YPPC fue reconocida la icnoespecie *Odocoileichnum commune*, la que posteriormente fue combinada con el icnogénero *Pecoripeda* como *P. commune* (Aramayo *et al.* 2015). Esta icnoespecie fue atribuida a cérvidos pertenecientes a la tribu Odocoileini, ciervos que ingresaron a Sudamérica, desde Norteamérica.

El registro osteológico , indica la presencia de varios géneros de cérvidos, entre ellos *Epieuryceros* (Ameghino 1889), *Morenelaphus* (Carette, 1922) y *Paraceros* (Ameghino, 1889), extinguidos en el Pleistoceno tardío, además de los géneros *Hippocamelus* Leuckart (1816), *Mazama* Rafinesque (1817), *Antifer* (Ameghino, 1889), *Pudu* (Gray, 1852), *Blastoceros* (Gray, 1872), *Ozotoceros* (Ameghino, 1891) y habitantes actuales del territorio sudamericano. Algunos de los últimos géneros se encuentran representados también en el Pleistoceno, por ejemplo, *Hippocamelus*, *Mazama*, y *Ozotoceros* (Ameghino 1888, 1889, 1902; Kraglievich 1932; Vezzosi 2010; Alcaraz y Francia, 2013).

Entre los géneros y especies más representados en la provincia de Buenos Aires, se ha documentado a *Ozotoceros bezoarticus* o venado de las pampas (Carusi *et al.* 2009), *Blastoceros dichotomus*, reconocido como ciervo de los pantanos, *Hippocamelus*, *Paraceros*, *Antifer*, *Morenelaphus*, y *Epieuryceros* (Alcaraz 2010). En la zona aledaña al yacimiento, específicamente en la localidad de Playa del Barco, Chimento *et al.* (2019) han registrado la presencia de restos de *Morenelaphus lujanensis* (Ameghino, 1888). Este género también ha sido ampliamente registrado en gran parte de la provincia de Buenos Aires y en la Mesopotamia (Álvarez 1974, Tonni y Scillato-Yané 1997, Scillato-Yané *et al.* 1998, Menegaz 2000, Alcaraz y Carlini 2003, Zurita *et al.* 2004, Ferrero *et al.* 2007, Zurita *et al.* 2009, Alcaraz 2010, Alcaraz y Francia 2013).

Si bien existe una amplia diversidad en el registro osteológico de cérvidos del Pleistoceno en la región pampeana, hay escasos materiales correspondientes al esqueleto apendicular. Uno de los restos de este grupo que se han podido analizar en el Museo de La Plata, corresponde al género actual *Cervus blastocerus* (MLP 1149), de tamaño un poco mayor que los ciervos Odocoileini propuestos por Aramayo y Manera (1987b). Este ejemplar presenta falanges con un largo y ancho aproximado de 3,9 y 2,6 cm, para los miembros anteriores, y

3,5 y 2,5 cm, para los miembros posteriores. Dadas sus dimensiones, este ejemplar podría suponerse que sería un posible productor de la huella contenida en el molde MD-YPI-04-04 (Fig. 5.5), ya que presenta dimensiones similares en cuanto a tamaño y relación largo/ancho de las huellas y la disposición paralela de los dígitos (Tabla 5.8). Esto indica que hay cierta posibilidad de que estas huellas hayan sido producidas por otros géneros de cérvidos de tamaños similares al ejemplar analizado. Otros ejemplares de huellas fósiles de *P. commune* (HC-16-15, HC-17-18), presentan un tamaño mayor y esto no coincide con las dimensiones de los autopodios de cérvidos que han sido registrados en el Pleistoceno tardío de la zona.

De acuerdo al análisis previo, es probable que las huellas más pequeñas de *P. commune* hayan sido producidas por cérvidos de pequeño tamaño correspondientes a la tribu Odocoileini, aunque no se cuentan con registros osteológicos completos del esqueleto apendicular de estos productores. En tanto, las huellas más grandes (pero de morfología equivalente a las pequeñas) posiblemente fueron producidas por otros grupos cérvidos más grandes (equivalentes al género *Morenelaphus*) que habitaron la provincia de Buenos Aires durante el Pleistoceno tardío.

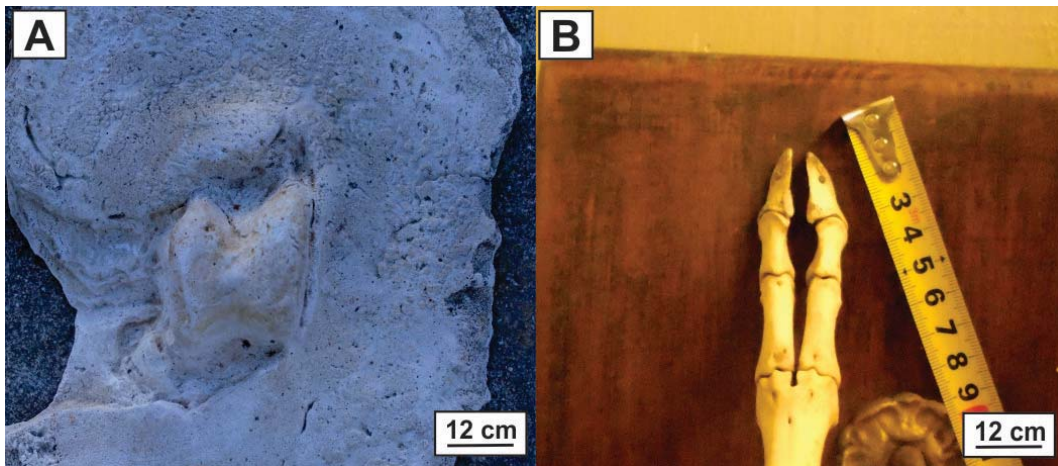


Figura 5.5. Comparación entre (A) el molde de *Pecoripeda commune* (MD-YPI-04-04) y (B) el ejemplar actual *Cervus blastocerus* (MLP-1149).

### Estimación de la masa corporal

La masa corporal de los camélidos y cérvidos descritos en el yacimiento, fueron estimadas a partir de la fórmula propuesta de Vera y Krapovickas 2019 basada

en el trabajo de Michilsens et al. 2009 para las huellas mejor preservadas y dieron los siguientes resultados:

*Lamaichnum guanicoe*: 60 kg (HC-16-26) y 63 kg (HC-17-11) y 126,76 kg (HC-17-13). *Pecoripeda commune*: 69 kg (MPA-87-54-I- E).

Falanges/miembros	<i>Cervus blastocerus</i> MLP 1149	HC-17-18
Largo falanges II y III (anteriores)	3,9	11,73
Ancho falanges II y III (anteriores)	2,6	8,55
Largo falanges II y III (posteriores)	3,5	13,42
Ancho falanges II y III (posteriores)	3,2	8,32
Relacion L/A anterior	1,5	1,37
Relacion L/A posterior	1,45	1,61

Tabla 5.9. Comparación entre el ejemplar *Cervus blastocerus* y el material icnológico HC-17-18.

Los valores para HC-16-26 y HC-17-11 son aproximadamente la mitad de aquellos de ejemplares de *L. guanicoe* vivientes (Franklyn, 1982).

Para las estimaciones correspondientes a *P. commune* (MPA-87-54-I-E) los valores son más aceptables y coinciden con los observados en ciervos que habitan actualmente en la región.

### 5.1.6. Proboscipeda

#### *Proboscipeda australis*

Como se mencionó en el capítulo anterior, las huellas asignadas a este icnogénero habrían sido producidas por diversos grupos de proboscidos durante el Neógeno (Lucas *et al.* 2007, Aramayo *et al.* 2015). Además de la morfología subcircular, los registros de elefantes actuales muestran distinta fórmula digital, ya que el elefante africano (*Loxodonta africana* Blumenbach 1797) tiene cuatro dígitos en los miembros anteriores y tres en los miembros posteriores, mientras que el elefante asiático (*Elephas maximus* Linnaeus 1758) tiene cinco dígitos en la mano y cuatro en el pie (Benz 2005). Otro aspecto a tener en cuenta, es que las impresiones de manos no suelen estar sobrepasadas por las huellas de pies

y, durante la marcha normal, ambas huellas son claramente visibles (Benz 2005; McNeil *et al.* 2007) Estas afirmaciones también pueden ser confirmadas a través de estudios neocitológicos realizados sobre huellas de elefantes actuales (Platt *et al.* 2012, Pasenko 2017). El material fósil de *Proboscipeda australis* exhibe buena parte de estos rasgos diagnósticos (Aramayo y Manera de Bianco 1987a, Aramayo *et al.* 2015) Dichas características también se comprueban en el material HC-17-17 descrito en el capítulo anterior, que denotan la clara morfología subcircular, ornamentación interna y posibles marcas digitales que han sido erosionadas (Fig. 4.61 y Fig. 4.62).

Los proboscidos tienen su origen en el Eoceno en el norte de África, desde donde se dispersaron por Eurasia y América (Tobien 1976). En América del Sur están representados por la familia *Gomphotheriidae* Cabrera 1929; donde proliferaron y se dispersaron ampliamente, desde el Plioceno tardío hasta el límite Pleistoceno-Holoceno (Alberdi y Prado 1995). De esta familia, proviene el género *Stegomastodon*, que se dispersó por un corredor de llanuras, durante el Pleistoceno medio y tardío, hasta la provincia de Buenos Aires (Ameghino 1888, 1889; Cabrera 1929; Hoffstetter 1950, 1952). A partir de los hallazgos de restos óseos de proboscidos del Pleistoceno en la localidad de Playa del Barco, Cabrera (1929) creó el género *Notiomastodon*, con la especie tipo *Notiomastodon ornatus*. Este autor señaló que *N. ornatus* era un mastodonte de pequeño tamaño en comparación con las otras especies de mastodontes sudamericanos. Más tarde, luego de este hallazgo, Alberdi y Prado (1995) sinonimizaron dicho taxón bajo *Stegomastodon platensis* Ameghino 1888.

Una revisión taxonómica reciente junto a estudios filogenéticos señaló que las formas sudamericanas descritas como *Stegomastodon* Pohlig 1912 no están estrechamente relacionados con el género *Stegomastodon* procedente de América del Norte y, por lo tanto, no pertenecerían a este género (Ferretti 2010; Fariña *et al.* 2013). Lucas *et al.* (2013) y Mothe *et al.* (2013), a través de estudios modernos sobre taxonomía, dataciones y relaciones filogenéticas identificaron solo dos géneros válidos de los gomfoterios cuaternarios sudamericanos: *Cuvieronius* (registrado en Ecuador, Perú y Bolivia) y *Notiomastodon* (= "Haplomastodon", = "Stegomastodon" de Sudamérica). Por lo tanto, sería más apropiado sugerir que el productor de *P. australis* es un representante del género

*Notiomastodon*.

### **Estimación de la masa corporal**

A partir de la fórmula propuesta de Vera y Krapovickas 2019 basada en el trabajo de Michilsens et al. 2009, la estimación de la masa corporal para las huellas preservadas de la rastrillada HC-17.17 arrojó un valor de 8 tn. Este valor es aproximadamente el doble al observado en potenciales productores (Schiffmann et al 2019).

#### **5.1.7. *Macrauchenichnus***

*Macrauchenichnus patachonicus* nov. comb.

Esta icnoespecie ha sido asignada a *Macrauchenia patachonica* Owen, 1838 (Litopterna, Macraucheniidae) (Aramayo y Manera de Bianco 1987a). Este icnotaxón comprende huellas distintivas tridáctilas de aproximadamente 20 cm de largo y ancho. A partir del registro osteológico de la región pampeana de Buenos Aires (Fariña et al. 1998, Bond 1999, Ferrero et al. 2007; Ferrero 2009), es posible indicar que *Macrauchenia patachonica* es la única especie del Pleistoceno tardío que ha preservado tres dígitos funcionales diferenciados, algo característico de los macrauquénidos. Este rasgo no ha sido observado en otros litopternos a excepción de *Promacrauchenia* (Bonaparte 1965), taxón que hasta el momento no ha sido registrado en estratos posteriores al Plioceno. El análisis del registro osteológico y las características muy particulares de este grupo de huellas, indica que los productores más probables serían macrauquénidos pertenecientes a la especie *M. patachonica*.

### **Estimación de la masa corporal y velocidad**

Estas huellas indican que corresponden a animales cuadrúpedos de tamaño moderado y la estimación de masa corporal (Michilsens et al. 2009) para las dos rastrilladas preservadas indica 1090 kg (HC-16-06) y 2543 kg (HC-16-07)). El

primer valor obtenido está dentro del rango esperado y son semejantes a los obtenidos por otros autores (Fariña *et al.* 1998), en tanto que el segundo es algo superior a lo esperado.

La estimación de la velocidad de desplazamiento del productor se calculó utilizando la fórmula de Alexander (1976) y considerando los ejemplares analizados en los museos MLP 12-1424 y MLP-12-1425. Utilizando el largo de la longitud de los miembros, el valor de velocidad obtenido fue de 1,61 m/s.

### 5.1.8. *Canipeda*

#### *Canipeda gracilis*

El primer hallazgo de huellas de esta icnoespecie en el YPPC consistió en una rastrillada con huellas tetradáctilas, bien definidas, que se atribuyeron a félidos y fueron denominadas *Pehuencoichnum gracilis* Aramayo y Manera 1987b. Estas huellas fueron re-examinadas por Melchor *et al.* (2018), concluyendo que se tratarían de huellas producidas por cánidos.

En primer lugar, se deben tener en cuenta ciertas características para distinguir las huellas de cánidos, félidos y hiénidos de las de otros carnívoros. Para esta distinción se debe considerar: el número de almohadillas digitales, la posición del pie y la diferencia de tamaño que existe entre las huellas de mano y pie. Las huellas de cánidos y félidos son tetradáctilas, digitígradas a subdigitígradas, paraxónicas y típicamente presentan homopodia, aunque las huellas delanteras tienden a ser más grandes que las huellas traseras (Melchor *et al.* 2018). Por otro lado, las huellas de hiénidos, también son tetradáctilas, digitígradas a subdigitígradas y paraxónicas pero generalmente muestran una tendencia a la heteropodia (las huellas anteriores son significativamente mayores que las posteriores). En los hiénidos vivos, la mano tiende a ser de un 10 a un 30% más grande que el pie (Stuart y Stuart 2000). Esta es una característica distintiva de las hienas (Stuart y Stuart 2000; Abi-Said y Abi-Said 2007), excepto por el *aardwolf* (pequeño hiénido insectívoro) que exhibe una huella muy parecida a la de un perro, incluyendo un aspecto macizo de las huellas (almohadillas digitales grandes colocadas muy cerca de la almohadilla metapodial) y una almohadilla

metapodial asimétrica (extremo trasero en ángulo con el eje de la huella).

Del mismo modo, algunas diferencias principales entre las huellas de los cánidos y félidos son (Elbroch 2003; De Angelo *et al.* 2008, 2010): la relación largo-ancho de la huella (ya que la de los cánidos tienden ser más largas que anchas y al revés suele darse en huellas de félidos), la presencia o ausencia de marcas de garras (los cánidos típicamente dejan marcas de garras y los felinos por lo general no) y también la forma de las impresiones de la almohadillas digitales (los cánidos suelen tener impresiones alargadas y los felinos comúnmente muestran impresiones subcirculares). De acuerdo al análisis previo, los materiales descritos en el capítulo anterior como *Canipeda gracilis* (MD-YPI-16-01, MD-YPI-16-02, HC-16-15, HC-17-16a, HC-17-16b) mostraron las típicas características para ser asignadas a cánidos de tamaño pequeño a mediano.

En cuanto al registro osteológico, América del Sur presenta una distribución muy amplia en cuanto a cánidos vivientes (eg Sillero-Zubri *et al.* 2004) así como de especies extintas que habitaron la región durante el Pleistoceno tardío. Dentro de las especies vivientes se incluyen *Atelocynus microtis* (Sclater 1883), *Chrysocyon brachyurus* (Illiger 1815), *Cerdocyon thous* (Linnaeus 1766), *Speothos venaticus* (Lund 1842), *Lycalopex vetulus* (Lund 1842), *Lycalopex culpaeus* (Molina 1782), *Lycalopex gymnocercus* (Fischer 1814) y *Lycalopex griseus* (Gray 1837). A excepción de *A. microtis*, estas especies y todos los géneros se remontan, al menos, al Pleistoceno tardío, edad Lujanense (Berta 1982, 1984, 1987; Novaro 1997, Lucherini y Luengos Vidal 2008; Dalponte 2009; Ramírez y Prevosti, 2014). Las especies de cánidos extintos que se registraron en el Pleistoceno tardío incluyen *Dusicyon avus* (Burmeister 1866), *Lycalopex cf. L. ensenadensis* (Ameghino 1888) y *Canis dirus* (Leidy 1858) (Prevosti *et al.* 2009, 2015; Ramírez y Prevosti 2014). Las huellas de manos observadas en los cánidos vivientes y en *C. gracilis* son más grandes que las impresiones de pies, por lo tanto, sería aceptable considerar un primer enfoque simple para la comparación de *C. gracilis* con las huellas de cánidos actuales que se basa en la longitud de huella promedio para cada especie (Melchor *et al.* 2018). Tanto *L. vetulus* como *L. griseus* pueden ser descartados como posibles productores sobre la base de su menor tamaño (Melchor *et al.* 2018). Aunque son menos conocidas, las huellas de *A. microtis*, de acuerdo a las ilustraciones por Leite



Pitman y Willam (2004), también parecen ser más pequeñas que *C. gracilis*. Sin embargo, si se compara con otros cánidos (Melchor *et al.* 2018, p. 14, tabla 5), el tamaño de la huella de un adulto *A. microtis* (LH = 35 mm) es demasiado pequeño para una masa corporal de 9–10 kg como ha sido indicado para la especie (Leite Pitman y Willam 2004). El promedio la longitud de la huella de *C. gracilis* es hasta un 35% mayor que las de *C. thous*, *S. venaticus*, *L. gymnocercus* y *L. culpaeus* y aproximadamente un 30% más pequeña que las de *C. brachyurus*. Del primer grupo de especies ligeramente más pequeña que *C. gracilis*, se puede distinguir *S. venaticus* por tres razones: 1) las patas de esta especie contienen un intertegumento entre los dedos (Pocock 1914) que ocasionalmente puede registrarse en las huellas (Lima Borges y Tomás 2004) como un “surco” poco profundo entre la parte posterior de la almohadilla digital y la impresión de dígitos III y IV de la mano (Melchor *et al.* 2018, p. 17, fig. 10D). Esta característica no se ha registrado en las huellas fósiles, aunque en los dígitos centrales están muy cerca (Melchor *et al.* 2018). 2) Según Lima Borges y Tomás (2004; fig. 65), las huellas de manos pueden incluir una impresión somera de la punta del primer dígito. Esta característica es única para huellas de cánidos y no se registra en las huellas analizadas. 3) *Speothos venaticus* habita selvas tropicales (Beisiegel y Zuercher 2005), emplazamiento que contrasta con el entorno de tierras bajas de escasa vegetación inferido para la secuencia sedimentaria que alberga huellas fósiles atribuidas a *Canipeda gracilis*. Las mismas muestran una forma general similar a las huellas de zorro medianas a grandes, especialmente con las de *L. gymnocercus*, pero también de *L. culpaeus* y *Cerdocyon thous* (Melchor *et al.*, 2018, sig. 10B, 10C y 10A; respectivamente). Todas estas especies habitan en ambientes abiertos. *Lycalopex gymnocercus* comparte con *C. gracilis* una almohadilla metapodial triangular en la mano y una almohadilla metapodial redondeada del pie, así como un ángulo de divaricación similar para manos y pies (Melchor *et al.* 2018).

Las huellas de *Chrysocyon brachyurus* son considerablemente más grandes que las de *C. gracilis*. Por otra parte, los restos fósiles del Pleistoceno tardío – Holoceno, de *Chrysocyon brachyurus* de la región pampeana de Argentina y el sur de Brasil indican que son de tamaños similares a los actuales (Berta 1988; Prevosti *et al.* 2004, Beisiegel y Zuercher 2005; Auler *et al.* 2006). Esto sugiere

que las huellas de *C. brachyrus* del Pleistoceno tardío tendrían el mismo tamaño que las de las especies modernas correspondientes a esta especie. *Chrysocyon brachyrus* es la especie de cánido de mayor tamaño de América del Sur con gran desarrollo de los miembros y un cuerpo estrecho para habitar en los patizales con vegetación alta y densa (Dietz 1984, 1985). La escasez de rizolitos en el YPPC sugiere baja cobertura vegetal. En cuanto a las especies extintas de cánidos, es más complejo realizar comparaciones, ya que generalmente no se cuenta con restos del esqueleto apendicular, por lo que la asignación taxonómica se basa principalmente en características cráneo-dentales.

Se concluye que, las huellas asignables a *C. gracilis* analizadas en el YPPC probablemente hayan sido producidas por un zorro de tamaño mediano del género *Lycalopex*, donde se incluyen *L. gymnocercus* y *L. culpaeus* (actuales) y probablemente, el género extinto *Lycalopex* cf. *L. ensenadensis*. Además *S. venaticus* (o su pariente fósil, *S. pacivorus*) y *C. thous* están en el rango de tamaño de los productores y no deberían descartarse como tales.

### **Estimación de la masa corporal y velocidad de desplazamiento**

La relación entre masa corporal y área plantar para cánidos vivientes a partir de la información de Murray y Larivière (2002), permite inferir para *Canipeda gracilis* una masa aproximada de 7 kg (Melchor *et al.* 2018). Esta es una estimación que parece ajustarse al tamaño de las huellas fósiles. La estimación de la masa corporal calculada para una de las rastrilladas correspondientes a *C. gracilis* con la fórmula de Michilsens *et al.* (2009) produjo un valor de 25,26 kg. Dicho valor resulta excesivo en comparación con el tamaño de las huellas fósiles.

La velocidad de desplazamiento para el holotipo de *Pehuencoichnum gracilis* (= *Canipeda gracilis*), a partir de la fórmula de Alexander (1976) utilizando datos de longitud de los miembros de cánidos actuales (*L. gymnocercus* y *L. culpaeus*) produjo un valor de 1,06 m/s (Melchor *et al.* 2018).

#### **5.1.9. *Dolichotichnus***

##### ***Dolichotichnus marae***

Estas huellas fueron atribuidas a roedores de la familia Caviidae (Aramayo *et al.* 2015), específicamente a *Dolichotis patagonum* Zimmerman 1780, vulgarmente conocida como mara patagónica. Esta especie habita únicamente en Argentina y se distribuye desde los 28° a 50° de latitud sur y el material fósil indica que está presente desde el Pleistoceno tardío (Campos *et al.* 2001, Politis y Messineo 2008). La asignación a este productor se basa en la morfología general de las huellas y una marcada heteropodia. En particular, el tamaño y la cantidad de dígitos que presenta en cada huella indica que el productor más probable de este tipo de huellas sería la especie *Dolichotis patagonum*.

### **Estimación de la masa corporal**

A partir de la fórmula propuesta de Vera y Krapovickas 2019 basada en el trabajo de Michilsens *et al.* 2009, la estimación de la masa corporal para las huellas preservadas en el material MD-97-14 arrojó un valor de 3,7 g. Este valor es aceptable y podría corresponder a un ejemplar juvenil, considerando que la masa corporal de un adulto es aproximadamente 7-8 kg (Campos *et al.* 2001).

#### **5.1.10. *Ursichnus***

##### *Ursichnus sudamericanus*

Las huellas de esta icnoespecie tienen varias similitudes con la especie de úrsido viviente *Tremarctos ornatus* (Aramayo *et al.* 2015), vulgarmente conocido como oso de anteojos (el mayor úrsido existente en Sudamérica). Esta afirmación se basa principalmente en la morfología general de las huellas, la cantidad de dígitos (5) y la presencia de garras en cada uno de ellos. Los úrsidos (familia Ursidae) de la subfamilia *Tremarctinae* son exclusivos del continente americano y llegaron a Sudamérica hacia el Pleistoceno tardío. Esta subfamilia se compone de cuatro géneros, dos extinguidos (*Plionarctos* Frick 1926 y *Arctodus* Leidy 1854) de América del Norte, uno extinguido de América del Sur (*Arctotherium* Burmeister 1879) y *Tremarctos* Gervais 1855 con una especie extinguida en

América del Norte y otra viviente en América del Sur (Soibelzon 2004; Soibelzon y Tarantini 2009).

El género *Arctotherium* posee cinco especies válidas que exhiben diferentes tamaños y distribución geográfica: *Arctotherium angustidens* Gervais y Ameghino 1880, *Arctotherium bonariensis* Gervais 1852, *Arctotherium tarijense* Ameghino 1902, *Arctotherium vetustum* Ameghino 1885 y *Arctotherium wingei* Ameghino 1902 (Soibelzon y Tarantini 2009; Fariña *et al.* 2013). Soibelzon y Tarantini (2009) realizaron estimaciones de masa corporal de dichas especies, lo que les permitió agruparlas en tres categorías, las de tamaño pequeño a mediano: *A. wingei* (51-150 kg) y *A. vetustum* (102-300 kg); las de tamaño mediano a grande: *A. tarijense* (135-400 kg) y *A. bonariensis* (171-500 kg) y la de tamaño grande a gigante: *A. angustidens* (412-1200 kg).

En Argentina, el hallazgo más completo de *Arctotherium* procede de la provincia de Buenos Aires, donde todas las especies conocidas han sido registradas excepto *A. wingei*. Para el Pleistoceno tardío, *A. tarijense* es la única especie presente (Soibelzon *et al.* 2005). En cuanto a la masa corporal del oso sudamericano actual, *T. ornatus*, varía entre 60 kg (hembra) y 150/175 kg (macho). El tamaño promedio de una huella de mano para el macho de dicha especie es 10 cm de largo y 20 cm de ancho, mientras que las dimensiones del pie tienen un largo de 20 cm y un ancho de 10 cm (Soibelzon y Tarantini 2009; Torres 2011).

Considerando los aspectos mencionados, incluyendo el tamaño observado en las huellas fósiles (LH= 19 cm y AH= 10,5 cm para pies y LH=12 cm y AH= 10,5 cm para manos), su procedencia estratigráfica y geográfica se ha sugerido que el productor de las huellas de *U. sudamericanus* en el YPPC, habría sido la especie *A. tarijense* (Aramayo *et al.* 2015), cuya masa corporal es similar a un macho de la especie actual *T. ornatus*.

### **Estimación de la masa corporal**

A partir de la fórmula propuesta de Vera y Krapovickas 2019 basada en el trabajo de Michilsens *et al.* 2009, la estimación de la masa corporal para las huellas preservadas en el material x arrojó un valor de 163 kg. Este valor es aceptable

se condice con la masa corporal correspondiente a osos actuales (Abella et al 2013)

#### 5.1.11. *Glyptodontidichnus*

##### *Glyptodontidichnus pehuencoensis*

Las huellas asignadas a esta icnoespecie presentan características muy particulares, la morfología subcircular alargada anteriormente, el tamaño (LH=15 cm AH=12 cm para la mano, LH=7 y AH=5,5 cm para el pie) y la cantidad de dígitos impresos (huellas de manos tridáctilas y de pie pentadáctilas). Estos rasgos permitieron a Aramayo *et al.* (2015) asignar este grupo de huellas al género *Glyptodon*, cuyos miembros posteriores se componen de cinco dígitos, mientras que otros géneros de gliptodontes del Pleistoceno tenían un número más reducido de dígitos (Pascual *et al.* 1966). Los miembros anteriores de *Glyptodon* tenían cuatro dígitos (II a V), aunque probablemente el dígito V no se registraba comúnmente en las huellas ya que era divergente y muy pequeño.

Los gliptodontes en América del Sur han sido registrados desde el Eoceno tardío hasta el Holoceno temprano (Hoffstetter 1958; Paula Couto 1979; Politis y Gutiérrez 1998; Carlini y Scillato-Yané 1999; Cione *et al.* 2003; Zurita *et al.* 2005), habiendo experimentado una gran diversificación, reconociéndose al menos cinco subfamilias: 1) Glyptatelinae (Eoceno tardío/Mioceno tardío-Pleistoceno tardío? Scillato-Yané 1977, 1986; Downing y White 1995; Carlini *et al.* 1997, 2004, 2008a; Vizcaíno *et al.* 2003; Bostelmann *et al.* 2008), 2) Propalaehoplophorinae (Oligoceno tardío-Mioceno medio; Scott 1903-1904; Scillato-Yané 1977, 1986; Bondesio *et al.* 1980); 3) Glyptodontinae (Mioceno medio-Holoceno temprano; Cabrera 1944; Castellano, 1953; Carlini y Scillato-Yané 1999; Carlini *et al.* 2008b); 4) Doedicurinae (Mioceno tardío-Holoceno temprano; Hoffstetter 1958; Paula Couto 1979); 5) Hoplophorinae (=Sclerocalyptinae) (Mioceno medio-Holoceno temprano; Scillato-Yané y Carlini 1998a; Scillato-Yané *et al.* 1995; Carlini y Scillato-Yané 1999; Zurita *et al.* 2005; Zurita 2007). A pesar de la diversidad de las subfamilias propuestas, recientes revisiones taxonómicas y filogenéticas (Zurita *et al.* 2013) han propuesto que la

diversidad de este grupo sería mucho menor.

En la provincia de Buenos Aires desde el Ensenadense ya hay registros de la subfamilia Glyptodontinae (Zurita *et al.* 2012). Los géneros reconocidos son: *Glyptodon* Owen 1839 866 (Carlini *et al.* 2008, Fariña *et al.* 1998, Pérez *et al.* 2010, Cuadrelli *et al.* 2019). En particular se han registrado las especies *Glyptodon reticulatus* Owen 1845 (Fariña *et al.* 1998, Cuadrelli *et al.* 2019), *Glyptodon clavipes* (Pérez *et al.* 2010) y *Panochthus tuberculatus*, Owen 1845 (Fariña *et al.* 1998).

Comparaciones entre huellas de *Glyptodontichnus* con calcos de material del esqueleto apendicular de *Glyptodon* sp. indican una marcada similitud entre éstos, a excepción de ciertas variaciones en los ángulos interdigitales (Aramayo *et al.* 2015, p.149, fig. 5B.D). En el marco de la presente Tesis se compararon en detalle las huellas de este icnogénero (MD-YPI-04-04, MD-19-05) con material osteológico correspondiente a *Glyptodon* (MLP-16-44) y se pudo comprobar que la morfología era equivalente con 4 dígitos en cada miembro anterior y 5 en cada miembro posterior. Si bien existen considerables diferencias de tamaño entre ejemplar y las huellas fósiles de la mano (MD-YPI-04-04) (hasta 15 cm de largo), son muy similares a las huellas de pies (MD-19-05). De todas maneras, hay que considerar que el tejido blando sería reflejado en las huellas y esto ampliaría la diferencia de tamaño a favor de las mismas. Teniendo en cuenta fundamentalmente la morfología, el tamaño y el registro osteológico de la zona, las huellas atribuidas a esta icnoespecie podrían ser asignadas a un productor perteneciente a una especie del género *Glyptodon*.

### **Estimación de la masa corporal**

A partir de la fórmula propuesta de Vera y Krapovickas 2019 basada en el trabajo de Michilsens *et al.* 2009, la estimación de la masa corporal para las huellas preservadas en el material x arrojó un valor de 894 kg. Este valor es similar a los valores estimados por Fariña *et al.* 1998 para los potenciales productores de estas huellas.

#### **5.1.12. Hippipeida**

Hippipeda isp.

Las huellas analizadas de este icnogénero fueron asignadas por Aramayo *et al.* (2015) a équidos que habitaron la región durante el Pleistoceno tardío. En la zona de estudio, se han registrado hallazgos correspondientes a las especies *Equus (Amerhippus) sp.* (Aramayo y Manera de Bianco 1989) y *Equus (Amerhippus) neogeus* (Tomassini *et al.* 2020). La última especie además fue hallada en la localidad de Monte Hermoso (Alberdi y Prado 1995). Otro hallazgo procedente de Pehuen Co corresponde a una falange de *E. (Amerhippus) neogeus* registrado por Rodríguez Brizuela (2005), aunque su procedencia exacta es dudosa. Prado *et al.* (2012) también han descrito otras especies de équidos del Pleistoceno tardío hallados entre Pehuen Co y Monte Hermoso: *Hippidion principale* Lund 1846 e *Hippidion devillei* Gervais 1855. De acuerdo a estos registros, es probable que el productor de estas huellas corresponda a individuos del género *Equus* o *Hippidion*.

**Estimación de la masa corporal**

A partir de la fórmula propuesta de Vera y Krapovickas 2019 basada en el trabajo de Michilsens *et al.* 2009, la estimación de la masa corporal para la huella del molde MD-YPI-05-08 arrojó un valor de 364 kg. Este valor es aceptable se condice con la masa corporal correspondiente a los productores mencionados previamente (Mansel y Clutton 2008).

**5.1.13. Aramayoichnus**

Aramayoichnus rheae

Estas impresiones presentan importantes similitudes con las huellas de aves Rheiformes (Palaeognathae), entre las que se encuentran las especies *Rhea americana* (ñandú) y *Rhea pennata* (choique).

Las aves Rheiformes más antiguas se registraron en el Paleoceno de Brasil y

Argentina (Tambussi y Noriega, 1996) y en el Mioceno temprano los representantes del grupo son muy similares a los Rheidae existentes (Tambussi, 1995). En cuanto al registro del Pleistoceno tardío al Holoceno de la provincia de Buenos Aires, esta familia incluye representantes tanto de *Rhea* como de *Pterocnemia* (Tambussi y Tonni, 1985; Tambussi y Acosta Hospitaleche, 2002; Picasso *et al.*, 2011). Aramayo *et al.* (2015) también mencionaron que existen algunas similitudes entre *Aramayoichnus rhae* y huellas del emú australiano (*Dromaius novaehollandiae* de Vis 1892), aunque consideraron que estas últimas son más grandes (Milán 2006).

Por otro lado, las huellas de Moa (Dinornithiformes extinguidas de Nueva Zelanda) muestran tres morfotipos (Lockley *et al.* 2007), aunque éstas se diferencian por tener mayor tamaño (más de 15 cm), ser isométricas o más anchas que largas, exhiben almohadillas digitales amplias y macizas conectadas a una amplia almohadilla metatarso-falangeal y escaso largo de paso. Las huellas de otras aves ratites actuales difieren de las de *Rhea* y emú por ser didáctilas, como es el caso del avestruz *Struthio camelus* Linnæus, 1758 (por ejemplo, Fowler 1991) o por tener una marca de garra muy larga en el dedo II en los casuarios del sur, *Casuarius casuarius* Linnæus, 1758 (por ejemplo, Moore 2003). Algunas comparaciones realizadas entre huellas de ñandúes actuales y las asignadas a *Aramayoichnus rhae*, muestran características muy similares en cuanto al largo y ancho y promedio, ángulo de divarificación de los dígitos, proyección del dígito III y la relación largo/ancho promedio (Fig. 5.6). Este análisis sugiere que las huellas asignadas a *Aramayoichnus rhae* habrían sido producidas por Rheiformes sudamericanos.



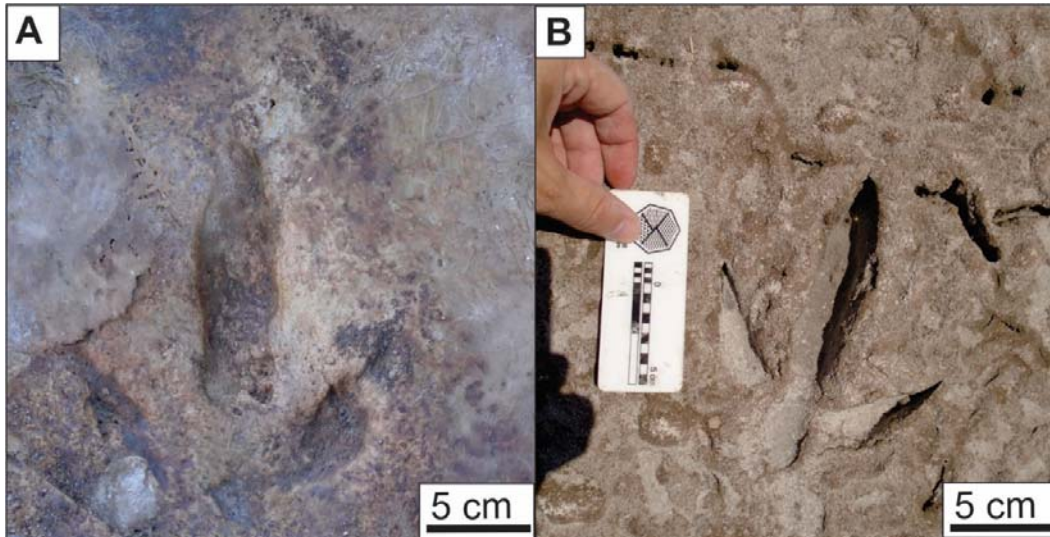


Figura 5.6. Comparación entre (A) el material fósil asignado a *A. rhaea* (MD-YPI-16-05) y (B) huella actual de *Rhea pennata*.

### Estimación de masa corporal

Para estimar el valor de masa corporal de estas huellas se aplicó a la fórmula de Tanaka 2015., Los valores obtenidos para las rastrilladas analizadas han sido los siguientes: 19 kg (MD-YPI-15-02) y 21 kg (HC-21-01). Estos resultados son bastante aproximados a lo que se esperaría obtener para los productores afines a la especie *Rhea pennata* (*Pteronemia pennata*), cuya masa corporal varía entre 15 y 25 kg (Folch 1992).

#### 5.1.14. *Phoenicoptherichnum*

##### *Phoenicoptherichnum pehuencoensis*

Las huellas correspondientes a este icnotaxón fueron asignadas por Aramayo y Manera de Bianco (1987b) a aves palmípedas del género *Phoenicopterus* Linnaeus 1758. La historia evolutiva de los flamencos tiene origen con la especie *Presbyornis antiquus* (Howard 1955) del Eoceno medio de la Patagonia en Argentina. Este fósil tiene relación con las Charadriiformes, en particular con *Recurvirostridae* y *Phoenicopteridae*. Las afinidades han servido para vincular el origen de los flamencos a un antecesor común dentro de los Charadriiformes (Olson y Feduccia 1980). En el continente sudamericano el primer registro

fehaciente de flamencos corresponde a un fósil indeterminado de la familia Phoenicopteridae descrito por Nasif (1989), para el Terciario superior de Catamarca. Presenta características similares a *Presbyornis antiquus* y una mayor afinidad con el género actual *Phoenicopterus* (Mascitti 1996).

Por otra parte, Vuilleumieur (1993) sugiere que la familia Phoenicopteridae migró desde América del Norte a Sudamérica durante el intercambio faunístico de fines del Terciario. Actualmente la familia Phoenicopteridae en América del Sur cuenta con dos géneros y tres especies: *Phoenicopterus chilensis* (de amplia distribución), *Phoenicoparrus andinus* y *Phoenicoparrus jamesi* (estas últimas especies están restringidas a la región andina).

Melchor *et al.* (2012) compararon huellas miocenas asignadas a *Phoenicotherichnum* isp. y huellas de *Phoenicopterus chilensis* (flamencos actuales) concluyendo que, aunque las huellas fósiles eran en promedio de tamaño algo menor (10-20%), comparten características morfológicas. Las huellas de flamencos actuales también presentan importantes similitudes con las huellas asignadas a *Phoenicotherichnum pehuencoensis*. Las características más notorias son: se trata de huellas tridáctilas, de tamaño mediano (HC-16-16, con LH= 10,6 cm y AH= 12,8 cm), palmípedas y en las que la impresión de la membrana interdigital no alcanza a cubrir el extremo del tercer dígito. El material HC-16-16 analizado en el capítulo 4 (Fig. 4.94) exhibe los rasgos típicos de las huellas de *Phoenicopterus chilensis*. Las huellas fósiles del YPPC mencionadas muestran un largo y ancho promedio de 10,6 cm y 12,8 cm, mientras que *P. chilensis* presenta valores promedio de 8-10,5 cm de largo y 9,06-12,14 cm de ancho (medidas de material moderno ilustrado por Melchor *et al.* 2012). De acuerdo a lo analizado anteriormente, lo más probable es que las huellas descritas para esta icnoespecie en el YPPC hayan sido producidas por individuos de la familia *Phoenicopteridae*.

### **Estimación de la masa corporal**

Para estimar el peso corporal, se utilizaron las huellas del material mejor preservado (HC-16-16) aplicando la fórmula de Tanaka 2015. El valor estimado es de 24,11 kg, que es aproximadamente 10 veces superior al peso promedio de

*P. chilensis* (<http://tolweb.org/>).

### **5.1.15. *Charadriipeda***

#### *Charadriipeda* isp.

Estas huellas fueron asignadas por Aramayo y Manera de Bianco (1987b) a ejemplares de la familia Anatidae (Aves, Anseriformes), que tiene una amplia distribución a nivel mundial. Esta familia de aves comprende numerosos géneros y especies de hábitos acuáticos de tamaño mediano o grande, con patas palmeadas, y hallux pequeño que no apoya en el suelo porque se ubica más elevado que el resto de los dedos. Estas características pueden ser apreciadas en los materiales descritos para las huellas asignadas a *Charadriipeda* isp. De acuerdo al análisis de tamaño y morfología de las huellas mencionadas, es muy probable que hayan sido producidas por individuos del género *Anas* Linnaeus 1758 o productores emparentados.

#### **Estimación de la masa corporal**

Para estimar el peso corporal, se utilizaron las huellas del molde MD-YPI-06, aplicando la fórmula de Tanaka 2015. El valor estimado es de 4,6 g, un valor algo superior a lo observado en productores potenciales.

### **5.1.16. *Gruipeda***

#### *Gruipeda* isp.

Esta icnoespecie ha proporcionado registros icnológicos en el YPPC que se pueden distinguir por su tamaño. Hay un conjunto de huellas relativamente pequeñas (promedio LH= 2,78 cm), mayormente tridáctilas, con ocasional impresión del halux (dígito I), las que carecen de membrana interdigital. Estas huellas son características de aves playeras, en particular de chorlos, las que son aves playeras migratorias que pertenecen a Charadriidae (e.g., *Calidris*,

*Charadrius, Pluvialis, Phalaropus*), con huellas similares a las fósiles (Genise et al. 2009).

### **Estimación de la masa corporal**

Para estimar el peso corporal, se consideraron las huellas del molde MD-YPI-16-04 (menor tamaño) y se aplicó la fórmula de Tanaka 2015. El valor estimado es de 300g., un valor acorde a lo observado en productores potenciales.

### **5.2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS TRAZAS FÓSILES**

Para comprender la distribución y abundancia de las trazas fósiles, se realizó un análisis de abundancia, diversidad y orientación tanto de las rastrilladas como de las huellas fósiles halladas en la zona principal del yacimiento (área 2) teniendo en cuenta la distribución vertical/temporal de los materiales.

También se analizó la abundancia, diversidad y grado de preservación de las huellas de acuerdo a las facies descritas en el capítulo 3. Las mediciones fueron realizadas mediante brújula Brunton teniendo en cuenta, en todos los casos, la dirección hacia donde se desplazaban los productores de las huellas (Apéndice 5.1, Tablas 1-3)

### **5.2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS TRAZAS FÓSILES**

Para comprender la distribución y abundancia de las trazas fósiles, se realizó un análisis de abundancia, diversidad y orientación tanto de las rastrilladas como de las huellas fósiles halladas en la zona principal del yacimiento (área 2) teniendo en cuenta la distribución vertical/temporal de los materiales.

También se analizó la abundancia, diversidad y grado de preservación de las huellas de acuerdo a las facies descritas en el capítulo 3. Las mediciones fueron realizadas mediante brújula Brunton teniendo en cuenta, en todos los casos, la dirección hacia donde se desplazaban los productores de las huellas (Apéndice 5.1, Tablas 1-3)

#### **5.2.1. Zona intermareal baja**

Corresponde a los perfiles confeccionados en el Sector Puesto Osteros, Sector Flamencos y el Sector Distal. En este tramo puede observarse que las trazas fósiles suman un total de 55 huellas, correspondientes a 6 icnotaxones

diferentes: *Aramayoichnum rhae*, *Phoenicoterichnum pehuencoensis*, *Lamaichnum guanicoe*, *Lamaichnum tulipensis*, *Macrauchenichnus patachonicus* y *Pecoripeda commune*. El diagrama de rosa indica que la orientación predominante en las huellas y rastrilladas halladas en este tramo indican que el desplazamiento predominante es hacia el suroeste y una secundaria hacia el noroeste (Fig. 5.7).

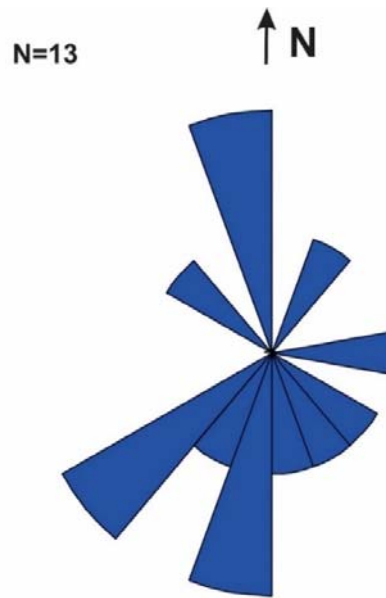


Figura 5. 7. Diagrama de rosa mostrando el desplazamiento predominante de los productores de la zona intermareal baja.

### 5.2.2. Zona intermareal media

Comprende las huellas y rastrilladas registradas en el Sector Flamencos, Sector Tres Palos y Sector Distal. En este tramo puede observarse la mayor concentración de huellas del área 2 del yacimiento, llegando a totalizar 180 huellas individuales (Apéndice 5.1, Tabla 2). La diversidad icnotaxonómica es de 9 icnotaxones: *Phoenicotherichnum pehuencoensis*, *Megaterichnum nov isp.*, *Lamaichnum guanicoe*, *Lamaichnum tulipensis*, *Pecoripeda commune*, *Neomegaterichnum pehuencoensis*, *Mylodontidichnum*, cf. *Glyptodontidichnum isp.* y *Gruipeda isp.* En tanto, el diagrama de rosa confeccionado para el sector, indica que las huellas y rastrilladas tienen una orientación preferencial de desplazamiento hacia el noreste (Fig. 5.8).

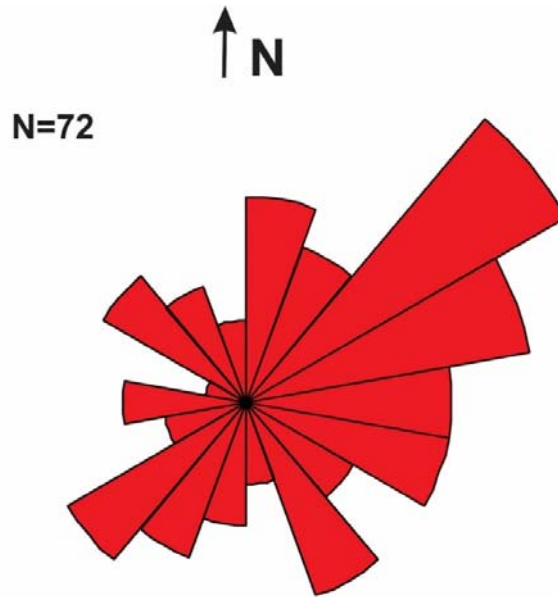


Figura 5. 8. Diagrama de rosa mostrando el desplazamiento predominante de los productores de la zona intermareal media.

### 5.2.3. Zona intermareal alta

Comprende las huellas y rastrilladas registradas en el Sector Flamencos. En este tramo hay una escasa concentración de huellas en relación a los otros tramos y totalizan 25 huellas (Apéndice 5.1, Tabla 3). La diversidad icnotaxonómica también es menor y consiste en 4 icnotaxones: *Pecoripeda commune*, *Proboscipeda australis*, *Neomegatherichnum pehuencoensis* y *Lamaichnum guanicoe*. Esta zona proporcionó sólo 3 orientaciones de huellas y rastrilladas (185°, 182° y 337°, Apéndice 5.1, Tabla 3). Estos datos son escasos para afirmar una orientación particular predominante en este sector.

### 5.3. ABUNDANCIA DE ICNOTAXONES

De la compilación de los datos relevados (Fig. 5.9) se observa que *Lamaichnum guanicoe* es la icnoespecie más abundante, totalizando 87 huellas seguida de *Phoenicotherichnum pehuencoensis* con 47 huellas, *Neomegatherichnum pehuencoensis* (n= 44), *Megatherichnum nov. isp.* (n= 23), *Canipeda gracilis* (n= 17), *Macrauchenichnus patachonicus* (n= 15), *Gruipeda isp.* (n= 12), *Glyptodontidichnus isp.* (n= 11), *Pecoripeda commune* (n= 10), *Lamaichnum*

*tulipensis* (n= 9), *Myodontidichnum rosalensis* (n= 6), cf. *Roepichnus* isp. (n= 6) y *Proboscipeda australis* (n= 3).

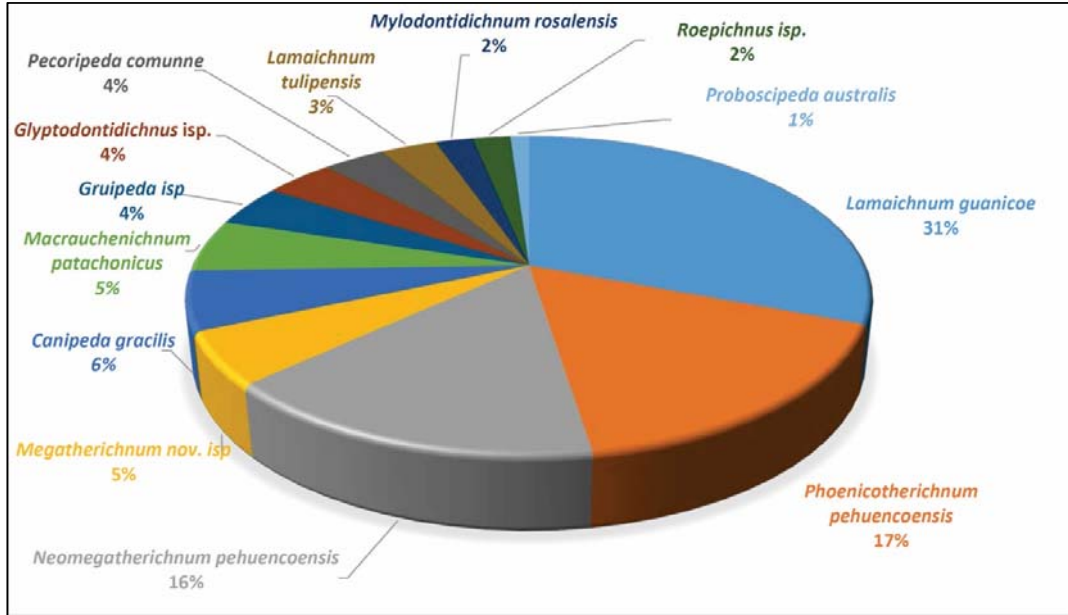


Figura 5.9. Abundancia de los todos los icnotaxones presentes en las principales zonas del área 2 del YPPC.

#### 5.4. DISTRIBUCIÓN LATERAL DE LOS ICNOTAXONES

A partir de la distribución observada en las distintas zonas, se puede comprobar que la zona intermareal media coincide con la mayor cantidad y abundancia de las trazas fósiles y la mayoría de las huellas han sido detectadas en la facies 2. Esta condición probablemente obedece a la distribución espacial de los cuerpos de agua generados en las zonas de encharcamiento, que estuvieron localizadas principalmente en la zona media de la playa actual. La orientación de la línea de costa sería aproximadamente de orientación SO-NE (azimut comprendido entre 39°-59°). Esta afirmación se justifica a partir los datos obtenidos en las distintas zonas analizadas y teniendo en cuenta que las aves playeras, incluyendo las productoras de *Phoenicopterichnum pehuencoensis*, suelen desplazarse en dirección paralela a los cuerpos de agua durante su alimentación (Cohen *et al.* 1993, Melchor *et al.* 2012, Melchor 2015) (Fig. 5.10).

En tanto, la zona intermareal baja presenta una densidad menor debido a que allí hay alternancia de las facies 1 y 2, con predominio de la facies 1, la cual posee escasas huellas fósiles. La zona intermareal alta es la que ha proporcionado menos abundancia y diversidad de huellas y esto posiblemente está directamente relacionado con la transición entre las facies 2 y 3, con predominio de la facies 3 que es más escasa en trazas fósiles. De todas maneras, debe tenerse en cuenta que la zona intermareal alta ha sido poco relevada por estar la mayor parte del tiempo cubierta de arena.

El diagrama de rosa que integra las direcciones de desplazamiento de los mamíferos y aves cursoriales (*Aramayoichnus rheae*) (Fig. 5.11) muestra dos orientaciones preferenciales: SO-NE, coincidente con la orientación del cuerpo de agua y una dirección NNE-SSO (en menor medida) esta última indicaría el desplazamiento perpendicular hacia el cuerpo de agua que se desplazarían hacia el cuerpo de agua para beber y luego retirarse.

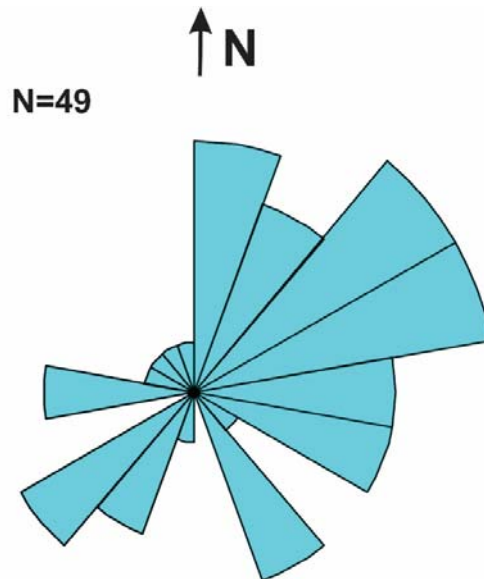


Fig. 5.10. Diagrama de rosa considerando sólo la orientación de las huellas asignadas a aves



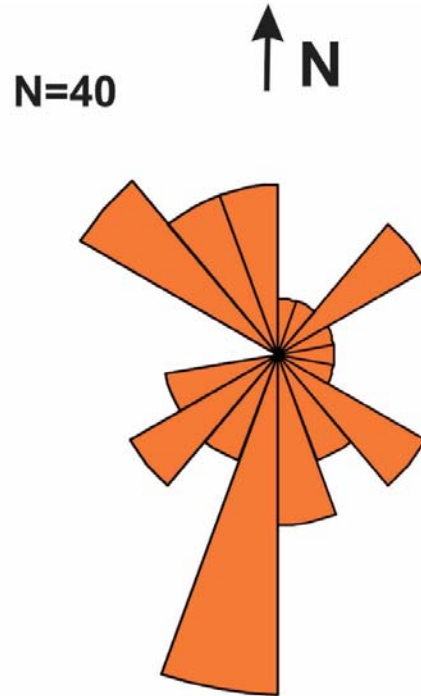


Figura 5.11. Diagrama de rosa exhibiendo las orientaciones preferenciales de huellas asignadas a mamíferos y aves cursoriales

## 5.5. DISTRIBUCIÓN DE LAS TRAZAS FÓSILES POR FACIES SEDIMENTARIAS

El análisis de la distribución de las huellas observadas en este trabajo de acuerdo a las facies descritas en el capítulo 3, indica que la facies 2 es la principal portadora de las mismas (Tabla 5.10) ya que presenta la mayor icnodiversidad y abundancia de trazas fósiles. Esto probablemente obedecería a las condiciones paleoambientales (lagos someros) en las cuales fueron favorables para las condiciones tafonómicas que permitieron su preservación.

En tanto, las huellas presentes en la facies 1 presentan menor grado de preservación e icnodiversidad respecto a las observadas en la facies 2, lo cual podría sugerir que el ambiente de formación (fluvial y flujos de detritos) habría sido menos favorable para su preservación.

En cuanto a las facies 3 y 4, la icnodiversidad y abundancia de las huellas son las más bajas registradas en el área de estudio, esto posiblemente se corresponda al paleoambiente en el cual se generaron (retrabajo eólico para la facies 3 y planicie fangosa para la facies 4) y a la falta de registro por encontrarse en sectores que generalmente están cubiertos de arena.

FACIES	SECTOR	AREA	ICNODIVERSIDAD	ABUNDANCIA	PALEOAMBIENTE
1	PUESTO OSTRERO	2	2	9	FLUVIAL Y FLUJOS DE DETRITOS
1	HUELLAS HUMANAS	3	1	6	FLUVIAL Y FLUJOS DE DETRITOS
2	FLAMENCOS	2	10	66	LAGOS SOMEROS
2	TRES PALOS	2	4	36	LAGOS SOMEROS
2	DISTAL	2	1	3	LAGOS SOMEROS
2	HUELLAS HUMANAS	3	3	26	LAGOS SOMEROS
3	FLAMENCOS	2	1	5	RETRABAJO EÓLICO
4	HUELLAS HUMANAS	3	1	2	PLANICIE FANJOSA

Tabla 5.10. Distribución de las trazas fósiles considerando las facies sedimentarias

## **CAPÍTULO 6**

### **CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES**

#### **6.1. MARCO SEDIMENTOLÓGICO DE DETALLE DEL YPPC**

El estudio sedimentológico realizado en la zona de trabajo a partir del análisis de las secciones sedimentológicas de detalle, permitió definir un esquema de cuatro facies sedimentarias bien diferenciadas. El esquema de facies propuesto en este trabajo de Tesis permitió realizar inferencias paleoambientales principalmente para las capas portadoras de huellas y establecer relaciones con las capas infra y suprayacentes.

La zona intermareal media del Sector Flamencos, es la que ha estado más expuesta durante el desarrollo de las tareas de campo en el marco de la presente Tesis, y fue la que proporcionó mayor cantidad de perfiles sedimentológicos. Los perfiles confeccionados también permitieron determinar un nivel estratigráfico correlacionable que representa una superficie de inundación lacustre. Esta correlación es tentativa, ya que se utilizó como referencia el nivel medio del mar partir de las alturas de mareas proporcionadas por el Servicio de Hidrografía Naval (SHN).

Los depósitos más antiguos descriptos en el YPPC corresponden a flujos diluidos y densos de origen fluvial en sentido amplio, los que resultaron pedogenizados (facies 1). Por encima, se desarrolla un depocentro esencialmente lacustre con intercalaciones de origen eólico (facies 2 y 3). Dentro de la facies 2 se distinguen intervalos arenosos laminados e intervalos pelíticos que muestran transiciones verticales y laterales, depositados en un relieve de muy bajo gradiente. Los intervalos arenosos representan depósitos mantiformes distales de origen fluvial, producidos por flujos diluidos. Los intervalos pelíticos corresponden a una planicie fangosa desarrollada en sectores marginales a los depósitos mantiformes o como resultado del encharcamiento en zonas localmente deprimidas entre depósitos arenosos mantiformes. Estas planicies fangosas habrían mantenido su humedad por un período relativamente prolongado y se asocian con agua esencialmente dulce (Gutierrez Tellez 1996), representando un sustrato con una humedad adecuada que facilitó la formación y preservación

de las huellas fósiles, con muy buena preservación morfológica. En los intervalos entre episodios de flujos mantiformes, el viento retrabajó el material arenoso en las planicies fangosas y áreas más proximales (facies 3). Este retrabajo eólico generó parches arenosos de bajo relieve y escasa dimensión (decímetros de espesor y decenas de metros cuadrados de superficie). Hacia arriba en la sección las intercalaciones de la facies 3 resultan más frecuentes y presentan intercalaciones limosas con huellas fósiles, que podrían representar áreas de interduna. Hay una transición gradual a los depósitos eólicos holocenos que forman las dunas costeras actuales.

Hacia el tope de la sección y en sectores localizados (área 3 del YPPC) aparece la facies 4, que se habría depositado en una planicie arenosa, probablemente marginal a los depósitos lacustres someros. Estos depósitos habrían permitido el desarrollo de matas microbianas, como lo indica su fábrica esponjosa (Noffke *et al.*, 2001).

## 6.2. MARCO ESTRATIGRÁFICO Y CRONOLÓGICO DE DETALLE DEL YPPC

La estratigrafía conocida hasta el momento para región del río Sauce Grande (incluyendo el YPPC) fue analizada por Zavala y Quattrocchio (2001), quienes reconocieron diversas unidades, entre las que se encuentran las formaciones observadas en la zona de estudio. Estos autores, definieron una secuencia estratigráfica en la que se asignó al Pleistoceno tardío al miembro medio de la Secuencia Agua Blanca, de acuerdo a las relaciones con los sedimentos infra y suprayacentes y con una datación  $C^{14}$  efectuada por Aramayo y Manera de Bianco (1996) para el techo de las capas del YPPC. Posteriormente, Manera de Bianco *et al.* (2008), basándose en el trabajo de Zavala y Quattrocchio (2001), ubicaron a la Secuencia San José y a los “niveles marinos de Pehuen Co” por debajo del miembro medio de la Secuencia Agua Blanca, asumiendo que estas unidades eran más antiguas por estar aflorando en una zona topográficamente más baja correspondiente a la zona intermareal baja de la playa (Manera de Bianco *et al.* 2008). A partir de las nuevas edades determinadas mediante los métodos OSL y ESR empleados en esta Tesis, fue posible acotar el intervalo portador de las huellas fósiles perteneciente al miembro medio de la Secuencia

Agua Blanca, entre 28,5 ka (edad OSL) y 12,0 ka (edad C<sup>14</sup>) (Pleistoceno tardío). Las edades ESR obtenidas en esta Tesis sobre valvas retrabajadas de la base del intervalo portador de huellas fósiles (97,6 ka a 62,5 ka), podrían estar indicando la edad máxima del miembro medio de la Secuencia Agua Blanca. Estas nuevas edades, permiten inferir que en la zona de Pehuen Co la Secuencia San José es parcialmente coetánea con el miembro medio de Secuencia Agua Blanca. En tanto, los “niveles marinos de Pehuen Co” que originalmente habían sido colocados estratigráficamente por debajo del miembro medio de la Secuencia Agua Blanca (Manera de Bianco *et al.* 2008), arrojaron una edad OSL ( $7,0 \pm 0,4$  ka) que los ubican en el Holoceno medio. La presencia de *Ophiomorpha in situ* en dichos niveles permite sugerir un episodio de ascenso del nivel del mar, que es coincidente con edades obtenidas en intervalos portadores de estructuras biogénicas de crustáceos (*Psilonichnus?*) en Monte Hermoso y cordones costeros areno-bioclásticos en la zona de Bahía Blanca (Aramayo 1997, Alliota y Farinati 1990, Alliota *et al.* 2013).

El área 3 del yacimiento, también ha sido objeto de algunos trabajos sedimentológicos (Aramayo *et al.* 2002) e icnológicos (Bayón *et al.* 2011) previos. En esta Tesis se analizaron algunas secciones aflorantes en dicho sector, detectándose sedimentos con huellas fósiles de características equivalentes a las observadas en el área 2, lo que permite sugerir que los afloramientos del miembro medio de la Secuencia Agua Blanca tienen una amplia extensión lateral a lo largo de la costa.

### 6.3. ICNOTAXONOMÍA DE HUELLAS DE TETRÁPODOS DEL YPPC

El YPPC ha proporcionado una gran diversidad y abundancia de material icnológico desde los primeros hallazgos en el año 1986 y en años subsiguientes. La última actualización de la composición icnológica del YPPC, corresponde a una contribución póstuma de la Dra. Silvia Aramayo y colaboradores (Aramayo *et al.* 2015), quienes publicaron una revisión de la gran mayoría de los icnotaxones registrados. En dicha contribución se revisaron 15 icnotaxones, algunos de los cuales ya habían sido diagnosticados y otros resultaron novedosos. La compilación realizada en esta contribución abarca todos los

registros previos, incluyendo tanto aquellos conservados *in situ* como el material alojado en el Museo Carlos Darwin. La composición actual de la icnofauna del YPPC comprende 18 icnogéneros y 20 icnoespecies (Tabla 4.1). Esta composición resulta de una revisión de la icnotaxonomía aplicando criterios uniformes, tratando de proponer o enmendar icnotaxones de manera que se basen en rasgos morfológicos claros, con una muestra de material amplia y, esencialmente evitando la proposición de nuevos nombres (*splitting*).

En esta Tesis, se ha intentado agrupar a los distintos icnotaxones reconocidos en el yacimiento, hasta la categoría de icnofamilia, utilizando algunas ya definidas por otros autores y proponiendo algunas nuevas, con la finalidad de esclarecer la icnotaxonomía de huellas de vertebrados del YPPC. La icnotaxonomía de huellas de vertebrados ha resultado compleja a lo largo de su historia, ya que los distintos autores han empleado diferentes criterios de clasificación (icnotaxobases), muchos basados en características biológicas de los supuestos productores más que por cuestiones vinculadas a la morfología de las huellas o rasgos comportamentales. En el capítulo de icnología sistemática se ha discutido y utilizado de manera consistente un conjunto de icnotaxobases para ser aplicadas a nivel de icnofamilia, icnogénero e icnoespecie para las morfologías de huellas observadas en el yacimiento.

Una de las nuevas icnofamilias propuestas (Icnofamilia 1 nov. Icnofam.) es la que reúne a gran parte de las huellas fósiles atribuidas a grandes perezosos extintos, las que comparten una morfología distintiva, representadas por el icnogénero *Megatherichnum*. Estas huellas son muy particulares y son abundantes en el YPPC, así como en otros lugares de Argentina (Tassara *et al.* 2005, Aramayo 2007, Krapovickas *et al.* 2009) y de Norteamérica (McDonald 2007, Bustos *et al.* 2018), lo que justifica su creación y potencial aplicabilidad.

La segunda icnofamilia propuesta (Icnofamilia 2 nov. Icnofam) también ha tenido como finalidad agrupar una gran cantidad de huellas bidáctilas de cuadrúpedos asignadas a diversos artiodáctilos y que tienen como icnogénero tipo a *Lamaichnum*.

En cuanto a los nuevos icnotaxones propuestos, uno de ellos está referido a huellas atribuidas a grandes perezosos (*Megatherichnum* isp. nov.). De acuerdo al análisis de la disposición de las huellas y parámetros icnológicos, esta nueva

icnoespecie indica un desplazamiento cuadrúpedo evidente. Otro de los nuevos icnotaxones propuestos en el capítulo 4 es una nueva combinación (*Macrauchenichnus patachonicus* nov. comb.), que también lleva aparejada una reducción de la aparente diversidad icnotaxonómica de huellas asignadas a ungulados.

#### 6.4. PALEOCOMUNIDAD DE PRODUCTORES

Para la determinación de los productores de las huellas del YPPC se tuvo en cuenta el registro osteológico de la zona en particular, de la provincia de Buenos Aires en general y el análisis de las huellas producidas por animales actuales. El trabajo más complejo resultó determinar los productores de las huellas pertenecientes a animales extinguidos, ya que no se cuenta con representantes actuales que produzcan huellas comparables para poder corroborar fehacientemente la especie biológica que las produjo. Para estos casos se examinó el esqueleto apendicular de ejemplares de la megafauna extinguida depositados en los museos, lo que permitió obtener medidas precisas del esqueleto apendicular y en particular de los autopodios. Las medidas obtenidas permitieron observar semejanzas entre el material fósil y los siguientes icnogéneros: *Neomegatherichnum*, *Myodontidichnum*, *Macrauchenichnus* y *Glyptodontidichnum*. Los potenciales productores de buena parte de estos icnotaxa pertenecen a las familias o subfamilias Megatheriidae (*Megatherium americanum*) y Myodontidae (*Lestodon* sp.), Macraucheniidae (*Macrauchenia patachonica*) y Glyptodontinae (*Glyptodon*) (Aramayo y Manera de Bianco 1987a,b; Aramayo *et al.* 2015). De acuerdo a las comparaciones realizadas en el capítulo 5, se ha podido comprobar que estas especies tienen altas posibilidades de haber sido productoras de las huellas y además podría considerarse a la especie *Scelidothorium leptcephalum* como otro posible productor de *Myodontidichnum rosalensis*. El análisis del esqueleto apendicular de los distintos ejemplares de *Megatherium americanum*, *Lestodon* sp. y *Scelidothorium leptcephalum*, como: tamaño, morfología del autopodio y la distancia glenoacetabular de los ejemplares permitieron sumar evidencias que confirman su autoría en las huellas fósiles de los icnogéneros *N. pehuencoensis*

y *M. rosalensis*. La comparación de la especie *M. americanum* con las huellas de *Megatherichnum* isp. nov., también indicarían que esta especie sería un posible productor de estas huellas.

En cuanto a las huellas de los posibles productores con representantes en la fauna viviente, se realizaron comparaciones tanto con el registro osteológico como con huellas actuales para las icnoespecies *Lamaichnum guanicoe*, *Lamaichnum tulipensis*, *Pecoripeda commune*, *Phoenicopterichnum pehuencoensis* y *Aramayoichnus rhaeae*. En cuanto al icnogénero *Lamaichnum* (que incluye a las icnoespecies *L. guanicoe* y *L. tulipensis*) se ha comparado con el esqueleto apendicular de guanacos (*Lama guanicoe*) y de alpacas (*Vicugna pacos*) actuales y con las huellas que producen los guanacos vivientes. Estas comparaciones permiten sugerir que el tamaño (LH) de ambas especies de *Lamaichnum* se encuentra en el rango de las huellas actuales de *Lama guanicoe*. La analogía mencionada coincide con la asignación original propuesta por Aramayo y Manera de Bianco (1987b) para la icnoespecie *L. guanicoe*, aunque no puede corroborarse con la propuesta que sugiere que las huellas de *L. tulipensis* fueron producidas por el género extinto *Hemiauchenia* (Aramayo et al. 2015), ya que no se cuenta con registros del esqueleto poscraneal para confirmar esta hipótesis. Adicionalmente, las comparaciones entre tejidos blandos y elementos óseos de *Vicugna pacos* (Azzopardi 1987), permite plantear que la almohadilla digital de huellas de camélidos es aproximadamente 40% más larga y 20% más ancha que las falanges II+III. Estas relaciones son de importancia para futuras comparaciones de huellas fósiles con el registro osteológico de los potenciales productores.

*Pecoripeda commune* es atribuida a ciervos de tamaño pequeño a mediano. De acuerdo a las características que se han observado en las huellas y rastrilladas del YPPC, los potenciales productores para las huellas de menor tamaño serían cérvidos de pequeño tamaño correspondientes a la tribu Odocoileini (Aramayo y Manera de Bianco 1987b), y las de tamaño mediano a otros grupos de cérvidos de mayor porte (incluyendo *Morenelaphus*) que habitaron la provincia de Buenos Aires durante el Pleistoceno tardío.

En cuanto a las estimaciones de masa corporal a partir de la fórmula de Michilsens et al. (2009), que ha comenzado a usarse en la estimación de la masa



corporal a partir de huellas fósiles de mamíferos (Vera y Krapovickas, 2019), se ha podido constatar que arroja valores muy por encima de lo esperado para los icnogéneros correspondientes a la Icnofamilia 1 nov. Icnofam. (grandes perezosos terrestres). Esta dificultad para la obtención de un valor razonable en la estimación de la masa corporal mediante el uso de la fórmula de Michilsens *et al.* (2009), también se ha podido observar para algunas huellas de camélidos (HC-16-26 y HC-17-11), en las que los valores obtenidos se encuentran por debajo de lo esperado. Esto podría deberse a la información vinculada al área plantar y a la masa corporal de camélidos actuales presentado por Clemente *et al.* (2020: fig. 6), que no coinciden con lo estimado por la relación de Michilsens *et al.* (2009). Estos resultados indicarían que la mencionada fórmula debería ser reevaluada, quizás ampliando la base de datos, para comprobar si es posible aplicarla para inferir la masa corporal de mamíferos extintos.

#### 6.5. INFERENCIAS SOBRE LA LOCOMOCIÓN PEREZOSOS TERRESTRES

Algunas de las rastrilladas encontradas durante el desarrollo de la presente Tesis, en particular aquellas asignadas a *Megatherichnum* nov. isp. y *Neomegatherichnum pehuencohensis* exhiben una marcha claramente cuadrúpeda. Estos hallazgos permiten poner luz a la biomecánica de los grandes perezosos que ha resultado controvertida a lo largo del tiempo, y por lo tanto es un aporte significativo de la presente Tesis.

#### 6.6. PALEOGEOGRAFÍA LOCAL

La abundancia y variedad de huellas en el YPPC ha podido ser comprobada observando un total de 20 icnoespecies diferentes y al menos 293 huellas *in situ* contabilizadas, en estado de preservación razonable. La mayoría de estos icnotaxones se concentran en la zona intermareal media del Sector Flamencos, ubicado en la parte central del yacimiento, donde también se han medido la mayoría de las secciones sedimentológicas. Analizando en conjunto la orientación de las rastrilladas y huellas fósiles con los rasgos litofaciales de las secciones medidas, es posible postular la existencia de un antiguo cuerpo de

agua localizado en ese sector, con costas de orientación predominantemente SO-NE que formó parte de un ecosistema con un entorno lacustre. La orientación de este cuerpo de agua fue determinada a partir de la disposición de las huellas fósiles asignadas a las aves, mayormente *Phoenicotherichnum pehuencoensis*, cuyos probables productores actuales suelen desplazarse en dirección paralela a la costa durante el forrajeo (e.g., Genise *et al.* 2009, Melchor *et al.* 2012). El resto de los productores han mostrado direcciones de desplazamiento en sentido perpendicular o de alto ángulo con respecto a la costa del cuerpo de agua (aproximadamente NO-SE), lo que indica un desplazamiento hacia él o alejamiento del mismo. Estos individuos pertenecerían a mamíferos y aves cursoriales que habrían frecuentado este sitio para beber agua.

#### 6.7. TAFONOMÍA Y PRESERVACIÓN DE LAS HUELLAS FÓSILES

El grado de preservación de la mayoría de las huellas es muy bueno para gran parte del YPPC, principalmente en la zona intermareal media de los Sectores Flamencos, Tres Palos y Distal. El buen grado de preservación en este sector, estaría relacionado a las condiciones paleoambientales y tafonómicas. En particular, los factores que se consideran esenciales para explicar la buena preservación de las huellas fósiles del YPPC son: 1) tamaño de grano del sedimento, 2) contenido de agua del sedimento, 3) presencia de sedimentos pelíticos laminados con frecuentes intercalaciones de material arenoso y 4) presencia de matas microbianas. El tamaño de grano de las facies 2, la que es típicamente la portadora de huellas fósiles, es arena fina limosa. Este tamaño de grano permitió el moldeado de detalles finos de la morfología del autopodio del productor (por ejemplo, Laporte y Behrensmeyer 1980). El contenido de agua del sedimento está directamente vinculado con la consistencia del mismo. Es muy difícil inferir el contenido de agua de sedimentos litificados, sin embargo, sobre la base de observaciones experimentales (Jackson *et al.* 2010) y actualistas de campo (Genise *et al.* 2009) se ha propuesto que la preservación morfológica es de mayor calidad en un sustrato subaéreo húmedo con un contenido de agua que varía entre 10 y 35%, aproximadamente. La intercalación de sedimentos arenosos con fangosos permite registrar la morfología de huellas de un tamaño

apreciable, como las de perezosos terrestres, dado que la consistencia de los sedimentos arenosos impide que la huella se deforme y pierda su morfología (por ejemplo, Laporte y Behrensmeyer 1980, Romano y Whyte, 2003). Finalmente, la presencia de matas microbianas ha sido frecuentemente citada como un elemento que facilita la formación y preservación de huellas fósiles, dado que son muy frecuentes, reducen la pérdida de humedad y estabilizan la superficie sedimentaria (e.g., Marty *et al.* 2009, Cuadrado y Blasi 2017, Cuadrado *et al.* 2021). En el YPPC se ha detectado la presencia de fábrica esponjosa que indica el desarrollo de matas microbianas.

La zona intermareal baja ha presentado huellas con grado de preservación menor respecto a la zona intermareal media (regular a bueno). Esto posiblemente estaría relacionado a la presencia de sustratos macizos de origen fluvial con menor contenido de humedad.

En cuanto a la zona intermareal alta, el grado de preservación observado ha sido, en general, bueno aunque inferior que en la zona intermareal media, esto seguramente tiene más relación con la erosión actual de la playa y no precisamente a cuestiones paleoambientales o tafonómicas.

## 6.8. DIVERSIDAD DE LA ICNOFAUNA DEL YPPC

A nivel global, el YPPC presenta los valores de icnodiversidad más altos de los yacimientos del Pleistoceno descritos en la literatura (Tabla 1.2). De acuerdo al análisis icnotaxonómico realizado en esta Tesis, se registran 18 icnogéneros y 20 icnoespecies. Entre los casos de estudio de edad similar y con moderada icnodiversidad se encuentran las dunas costeras del Pleistoceno tardío de la costa meridional del Cabo (Cape South Coast), Sudáfrica, en la que se han descrito 10 morfotipos (Helm *et al.* 2019, Lockley *et al.* 2019). Un factor a tener en cuenta aquí es que, esta última icnofauna podría registrar hasta la fecha una menor icnodiversidad debido a que se ha comenzado a describir en diversas contribuciones que datan de los últimos años, en tanto que el YPPC registra una historia de estudios más extendida en el tiempo. También podría mencionarse a una icnofauna Pliocena de la cuenca Vallecito/Fish Creek (California, Estados Unidos), la que registra 13 icnoespecies (Remeika 2001, 2006). Esta cuenca

comprende ambientes de planicie deltaica a planicie aluvial. En este caso, la validez de muchos de los icnotaxones propuestos ha sido cuestionada (e.g., Melchor *et al.* 2018), por lo que no es claro si la icnodiversidad se ajusta a variaciones morfológicas significativas en las huellas fósiles.

## 6.9. CONSIDERACIONES SOBRE ESTUDIOS FUTUROS

Las huellas fósiles del YPPC han demostrado ser una fuente de información sumamente valiosa y que, en conjunto con aspectos de la sedimentología y estratigrafía, han permitido ampliar el conocimiento acerca de la fauna y las condiciones paleoambientales reinantes durante el Pleistoceno tardío de la zona costera de la provincia de Buenos Aires. A pesar de las más de cuatro décadas de estudio en el YPPC, existen aún diversos aspectos a resolver que se han puesto de manifiesto durante el desarrollo de esta Tesis.

- Las correlaciones elaboradas a partir del análisis de facies, fueron determinadas de acuerdo a la posición relativa en la costa, ya que no se cuenta con datos altimétricos de precisión decimétrica. Con el objetivo de mejorar estas correlaciones, sería deseable posicionar las secciones medidas con la ayuda de un GPS diferencial, que permita obtener valores altimétricos en puntos fijos del yacimiento y referir las capas de interés a estos puntos.
- De acuerdo al análisis de los recortes de perforación procedentes de pozos ubicados en el sector norte de la localidad de Pehuen Co, se ha observado un intervalo litológicamente comparable a aquel que compone las capas portadoras de huellas fósiles. Esto permite suponer la continuidad lateral de estas capas portadoras de huellas hacia el continente, lo que podría resultar de interés para detectar nuevos afloramientos con huellas en la zona medanosa costera.
- De acuerdo a las observaciones realizadas en el campo durante el presente trabajo de Tesis y a lo publicado por Casamiquela (1983), puede deducirse que, en los sitios más alejados del área principal, como es el área 3 del yacimiento, existen sedimentos equivalentes a las capas con huellas fósiles del área 2. Este sector resulta de gran interés para futuros

estudios, ya que cuenta con numerosas huellas fósiles en varios afloramientos y además porque la estratigrafía ha sido poco estudiada. Estas huellas fósiles también exhiben menor grado de preservación, por lo que un estudio comparativo con el área 2 podría sugerir los motivos de esa contrastante preservación.

- La zona costera ubicada en la localidad de Playa del Barco también resulta de interés icnológico-sedimentológico ya que ha brindado hallazgos de huellas fósiles de megafauna equivalentes a las observadas en el área 2 del YPPC (Aramayo y Manera de Bianco 1989, Manera *et al.* 2010). Esta zona presenta una litología compleja en la zona intermareal baja y, aunque ha sido parcialmente descrita en diversas contribuciones (Vega *et al.* 1989, Aramayo y Manera 1989, Tomassini *et al.* 2020), merecería la realización de estudios más detallados.
- La tafonomía de las huellas podría ser esclarecida a partir del análisis de las matas microbianas detectadas en el yacimiento (Cuadrado y Blasi 2017), mediante la confección de secciones delgadas que permitan comprender la interacción de estas con el substrato donde se localizan las trazas fósiles.
- La obtención de nuevas edades OSL y ESR en la zona próxima de Playa del Barco y Monte Hermoso permitirá refinar el esquema cronológico y estratigráfico del Pleistoceno tardío-Holoceno de la Reserva Geológica, Paleontológica y Arqueológica Provincial Pehuen Co – Monte Hermoso.

## BIBLIOGRAFIA

- Abbassi, N. y Amini, A. 2008. Ichnology of Miocene vertebrate footprints in the Upper Red Formation, Eyvan-e-key Section, east Tehran, Iran. *Geological Survey of Iran Scientific Quarterly Journal of Geoscience* 67: 56-67
- Abella J, Valenciano A, Pe´rez-Ramos A, Montoya P, Morales J (2013) On the Socio-Sexual Behaviour of the Extinct Ursid *Indarctos arctoides*: An Approach Based on Its Baculum Size and Morphology. *PLoS ONE* 8(9): e73711. doi:10.1371/journal.pone.0073711
- Abi-Said, M. R. y Abi-Said, D. M. 2007. Distribution of the Striped Hyaena (*Hyaena hyaena syriaca* Matius, 1882) (Carnivora: Hyaenidae) in urban and rural areas of Lebanon. *Zoology in the Middle East*, 42(1): 3-14.
- Ahlbrandt, T.S. 1979. Textural parameters of eolian deposits. En: McKee, E. D. (Ed.), *A Study of Global Sand Seas, USGS Professional Paper* 1052: 21-52.
- Agnolin, F. L., Chimento, N. R., Campo, D.H., Magnussen, M., Boh, D.y De Cianni, F. 2018. Large Carnivore Footprints from the Late Pleistocene of Argentina, *Ichnos*, DOI: 10.1080/10420940.2018.1479962
- Alberdi, M.T., Prado, J.L. 1995. Los mastodontes de América del Sur. Evolución Biológica y Climática de la Región Pampeana Durante los Últimos Cinco Millones de Años. Un Ensayo de Correlación con el Mediterráneo Occidental. *Monografías CSIC* 12: 277–292.
- Alcaraz, M.A. 2010. Sistemática de los cérvidos (Mammalia, Artiodactyla) del Pleistoceno de las áreas extraandinas de Argentina. Universidad Nacional de La Plata, Tesis Doctoral, 317 pp.
- Alcaraz, M. A. y Carlini, A. A. 2003. Los cérvidos de las formaciones Toropí y Yupoi (Pleistoceno medio-tardío) de la provincia de Corrientes, Argentina. *XIX Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados, Libro de resúmenes*: 6, La Plata.
- Alcaraz, M. A. y Francia, A. 2013. Diversidad de Cervidae (Mammalia,

- Artiodactyla) en el Pleistoceno de la Provincia de Corrientes, Argentina. *Revista Brasileira de Paleontología* 16: 157-166.
- Alessandri, L., Baiocchi, V., Del Pizzo, S., Di Ciaccio, F., Onori, M., Rolfo, M. F y Troisi, S. 2019. Three-dimensional survey of Guattari Cave with traditional and mobile phone cameras. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42(2/W11): 37-41. <https://doi.org/10.5194/isprs-Archives-XLII-2-W11-37-2019>
- Alexander, R. McN. 1976 Estimates of speeds of dinosaurs. *Nature* 261: 129-130.
- Alexander, R. McN. 1989 Dynamics of Dinosaurs and Other Extinct Giants Columbia University Press. 167 pp
- Alf, R. M. 1959. Mammal footprints from the Avawatz Formation, California. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*, 58: 1-7.
- Alf, R.M. 1966. Mammal trackways from the Barstow Formation, California. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*, 65: 258-264.
- Aliotta, S. y Farinati, E. 1990. Stratigraphy of Holocene sand-shell ridges in the Bahia Blanca Estuary, Argentina. *Marine Geology* 94: 353-360.
- Aliotta, S., Ginsberg, S.S., Spagnuolo, J.O., Farinati, E., Giagante, D. y Vecchi, L.G. 2013. Late Quaternary in a South Atlantic estuarine system: Stratigraphic and paleontologic indicators of coastal evolution. *Journal of South American Earth Sciences* 45: 194-208.
- Altamura, F., Melis, R.T. y Mussi, M. A. 2017. Middle Pleistocene hippo tracksite at Gombore II-2 (Melka Kunture, Upper Awash, Ethiopia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 470: 122–131.
- Álvarez, B.B. 1974. Los Mamíferos fósiles del Cuaternario de Bella Vista, Corrientes (Argentina). *Ameghiniana*, 11: 295-311.
- Ameghino, F. 1885. Nuevos restos de mamíferos fósiles oligocenos, recogidos por el profesor Pedro Scalabrini y pertenecientes al Museo provincial de la ciudad de Paraná. *Boletín de la Academia de Ciencias de Córdoba* 8: 3-207.
- Ameghino, F. 1888. Lista de especies de mamíferos fósiles del Mioceno Superior

de Monte Hermoso, hasta ahora conocidas. Coni, P.E. e hijos, Buenos Aires, pp. 1–21.

Ameghino, F. 1889. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, 6: 1-1027.

Ameghino, F. 1891. Mamíferos y aves fósiles argentinas. Especies nuevas, adiciones y correcciones: *Revista Argentina de Historia Natural*, 1(4): 240-259.

Ameghino, F. 1902. Notas sobre algunos mamíferos fósiles nuevos o poco conocidos del valle de Tarija. *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires* 3: 225–261

Ameghino, F. 1908. Las formaciones sedimentarias de la región litoral de Mar del Plata y Chapalmalán. Museo Nacional de Buenos Aires, 86 pp.

Angulo, R.J. y Casamiquela, R.M. 1982. Estudio estratigráfico de las unidades aflorantes en los acantilados de la costa norte del Golfo de San Matías (Río Negro y extremo austral de Buenos Aires) entre los meridianos 62° 30' y 64° 30'. *Mundo Ameghiniano* 2: 20-73.

Antón, M., López, G. y Santamaría, R. 2004. Carnivore trackways from the Miocene site of Salinas de Añana (Álava, Spain). *Ichnos* 11: 371–384

Aramayo, S. 1997. Cronología radiocarbónica de localidades fosilíferas pleistocenas y holocenas de la costa sud-sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. 6° *Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário e Reunido sobre o Quaternário da América do Sul* (Curitiba, Paraná), *Resúmenes expandidos*: 305-308.

Aramayo, S.A. 2001. Palaeoichnology of ground sloths. 6° International Congress of Vertebrate Morphology. *Abstracts. Journal of Morphology* 248, 202-203.

Aramayo, S.A. 2007 Neogene vertebrate palaeoichnology of the north Atlantic coast of the Río Negro province, Argentina. *Arquivos do Museu Nacional*, Rio de Janeiro, 65 (4): 573-584



- Aramayo, S.A., Gutiérrez Téllez, B. y Schillizzi, R.A. 2005. Sedimentologic and palaeontologic study of the southeast coast of Buenos Aires Province, Argentina. A late Pleistocene-Holocene paleoenvironmental reconstruction. *Journal of South American Earth Sciences. Special Issue on Quaternary Geology and Paleontology of Argentina*. (J. Rabassa, A.A.Carlini and E.P.Tonni, Guest Editors). 20: 65-71
- Aramayo, S. A. y Manera de Bianco, T. 1987a. Hallazgo de una icnofauna continental (Pleistoceno tardío) en la localidad de Pehuen Co, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Parte I: Edentata, Litopterna, Proboscidea. *IV Congreso Latinoamericano de Paleontología. Actas* 1:516–31.
- Aramayo, S. A. y Manera de Bianco, 1987b. Hallazgo de una icnofauna continental (Pleistoceno tardío) en la localidad de Pehuen Co, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Parte II: Carnivora, Artiodactyla y Aves. *IV Congreso Latinoamericano de Paleontología Actas* 1:532–47.
- Aramayo, S. A. y Manera de Bianco, T. 1989. Nuevos hallazgos de mamíferos pleistocénicos en el Yacimiento de Playa del Barco, Provincia de Buenos Aires, *Primeras Jornadas Geológicas Bonaerenses, (1985) Actas: 701 - 712 Tandil*.
- Aramayo, S.A. y Manera de Bianco, T., 1990. Yacimiento paleoicnológico de Pehuen - Co, Partido de Coronel Rosales. Caracterización paleoambiental. *Reunión de campo de Geología del Cuaternario*. Bahía Blanca. *Resúmenes: 16-17*.
- Aramayo, S.A. y Manera de Bianco, T. 1993. Nuevos hallazgos en el yacimiento paleoicnológico de Pehuén-Co (Pleistoceno tardío) Provincia de Buenos Aires. *Primera Reunión Argentina de Icnología, Santa Rosa, Resúmenes: 7*.
- Aramayo, S.A. y Manera de Bianco, T. 1994. Aspectos de la locomoción de mamíferos extinguidos en base a icnitas del yacimiento paleoicnológico de Pehuen-Co (Pleistoceno tardío) Provincia de Buenos Aires. *VI Congreso Argentino de Paleontología Y Bioestratigrafía: 17*.
- Aramayo, S.A. y Manera de Bianco, T. 1996. Edad y nuevos hallazgos de icnitas

de mamíferos y aves en el yacimiento paleoicnológico de Pehuen - Co (Pleistoceno tardío) Provincia de Buenos Aires, Argentina. Reunión Argentina de Icnología *Asociación Paleontológica Argentina. Publicación Especial 4*. 1º: 47-57.

Aramayo, S.A. y Manera de Bianco, T. 1998. Primer registro de Caviidae (Rodentia) y Ursidae (Carnivora) en el yacimiento paleoicnológico de Pehuen- Co (Pleistoceno tardío) Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Tercera Reunión Argentina de Icnología y Primera Reunión de Icnología del Mercosur*. Mar del Plata. *Resúmenes*: 7.

Aramayo, S.A. y Manera de Bianco, T. 2009. Late Quaternary palaeoichnological sites from the Southern Atlantic coast of Buenos Aires Province, Argentina: Mammal, bird and hominid evidence. *Ichnos* 16: 25 32.

Aramayo, S.A., Schillizzi, R.A. y Gutiérrez Téllez, B.M. 2002. Evolución paleoambiental del Cuaternario en la costa atlántica de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Sociedad Geológica de España* 15 (1-2): 95 104.

Aramayo, S.A., Manera de Bianco, T. y Bocanegra, L.M. 2003. Presencia de *Taenidium* Heer, 1877 en el yacimiento paleoicnológico de Pehuen-Co (Pleistoceno tardío) provincia de Buenos Aires, Argentina. *Asociación Paleontológica Argentina. Publicación Especial 9*: 49 52. Buenos Aires.

Aramayo, S., Manera de Bianco, T., Bastianelli, N. y Melchor, R. 2015. Pehuen Co: Updated taxonomic review of a late Pleistocene ichnological site in Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 439:144–65.

Araujo-Junior, H., Souza Barbosa, F. y Silva, L. 2017. Overlapping paleoichnology, paleoecology and taphonomy: Analysis of tooth traces in a late Pleistocene-early Holocene megafaunal assemblage of Brazil and description of a new ichnotaxon in hard substrate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 468: 122–28.

Ashton, N., Lewis, S.G., De Groot, I., Duffy, S.M., Bates, M., Bates R Hoare, P., Lewis, M., Parfitt, S.A. y Peglar, .S. 2014. Hominin Footprints from Early

- Pleistocene Deposits at Happisburgh, UK. *PLoS ONE* 9 (2): e88329. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088329>
- Astibia, H., del Valle de Lersundi, J. y Murelaga, X., 1994, Icnitas de artiodactylos (Mammalia) del Paleógeno de Olcoz (Depresión del Ebro, Navarra): *Estudios Geológicos*, 50: 119-196. [Oligocene; Europe, Spain; Entelodontidae, Entelodontipus sp.]
- Auler, A.S., Piló, L.B., Smart, P.L., Xianfeng, W., Hoffmann, D., Richards, D.A., Edwards, R.L., Neves, W.A. y Cheng, H. 2006. U-series dating and taphonomy of Quaternary vertebrates from Brazilian caves. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v240, (3-4): 508-522.
- Azzopardi, M. 2012. Contribution à l'ostéologie et à l'imagerie médicale de l'alpaga "Vicugna pacos". Thèse d'exercice. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. 268 pp.
- Bargo, M.S., Vizcaíno, S.F., Archuby, F. M. y Blanco, R.E. 2000. Limb bone proportions, strength and digging in some Lujanian (Late Pleistocene-Early Holocene) mylodontid ground sloths (Mammalia, Xenarthra), *Journal of Vertebrate Paleontology*, 20 (3): 601-610.
- Bastianelli, N.V., Manera, T., Aramayo, S.A. 2012. Primer hallazgo del icnogénero *Gruipeda* Panin y Avram, 1962 en el yacimiento Paleocnológico de Pehuen Co (Pleistoceno Tardío), provincia de Buenos Aires. *Ameghiniana* 49 (4). *Suplemento 2012-Resúmenes*: 42.
- Bates, K.T., Manning, P.L., Vila, B., and Hodgetts, D. 2008a. Three dimensional modelling and analysis of dinosaur trackways. *Palaeontology* 51: 999-1010.
- Bayón, C., Manera, T., Politis, G. y Aramayo, S. 2011. Following the tracks of the first SouthAmericans. *Evolution: Education and Outreach* 4, 205-217.
- Bayón, C. y Zavala, C. 1997. Coastal sites in southern Buenos Aires: A review of Piedras Quebradas. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* (Edited by Jorge Rabassa and Monica Salemme) 10 (1994): 224-253.
- Beilinson, E. 2011. Estratigrafía secuencial de alta resolución y análisis

arquitectural de cuerpos en sistemas fluviales de la aloformación Punta San Andrés (Plio-Pleistoceno), Barrancas de Miramar-Mar del Plata. Tesis doctoral Universidad Nacional de La Plata, (inédita), 332 pp., La Plata.

Beisiegel, B. y Zuercher, G. 2005. *Speothos venaticus*. *Mammalian Species*. 783: 1-6. 10.2307/3504515

Belvedere, M. y Mallison, H. 2017. Photogrammetry basics and its application to ichnology

A workshop on how to take pictures and create and analyze a 3D model. Office de la culture section d'archeologie et paleontology. Canton du Jura. Switzerland.

Bennett, M.R., Harris, J. W.K., Richmond, B.G., Braun, D.R., Mbua, E., Kiura, P., Olago, D., Kibunja, M., Omuombo, C., Behrensmeyer, A. K., Huddart, D. y Gonzalez, S. 2009. Early Hominin Foot Morphology Based on 1.5-Million-Year-Old Footprints from Ileret, Kenya. *Science* 323: 1197-1201

Benz A. 2005. The elephant's hoof: macroscopic and microscopic morphology of defined locations under consideration of pathological changes. University of Zurich. Doctoral thesis 146 pp.

Berta, A. 1982. *Cerdocyon thous*. *Mammalian species* 186: 1–4.

Berta, A. 1984. The Pleistocene bush dog *Speothos pacivorus* (Canidae) from the Lagoa Santa Caves, Brazil. *Journal of Mammalogy* 65: 549–59.

Berta, A. 1987. Origin, diversification, and zoogeography of the South American Canidae. In: Studies in neotropical mammalogy: Essays in honor of Philip Hershkovitz, B. D. Patterson and R. M. Timm. *Fieldiana: Zoology*, n. Ser. 39: 455–71.

Berta, A. 1988. Quaternary evolution and biogeography of the large South American Canidae (Mammalia, Carnivora). *University of California Publications, Geological Sciences* 132: 1–149.

Bertling, M., Braddy, S.J., Bromley, R.G., Demathieu, G.R., Genise, J., Mikuláš, R., Nielsen, J.K., Nielsen, K.S.S., Rindsberg, A.K., Schlirf, M. y Uchman,

- A. 2006. Names for trace fossils: a uniform approach. *Lethaia* 39: 265–286.
- Bigazzi, G., Bonadonna, F.P. y Zanchetta, G. 1996. Farola Monte Hermoso: fission-track dating of Darwin's mammals deposit in Argentina. *Journal of Quaternary Science*, 11: 423-426.
- Bjork, P. 1976. Mammalian tracks from the Brule Formation of South Dakota. *Proceedings of the South Dakota Academy of Science* 55: 154–58.
- Blanco, R.E. y Czerwonogora, A. 2003. The gait of *Megatherium* Cuvier 1796 (Mammalia, Xenarthra, Megatheriidae). *Senckenbergiana Biologica*, 83: 61–68.
- Blott, S.J. and Pye, K. 2001. GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*. 26. 1237 – 1248.
- Blumenbach, J.F., 1797. Handbuch der Naturgeschichte. 5th ed. J. H. Dietrich, Göttingen (125 pp.).
- Bonaparte, J.F. 1965. Nuevas icnitas de la Quebrada del Yeso (La Rioja) y reconsideración de la edad de los afloramientos. *Acta Geológica Lilloana* 7: 5–21.
- Bond, M. 1999. Quaternary native ungulates of Southern South America. A synthesis. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 12: 177–205.
- Bondesio, P., Laza, J.H., Scillato-Yané, G.J., Tonni, E.P. y Vucetich, M.G. 1980. Estado actual del conocimiento de los Vertebrados de La Formación Arroyo Chasicó (Plioceno temprano) de La Provincia de Buenos Aires. II Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología, Buenos Aires, 1978, Tomo III: 101–127.
- Bournod, C.N., D.G. Cuadrado, N.B. Carmona, J.J. Ponce y J. Pan, 2014. Estructuras sedimentarias inducidas por actividad microbiana (ESIAM) en la planicie de marea de Puerto Rosales, estuario de Bahía Blanca. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 71:331-344

- Bostelman, E.T. 2008. Primeros registros de Glyptatelinae cuaternarios (Mammalia, Xenarthra), para el Cono Sur de Sudamérica. III Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados, Neuquén. Libro de Resúmenes: 29.
- Bromley, RG 1990. Trace fossils. Biology and taphonomy. 280 pp., Unwin Hyman, Boston
- Bromley, R.G., 1996, Trace fossils: Biology, taphonomy and applications. Second edition. Chapman and Hall, London.
- Brustur, T. 1992. Necesitatea ocrotirii urmelor de activitate animală ale Molasei Miocen inferioară din Vrancea. *Ocrotirea Naturii și a Mediului înconjurător* 36: 121–2
- Burmeister, G. 1864. Fauna Argentina 1. *Mamíferos fósiles. Anales del Museo Nacional de Buenos Aires*, I: 123-142.
- Burmeister, H. 1879. Description physique de la République Argentine d'après des observations personnelles et étrangères. Traduit de l'allemand avec le concours de E. Daireaux. Tome troisième: Animaux vertébrés. Première partie: Mammifères vivants et éteints. Buenos Aires, 3 (1): 1-556 y Atlas.
- Bustos, D., Jakeway, J., Urban, T. M., Holliday, V. T., Fenerty, B., Raichlen, D. A., Budka M., Reynolds S.C., Allen B.D., Love D.W., Santucci V.L., Odess D., Willey H.G., McDonald H.G. y Bennett, M. R., 2018. Footprints preserve terminal Pleistocene hunt? Human-sloth interactions in North America. *Science Advances*, 4 (4), eaar7621.
- Campos, C.M., Tognelli, M.F., Ojeda, R.A., 2001. *Dolichotis patagonum*. The American Society of Mammalogists. *Mammalian Species* 652: 1–5.
- Cabral Perdomo, M.A. 2013. Icnofósiles de vertebrados terrestres del Cenozoico Tardío en el área de "Pie de Vaca", Tepexi de Rodríguez, Estado de Puebla, México. *Paleontología Mexicana*, Año 2 (64) (versión impresa), (3) (versión electrónica): 50-57.
- Cabral-Perdomo, M.A., Bravo-Cuevas, V.M., Pérez-Pérez, A. y García-Cabrera, N. 2018. Descripción de las huellas de camélidos y félidos de la localidad Pie de Vaca, Cenozoico Tardío de Puebla, centro de México y algunas

- consideraciones paleobiológicas. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 70(2): 397–416.
- Cabrera, A. 1926. Revisión de los mastodontes argentinos. *Revista del Museo de La Plata* 32: 61-144.
- Cabrera, A. 1944. Los Gliptodontoideos del Araucaniano de Catamarca: *Revista del Museo de La Plata (Nueva Serie)*, 3(15): 5-76.
- Camens, A.B. y Carey, S.P. 2013. Contemporaneous Trace and Body Fossils from a Late Pleistocene Lakebed in Victoria, Australia, Allow Assessment of Bias in the Fossil Record. *PLoS ONE* 8(1): e52957. doi:10.1371/journal.pone.0052957
- Camens, A., Carey, S. P. y Arnold, L. J. 2017. Vertebrate Trace Fossils from the Late Pleistocene of Kangaroo Island, South Australia, *Ichnos*, DOI:10.1080/10420940.2017.1337633
- Campos, C.M., Tognelli, M.F., Ojeda, R.A., 2001. *Dolichotis patagonum*. The American Society of Mammalogists. *Mammalian Species* 652: 1–5.
- Carette, E. 1922. Cérvidos actuales y fósiles de Sudamérica. Revisión de las formas extinguida pampeanas. *Revista del Museo de la Plata*, 26: 393–472.
- Carlini, A.A. y Scillato-Yané, G.J. 1999. Evolution of Quaternary Xenarthrans (Mammalia) of Argentina. En Quaternary of South America and Antarctic Peninsula (Tonni, E.P.; Cione, A.L.; editores). A.A. Balkema, Rotterdam: 149-175.
- Carlini, A.A., Vizcaíno, S.F y Scillato-Yané, G.J. 1997. Armored Xenarthrans: A Unique Taxonomic and Ecologic Assemblage. In. R.F. Kay, R.L. Cifelli, J.J. Flynn & R.H. Madden (eds.), *Vertebrate Paleontology of the Miocene Honda Group, Republic of Colombia*. Smithsonian Institution Press 13: 213-226.
- Carlini, A.A., Zurita, A.E. y Aguilera, O. 2008a. North American Glyptodontines (Xenarthra, Mammalia) in the Upper Pleistocene of Northern South America. *Palaeontologische Zeitschrift* 82(2): 139-152.

- Carlini, A.A., Zurita, E., Gasparini, G. y Noriega, J. I. 2004. Los Mamíferos del Pleistoceno de la Mesopotamia argentina y su relación con los del Centro Norte de la Argentina, Paraguay y Sur de Bolivia, y los del Sur de Brasil y Oeste de Uruguay: Paleobiogeografía y Paleoambientes *Temas de la Biodiversidad del Litoral fluvial argentino* INSUGEO, *Miscelánea*, 12: 83 – 90.
- Carlini, A.A., Zurita, A.E. y Scillato-Yané, G.J. 2008b. A new glyptodont species from Codore Formation (Pliocene), Estado Falcón (Venezuela), and the 'Asterostemma' problem. *Palaeontologische Zeitschrift* 82(2): 125-138.
- Casamiquela, R.M. 1974. El bipedalismo de los megateroideos. Estudio de pisadas fósiles en la Formación Río Negro típica. *Ameghiniana* 11: 249–282
- Casamiquela 1983. Pisadas del Pleistoceno (superior?) del Balneario de Monte Hermoso, Buenos Aires. La confirmación del andar bipedal en los megateroideos. *Cuadernos del Instituto Superior "Juan XXIII"*, 4: 1–21.
- Casamiquela, R.M. 1987. Novedades en icnología de vertebrados en la Argentina. 10° Congreso Brasileiro de Paleontologia, Rio de Janeiro, *Anais*. 1:419-444.
- Casanovas Cladellas, M L. y Santafé Llopis, J.V. 1974. Nota sobre el hallazgo de icnitas de mamíferos en el Terciario Catalán. *Acta Geológica Hispánica* 9: 45–49.
- Casinos, A. 1996. Bipedalism and quadrupedalism in *Megatherium* Cuvier 1796: an attempt at biomechanical reconstruction. *Lethaia* 29: 87–96.
- Castellanos, A. 1953. Descripción de restos de "*Paraglyptodon uquiensis*" n. sp. de Uquía (Senador Pérez), Jujuy. *Memorias del Museo de Entre Ríos* 32 (Paleontología):1-32.
- Celsi, C. E., Cenizo, M., Sotelo, M. y Salas, R. 2016. Las áreas naturales protegidas de la costa bonaerense. En La Costa Atlántica de Buenos Aires: naturaleza y patrimonio cultural. Editores J.Athor y C. Celsi. Fundación de Historia Natural Félix de Azara. *Capítulo IV: Entorno cultural*: 487-527.



- Cenizo, M. y Agnolin, F. 2007. La presencia del género *Belonopterus* Reichenbach, 1852 (Aves, Charadriidae) en el Pleistoceno de Argentina, con la descripción de *Belonopterus lilloi* nov. sp.. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, Nueva Serie*. 9: 41-47.
- Chimento, N., Zuccari, J., Marchetto, J. y Berbach, L. 2019. Nuevos restos de ciervos (Cervidae, Mammalia) para el Pleistoceno de la Región Pampeana (Argentina): consideraciones paleobiogeográficas y paleoecológicas. *Revista Brasileira de Paleontologia*. 22: 67-85.
- Cione, A.L., Tonni, E. P. y Soibelzon, L.H. 2003. The Broken Zig-Zag: Late Cenozoic Large Mammal and Turtle Extinction in South America. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Nueva Serie* 6: 1-19.
- Citton, P., Díaz-Martínez, I., de Valais, S. y Cónsole-Gonella, C. 2018. Triassic pentadactyl tracks from the Los Menucos Group (Río Negro province, Patagonia Argentina): possible constraints on the autopodial posture of Gondwanan trackmakers. *PeerJ* 6: e5358; DOI 10.7717/peerj.5358.
- Citton, P., Romano, M., Carluccio, R., D'Ajello Caracciolo, F., Nicolosi, I., Nicosia, U., Sacchi, E., Speranza, G. y Speranza, F. 2017. The first dinosaur tracksite from Abruzzi (Monte Cagno, Central Apennines, Italy). *Cretaceous Research* 73: 47-59.  
<https://doi.org/10.1016/j.cretres.2017.01.002>
- Clemente, C.J., Dick, T.J.M., Glen, C.L. y Panayiotopoulos, O. 2020. Biomechanical insights into the role of foot pads during locomotion in camelid species. *Scientific Reports* 10, 3856.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-60795-9>
- Clifton, H.E. y Hunter, R. E. 1999, Depositional and other features of the Merced Formation in sea cliff exposures south of San Francisco, California; in Wagner, D.L. and Graham, S.A., eds., Geologic field trips in Northern California: Centennial meeting of the Cordilleran Section of the Geological Society of America: *California Department of Conservation, Division of Mines and Geology Special Publication* 119: 89-100.

- Cohen, A.S., Halfpenny, J., Lockley, M. y Michel, E., 1993. Modern vertebrate tracks from Lake Manyara, Tanzania and their paleobiological implications. *Paleobiology* 19: 433–458.
- Coombs, M. C. 1983. Large Mammalian Clawed Herbivores: A Comparative Study. *Transactions of the American Philosophical Society*, 73 (7): 1–96.
- Costeur, A., Balme, C. y Legal, S. 2009. Early Oligocene mammal tracks from southeastern France. *Ichnos* 16 (4):257–67.
- Cuadrado, D.G. y Blasi, M. 2017. Reconocimiento de Actividad Microbiana en ambientes silicoclásticos actuales y en paleoambientes. Estudio comparativo para el establecimiento de análogos. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*. 24 (2): 39-73.
- Cuadrado, D.G., Maisano, L. y Quijada, I.E. 2021. Role of microbial mats and high sedimentation rates in the early burial and preservation of footprints in a siliciclastic tidal flat. *Journal of Sedimentary Research* 91: 479-494.
- Cuadrelli, F., Zurita, A.E., Toriño, P., Miño-Boilini, A.R., S., Rodríguez-Bualó, S., Perea, D. y Acuña Suárez, G.E. 2019. Late Pleistocene Glyptodontinae (Mammalia, Xenarthra, Glyptodontidae) from southern South America: a comprehensive review. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 18 pp. DOI: 10.1080/02724634.2018.1525390.
- Czerwonogora, A. 2010. Morfología, sistemática y paleobiología de los perezosos gigantes del género *Lestodon* Gervais 1855 (Mammalia, Xenarthra, Tardigrada). Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. La Plata. 360 pp.
- Dalponle, J. C. 2009. *Lycalopex vetulus* (Carnivora: Canidae). *Mammalian Species* 847:
- Dávalos-Álvarez, O.G., Nieto-Samaniego, A.F., Alaniz-Álvarez, S.A., Martínez-Hernández, E. y Ramírez-Arriaga, E. 2007. Estratigrafía cenozoica de la región de Tehuacán y su relación con el sector norte de la falla de Oaxaca: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 24(2): 197-215.
- de Angelo, C.D., Paviolo, A.J., Di. Blanco, Y.E. y Di Bitetti, M.S. 2008. Guía de Huellas de los Mamíferos de Misiones y otras Áreas del Subtrópico de

- Argentina. Ediciones del Subtrópico. San Miguel de Tucumán. 120 pp.
- de Angelo, C., Paviolo, A. y Di Bitetti, M.S. 2010. Traditional versus multivariate methods for identifying jaguar, puma, and large canid tracks. *Journal of Wildlife Management* 74: 1141–53.
- De Francesco, F. 1970. Geología y estratigrafía del Cenozoico superior pedemontano del flanco occidental de las sierras de Curamalal y Ventana. *Relatorio del VI Congreso de Geología Argentina*. Bahía Blanca, pp. 103-138.
- De Iulis, G. 1996. A systematic review of the Megatheridae (Mammalia, Xenarthra, Megatheridae). Tesis doctoral. University of Toronto. 789 pp.
- Demathieu, G.R. 1984. Utilisation de lois de la mécanique pour l'estimation de la vitesse de locomotion des vertébrés tétrapodes du passé. *Geobios*, 17: 439-446.
- Demathieu, G.R. 1986. Nouvelles recherches sur la vitesse des vertébrés auteurs de traces fossiles. *Geobios*, 19: 327-333.
- Deschamps, C.M. 1998. The presence of *Nechoerus* Hay, 1926 (Rodentia, Hydrochoeridae) in Pleistocenic sediments of Southwestern Buenos Aires Province, Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* (Edited by Jorge Rabassa and Monica Salemme) 11 (1995): 1-14.
- Deschamps, C. M. 2005. Late Cenozoic mammal bio-chronostratigraphy in southwestern Buenos Aires Province, Argentina. *Ameghiniana* 42 (4): 733-750.
- Deschamps, C.M. y Borromei, A.M. 1992. La fauna de vertebrados pleistocénicos del Bajo San José (Provincia de Buenos Aires, Argentina), aspectos paleoambientales. *Ameghiniana* 29 (2):177 – 183.
- Deschamps, C.M. y Tomassini, R.L. 2016. Late Cenozoic vertebrates from the southern Pampean Region: systematic and bio-chronostratigraphic update. En: M. Martínez y D. Olivera (Eds.), *Palinología del Meso-Cenozoico de Argentina - Volumen en homenaje a Mirta Elena Quattrocchio*. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina* 16 (2): 202–225.

- de Valais, S. y Cónsole Gonella, C. A. 2019. An Updated Review of the Avian Footprint Record from the Yacoraite Formation (Maastrichtian-Danian), Northwestern Argentina. *Ichnos*, 26 (3): 224-241.
- de Valais, S. y Melchor, R.N. 2008. Ichnotaxonomy of bird-like footprints: an example from the Late Triassic-Early Jurassic of northwest Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 28: 145- 159
- Diedrich, C. (2011). An Overview of the Ichnological and Ethological Studies in the Cave Bear Den in Urşilor Cave (Western Carpathians, Romania). *Ichnos*, 18: 9-26. 10.1080/10420940.2011.552578.
- Dietz, J. M. 1984. Ecology and social organization of the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*). *Smithsonian Contributions to Zoology* 392: 1–51.
- Dietz, J. M. 1985. *Chrysocyon brachyurus*. *Mammalian Species* 234: 1–4.
- Donchin, J. H. 1983, Stratigraphy and sedimentary environments of the Miocene-Pliocene Verde Formation in the southeastern Verde Valley, Yavapai County, Arizona: M.Sc. Thesis, 182 pp.
- Dondas, A., Isla, F.I. y Carballido, J.L. 2009. Paleocaves exhumed from the Miramar Formation (Ensenadan Stage-age, Pleistocene), Mar del Plata, Argentina. *Quaternary International* 210: 44-50.
- Downing, K. y White, R. 1995: The cingulates (Xenarthra) of Leisey Shell Pit local fauna (Irvingtonian), Hillborough County, Florida.- *Bulletin of the Florida Museum. of Natural History* 37: 375-396.
- Dugés, A., 1894, Félis fósil de San Juan de los Lagos. *La Naturaleza* 2: 421–423.
- Duval, M. 2018. Sobre el potencial de la Resonancia Paramagnética Electrónica como herramienta geocronológica en contextos geoarqueológicos: un resumen de 30 años de investigación en la Península Ibérica. *Boletín Geológico y Minero*, 129 (1/2): 35-57
- ISSN: 0366-0176. DOI: 10.21701/bolgeomin.129.1.002
- Duveau, J., Berillon, G., Verna, C. y Cliquet, D. 2019. The composition of a Neandertal social group revealed by the hominin footprints at Le Rozel (Normandy, France). *Proceedings of the National Academy of Sciences*

116:19409-19414 [https://doi.org/10.1073/pnas.1901789116]  
DOI : 10.1073/pnas.1901789116

- Elbroch, M. 2003. Mammal tracks and signs. A guide to North American species. Pennsylvania: Stackpole Books. 786.pp.
- Espinoza, N. y Melchor, R. N. 2021. Neogene paleoenvironmental evolution of the Northern Patagonian extra-Andean foreland basin, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 112: 103541. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103541>
- Falkingham, P.L. 2012. Acquisition of high resolution three-dimensional models using free, open-source, photogrammetric software. *Palaeontologia*, 15.1.1T. <http://palaeo-electronica.org/content/issue1-2012technical-articles/92-3d-photogrammetry>.
- Falkingham, P., Bates, K. , Avanzini, M., Bennett, M., Bordy, E., Breithaupt, B., Castanera, D., Citton, P., Díaz Martínez, I., Farlow, J., Fiorillo, A., Gatesy, S., Getty, P., Hatala, K., Hornung, J., Hyatt, J., Klein, H., Lallensack, J., Martin, A. y Belvedere, M. 2017. A standard protocol for documenting modern and fossil ichnological data. *Palaeontology*. 61: 469–480.
- Fariña, R. A., Vizcaíno, S. F. y Bargo, M. S. 1998. Body mass estimations in Lujanian (late Pleistocene–early Holocene of South America) mammal megafauna. — *Mastozoología Neotropical* 5: 87–108.
- Fariña, R.A., Vizcaino, S.F., De Iuliis, G. 2013. Megafauna, Giant Beasts of the Pleistocene South America. Indiana University Press, Indiana (436 pp.)
- Feola, S.F., Manera de Bianco, T. y Melchor, R.N. 2018. Bipedal ground sloths? The footprint evidence from the Pleistocene of Argentina. en *Fourth Latin-american Symposium on Ichnology*, Santa Marta, Colombia 2018. Resúmenes: 72-73 .Publicación on line: <http://www.slic2018.com/wp-content/uploads/2018/11/MEMORIAS.pdf>.
- Fernández, E.; Caló, J.; Marcos, A.; Aldacour, H. 2003. Interrelación de los ambientes eólico y marino a través del análisis textural y mineralógico de las arenas de Monte Hermoso, Argentina *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 10, (2): 151-161. Asociación Argentina

de Sedimentología.

- Ferrero, B.S. 2009. Mamíferos del Cuaternario de la provincia de Entre Ríos, Argentina: Diversidad y evolución. Aspectos bioestratigráficos y paleozoogeográficos de una fauna particular. Universidad Nacional de La Plata, Tesis Doctoral, 425 p.
- Ferrero, B.S.; Brandoni, D.; Noriega, J.I. & Carlini, A.A. 2007. Mamíferos de la Formación El Palmar (Pleistoceno tardío) de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 9: 109-117.
- Ferretti, M. 2010. Anatomy of *Haplomastodon chimborazi* (Mammalia, Proboscidea) from the late Pleistocene of Ecuador and its bearing on the phylogeny and systematics of South American gomphotheres. *Geodiversitas* 32: 663–721
- Fidalgo, F., F. De Francesco y R. Pascual. 1975. Geología superficial de la llanura bonaerense (Argentina). *VI Congreso Geológico Argentino, Relatorio*: 103 - 138. Bahía Blanca.
- Fischer, G. 1814. Zoognosia tabulis synopticis illustrata. Volumen Tertium. Nicolas Sergeidis Vsevolozsky. Mosquae XXIV: 1–732.
- Folch, A. 1992. Family Rheidae (Rheas). En: J. Del Hoyo, A. Elliott y J. Sargatal (Eds.), *Handbook of the Birds of the World*, 1 Ostrich to Ducks. Lynx Edicions, Barcelona, p. 84–89.
- Fowler, M.E. 1991. Comparative clinical anatomy of ratites. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 22: 204–22.
- Franklin, W.L. 1982. Biology, ecology and relationships to man of the South American camelids. *Pymatuning Laboratory of Ecology, Special publication* 6: 457-489.
- Frenguelli, J. 1928. Observaciones geológicas en la región costanera sur de la provincia de Buenos Aires. *Anales de la Facultad de Ciencias de la Educación*. Paraná 2 (5): 1-145.
- Frenguelli, J. 1950. Ichnites en el Paleozoico Superior del oeste Argentino.

*Revista de la Asociación Geológica Argentina* 5: 136–148.

- Frick, C. 1926. The Hemicyoninae and an American Tertiary Bear. *American Museum of Natural History Bulletin* 56: 1-110.
- Fürsich, F.T. 1974. On *Diplocraterion* Torell 1870 and the significance of morphological features in vertical, spreiten-bearing, U-shaped trace fossils. *Journal of Paleontology* 48: 952-962.
- García, M. A. 2005. Ichnologie générale de la grotte Chauvet. In: Bulletin de la Société préhistorique française, 102, 1. La grotte Chauvet à Vallon-Pont-d'Arc: un bilan des recherches pluridisciplinaires. *Actes de la séance de la Société préhistorique française*: 103-108.
- Genise, J.F., Melchor, R.N., Archangelsky, M., Bala, L.O., Straneck, R. y de Valais, S. 2009. Application of Neoichnological Studies to Behavioural and Taphonomic Interpretation of Fossil Bird-like Tracks from Lacustrine Settings: The Late Triassic-Early Jurassic? Santo Domingo Formation." Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 272 (3-4): 143–161.
- Gentry A., Franco, C. y Bustos, D. A. 2011. Preliminary Survey of Mammalian Ichnofauna from the Upper-Pleistocene Deposits of White Sands National Monument, Otero County, New Mexico. Gentry, Drew. Mammalian Ichnofauna of White Sands National Monument. Geoscientists-In-the-Parks document, 2011-WHSA. National Park Service, Denver, Colorado. 7 pp.
- Gervais, P. 1848–1852. Zoologie et Paleontologie francaises (animaux vertébrés) ou nouvelles recherches sur les animaux vivantes et fossiles de la France. A. Bertrand, Paris, pp. 1–271.
- Gervais, P., 1855. Histoire naturelle des mammifères, avec l'indication de leurs moeurs, et de leur rapports avec les arts, le commerce et l'agriculture. vol. 2. L. Curmer, Paris (344 pp., 69 pls).
- Gervais, H.F., Ameghino, F. 1880. Los Mamíferos Fósiles de la América del Sur. Sabih e Igon, París y Buenos Aires (225 pp.).
- Gibbard, P.L. y Clark, C.D. 2011. Pleistocene glaciation limits in Great Britain.

- Chapter 7. In: Ehlers, J., Gibbard, P.L., Hughes, P.D. (Eds.), Quaternary Glaciations – Extent and Chronology – A Closer Look. Developments in Quaternary Sciences, Elsevier, vol. 15, pp. 75–93
- Goldring, R., Pollard, J.E. y Taylor, A.M. 1997: Naming trace fossils. *Geological Magazine* 134: 265-268.
- González, S., Huddart, D., Bennett, M.R. y González-Huesca, A. 2006. Human footprints in Central Mexico older than 40,000 years. *Quaternary Science Reviews* 25: 201–222.
- Gray, J.E. 1852. Synopsis of the Species of Deer (Cervina), with the description of a New Species in the Gardens of the Society. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1850: 222-244.
- Gray, J.E. 1872. Catalogue of ruminant Mammalia (Pecora, Linnaeus) in the British Museum. Department of Zoology, British Museum, London.
- Grün, R. 1989. Electron spin resonance (ESR) dating. *Quaternary International* 1: 65-109.
- Grün, R. 2007. LUMINESCENCE DATING 1 Electron Spin Resonance Dating. *Encyclopedia of Quaternary Science*. Elsevier, Oxford: 1505-1516.
- Gudiño Maussán, J.L., Aguilar, F.J. y Hernández-Rivera, R. 2018. Aplicación de fotogrametría digital para el registro de las huellas de dinosaurio de la Formación Cerro del Pueblo (Campaniano tardío), Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 70 (2): 307 – 324. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2018v70n2a3>
- Gutierrez Téllez, B.M. 1996. Diatomeas del Pleistoceno de Pehuen Co (Provincia de Buenos Aires): Inferencias paleoambientales. *Ameghiniana* 33(2): 201-208.
- Hazenfratz-Marks, R. 2014. Nêutrons, radiação e arqueologia: estudo de caso multianalítico de cerâmicas da tradição borda incisa na Amazônia Central. Tesis Doctoral. Universidad de San Pablo. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Librería Digital USP. 453 pp.
- Hatala, K.G., Demes, B. y Richmond BG. 2016. Laetoli footprints reveal bipedal



- gait biomechanics different from those of modern humans and chimpanzees. *Proceedings of Royal Society. B* 283: 20160235. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.0235>
- Helm, C. W., Anderson, R.J., Buckley, L.G., Cawthra, H.C. y de Vynck, J.C. 2017. Biofilm assists recognition of avian trackways in Late Pleistocene coastal aeolianites, South Africa. *Palaeontologia africana* 52: 78–84 — ISSN 2410-4418
- Helm, C.W., Cawthra, H.C., De Vynck, J.C., Lockley, M.G., McCrea, R.T., Venter J. 2019. The Pleistocene fauna of the Cape South Coast revealed through ichnology at two localities. *South African Journal of Science* 115, 9 pp. <https://doi.org/10.17159/sajs.2019/5135>
- Helm, C.W., MacCrae, R., Lockley, M.G., Cawthra, H.C., Thesen, G.H.H. y Mwankunda, J. 2018. Late Pleistocene vertebrate trace fossils in the Goukamma nature reserve, Cape south coast, South Africa. *Paleontologia africana*, 52: 89-101.
- Hoffstetter, R. 1950. Algunas observaciones sobre los caballos fósiles de América del Sur. *Amerhippus* gen. nov. *Boletín Informaciones Científicas Nacionales* 3: 426-454
- Hoffstetter, R. 1952. Les Mammifères pleistocènes de la République de l'Equateur. *Memories de la Société Géologique de France*, 66: 1-391.
- Hoffstetter, R. 1958. Xenarthra. En: Piveteau, J. (Ed.), *Traité de Paléontologie*, 6(2): 535–636
- Howard, H. 1955. A New Wading Bird from the Eocene of Patagonia. *American Museum Novitates* 1710: 1-25
- Hubert, J. F. y Hyde, M.G. 1982. Sheet-flow deposits of graded beds and mudstones on an alluvial sandflat-playa system: Upper Triassic Blomidon redbeds, St Mary's Bay, Nova Scotia. *Sedimentology* 29: 457-474.
- Huddart, D., Bennett, M.R., González, S y Velay, X. 2008. Analysis and Preservation of Pleistocene Human and Animal Footprints: An Example from Toluquilla, Valsequillo Basin (Central Mexico). *Ichnos*, 15:232–245.

- Hunt, A. P. y Lucas, S.G. 2007. Tetrapod ichnofacies: A new paradigm. *Ichnos* 14: 59–68.
- Hunt, A.P. y Lucas, S.G. 2018. The record of sloth coprolites in North and South: Implications for terminal Pleistocene extinctions. *Fossil Record 6. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 79: 277-298.
- Hunt, A.P. y Lucas, S.G. 2019. Hyena hegemony: biogeography and taphonomy of Pleistocene vertebrate coprolites with description of a new mammoth coprolite ichnotaxon. *Ichnos*, DOI: 10.1080/10420940.2019.1612393.
- Hunter, R.E., Clifton, H.E., Hall, N.T., Csaszar, G., Richmond, B.M. y Chin, J.L. 1984. Pliocene and Pleistocene coastal and shelf deposits of the Merced Formation and associated beds, northwestern San Francisco Peninsula, California: *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 1984 Midyear Meeting, Field Trip Guidebook*, 3: 1-19.
- Hutchinson, JR 2021. The evolutionary biomechanics of locomotor function in giant land animals. *Journal of Experimental Biology* 224: jeb217463.
- Ikeya, M., 1993. *New Applications of Electron Spin Resonance: Dating, Dosimetry and Microscopy*. World Scientific New Jersey, USA. 484 pp.
- Illiger, K. 1815. Überblick der s € €augethiere nach ihrer verteilung uber die welttheile. € Akademie der Wissenschaften Berlin Abhandlungen (1804-1811): 39–159.
- Iliopoulos, G., Roussiakis, S. y Fassoulas, C. 2012. First occurrence of carnivore footprint with hyaenid affinities from the Late Miocene of Crete (Greece). *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments* 92:1 69–70.
- Irrazábal, L. y Rey, L. 2015. Nuevos registros de mamíferos fósiles cuaternarios en el arroyo Saladillo, Parque Regional Sur (Rosario, Santa Fe). *Rvista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, n.s. 17 (2): 135-146.
- Jackson, S.J., Whyte, M.A. y Romano, M. 2010. Range of experimental dinosaur (*Hypsilophodon foxii*) footprints due to variation in sand consistency: How wet was the track? *Ichnos* 17: 197-214.
- Jiménez-Hidalgo, E. y Guerrero-Arenas, R. 2018 .The Oldest Camel Footprints

- from Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* [70\(2\)](#): 351-359
- Johnston, C. S. 1937. Tracks from the Pliocene of West Texas. *American Midland Naturalist* 18: 147–52.
- Jones, M.M. 2002. Mammal and Bird Trackways in the Miocene Horse Spring Formation, Clark County, Nevada. [MS Thesis]: Las Vegas, University of Nevada, 96 p. [Miocene; North America, United States, Nevada; Aves, Mammalia]
- Jorden, J.R. y Campbell, F.L. 1984. Well Logging 1- Rock Properties, Borehole Environment, Mud and Temperature Logging. Monograph Series 9, SPE, Dallas, 175 pp.
- Khizhnyakov, A. V. 1954. Novye sledy pozvonochnykh v nizhnemiotsenovykh otlozheniyakh Predkarpatsya [New tracks of vertebrates in the lower Miocene of the pre-Carpathians]. *Geologicheskii Sbornik Lvov Geologicheskii Obshchestva* 1: 177–79.
- Kim, J.Y., Kim, K.S., Kim, S.H., Lee, C.Z. y Lim, J.D. 2009. Preliminary report and other vertebrate footprints from the Late Quaternary Strata of Jeju Island, Korea. *Ichnos* 16:1-11.
- Kim, J.Y., Kim, S.H., Kim, K.S. y Lockley, M. G. 2006. The oldest record of webbed bird and pterosaur tracks from South Korea (Cretaceous) Haman Formation, Changseon and Sinsu Islands): more evidence of high avian diversity in East Asia. *Cretaceous Research*, 26; 56-6
- Kim, J.Y., Kim, K.S., Lockley, M.G. y Matthews, N. 2008. Hominid Ichnotaxonomy: An Exploration of a Neglected Discipline. *Ichnos*, 15: 126–139
- Koenigswald, W., Walders, M. y Sander, P. M. 1995. Jungpleistozäne Tierfährten aus der Emscher-Niederterasse von Bottrop-Welheim. *Münchner geowissenschaftliche Abhandlungen*. 27: 5-50.
- Kordos, L. 1985. Footprints in lower Miocene sandstone at ipolytarnóc, N hungary. *Geologica Hungarica, Series Palaeontologica* 46: 259–415.
- Kraglievich, J.L. 1932. Contribución al conocimiento de los ciervos fósiles del Uruguay. *Anales del Museo de Historia Natural de Montevideo*, 2: 355-

438

- Kraglievich, J. 1946. Resultados de una excursión a Monte Hermoso y zonas vecinas. *Holmbergia, Notas geopaleontológicas* 44(9): 197- 213.
- Kraglievich, L. 1934. La antigüedad pliocena de las faunas de Monte Hermoso y Chapadmalal, deducida de su comparación con las que le precedieron y sucedieron. Imprenta El Siglo Ilustrado. Montevideo. 136 pp.
- Krapovickas, V., Ciccioli, P.L., Mángano, M.G., Marsicano, C.A. y Limarino, C.O. 2009. Paleobiology and paleoecology of an arid–semiarid Miocene South American ichnofauna in anastomosed fluvial deposits. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 284: 129–152.
- Krapovickas, V. y Nasif, N. L. 2011. Large caviomorph rodent footprints of the late Oligocene Vinchina Formation, Argentina. *Palaeontologia Electronica*, 14(12A): 13 p.
- Krapovickas, V. y Vizcaíno, S. 2016. The Cenozoic Radiation of Mammals. En: M. Mángano and L. Buatois (eds.), *The Trace Fossil Record of Major Evolutionary Events*. vol. 2, ;pp. 371–410. Springer, Dordrecht
- Laporte, L. y Behrensmeyer, A.K. 1980. Tracks and substrate reworking by terrestrial vertebrates in Quaternary sediments of Kenya. *Journal of Sedimentary Research* 50: 1337–1346.
- Leonardi, G. 1987. Glossary and Manual of Tetrapod Footprint Palaeoichnology. Departamento Nacional de Produção Mineral, Ministério das Minas e Energia, Brasília. 117 pp.
- Leonardi, G. 1994. Annotated Atlas of South America tetrapod footprints (Devonian to Holocene). Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Rio de Janeiro, Brasil, 247 pp.
- Leidy, J. 1858. Notice of remains of extinct vertebrata, from the Valley of the Niobrara River, collected during the Exploring Expedition of 1857, in Nebraska, under the command of Lieut. G. K. Warren, U. S. Top. Eng., by Dr. F. V. Hayden, geologist to the expedition. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences* 1858: 20–29.

- Leite Pitman, M.R.P. y Williams, R.S.R. 2004. The short-eared dog (*Atelocynus microtis*). En: C. SilleroZubiri, M. Hoffmann and D.W. Macdonald (eds), Canids: Foxes, Wolves and Dogs. Status Survey and Conservation Action Plan, second edition, pp. 26-31. IUCN/SSC Canid Specialist Group, Gland, Switzerland, and Cambridge, UK.
- Leuckart, F. S. 1816. Dissertatio Inauguralis de *Equo bisulco* Molinæ.
- Lima Borges, P.A. y Tomas, W.M. 2004. Guia de rastros e outros vestigios de mamiferos do Pantanal. *Embrapa Pantanal*, 148 pp. Corumba.
- Limarino, C., Schencman, L.J., Isbell, J.L. y Pauls, K.N. 2017. Microfacies clásticas aplicadas a la caracterización de un paleo valle carbonífero (Formación Mlanzán, Cuenca Paganzo). *XX Congreso Geológico Argentino, Actas. Sesión Técnica 7*: 69-73.
- Limarino, C. O., Spalletti, L. A. y Colombo Piñol, F. 2015. Microfábricas de areniscas eólicas de la Formación De la Cuesta (Pérmico), Sierra de Narváez, provincia de Catamarca, República Argentina. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, V 22 (2): 83-108.
- Linnæus, C. 1758. *Systema naturæ per regna tria naturæ, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Tomus I. Editio decima, reformata* pp. 1–4 (1-824. Holmiæ. (Salvius)).
- Liutkus-Pierce, C.M., Zimmer B.W., Carmichael, S.K., McIntosh, W., Deino, A., Hewitt, S.M., McGinnis, K.J., Hartney, T., Brett, J., Mana, S, Deocampo, D., Richmond, B.G., Hatala, K., Harcourt-Smith, W., Pobiner, B., Metallo, A. y Ross, V. 2016. Radioisotopic age, formation, and preservation of Late Pleistocene human footprints at Engare Sero, Tanzania. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 463 (C):68 – 82. ISSN: 0031-0182
- Lockley, M.G. 2007. A tale of two ichnologies: The different goals and missions of vertebrate and invertebrate ichnology and how they related in ichnofacies analysis. *Ichnos*, 14: 39-57.
- Lockley M.G., Cawthr, H. C., De Vynck, J. C., Helm, C. W., McCrea, R. T. y Nel, R. 2019. New fossil sea turtle trackway morphotypes from the Pleistocene

of South Africa highlight role of ichnology in turtle paleobiology. *Quaternary Research*. Copyright © University of Washington. Published by Cambridge University Press. doi:10.1017/qua.2019.40

- Lockley, M., Gregory, M.R. y Gill, B. 2007. The ichnological record of New Zealand's moas: a preliminary summary. *Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*. 42. 73-78.
- Lockley, M. G. y Hunt, A. P. 1995. Dinosaur tracks and other fossil footprints of the Western United States. Columbia University Press. 360 pp.
- Lockley, M.G., Li, R., Harris, J. D., Matsukawa, M. y Liu, M. 2007. Earliest zygodactyl bird feet: evidence from Early Cretaceous roadrunner-like tracks. *Naturwissenschaften*, 94: 657-665
- Lockley, M.G, Matsukawa, M., Ohira, H., Li, J., Wright, J., White, D. y Chen, P. 2006. Bird tracks from Liaoning Province, China: new insights into avian evolution during the Jurassic-Cretaceous transition. *Cretaceous Research*, 27: 33-43.
- Lockley, M. G., Reynolds, R.E., Milner, A.R.C. y Varhalmi, G. 2007. Preliminary overview of mammal and bird tracks from the White Narrows Formation, southern Nevada. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 42: 91–96
- Lockley, M.G., Yang, S.Y., Matsukawa, M., Fleming, F. y Lim, S.K. 1992. The Track Record of Mesozoic Birds: Evidence and Implications. *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 336, (1277): 113-134.
- Lucas, S. G. 2007. Cenozoic vertebrate footprint ichnotaxa named by O.S. Vyalov in 1965 and 1966. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 42: 149–54.
- Lucas, S.G., Allen, B.D., Morgan, G.S., Myers, R.G., Love, D.W. y Bustos, D. 2007. Mammoth footprints from the upper Pleistocene of the Tularosa basin, Doña Ana County, New Mexico. En Lucas, Spielmann and Lockley, eds. Cenozoic Vertebrates Tracks and Traces. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 42:149-154.
- Lucas, S.G. y Hunt, A.P. 2007. Ichnotaxonomy of camel footprints. En Lucas,

- Spielmann y Lockley, eds., 2007, Cenozoic Vertebrate Tracks and Traces. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 42: 155-168.
- Lucas, S. G. y Schultz, G.E. 2007. Miocene vertebrate footprints from the Texas Panhandle. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 42: 77–83.
- Lucas, S.G., Yuan, W. y Min, L. 2013. The palaeobiogeography of South American gomphotheres. *Journal of Palaeogeography*, 2, (1): 19-40.
- Lucherini, M. y Luengos Vidal, E.M. 2008. *Pseudalopex gymnocercus* (Carnivora: Canidae). *Mammalian Species* 820: 1–9
- Lund, P. W. 1842. Fortsatte bemaerkninger over Brasiliens uddøede dirskabning. Lagoa Santa d. 27 de. Marts 1840. Kongl. Dansk. Vid. Selsk. Afhandl. 9: 1–16.
- Lund, P.W. 1846. Meddelelse af det Udbytte de i 1844 undersøgte Knoglehuler have avgivet til Kundskaben om Brasiliens Dyreverden for sidste Jordomvaeltning. *Ebenda* 12: 1-94.
- Magnussen, M. y Boh, D. 2016. Huellas de un tigre dientes de sable en el Pleistoceno tardío de Miramar, provincia de Buenos Aires, República Argentina. XXX Jornadas de Paleontología de Vertebrados. *Ameghiniana* 53 (6) *Suplemento– Resúmenes*: 26.
- Manera de Bianco, T. y S.A. Aramayo, 2003. Primer registro de huellas de Equidae en el yacimiento paleoicnológico de Pehuen Co (Pleistoceno tardío) provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana* 40: Suplemento: 61R.
- Manera de Bianco, T y Aramayo, S.A. 2004. Taphonomic features of Pehuen-Co palaeoichnological site (Late Pleistocene), Buenos Aires province, Argentina. First International Congress on Ichnology (*Ichnia 2004*). Trelew, Argentina. *Abstract book*: 49.
- Manera de Bianco, T., Aramayo, S. y Ortiz, H. O. 2005. Trazas de pelaje en icnitas de megaterios en el yacimiento paleoicnológico de Pehuen Co (Pleistoceno Tardío) Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana* 42 (4) *Suplemento Resúmenes*: 73 R.

- Manera, T., Bastianelli, N. y Aramayo, S. 2010. Nuevo registro de icnitas de mamíferos pleistocenos en Playa del Barco, Pehuen Co, provincia de Buenos Aires, Argentina. *X Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. VII Congreso Latinoamericano de Paleontología*. La Plata. *Resúmenes*: 78.
- Manera de Bianco, T, Aramayo, S.A, Zavala, C. y Caputo, R. 2008. Yacimiento Paleocnológico de Pehuen Co. Un patrimonio natural en peligro. Libro: "*Sitios de Interés Geológico*". Editores del libro: Comisión Sitios de Interés Geológico de la República Argentina (CSIGA). Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino. Editorial: Artes Gráficas Papiros S.A.C.L. Lugar de impresión: Buenos Aires. República Argentina: 509 – 520
- Manera de Bianco, T. y Aramayo, S. 2013. Paleoichnological Site of PehuenCo (late Pleistocene), Buenos Aires province: Mammal, bird and hominid evidence. En: Melchor, R. N., Umazano, A. M. (Eds.), SLIC 2013 *Post-symposium Fieldtrip Guidebook*: 58-74, Santa Rosa.
- Marchetti, L., Belvedere, M., Voigt, S., Klein, H., Castanera, D., Díaz.Martínez, I., Marty, D., Xing, L., Feola, S., Melchor, R.N., Farlow, J.O. 2019. Defining the morphological quality of fossil footprints. Problems and principles of preservation in tetrapod ichnology with examples from the Palaeozoic to the present. *Earth Science Review* 193: 109–145.
- Marshall, L., R. Hoffstetter y R. Pascual. 1983. Mammals and Stratigraphy: Geochronology of the continental mammal bearing Tertiary of South America. *Paleovertebrata. Memoria Extraordinaria*: 1-93. Montpellier.
- Mansel J.C., Clutton R.E. The influence of body mass and thoracic dimensions on arterial oxygenation in anaesthetized horses and ponies. *Vet. Anaesth. Analg.* 2008; 35:392–399. doi: 10.1111/j.1467-2995.2008.00400.x.
- Marty, D., Strasser, A. y Meyer, C.A. 2009. Formation and taphonomy of human footprints in microbial mats of present-day tidal-flat environments: Implications for the study of fossil footprints. *Ichnos* 16: 127–142.
- Mascitti, V. 1998. James Flamingo Foraging Behavior in Argentina. *Colonial*



*Waterbirds*. 21. 277-280.

- Matsukawa, M., Baba, K. y Lockley, M.G. 2007. A mammalian ichnofauna from Plio-Pleistocene terrestrial deposits of westTokyo,Japan. Lucas, Spielmann y Lockley, eds., 2007, *Cenozoic Vertebrate Tracks and Traces*. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 42: 185-199.
- McDonald, H.G. 2007. Biomechanical inferences of locomotion in ground sloths: integrating morphological and track data. In: Lucas, S.G., Spielmann, J.A., Lockley, M.G. (Eds.), *Cenozoic Vertebrate Tracks and Traces*. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 42: 201–208.
- McDonald, H.G., White, R.S., Lockley M.G. y Mustoe, G.E. 2007. An indexed bibliography of Cenozoic vertebrate tracks. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 42.275-293.
- McLaren, D., Fedje, D., Dyck, A., Mackie, Q., Gauvreau, A. y Cohen, J. 2018. Terminal Pleistocene epoch human footprints from the Pacific coast of Canada. *PLoS ONE* 13(3): e0193522. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193522>
- McNeil, P., Hills, L.V., Tolman, M. S. y Kooyman, B. 2007. Significance of latest Pleistocene tracks, trackways and trample grounds from southern Alberta, Canada. Lucas, Spielmann y Lockley, eds., 2007, *Cenozoic Vertebrate Tracks and Traces*. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 42: 209-223.
- Mehl, M.G. 1931. Additions to the vertebrate record of the Dakota Sandstone. *American Journal of Science* 21: 441–452.
- Melchor, R.N. 2015. Application of vertebrate trace fossils to palaeoenvironmental analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 439: 79-96.
- Melchor, R.N., Cardonatto, M.C. y Visconti, G. 2012. Palaeoenvironmental and palaeoecological significance of flamingo-like footprints in shallow-lacustrine rocks: An example from the Oligocene–Miocene Vinchina Formation, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 315–316: 181–198.

- Melchor, R.N., Pérez M., Cardonatto M. C. y Umanzano M. 2015. Late Miocene ground sloth footprints and their paleoenvironment: *Megatherichnum oportoi* revisited. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 439: 144-165. <http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.02.010>
- Melchor, R. N., Pérez, M. y Umanzano, A M. 2013. Continental trace fossils from the Miocene-Pliocene Río Negro Formation (Río Negro and Buenos Aires provinces), Argentina .SLIC 2013 Post-Symposium Fieldtrip. *Guidebook* ,Chapter 2: 26-39
- Menegaz, A.N. 2000. Los Camélidos y Cérvidos del Cuaternario del sector Bonaerense de la región Pampeana. Universidad Nacional de La Plata, Argentina, Tesis doctoral, 206 pp.
- Michilsens, F., Aerts, P., Van Damme, R. y D'Août, K. 2009. Scaling of plantar pressures in mammals. *Journal of Zoology*. 279: 236–242
- Milàn, J., 2006. Variations in the morphology of emu (*Dromaius novaehollandiae*) tracks reflecting differences in walking pattern and substrate consistency: ichnotaxonomic implications. *Palaeontology* 49: 405–420.
- Miño-Boilini, A.R. 2012. Sistemática y evolución de los Scelidotherinae (Xenarthra, Mylodontidae) cuaternarios de la Argentina. Importancia bioestratigráfica, paleobiogeográfica y paleoambiental. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. La Plata. 301 pp.
- Molina, G. I. 1782. Saggio sulla storia naturale del Chili, 368. Bologna, Italy: Stamperia di Santo Tommaso d'Aquino.
- Moore, L. 2003. Ecology and population viability analysis of the southern cassowary *Casuarius casuarius johnsonii* Mission Beach, North Queensland. Masters (Research) thesis, James Cook University 202 pp.
- Moore D. M. y Reynolds R. C. 1997. X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. New York, Oxford University Press. 400 pp.
- Montalvo, C. I., Zarate, M. A., Bargo, M. S. y Mehl, A. 2013. Registro Faunístico y Paleoambientes del Cuaternario Tardío, Provincia de la Pampa, Argentina. *Ameghiniana* 50 (6): 554-570.

<https://doi.org/10.5710/AMGH.21.09.2013.703>

- Morales, J., Senut, B. y Pickford, M. 2011. *Crocota dietrichi* from Meob, Namibia: implications for the age of the Tsondab Sandstone in the coastal part of the Namib Desert. *Estudios Geológicos*, 67, 2: 207-215
- Moreno K, Bostelmann JE, Macías C, Navarro-Harris X, De Pol-Holz R, Pino M. (2019). A late Pleistocene human footprint from the Pilauco archaeological site, northern Patagonia, Chile. *PLoS ONE* 14(4): e0213572. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213572>
- Morse, S.A., Bennett, M.R., González, S. y Huddart, D. 2010. Techniques for verifying human footprints: reappraisal of pre-Clovis footprints in Central Mexico. *Quaternary Science Reviews* 29: 2571-2578.
- Mothé, D., Avila, L.S., Cozzuol, M.A., 2013. The South American gomphotheres (Mammalia, Proboscidea Gomphotheriidae): taxonomy, phylogeny and biogeography. *Journal of Mammal Evolution* 20: 23–32.
- Muñiz, F., Cáceres, L.M., Rodríguez-Vidal, J., Neto de Carvalho, C., Belo, J., Finlayson, C., Finlayson, G., Finlayson, S, Izquierdo, T., Abad, M., Jiménez-Espejo, F., Sugisaki, S., Gómez, P. y Ruiz, F 2019. Following the last Neanderthals: mammal tracks in late Pleistocene coastal dunes of Gibraltar (S Iberian Peninsula). *Quaternary Science Reviews*, 217: 297-309. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.01.013>
- Murray, D.L. y Larivière, S. 2002. The relationship between foot size of wild canids and regional snow conditions: Evidence for selection against a high footload? *Journal of Zoology* 256: 289-299.
- Muybridge, E, 1957, *Animals in Motion*: New York, Dover Publications, 74 pp. 183 plates.
- Nasif, N. 1989. Primer Registro de Flamencos del Terciario Superior, Valle del Cajón (Provincia de Catamarca, Argentina). *Ameghiniana*, 25 (2):169-173.
- Neto de Carvalho, C. 2009. Vertebrate tracksites from the Mid-Late Pleistocene eolianites of Portugal: the first record of elephant tracks in Europe. *Geological Quarterly* 53:407–14.

- Neto de Carvalho, C. 2011. Pegadas de vertebrados nos eolianitos do Plistoceno Superior do Sudoeste Alentejano, Portugal. *Comunicações Geológicas*, 98: 99-108.
- Neto de Carvalho, C., Figueiredo, S. y Belo, J. 2016. Vertebrate tracks and trackways from the Pleistocene eolianites of SW Portugal. *Comunicações Geológicas* 103, Especial I: 101-116.
- Neto de Carvalho, C., Muñiz, F., Galán, J. M., Rodríguez-Vidal, J., Gómez, P., Toscano, A., Ruiz, F., Belo, J., Belaústegui, Z., Cáceres, L.M., Finlayson, G., Finlayson, S., Giles Guzmán, F. y Finlayson, C. 2020. First vertebrate tracks and palaeoenvironment in a MIS-5 context in the Doñana National Park (Huelva, SW Spain). *Quaternary Science Reviews* 243. 106508, ISSN 0277-3791. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106508>.
- Nininger, H.H. 1941. Hunting prehistoric lion tracks in Africa. *Plateau*, 14: 21-27.
- Noffke, N., Gerdes, G., Klenke, T. y Krumbein, W.E. 2001. Microbially induced sedimentary structures - a new category within the classification of primary sedimentary structures. *Journal of Sedimentary Research* 71: 649-656.
- Novaro, A.J. 1997. *Pseudalopex culpaeus*. *Mammalian Species* 558:1-8.
- Oliva, C., Arregui, M. 2017. Evidences of ungual disorders in fossil tracks of holarctic ungulates: gomphotheres (proboscidea, gomphotheriidae), equids (perissodactyla, equini) and camelids (artiodactyla, lamini); ichnotaxonomic implications. *Ameghiniana* 54 (4). *Suplemento resúmenes*: 38
- Oliva, C., Arregui, M. 2018, Mammalian Ichnopathology: a case study of Holarctic Ungulates (Gomphotheriidae, Equidae, Camelidae) of the Late Pleistocene of South America. Ichnotaxonomic implications: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 70(2): 417–447.
- Oliveira, E., Bélo, P., Fambrini, G.L, Sial, A.N., Alcina, M.F. y Barreto, A.M.F. 2019. A new late Pleistocene ichnological site with mammal footprints from Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 94. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102216>

- Olson, S. L. y Feduccia, A. 1980. [Relationships and evolution of flamingos \(Aves, Phoenicopteridae\)](#). Smithsonian Institution. *Smithsonian contributions to Zoology*, 316: 1-73.
- Owen, R., 1838. Fossil Mammalia. In: Darwin, C. (Ed.), *The Zoology of the Voyage of HSM Beagle 1*. Smith, Elder and Co., London, pp. 1–40
- Owen, R. 1839. Description of a tooth and part of the skeleton of the *Glyptodon*, a large quadruped of the edentate order, to which belongs the tessellated bony armour figured by Mr. Clift in his memoir on the remains of the *Megatherium*, brought to England by Sir Woodbine Parish, F.G.S. *Proceedings of the Geological Society of London* 3: 108-113.
- Owen, R. 1845. Account of various portions of the *Glyptodon*, an extinct quadruped, allied to the armadillo, and recently obtained from the Tertiary deposits in the neighbourhood of Buenos Aires. *Quarterly Journal of the Geological Society of London* 1: 257-262.
- Paik, I.S. y Kim, H.J 2006. Playa lake and sheetflood deposits of the Upper Cretaceous Jindong Formation, Korea: Occurrences and palaeoenvironments. *Sedimentary Geology* 187: 83-103.
- Panin, N. y Avram, E. 1962. Noe urme de vertebrate in Miocenul Subcarpaților rominești. *Studii si Cercetari de Geologie*. 7, 455–484
- Pardiñas, U.F.J. y Deschamps, C. 1996. Sigmodontinos (Mammalia, Rodentia) pleistocénicos del sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina): aspectos sistemáticos, paleozoogeográficos y paleoambientales. *Estudios Geológicos* 52: 367-379.
- Parfitt, S.A., Ashton, N., Lewis, S.G., Abel, R.L., Coope, G.R., Field, M.H., Gale, R., Hoare, P.G., Larkin, N.R., Lewis, M.D., Karloukovski, V., Maher, B.A., Peglar, S.M., Preece, R.C., Whittaker, J.E. y Stringer, C.B. 2010. Early Pleistocene human occupation at the edge of the boreal zone in northwest Europe. *Nature* 466: 229-233.
- Pascual, R., Ortega Hinojosa, E.J., Gondar, D. y Tonni., E.P. 1965. Las Edades del Cenozoico mamalífero de la Argentina con especial atención a aquellas del territorio bonaerense. *Anales Comisión de Investigaciones*

*Científicas* 6: 165-193. Buenos Aires.

- Pascual, R.; (director). 1966. Vertebrata. En *Paleontografía Bonaerense*. Fascículo IV (Borrello, A.V.; editor). Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, 202 pp.
- Pasenko, M. R. 2017. Quantitative and qualitative data of footprints produced by Asian (*Elephas maximus*) and African (*Loxodonta africana*) elephants and with a discussion of significance towards fossilized proboscidean footprints *Quaternary International* 443: 221–227.
- Paula Couto, C. 1979. *Tratado de Paleomastozoología*. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 590 p.
- Peinado Checa, Z., Fernández Morales, A. y Hernández, A.L. 2014. Combinación de fotogrametría terrestre y aérea de bajo coste: el levantamiento tridimensional de la iglesia de San Miguel de Ágreda (Soria). *Virtual Archaeology Review* 5; 51-58.
- Pérez Carusi, L.C., Beade, M.S., Miñarro, F., Vila, M., Giménez-Dixon, A.R. y Bilenca, D.N. 2009. Relaciones espaciales y numéricas entre venados de las pampas (*Ozotoceros bezoarticus celer*) y chanchos cimarrones (*Sus scrofa*) en el Refugio de Vida Silvestre Bahía Samborombón, Argentina. *Ecología Austral* [online].19 (1):63-71. ISSN 1667-782X.
- Pérez-Lorente, F., Herrero, C., Herrero, E. y Montoya, P. 2009. *Paracamelichnum Jumillensis* n.ichnogen. n.ichnosp., Upper Miocene Camelidae Ichnites from the Hoya de la Sima site (Murcia, Spain). *Ichnos*, 16: 208–219.
- Pérez-Lorente, F., Serrano, F., Rodríguez, T., Mancheño, M.A. y Romero, M. 1999. Pisadas fósiles de mamíferos en el Mioceno superior de la Hoya de la Sima (Jumilla, Murcia, España). *Revista Española de Paleontología* 14: 257–67
- Pérez, L.M., Toledo, N., De Iuliis, G., Bargo, M.S. y Vizcaíno, S.F. 2010. Morphology and function of the hyoid apparatus of fossil Xenarthrans (Mammalia). *Journal of Morphology*, 271: 1119-1133.
- Pillola, G.L. y Zoboli, D. 2017. Dwarf mammoth footprints from the Pleistocene of

- Gonnesa (southwestern Sardinia, Italy). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 56: 57-64.
- Platt, B.F., Hasiotis, S.T. y Hirmas, D.R. 2012. Empirical determination of physical controls on megafaunal footprint formation through neoichnological experiments with elephants. *Palaios* 27: 725–737.
- Pocock, R. I. 1914. On the feet and other external features of the Canidae and Ursidae. *Proceedings of the Zoological Society of London*: 913–941.
- Pohlig H. 1912. Sur une vieille mandibule de ‘*Tetracaulodon ohiotocum*’ Blum., avec défense *in situ*. *Bulletin de la Société Belge Géologique*, 26: 187-193.
- Politis, G. y Gutierrez, M. 1998. Gliptodontes y Cazadores-Recolectores de la Región Pampeana (Argentina). *Latin American Antiquity*. 9: 111-134
- Politis, G.G. y Messineo, P.G. 2008. The Campo Laborde site: New evidence for the Holocene survival of Pleistocene megafauna in the Argentine Pampas, *Quaternary International*, 191, (1): 98-114.
- Politis, G. y Pedrotta, V. 2006. Recursos faunísticos y estrategias de subsistencia en el este de la región pampeana durante el Holoceno tardío: el caso del guanaco (*Lama guanicoe*). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*. 31: 301-336.
- Powers, M.C. 1953. A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology* 23: 117-119.
- Prado, J.L., Martínez-Maza, C. y Alberdi, M.T. 2015. Megafauna extinction in South America: A new chronology for the Argentine Pampas. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology*, 425: 41-49.
- Prevosti, F.J., Bonomo, M. y Tonni, E.P. 2004. La distribución de *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1811) (Mammalia: Carnivora: Canidae) durante el Holoceno en la Argentina: implicancias paleoambientales. *Mastozoología Neotropical* 11:27–4.
- Prevosti, F.J., Ramírez, M.A., Schiaffini, M., Martín, F., Udrizar Sauthier, D.E., Carrera, M., Sillero-Zubiri, C. y Pardiñas, U.F.J. 2015. Extinctions in near

time: New radiocarbon dates point to a very recent disappearance of the South American fox *Dusicyon avus* (Carnivora: Canidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 116: 704–20.

- Prevosti, F.J., Tonni, E.P. y Bidegain, J.C. 2009. Stratigraphic range of the large canids (Carnivora, Canidae) in South America, and its relevance to quaternary biostratigraphy. *Quaternary International* 210: 76–81.
- Quattrocchio, M., Deschamps, C., Zavala, C., Borronei, A.M., Grill, S. y Guerslein G.R. 1993. Cuaternario del sur de la Provincia de Buenos Aires. Estratigrafía e inferencias paleoambientales. *Cuaternario de América del Sur* (M. Iriondo, editor) II: 22-37.
- Rabal-Garcés, R. y Díaz-Martínez, I. 2010. Primeras icnitas de mamífero carnívoro en el Paleógeno de Aragón (España). *Cidaris* 30: 259–264.
- Rabassa, J. 1989. Geología de depósitos del Pleistoceno Superior y Holoceno en las cabeceras del río Sauce Grande, provincia de Buenos Aires. *Actas de las I Jornadas Geológicas Bonaerenses*, 765-790. Tandil, 1985.
- Ramirez, M.A. y Prevosti, F.J. 2014. Systematic revision of “*Canis*” *ensenadensis* Ameghino, 1888 (Carnivora, Canidae) and the description of a new specimen from the Pleistocene of Argentina. *Ameghiniana* 51: 37–51.
- Rafinesque, C.S. 1817. Descriptions of seven new genera of North American quadrupeds. *American Monthly Magazine and Critical Review* 1 (5): 363.
- Razzolini, N.L., Vila, B., Díaz-Martínez, I., Manning, P.L. y Galobart, A. 2016. Pes shape variation in an ornithopod dinosaur trackway (Lower Cretaceous, NW Spain): New evidence of an antalgic gait in the fossil track record. *Cretaceous Research* 58:-134
- Remeika, P. 2001. Identification, stratigraphy and age of Neogene vertebrate footprints from the Vallecito-Fish Creek Basin, Anza Borrego Desert State Park, California. *San Bernardino County Museum Association Quarterly*, 46, 2: 37-46.
- Remeika, P. 2006. Fossil footprints of Anza-Borrego. In *The Fossil Treasures of the Anza-Borrego Desert*, edited by G.T. Jefferson and L. Lindsay, Sunbelt Publications, San Diego, California: 293-327.



- Reynolds, R. E. y Milner, A. R. C. 2007. Preliminary description of small mammal trackways from middle Miocene (late Barstovian NALMA) enterprise reservoir sediments in Southwestern Utah. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 42: 261–66.
- Reynolds, R. y Milner, A. 2012. Early Neogene cat tracks from California and Utah. In: Searching for the Pliocene: Southern exposures, the 2012 desert research symposium, California, (ed.) R. E. Reynolds: 153–59.
- Rodríguez Brizuela, R. (2005). Presencia de *Equus (Amerhippus) neogeus* Lund en el yacimiento paleontológico de Pehuen Co (Pleistoceno tardío de la provincia de Buenos Aires) y su significado bioestratigráfico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 60(3): 613-615.
- Rodríguez de la Rosa, R.A., Arguillón-Martínez, M.C., Lopez-Espinosa, J. y Eberth, D.A., 2004. The fossil record of vertebrate tracks in Mexico: *Ichnos*, 11: 27-38.
- Rodríguez de la Rosa, R y Guzmán Gutiérrez, J.J. 2012. Huellas de aves y mamíferos del Neógeno de Jalisco. *Paleontología Mexicana* 42: 147-158.
- Rodríguez-de la Rosa, R.A., Polaco-Ramos, O.J., Aguilar F.J. y Guzmán-Gutiérrez, J.R. 2007. Footprints of Machairodontid felids from the late Tertiary of central Mexico. E. Díaz-Martínez eel. Rábano (Eds.), 4th European Meeting on the Palaeontology and Stratigraphy of Latin America. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. *Cuadernos del Museo Geominero*, 8: 345-348. ISBN 978-84-7840-707-1 © Instituto Geológico y Minero de España:
- Romano, M. y Whyte, M.A. 2003. Jurassic dinosaur tracks and trackways of the Cleveland Basin, Yorkshire: Preservation, diversity and distribution. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society* 54: 185–215.
- Santamaría, R., López, G. y Casanovas Cladellas, M. L. 1989–1990. Nuevos yacimientos con icnitas de mamíferos del Oligoceno de los alrededores de Agramunt (Lleida, España). *Paleontología i Evolució* 23: 141–52
- Santucci, V.L., Hunt, A.P. y Lockley, M.G. 1998, Fossil vertebrate tracks in National Park Service areas- *Dakoterra*, 5: 107-114.

- Santucci, V., Tweet, J., Bustos, D., Nyborg, T. y Hunt, A. 2014. An inventory of cenozoic fossil vertebrate tracks and burrows in National Park service areas. Fossil footprints of western North America. *NMMNHS Bulletin* 62: 469-488.
- Sarjeant, W. A. S. 1975. Fossil tracks and impressions of vertebrates. In: The study of trace fossils, (ed.) R. W. Frey, 283–324. New York: Springer-Verlag.
- Sarjeant, W.A.S. 1989. Ten Paleoichnological Commandments: a standardized procedure for the description of fossil vertebrate footprints En *Dinosaur Tracks and Traces*, Gillette D.D. y Lockley M.G. Editores. Cambridge University Press, Cambridge: 367-369.
- Sarjeant, W.A.S. y Langston, W. Jr. 1994. Vertebrate footprints and invertebrate traces from the Chadronian (late Eocene) of Trans-Pecos, Texas: *Texas Memorial Museum, Bulletin* 36. 86 pp.
- Sarjeant, W. A. S. y Reynolds, R.E. 1999. Camel and horse footprints from the Miocene of California: *San Bernardino County Museum Association Quarterly*, 46: 3-19.
- Sarjeant, W.A.S. y Reynolds, R.E. 2001. Bird footprints from the Miocene of California, in Reynolds, R.E., ed., *The Changing Face of the east Mojave Desert*: California State University, Fullerton, Desert Studies Consortium, p. 21-40.
- Sarjeant, W.A.S., Reynolds, R.E. y Kissell-Jones, M.M. 2002- Fossil creodont and carnivore footprints from California, Nevada, and Wyoming; in Reynolds, R.E., ed., *Between the Basins: Exploring the Western Mojave and Southern Basin and Range Province*: Fullerton, California State University: 37-50.
- Scherer, C.A., Ferigolo, J., Ribeiro, A.M. y Cartell Guerra, C. 2007. Contribution to the knowledge of *Hemiauchenia paradoxa* (Artiodactyla, Camelidae) from the Pleistocene of Southern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 10: 35–5.
- Schiffmann C, Clauss M, Hoby S, Hatt J-M. Weigh and see—Body mass

- recordings versus body condition scoring in European zoo elephants (*Loxodonta africana* and *Elephas maximus*). *Zoo Biology*. 2020;39:97–108. <https://doi.org/10.1002/zoo.21525>.
- Schmidt, D.L., Page, W.R. y Workman, J.B. 1986. Preliminary geologic map of the Moapa West Quadrangle, Clark County, Nevada: *U.S. Geological Survey, Open-file Report 96-521*: 1-17.
- Scillato-Yané, G.J. 1977. Sur quelques Glyptodontidae nouveaux (Mammalia, Edentata) du Déséadien (Oligoceno inférieur) de Patagonie (Argentine). *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle* 487: 249–260.
- Scillato-Yané, G.J. 1986. Los Xenarthra fósiles de Argentina (Mammalia, Edentata). En: VII Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Mendoza, Actas: 151–155.
- Scillato-Yané, G.J. y Carlini, A.A. 1998. Nuevos Xenarthra del Friasense (Mioceno Medio) de Argentina. *Studia Geologica Salmantisencia* 34: 43–67.
- Scillato-Yané, G.J., Tonni, E.P., Carlini, A.A., y Noriega, J.I. 1998. Nuevos hallazgos de Mamíferos del Cuaternario en el Arroyo Toropí, Corrientes, Argentina. Aspectos bioestratigráficos, paleoambientales y paleozoogeográficos. En *Congreso Latinoamericano de Geología y Congreso Nacional de Geología Económica* (No. 6: 263-268).
- Sclater, P. L. 1883. Reports on the additions to the society's menagerie in June, July, August, September, and October. *Proceedings of the Zoological Society of London* 1882:630–31.
- Scott, W.B. (1903–04). Mammalia of the Santa Cruz Beds. Part 1: Edentata. *Reports of the Princeton University Expeditions to Patagonia*, 5: 1–364.
- Scrivner, P. J. y Bottjer, D. 1986. Neogene avian and mammalian tracks from Death Valley National Monument, California: their context, classification and preservation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 57: 285–33.
- Sillero-Zubiri, C., Hoffmann, M. y Macdonald, D.W. (eds). 2004. Canids: Foxes, Wolves, Jackals and Dogs. Status Survey and Conservation Action Plan.

- IUCN/SSC Canid Specialist Group. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 430 pp.
- Simpson, G.G. 1941. Discovery of jaguar bones and footprints in a cave in Tennessee. *American Museum Novitates*, 1131: 1-12.
- Soibelzon, L.H. 2004. Revisión sistemática de los Tremarctinae (Carnivora, Ursidae) fósiles de América del Sur. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, n.s. 6(1): 107-133.
- Soibelzon, L. y Tarantini, V.B. 2009. Body mass estimation of extinct and extant South American bears (Ursidae, Tremarctinae). *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, Nueva Serie 11: 243-254. "Bernardino Rivadavia" 5:1-19.
- Soibelzon, L.H., Tonni, E.P. y Bond, M. 2005. The fossil record of the South America short faced bears (Ursidae, Tremarctinae). *Journal of South American Earth Sciences* 20:105-113.
- Spagnuolo, Jorge O. 2005. Evolución geológica de la región costero-marina de Punta Alta, provincia de Buenos Aires. Tesis de Doctorado. Departamento de Geología. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. 269 pp.
- Stock, C. 1925. Cenozoic Gravigrade Edentates of Western North America. *Carnegie Institution of Washington Publications*, 331: 1-206.
- Stock, C., 1936, Sloth tracks in the Carson prison. *Westways*, 28(7): 26-27. [Pleistocene; North America, United States, Nevada; Xenarthra, Mylodontidae]
- Stuart, C.T. y Stuart, T. 2000. Field guide to the tracks and signs of southern and east African wildlife. Cape Town. Struik Publishers. 488 pp.
- Talbot, MR y Allen, PA 1996. Lakes. En: Reading, H. G. (Ed.), *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*: 83-124.
- Tambussi, C.P. 1995. The fossil Rehiiformes from Argentina. 3<sup>rd</sup> *Symposium of the Society of Avian Paleontology and Evolution, 5 Internationale Senckenberg- Konferenz* (Frankfurt am Main, Germany, 1992). *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 181: 121-129.

- Tambussi, C.P. y Acosta Hospitaleche, C. 2002. Reidos (Aves) cuaternarios de Argentina: inferencias paleoambientales. *Ameghiniana*, 39: 95-102.
- Tanaka, I. 2015. Estimating body weight and habitat type from extinct avian and avian-like theropod footprints. *Lethaia*, 48: 188–195.
- Tassara, D.A., S. Aramayo, M. Osterrieth y Scian, R.D. 2005. Paleoicnología de mamíferos de la Formación Santa Clara (Pleistoceno Superior), en la zona costera del partido de Mar Chiquita (provincia de Buenos Aires), Argentina. *XVI Congreso Geológico Argentino, Actas 4*: 219-226
- Tassara, D.A. y Cenizo, M.M. 2014. El patrimonio paleontológico en el sector costero al NE de Mar del Plata (Provincia de Buenos Aires, Argentina): Estado del conocimiento, vulnerabilidad y propuestas para su conservación. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* vol.16 n° 2.
- Thenius, E. 1967. Saugetierfahrten aus dem Rohrbacher Konglomerat (Pliozän) von Niederösterreich. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* 71:363–79.
- Tineo, D., Pérez, L. M., Bona, P., Comerio, M., Noriega, J. I. y Poire, D.G. 2018 The Oldest Record of *Aramayoichnus rhea* from the Neogene of Northwestern Argentina. *Ameghiniana* 55 (1): 109-116
- Tobien, H. 1976. Migrations of proboscideans and lagomorphs (Mammalia) via Bering Strait Land Bridge in the Late Cenozoic In: Beringia in Cenozoic These of the Reports of All-Union Symposium “The Bering land bridge and its role for the history of Holarctic floras and faunas in the Late Cenozoic”, Khabarovsk, 10-15 of May 1973: 249-257.
- Tomassini, R.L. 2012. Estudio tafonómico y bioestratigráfico de los vertebrados de la Formación Monte Hermoso (Plioceno) en su localidad tipo, provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur (Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina), 300 pp. Inédita.
- Tomassini, R.L., Montalvo, C.I., Deschamps, C.M. y Manera, T. 2013. Biostratigraphy and biochronology of the Monte Hermoso Formation (early Pliocene) at its type locality, Buenos Aires Province, Argentina. *Journal of*

*South American Earth Sciences* 48: 31-42.

- Tomassini, R.L., Montalvo, C.I., Garrone, M.C., Domingo, L., Ferigolo, J., Cruz, L.E., Sanz-Pérez, D., Fernández-Jalvo, Y. y Cerda, I.A. 2020. Gregariousness in the giant sloth *Lestodon* (Xenarthra): multi-proxy approach of a bonebed from the Last Maximum Glacial of Argentine Pampas. *Scientific Reports* 10, 10955. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67863-0>.
- Tomassini, R.L., Montalvo, C.I., Manera, T., Oliva, C.G. 2010. Estudio tafonómico de los mamíferos pleistocenos del yacimiento de Playa del Barco (Pehuen Co), provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana* 47, 137–152.
- Tonni, E. y Politis, G. 1980. La distribución del guanaco (Mammalia, Camelidae) en la Provincia de Buenos Aires durante el Pleistoceno tardío y Holoceno. Los factores climáticos como causa de su retracción. *Ameghiniana* 17 (1): 53-56.
- Tonni, E. P. y Scillato-Yané, G. J. 1997. Una nueva localidad con mamíferos pleistocenos en el Norte de la Argentina. Aspectos paleozoogeográficos. *6º Congreso da Associacao Brasileira de Estudos do Quaternario e Reuniao sobre o Quaternario da America do Sul* (Curitiba, Brasil): 345-34
- Torcida Fernández-Baldor, F., Díaz-Martínez, I., Contreras, R., Huerta, P., Montero, D. y Urién, V. 2015. Unusual sauropod tracks in the Jurassic-Cretaceous interval of the Cameros Basin (Burgos, Spain). *Journal of Iberian Geology* 41 (1): 141-154  
[http://dx.doi.org/10.5209/rev\\_JIGE.2015.v41.n1.48660](http://dx.doi.org/10.5209/rev_JIGE.2015.v41.n1.48660)
- Torres, D.A. 2011. Guía básica para la identificación de señales de presencia de oso frontino (*Tremarctos ornatus*) en los Andes venezolanos. Fundación AndígenA, Mérida, Venezuela (60 pp.).
- Urquiola de De Carli, M.J. y Aramayo, S.S. 1967. Descripción del cráneo y mandíbula de un nuevo ejemplar de *Scelidotherium* sp. *Ameghiniana* IV (2): 65-90.
- Vega, V., Rodríguez, S. y Valente, M. 1989. Shallow marine and fluvial environments of Quaternary deposits in Pehuen Co Beach, Buenos Aires,

- Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 7: 51-80.
- Vera, R. y Krapovickas, V. 2019. Primeras estimaciones de masa corporal a partir de huellas fósiles de ungulados sudamericanos: el caso de *Macrauchenichnus* isp. *Reunión Anual de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina, Libro de Resúmenes*: 111. La Plata.
- Verzi, D.H., Deschamps, C.M. y Tonni E. P. 2004. Biostratigraphic and palaeoclimatic meaning of the Middle Pleistocene South American rodent *Ctenomys kraglievichi* (Caviomorpha, Octodontidae). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 212: 315-329.
- Vezzosi, Raúl Ignacio 2010. Primer registro de *Ozotoceros bezoarticus* (Linnaeus, 1758) (Artiodactyla: Cervidae) en el Pleistoceno del centro de la provincia de Santa Fe, Argentina. En *Paleontología y Dinosaurios de la República Argentina*, Calvo, J., Porfiri, J., González Riga, B. y Dos Santos, D. (Editores Científicos):235-241.
- Vizcaíno, S.F., Cassini, G.H., Fernícola, J.C. y Bargo, M. 2011. Evaluating habitats and feeding habits through ecomorphological features in glyptodonts (Mammalia, Xenarthra). *Ameghiniana* 48(3): 305-319.
- Vizcaíno, S.F., Fariña, R.A. y Fernicola, J. C. 2009. Young Darwin and the ecology and extinction of Pleistocene South American fossil mammals. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 64 (1): 160-169
- Vuilleumieur, F. (1993 Biogeografía de Aves en el Neotrópico: Jerarquías Conceptuales y Perspectivas para Futuras Investigaciones. *Revista Chilena de Historia Natural* 66:11-51.
- Vyalov, O. S. 1960, Novyy iskopayemye sled ptitsy v Miotsene Predkarpatyia [New fossil bird footprints in the Miocene of the Pre-Carpathians]: *Doklady Akademii Nauk SSSR*, 135:1237-1239.
- Vyalov, O. S. 1965. Stratigrafiya Neogenovykh molass Predkarpatskovo progriba [Stratigraphy of the Neogene molasse of the PreCarpathian basin]. Kiev, Naukova Dumka (Akademiya Nauk Ukrainskoy SSR Institut Geologii i Geokhimii Goryuchikh Inskopayemykh), 165 pp.

- Vyalov, O.S. 1966. Sledy zhiznedeyatelnosti organizmov i ikh paleontologicheskoe znachenie (Traces of living organisms and their paleontological significance). Kiev. Naukova Dumka (Academiya Nauk Ukrainskoy SSR Institut Geologii i Geokhimii Goryuchikh Iskopayemykh). 219 pp.
- Walker M., Head M.J., Berkelhammer M., Björck, S., Cheng, H., Cwynar, L., Fisher, D., Gkinis, V., Long, A., Lowe, J., Newnham, R., Rasmussen, S.O. y Weiss, H. 2018 Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period): two new Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSPs) and three new stages/subseries. *Episodes* 41: 213-223.
- Walker, R. 1992. Facies, Facies Models and Modern Stratigraphic Concepts. En: Walker, R. y James, N.P. (eds.) *Facies Models: Response to Sea Level Changes. Geological Association of Canada*: 1-14.
- Watson, P. J., Kennedy, M. C., Willey, P., Robbins, L. M. y Wilson, R. C. 2005. Prehistoric footprints in Jaguar Cave, Tennessee. *Journal of Field Archaeology* 30: 25–43.
- Weems, R.E. 2018. An early Pleistocene (early Irvingtonian) footprint fauna from the Bacons Castle Formation, Westmoreland County, Virginia, Lucas, S.G. y Sullivan, R.M., eds. *Fossil Record 6. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 79: 731-748
- Williamson, T.E. y Lucas, S.G. 1996. Mammal footprints from the Miocene-Pliocene Ogallala Formation, Eastern New Mexico. *New Mexico Geology* 18: 1–5.
- Zárate, M.A., Bargo, M.S., Vizcaíno, S.F., Dondas, A. y Scaglia, O. 1998. Estructuras biogénicas en el Cenozoico tardío de Mar del Plata (Argentina) atribuibles a grandes mamíferos. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 5: 95-103.
- Zavala, C. 1993. Estratigrafía de la localidad de Farola Monte Hermoso (Plioceno- Reciente). *12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas* 2:228-255.



- Zavala, C., García L., Di Meglio, M. 2005. Redes de drenaje y paleoclimas en el Cuaternario del sur de la provincia de Buenos Aires. Conference: XVI Congreso Geológico Argentino, CD-ROM, Artículo N° 156. 2pp. La Plata.
- Zavala, C. y Quattrocchio, M. 2001. Estratigrafía y evolución geológica del río Sauce Grande (Cuaternario), provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56: 25–37.
- Zimmerman, E. A. W. 1780. Geographische Geschichte des Menschen, und der vierfussigen Thiere: nebst einer hieher gehörigen zoologischen Weltcharte. Weygandschen Buchhandlung, Leipzig, Germany.
- Zoboli, D. y Pillola, G.L. 2018. New evidences of mammal tracks from the Pleistocene of Gonnese area (southwestern Sardinia, Italy). *Journal of Mediterranean Earth Sciences* 10: 173-175. <https://doi.org/10.3304/JMES.2018.010>.
- Zurita, A., Carlini, A., Scillato-Yané, G. y Tonni, E. 2004. Mamíferos extintos del Cuaternario de la Provincia del Chaco (Argentina) y su relación con aquéllos del este de la región pampeana y de Chile. *Revista Geológica De Chile*, 31 (1): 65-87.
- Zurita, A.E., 2007. Sistemática y evolución de los Hoplophorini (Xenarthra, Glyptodontidae, Hoplophorinae. Mioceno tardio-Holoceno temprano). Importancia bioestratigráfica, paleobiogeográfica y paleoambiental. Tesis Doctoral (Indita), Universidad Nacional de La Plata, 363 pp.
- Zurita, A.E., González Ruiz, L.R., Gómez-Cruz, A. y J.E. Arenas-Mosquera. 2013. The most complete known Neogene Glyptodontidae (Mammalia, Xenarthra, Cingulata) from northern South America: taxonomic, paleobiogeographic and phylogenetic implications. *Journal of V*
- Zurita, A. E. y Miño-Boilini, A.R. 2012. The Pleistocene Glyptodontidae Gray, 1869 (Xenarthra: Cingulata) of Colombia and considerations about the South American Gliptodontinae, *Revista Brasileira de Paleontologia* 15(3): 273-280.
- Zurita, A.E., Miño-Boilini, A.A., Carlini, A.R., Iriando, M. y Alcaraz, M.A. 2009. Paleontología del Chaco Oriental. Una nueva localidad con mamíferos

fósiles pleistocenos en el río Bermejo (Formosa, Argentina). *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 26 (2): 277-288.

Zurita, A.E., Scillato-Yane', G.J. y Carlini, A.A. 2005. Palaeozoogeographic, biostratigraphic and systematic aspects of the genus *Sclerocalyptus* Ameghino 1891 (Xenarthra, Glyptodontidae) of Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 20: 120–129.

## Apéndices

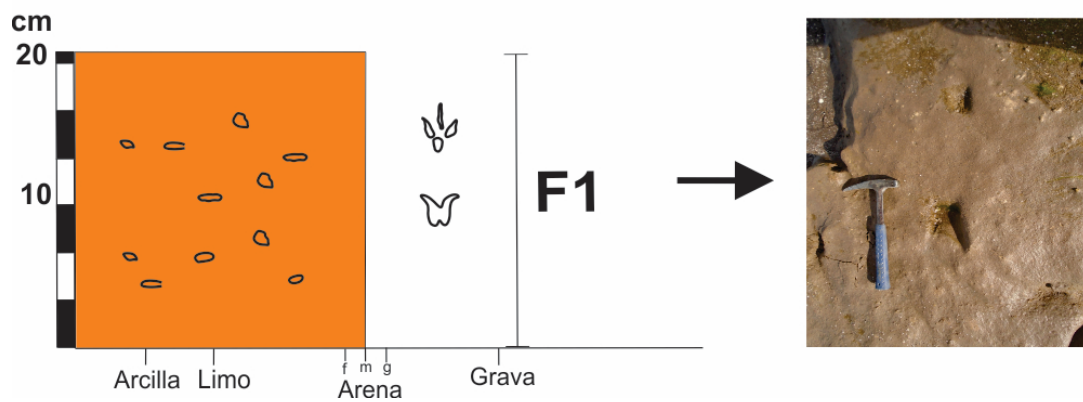
Apendice 3.1. Perfiles sedimentológicos de detalle**PERFIL V**

Figura 1. Perfil V. ubicado en el tramo inferior del Sector Puesto Ostrero. A la derecha se observan dos huellas impresas en la roca de textura arenosa con clastos de diferentes composiciones (Facies 1). Referencias figura 2.

REFERENCIAS	
<b>ESTRUCTURAS SEDIMENTARIA</b>	<b>HUELLAS Y RESTOS FÓSILES</b>
☒ CUBIERTO	✎ MARCAS DE RAICES
▨ LAMINACIÓN PARALELA	◊ RESTOS DE BIVALVOS
□ MASIZA	🦋 <i>Lamaichnum guanicoe</i>
▩ LAMINACIÓN CRUZADA	🦋 <i>Lamaichnum tulipensis</i>
▧ CLASTOS	◉ <i>Neomegatherichnum pehuencoensis</i>
▭ LENTES ARENOSOS	◉ <i>Megatherichnum isp.</i>
⤿ ONDULITAS DE CORRIENTE	◉ <i>Myodontidichnum rosalensis</i>
∧ ONDULITAS DE OLEAJE	🦋 <i>Aramayoichnus rhea</i>
⋈ GRIETAS DE DESECACIÓN	🦋 <i>Gruipeda sp.</i>
⤿ LAMINACIÓN DEFORMADA	🦋 <i>Roephichnus isp.</i>
⊙ CONCRECIONES	🦋 <i>Macrauchenichnum patachonicus sp.</i>
🌀 FÁBRICA ESPONJOSA	🦋 <i>Glyptodon sp.</i>
<b>FACIES</b>	🦋 <i>Phoenicotherichnum pehuencoensis</i>
■ FACIES 4 (F4)	🦋 <i>Pecoripeda commune</i>
■ FACIES 3 (F3)	🦋 <i>Proboscipeda australis</i>
■ FACIES 2 (F2)	🦋 <i>Canipeda gracilis</i>
■ FACIES 1 (F1)	

Figura 2. Referencias de los perfiles sedimentológicos

## PERFIL U

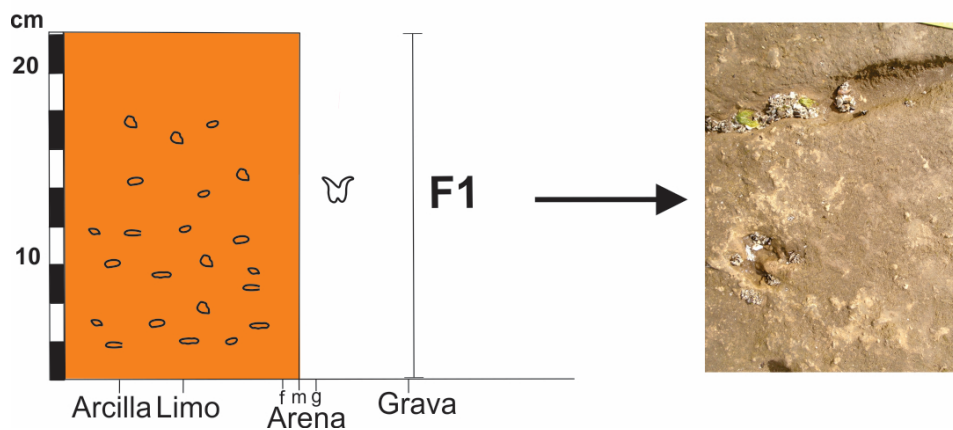


Figura 3. Perfil U ubicado en el tramo inferior del Sector Puesto Ostrero de pocos metros de profundidad (~25 m). A la derecha se observan la impresión de una huella de artiodáctilo y presencia de varios clastos en una roca de textura arenosa. Referencias en Figura 2.

# PERFIL T

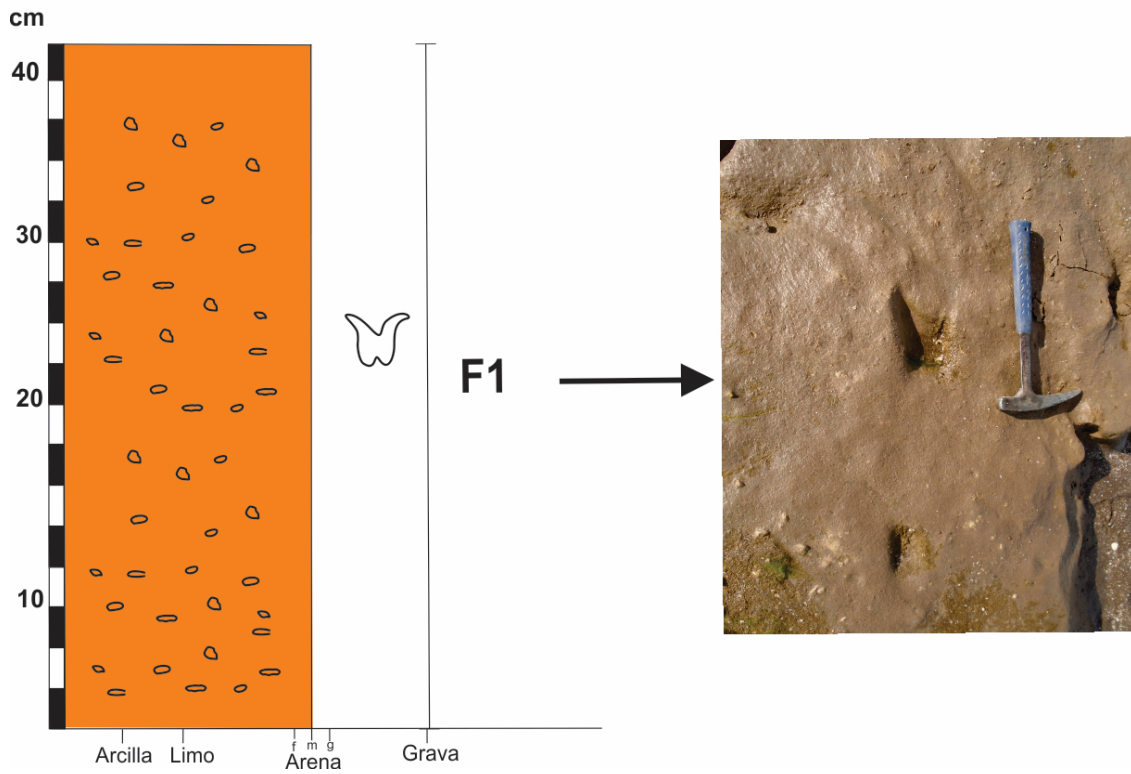


Figura 4. Perfil T ubicado en el tramo inferior del Sector Puesto Ostrero. Presenta similitudes con el Perfil V ubicado más al oeste, aunque el espesor expuesto es significativamente mayor (43 cm). Referencias en Figura 2.

# PERFIL B

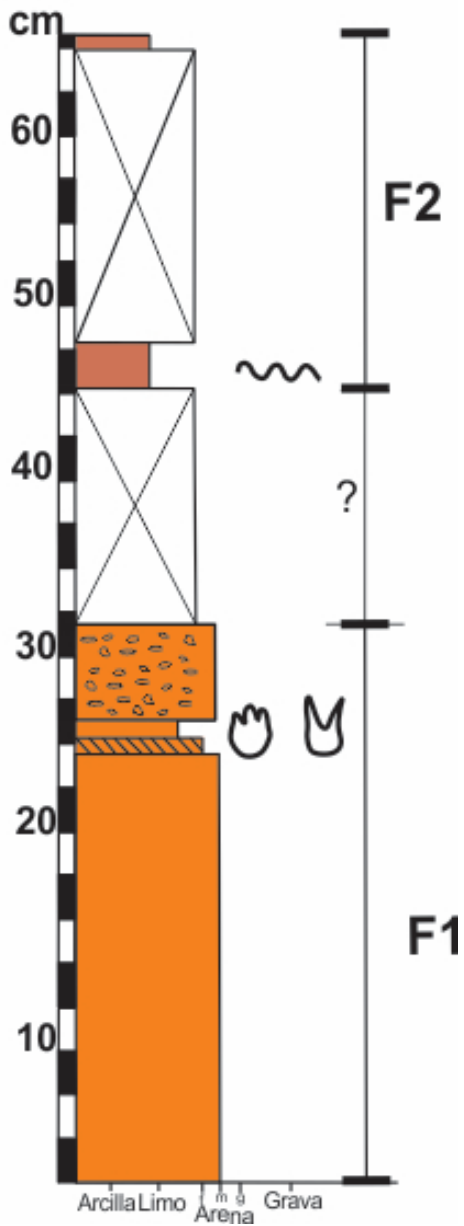


Figura 5. Perfil B ubicado en el tramo inferior del Sector Flamencos. El mismo se compone de la Facies 1 en el tramo inferior y de la Facies 2 en el tramo superior. Ambas se encuentran separadas por una cubierta de arena de 85 cm aproximadamente. Referencias en Figura 2.

# PERFIL R

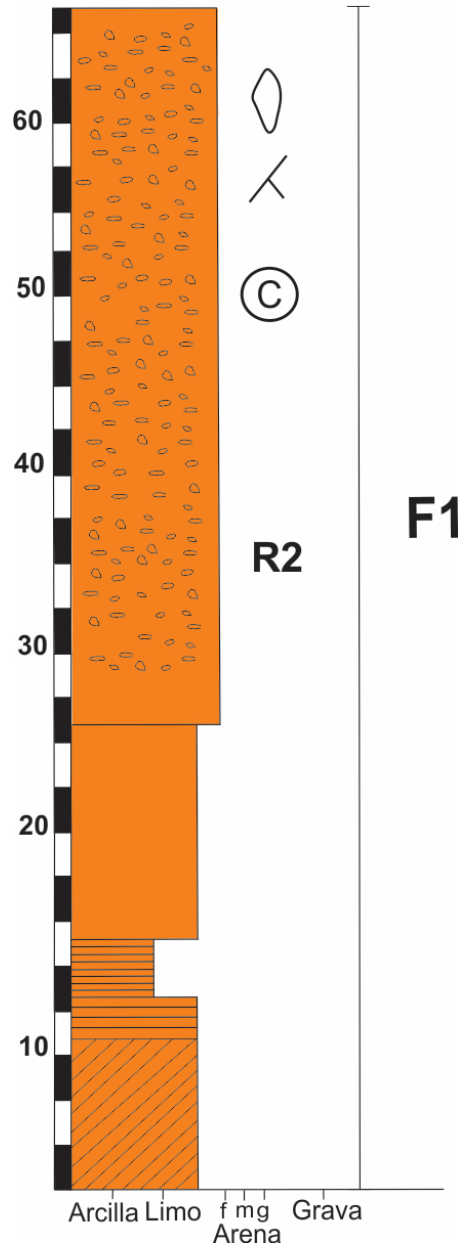


Figura 6. Perfil R ubicado en el tramo inferior del Sector Tres Palos. Presenta un espesor considerable (157 cm). Presenta características comunes de la Facies 1 y además concreciones de carbonato y posibles rizolitos. R2 corresponde a la muestra extraída para el análisis granulométrico. Referencias Figura 2.



# Perfil J

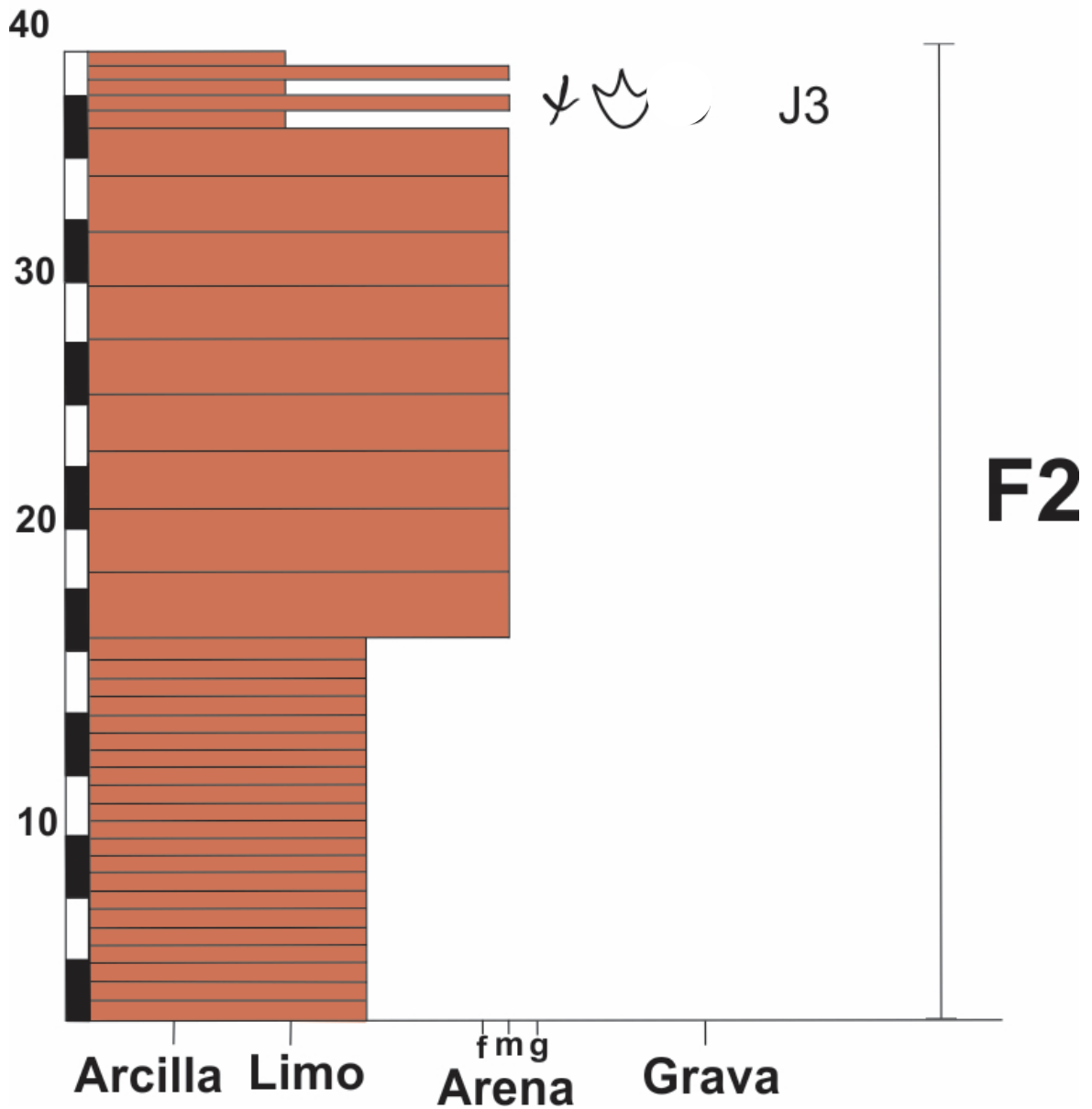


Figura 7. Perfil J. ubicado en el tramo medio del Sector Flamencos. Referencias en Figura 2.

## Perfil F

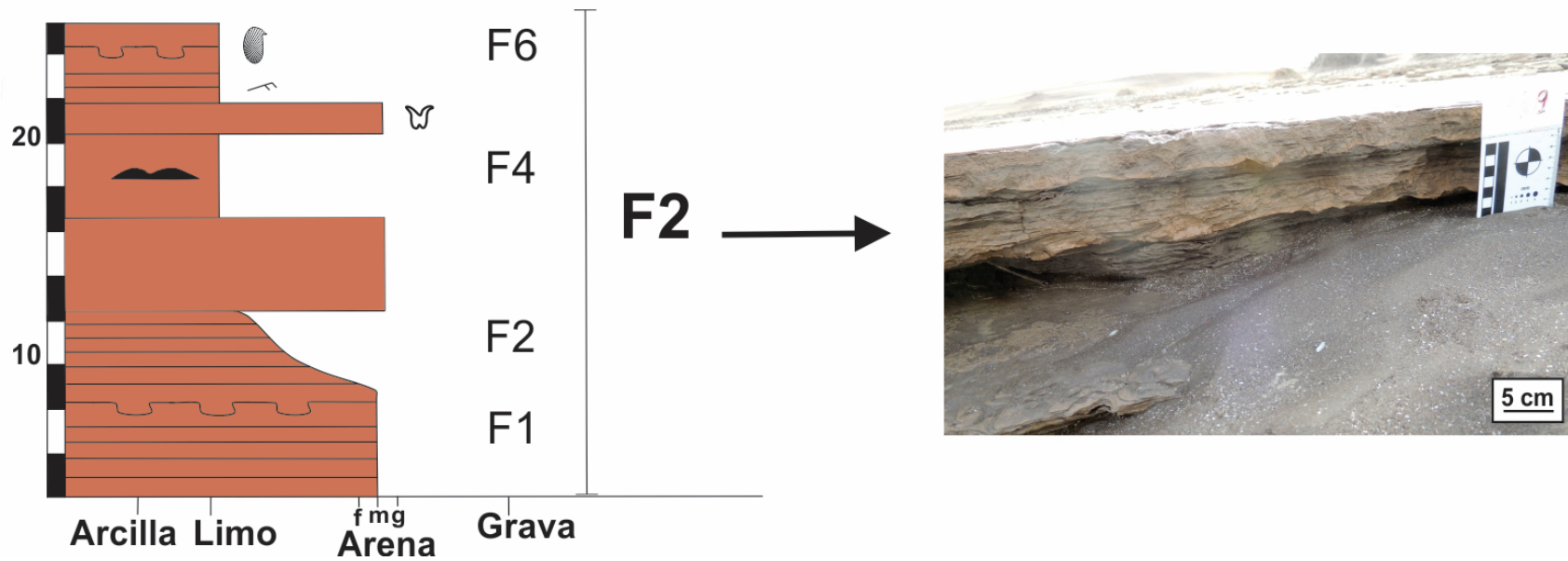


Figura 8. Perfil F ubicado en el tramo medio del Sector Flamencos. A la derecha se observa un corte perteneciente a la Facies 1, F1, F2 y F4 corresponden a las muestras extraídas para secciones delgadas. F6 corresponde a la muestra para análisis granulométrico. Referencias en Figura 2.

## Perfil A2

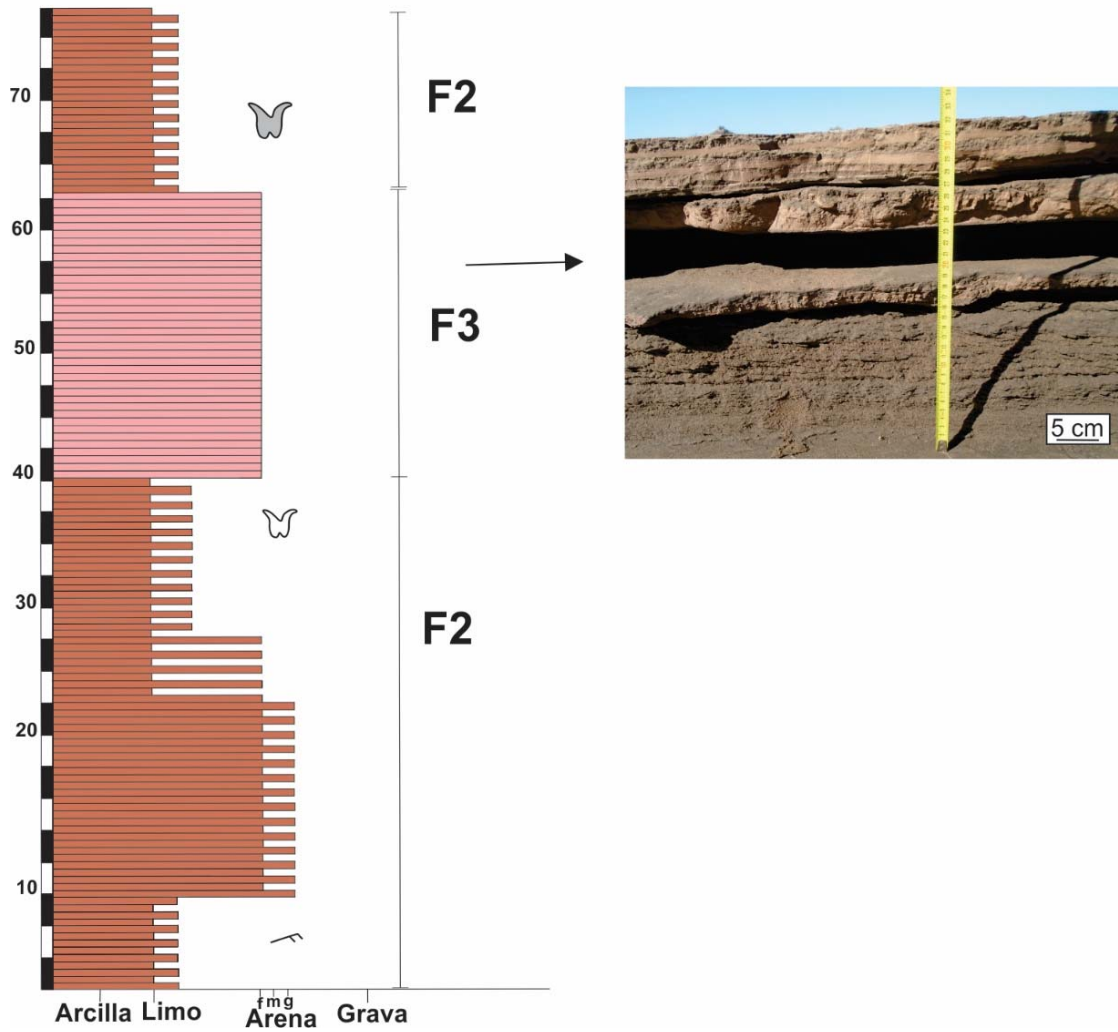


Figura 9. Perfil A2 ubicado en el tramo medio del Sector Flamencos. Presenta un espesor expuesto de 72 cm y se observan varios tramos intercalados entre Limo y Arena, además de laminación paralela distribuida en todo el perfil (Facies 2). En el tramo medio se observa la presencia de la Facies 3 (20 cm). Referencias en Figura 2

## Perfil H

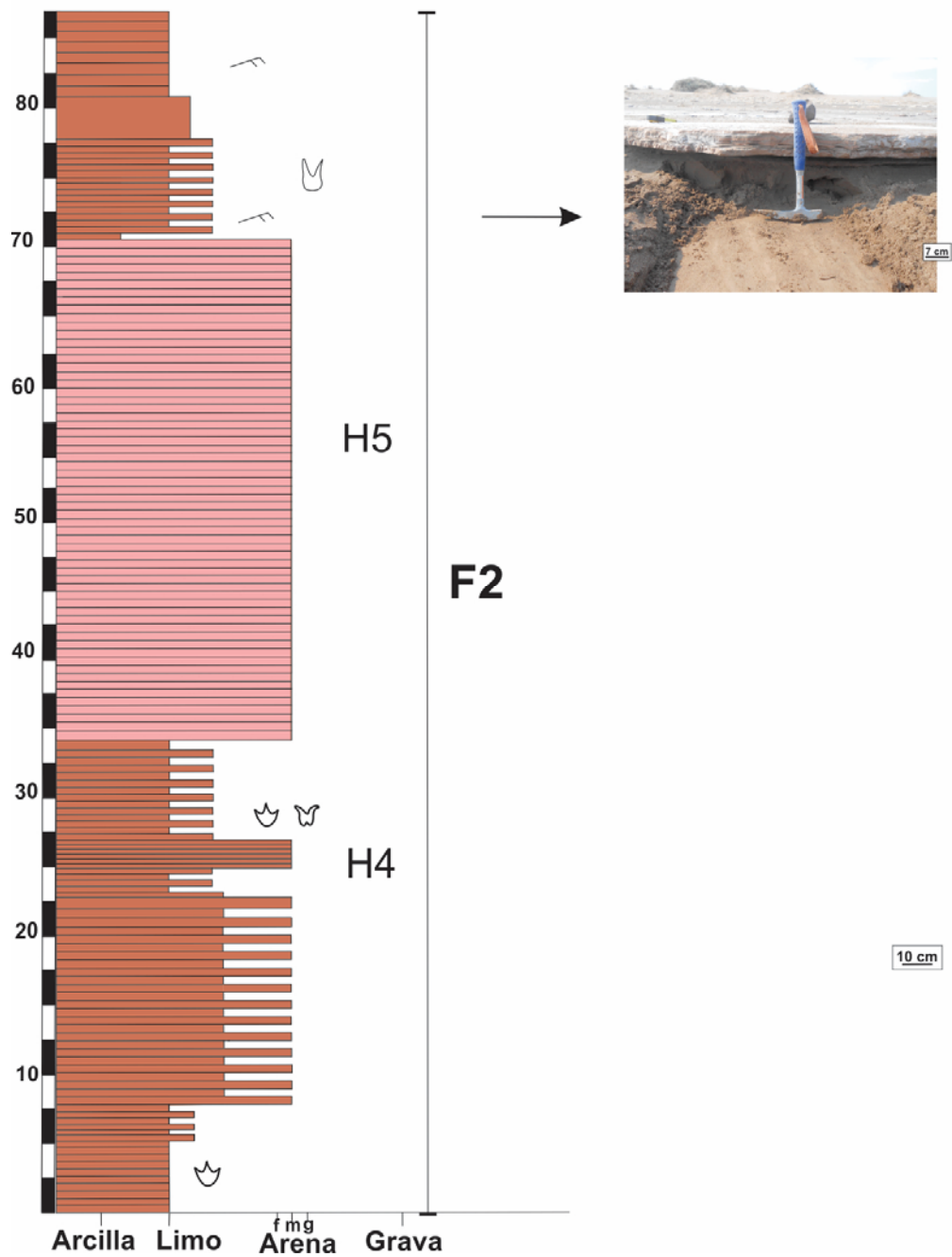


Figura 10. Perfil H ubicado en el tramo medio del Sector Flamencos. Presenta un espesor expuesto de 81,5 cm y se observan varios tramos intercalados entre limo y arena. Se observa la presencia de huellas de artiodáctilos y aves palmípedas (Facies 2) y la facies 3 intercalada en el tramo medio. Referencias en Figura 2.

## PERFIL D

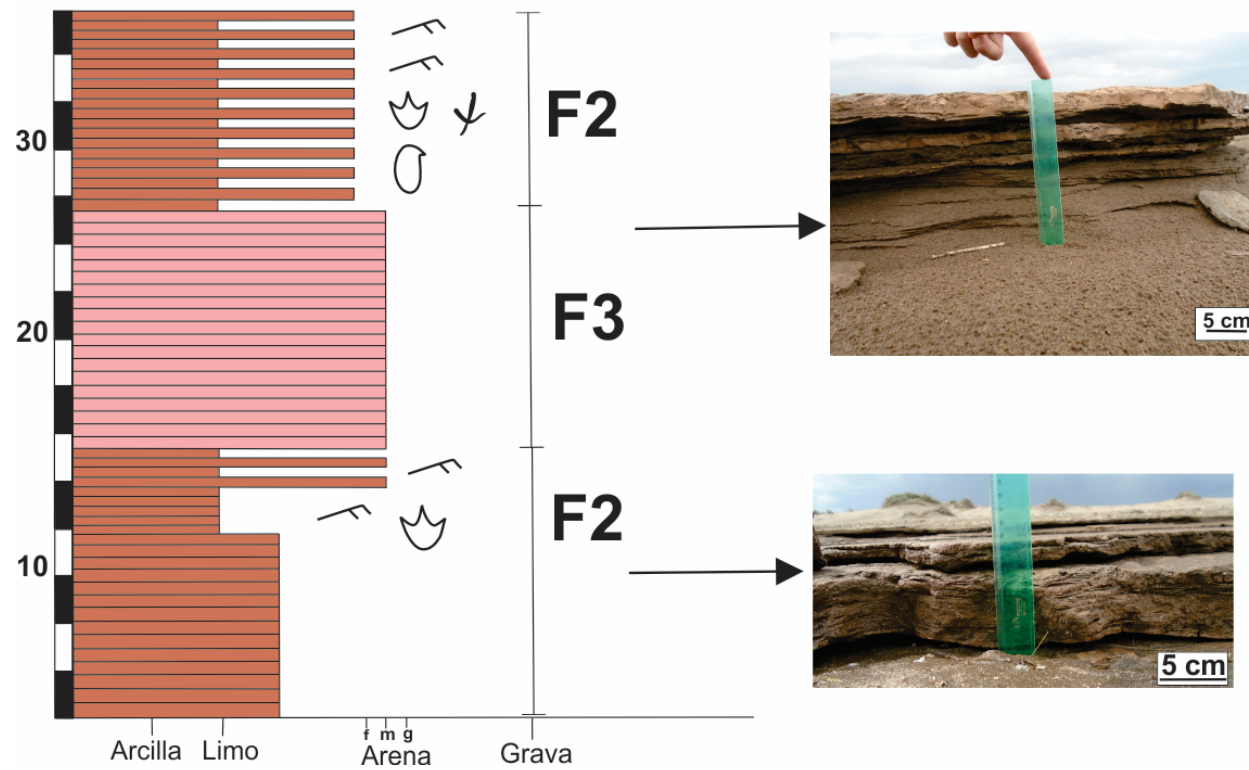


Figura 11. Perfil D ubicado en el tramo medio del Sector Flamencos. Presenta un espesor expuesto escaso (32 cm) y se observa la presencia de capas finas limoarenosas con niveles de ondulitas portadoras de huellas de aves y perezosos (Facies 2). En el tramo medio se intercalan al menos 10 cm de la facies 3. Referencias en Figura 2.

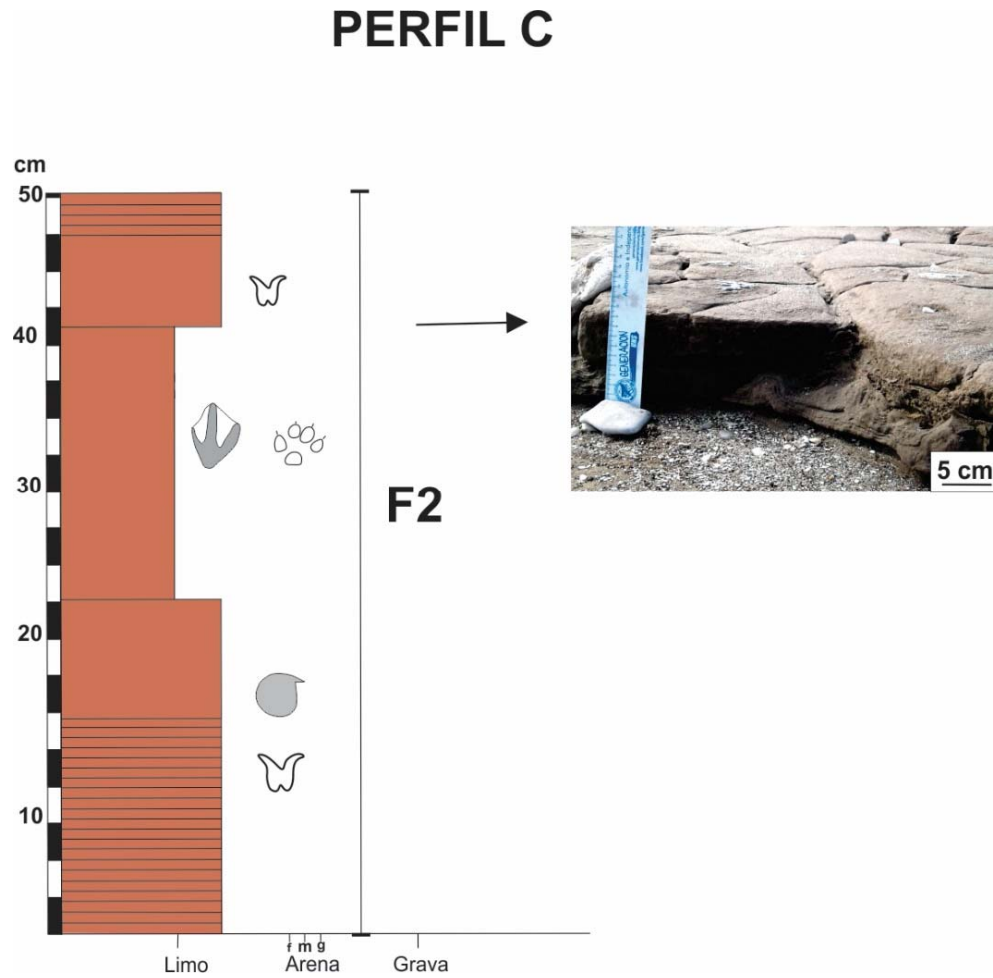


Figura 12. Perfil C ubicado en el tramo medio del Sector Flamencos. Presenta un espesor expuesto de 51 cm y se observa presencia de huellas de artiodactilos. A la derecha puede apreciarse una fotografía que ilustra el tramo superior donde se observan grietas de desecación. Referencias en Figura 2.

## PERFIL E

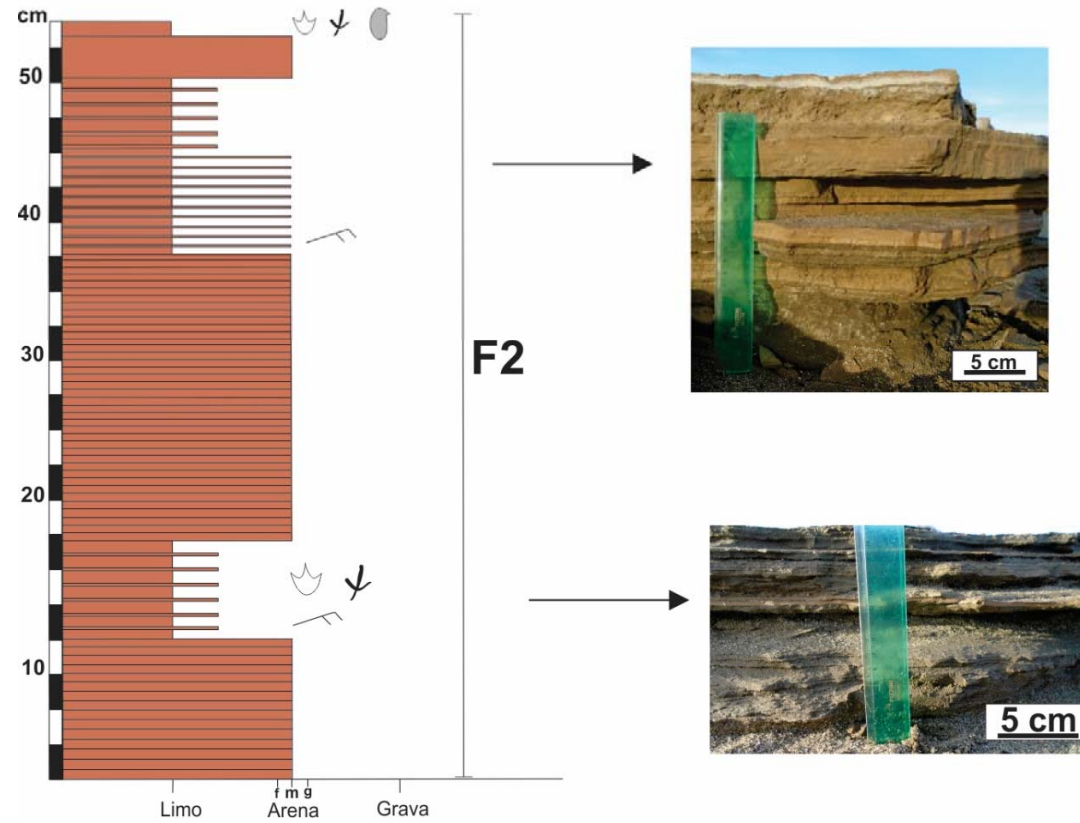


Figura 13. Perfil E ubicado en el tramo medio del Sector Flamencos. Presenta un espesor expuesto de más de 50 cm. Las fotos de la derecha muestran la laminación e intercalación de limos y arcillas pertenecientes a la facies 2. Referencias en Figura 2.

## PERFIL M

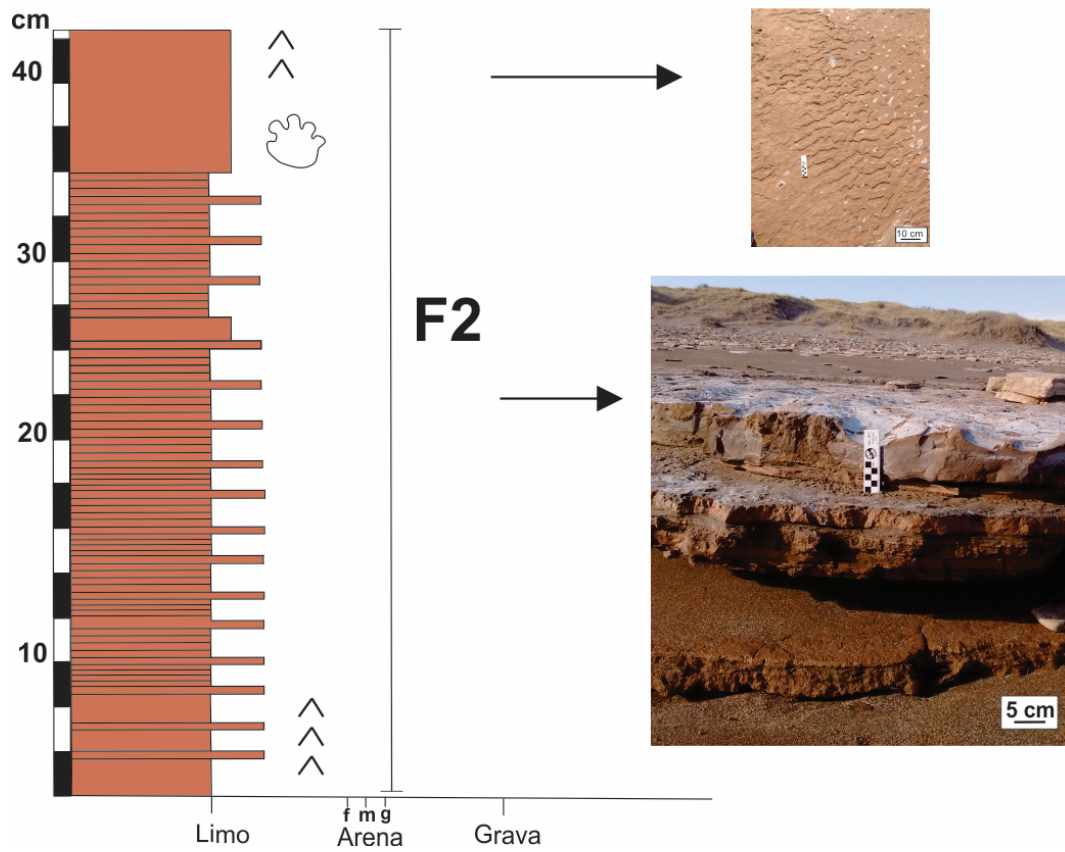


Figura 14. Perfil M ubicado en el tramo medio del Sector Flamencos. Presenta un espesor expuesto de 41,5 cm. Las fotos de la derecha muestran la laminación y la presencia de ondulitas de oleaje. Referencias en figura 2.



# PERFIL G

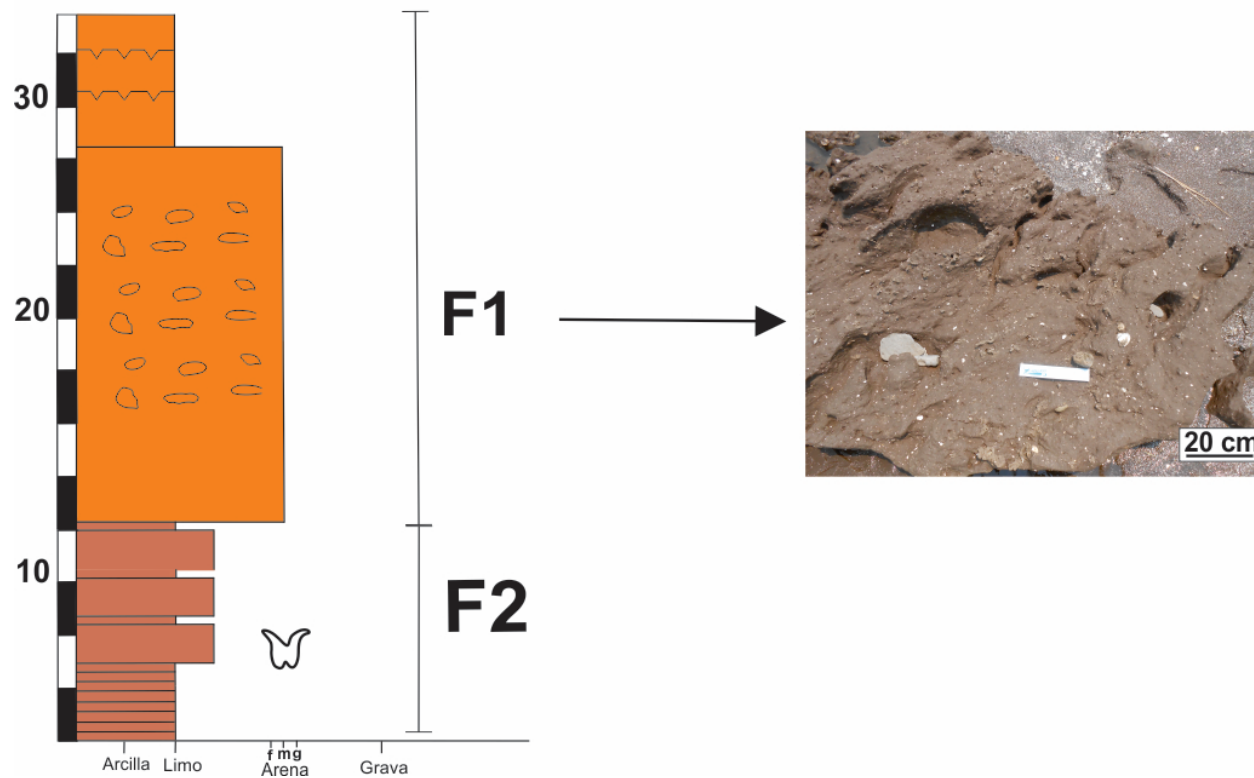


Figura 15. Perfil G ubicado en el tramo medio del Sector Tres Palos. Presenta un espesor expuesto de 35 cm. Como se observa en la foto, se compone principalmente de intercalaciones finas en la base (Facies 2) y arena limosa con clastos de distintas composiciones hacia el techo de la sección indicando la presencia de la Facies 1.

Referencias en figura 2.

## PERFIL P

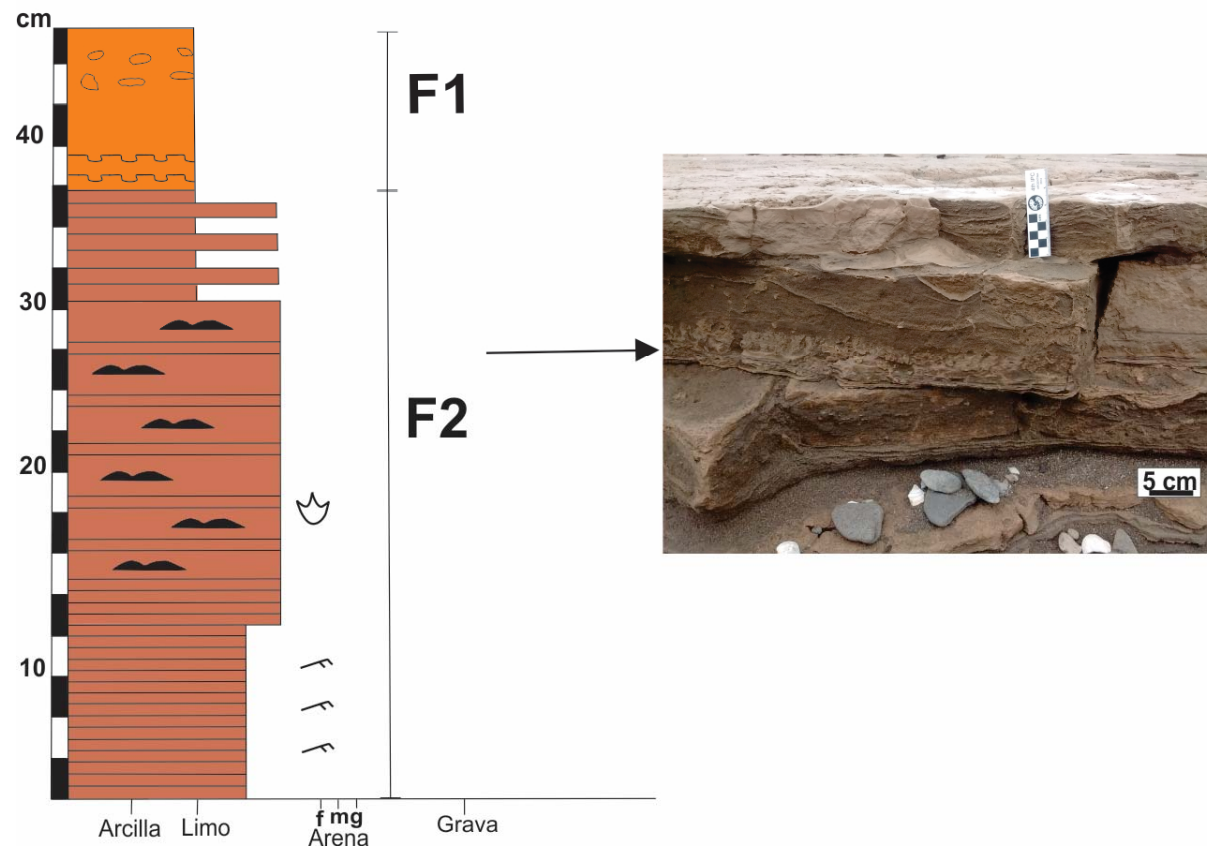


Figura 16. Perfil P ubicado en el tramo medio del Sector Tres Palos. Presenta un espesor expuesto de 48cm. Presenta algunos lentes arenosos en el tramo medio. La foto de la derecha muestra la presencia de laminación muy fina y laminación cruzada por óndulas. Referencias en figura 2

# PERFIL I

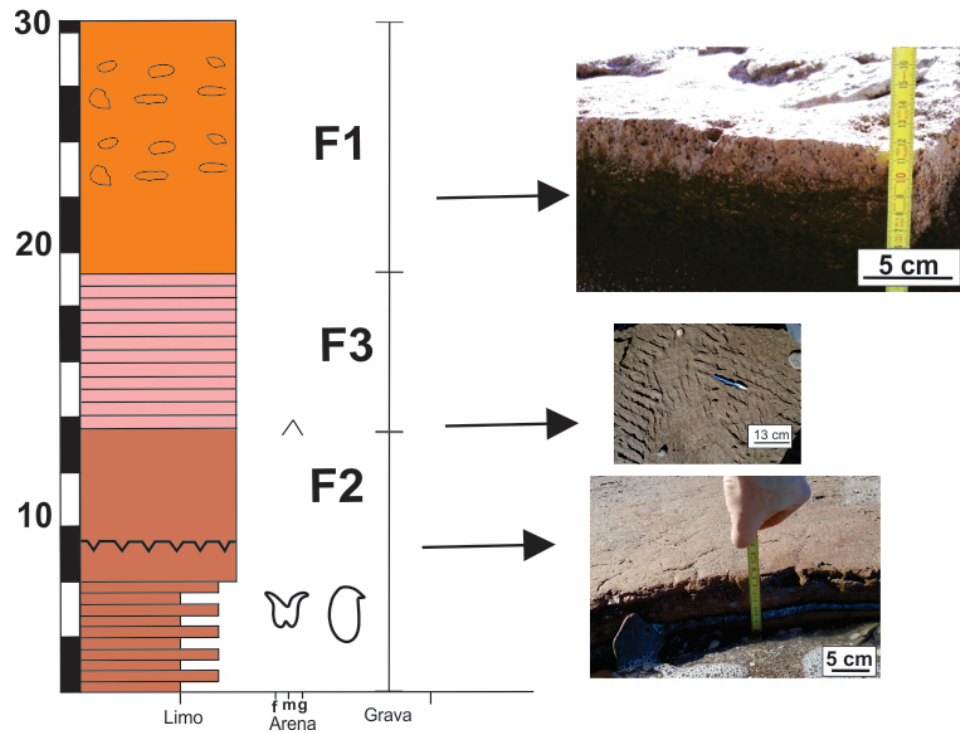


Figura 17. Perfil I ubicado en el tramo medio del Sector Tres Palos, con un espesor expuesto de 31cm. El tramo inferior se compone de la facies 2 y el medio de la facies 3. En tanto el tramo superior se compone de la facies 1. La foto de la derecha puede observarse la presencia de grietas de desecación en el tramo inferior.

## PERFIL C2

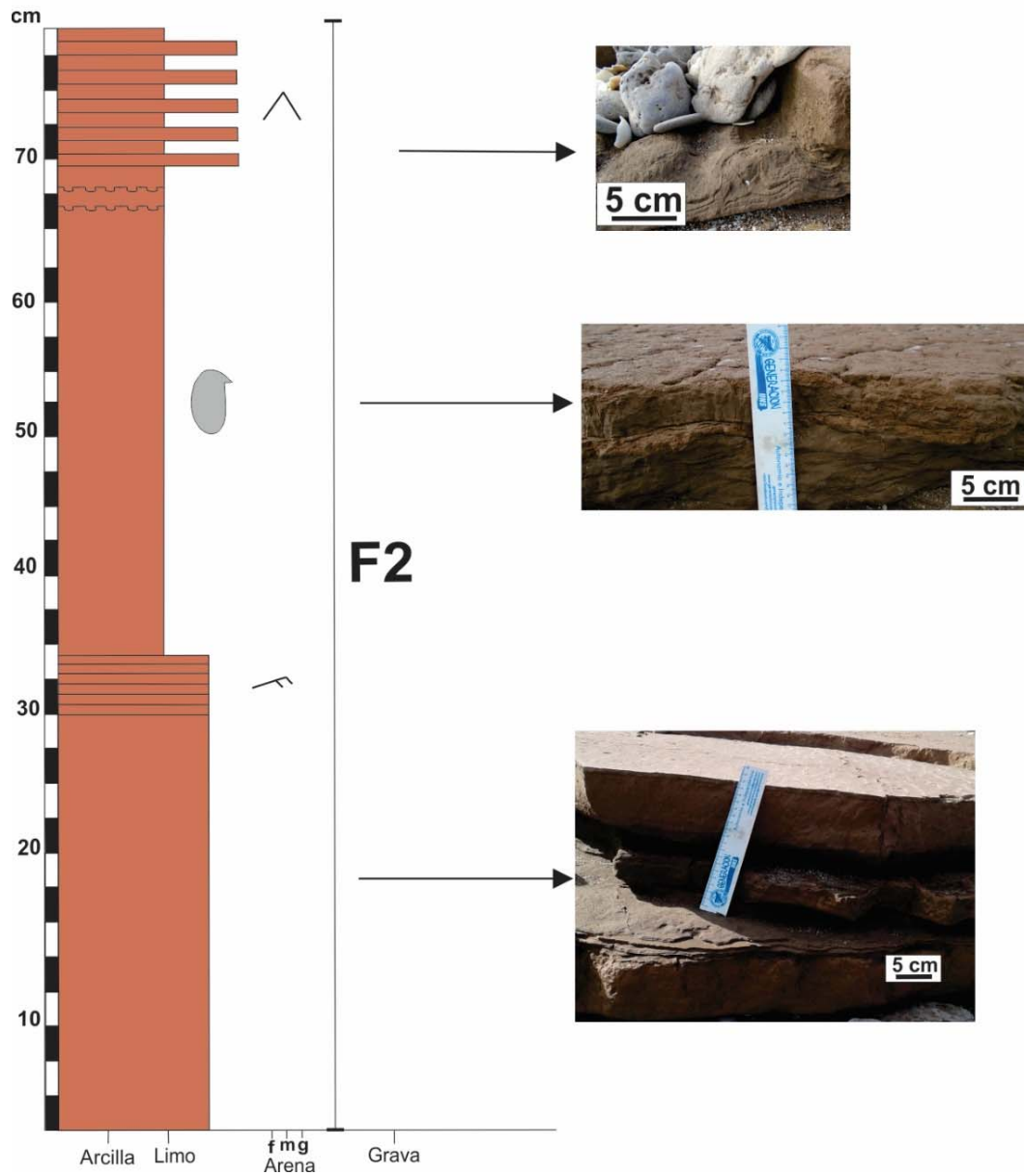


Figura 18. Perfil C2 ubicado en el tramo medio del Sector Distal, con un espesor expuesto de 79 cm. Se observa la alternancia de capas de arena y limo, con presencia de ondulitas de oleaje y laminación deformada hacia el tope de la sección.

## PERFIL O

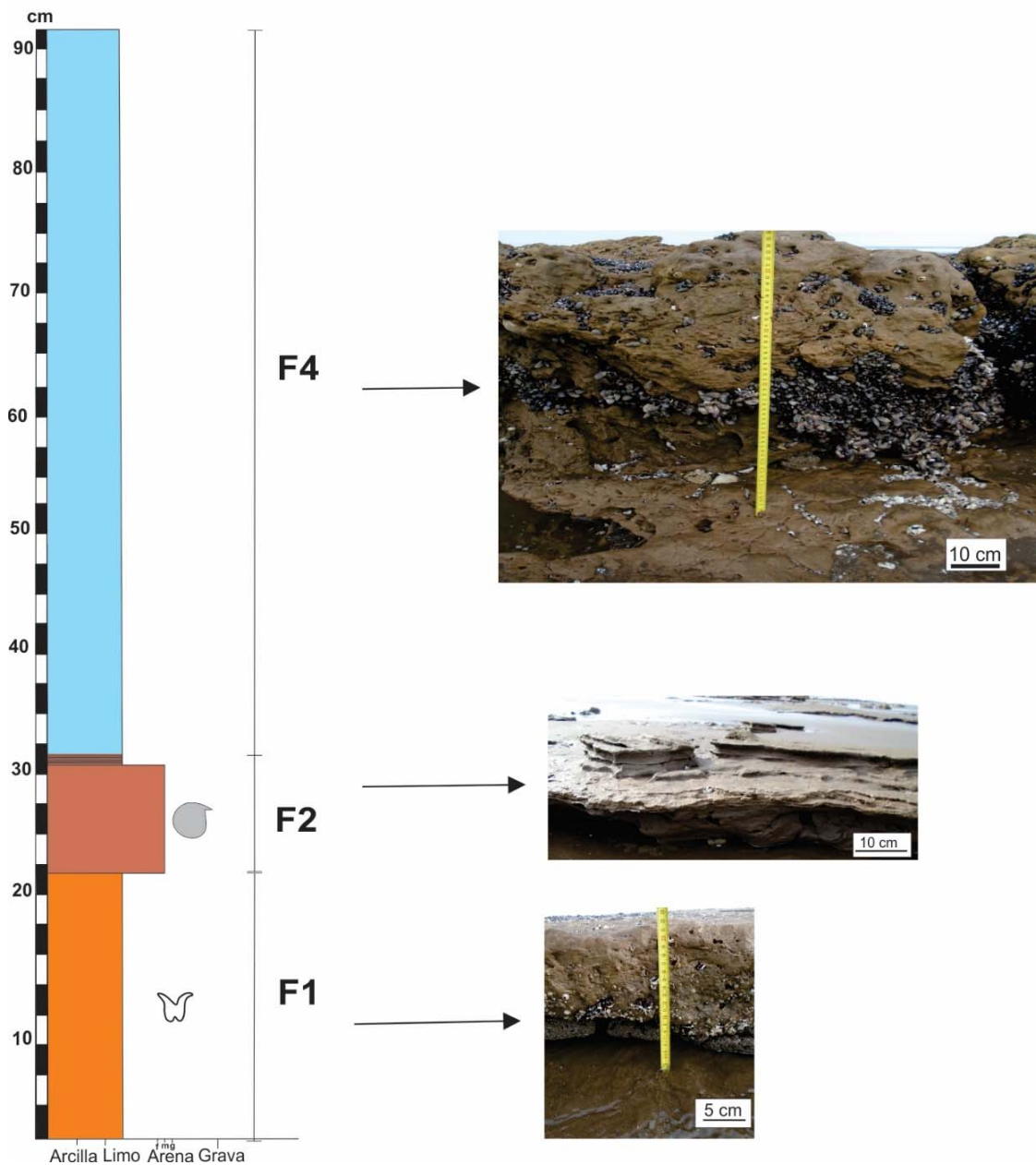


Figura 19. Perfil O ubicado en el tramo medio del Sector Huellas Humanas y con un espesor expuesto de 92cm. Se observa la facies 1 al inicio del perfil, la facies 2 abarca un espesor. A la izquierda se observan fotos de la litología típica de las facies 1, 2 y 4. Referencias en Figura 2

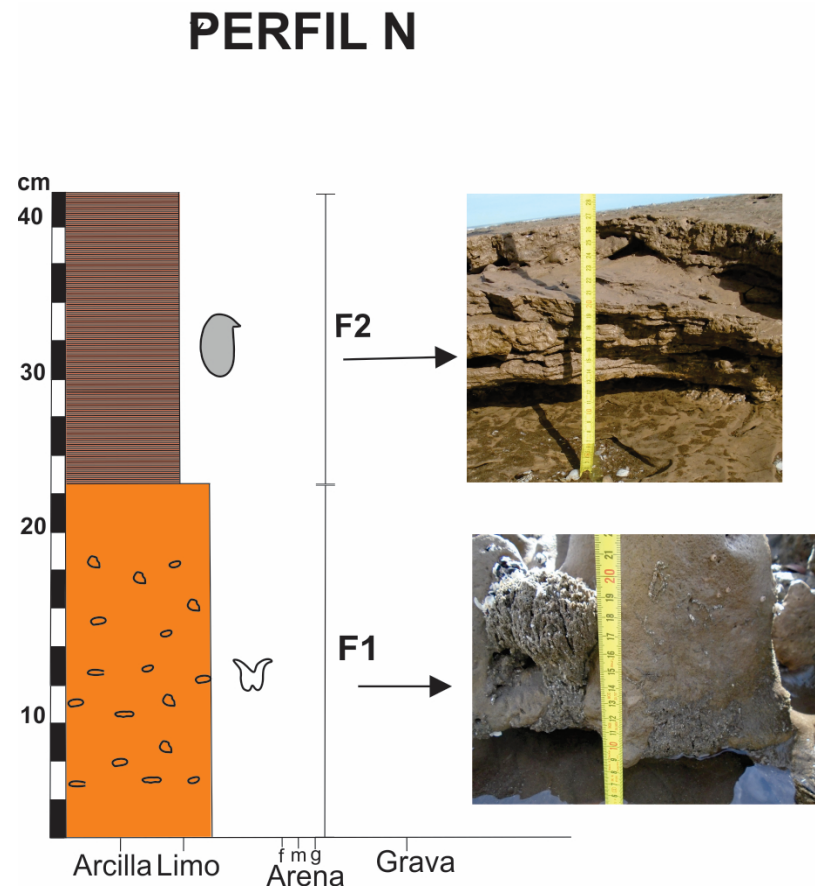


Figura 20. Perfil N ubicado en el tramo medio del Sector Huellas Humanas y con un espesor expuesto de 92cm. Se observa la faciess 1 al inicio del perfil, por encima aparecen niveles con la faciess 2 (con un espesor menor a 10 cm) y finaliza con la faciess 4, que es la de mayor espesor (72 cm). Referencias en Figura 2

# PERFIL Q

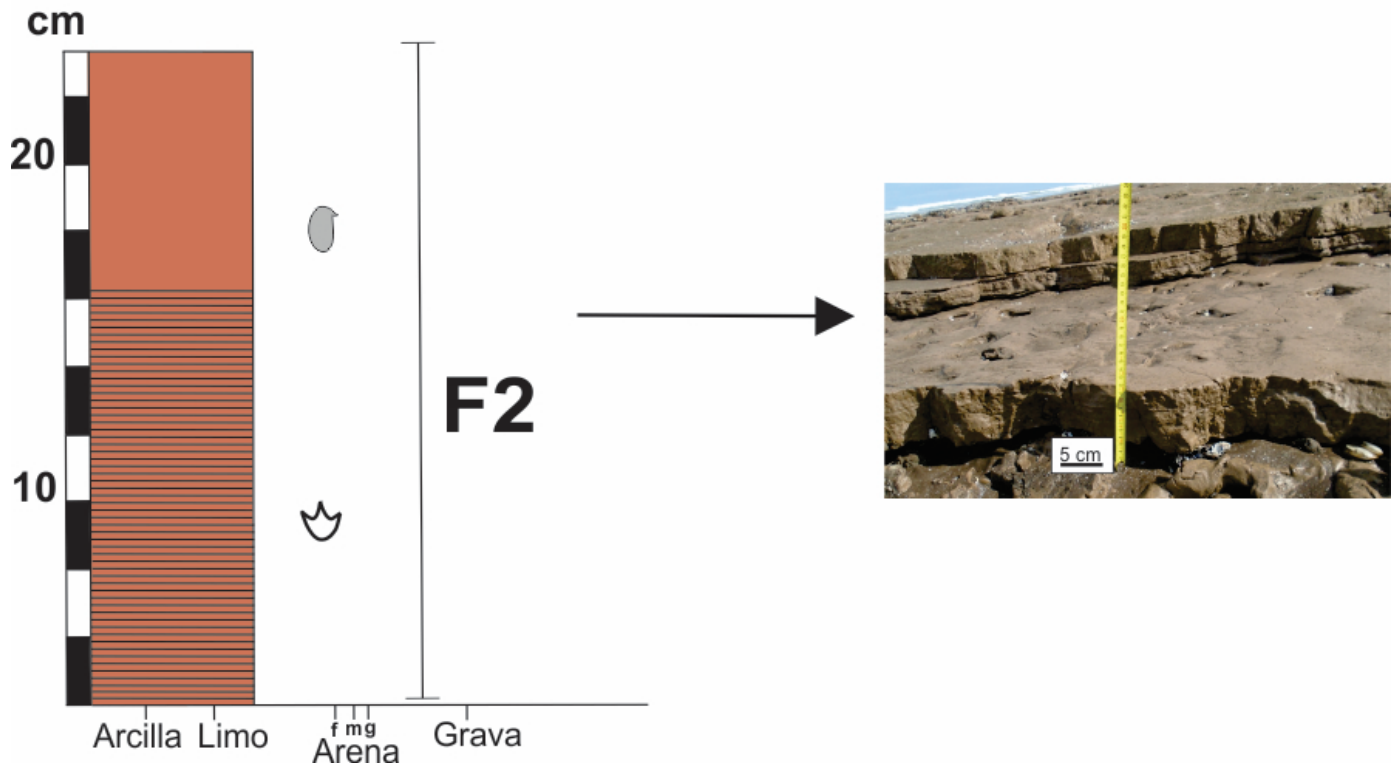


Figura 21. Perfil Q ubicado en el tramo medio del Sector Huellas Humanas y con un espesor expuesto de 25 cm, correspondiente a la faciess 2. La foto de la derecha exhibe las capas limoarenosas con laminación paralela y huellas de aves y perezosos. Referencias en Figura 2.

## PERFIL A

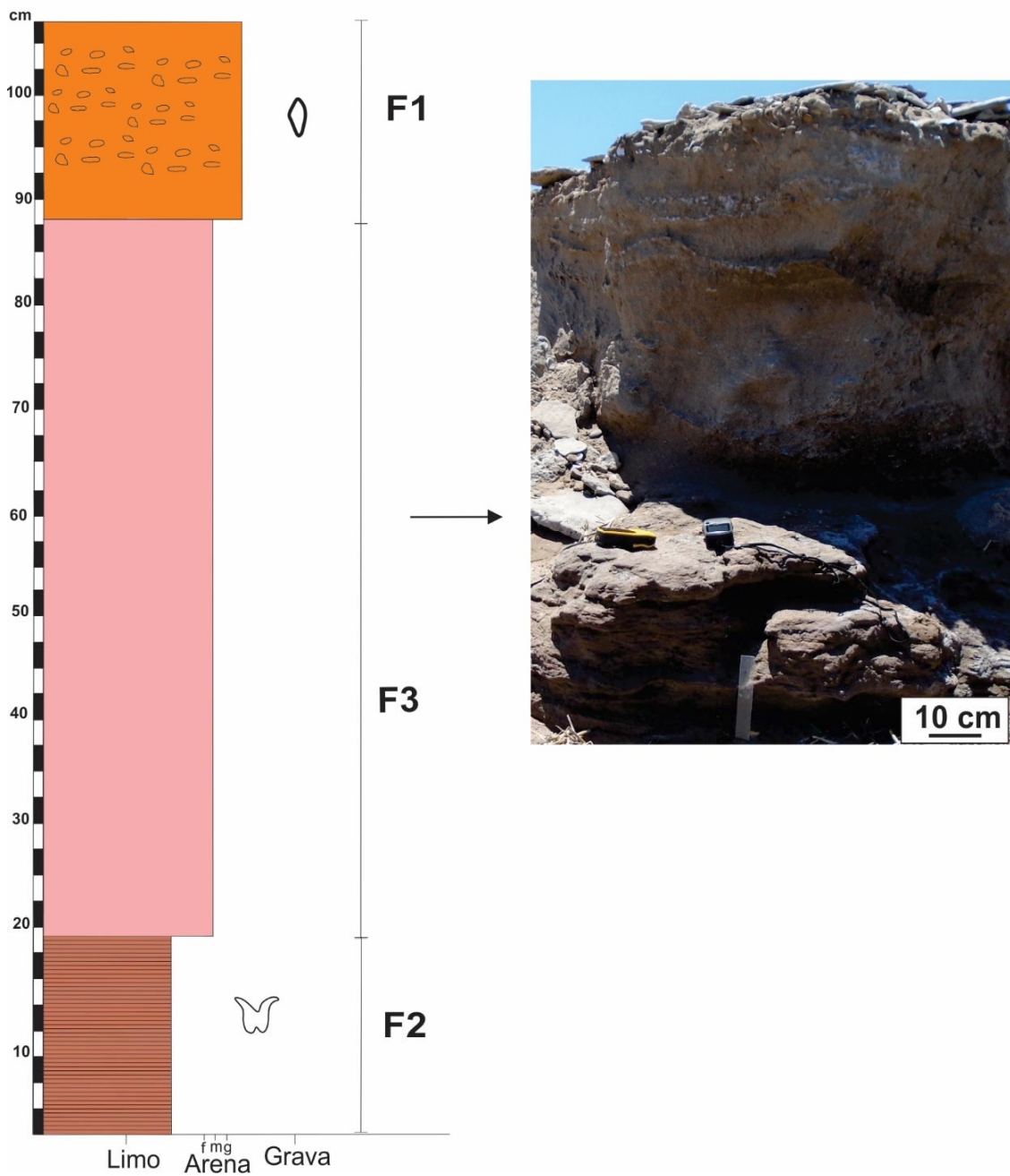


Figura 22. Perfil A ubicado en el tramo superior del Sector Flamencos, presenta un espesor considerable de 107cm y se compone de la faciess 2 en el tramo inferior y de la faciess 3 en el tramo superior. A la derecha se aprecia una foto de la sección observada en el campo. Referencias en figura 2.



## PERFIL K

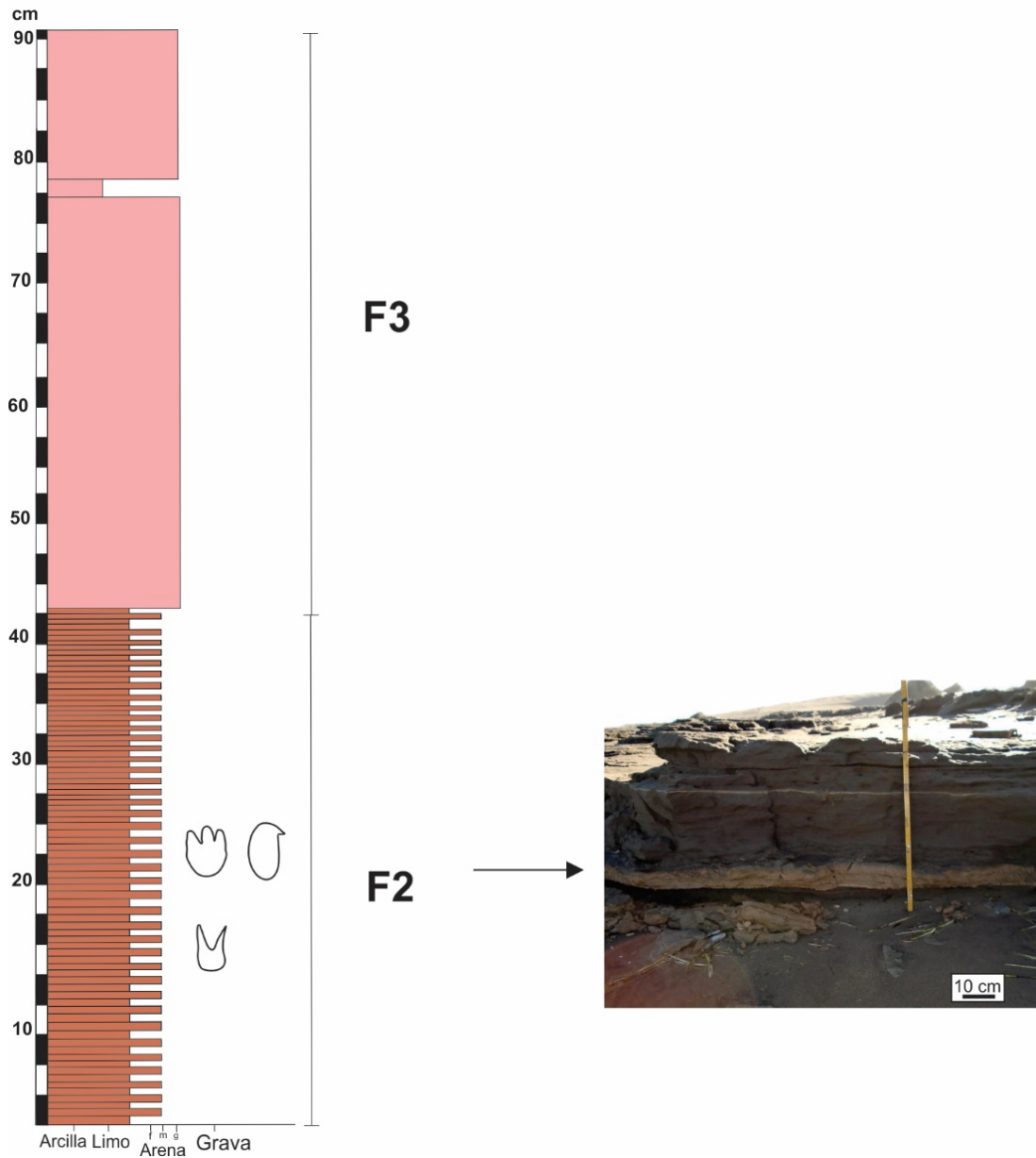


Figura 23. Perfil K ubicado en el tramo superior del Sector Flamencos, presenta un espesor considerable de 151 cm y se compone principalmente de capas de limo y arena hacia la base (Facies 2) y arena masiva hacia el techo de la sección (Facies 3). Referencias en Figura 2.

Apendice 3.2 Análisis granulométricos

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: H4			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Sandy Mud			
SEDIMENT NAME: Very Fine Sandy Medium Silt						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	14,21	6,140	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	95,02	3,399	SAND: 35,5%		MEDIUM SAND: 1,2%	
MODE 3:			MUD: 64,5%		FINE SAND: 11,8%	
D <sub>10</sub> :	7,159	2,853			V FINE SAND: 22,5%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	26,63	5,231	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 11,8%	
D <sub>90</sub> :	138,4	7,126	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 17,2%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	19,33	2,498	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 23,6%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	131,2	4,273	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 9,7%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	7,526	1,835	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 2,3%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	77,28	2,912	V COARSE SAND: 0,0%		CLAY: 0,0%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	55,98	30,66	5,028	30,20	5,050	Coarse Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	58,97	3,181	1,669	3,197	1,677	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	1,509	0,004	-0,004	0,110	-0,110	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	5,239	1,859	1,859	0,710	0,710	Platykurtic

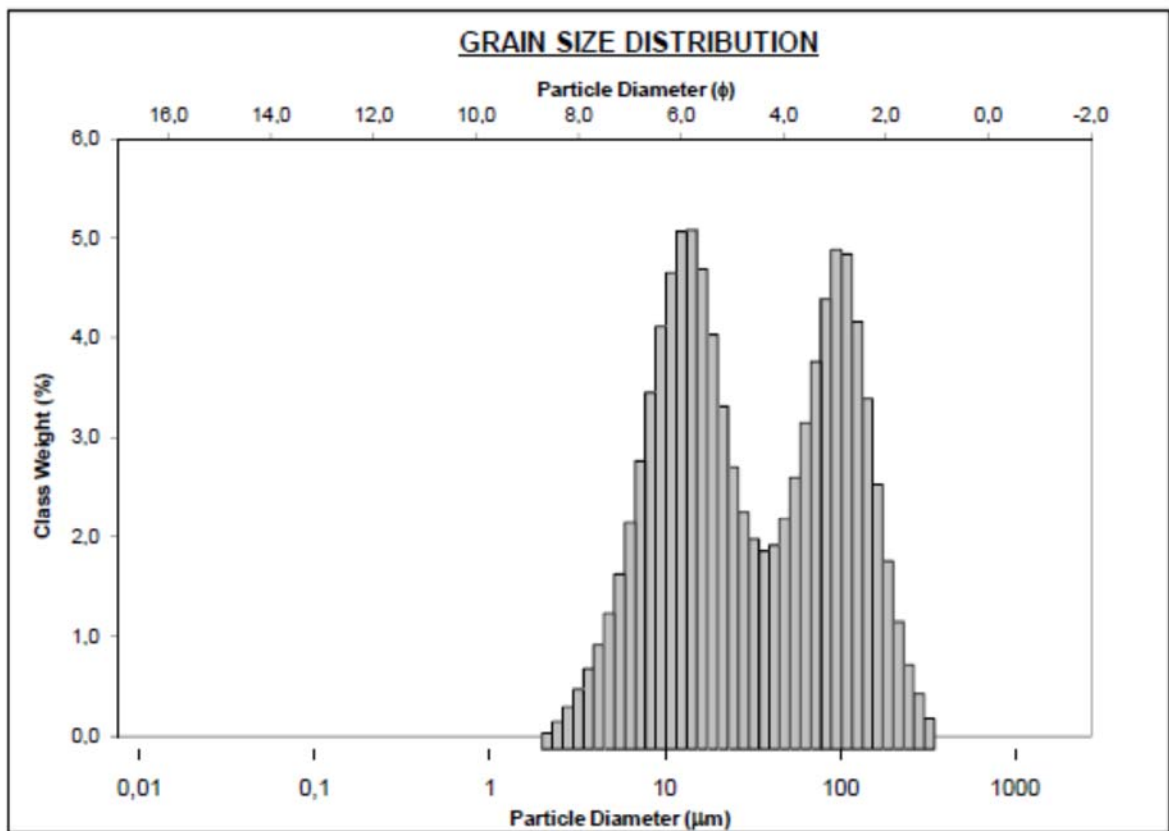


Figura 1. Análisis granulométrico de la muestra H4.

<b><u>SAMPLE STATISTICS</u></b>						
SAMPLE IDENTITY: H5			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Well Sorted			TEXTURAL GROUP: Sand			
SEDIMENT NAME: Well Sorted Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	<b>GRAIN SIZE DISTRIBUTION</b>			
MODE 1:	187,3	2,420	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,1%	
MODE 2:			SAND: 99,7%		MEDIUM SAND: 18,3%	
MODE 3:			MUD: 0,3%		FINE SAND: 68,5%	
D <sub>10</sub> :	117,9	1,805			V FINE SAND: 12,8%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	185,8	2,428	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 0,3%	
D <sub>90</sub> :	286,1	3,084	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 0,0%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	2,426	1,708	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 0,0%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	168,2	1,279	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1,561	1,304	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	83,01	0,642	V COARSE SAND: 0,0%		CLAY: 0,0%	
	<b>METHOD OF MOMENTS</b>			<b>FOLK &amp; WARD METHOD</b>		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	196,3	184,4	2,439	184,9	2,435	Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	69,47	1,417	0,503	1,410	0,495	Well Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	1,035	-0,134	0,134	-0,024	0,024	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	4,742	3,270	3,270	1,072	1,072	Mesokurtic

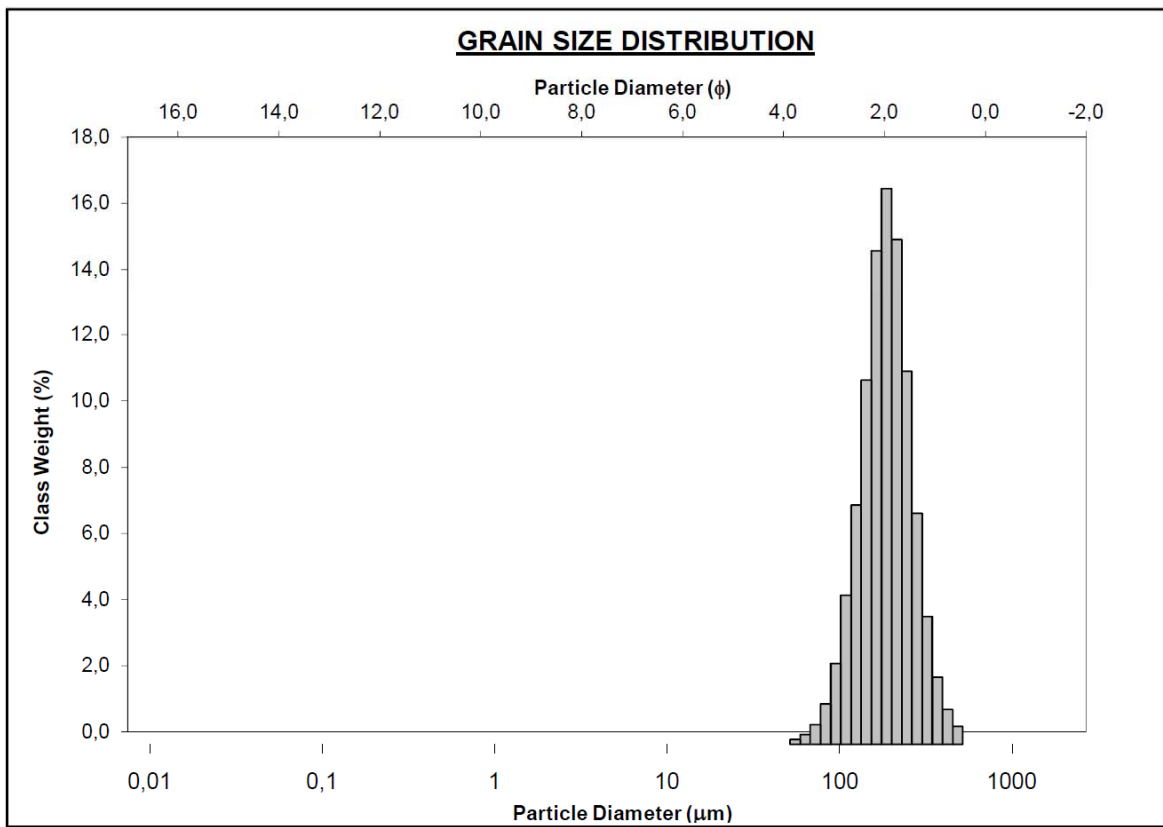


Figura 2. Análisis granulométrico de la muestra H5.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: R2			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Polymodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Muddy Sand			
SEDIMENT NAME: Very Coarse Silty Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	245,7	2,028	GRAVEL: 0,0%	COARSE SAND: 0,9%		
MODE 2:	124,7	3,007	SAND: 65,4%	MEDIUM SAND: 18,5%		
MODE 3:	82,96	3,595	MUD: 34,6%	FINE SAND: 24,8%		
D <sub>10</sub> :	13,41	1,652		V FINE SAND: 21,2%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	103,9	3,267	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 14,4%		
D <sub>90</sub> :	318,3	6,221	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 8,2%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	23,73	3,766	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 8,5%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	304,9	4,569	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 3,3%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	5,214	2,085	V FINE GRAVEL: 0,0%	V FINE SILT: 0,2%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	176,4	2,383	V COARSE SAND: 0,0%	CLAY: 0,0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	140,9	84,78	3,560	85,46	3,549	Very Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	121,4	3,178	1,668	3,294	1,720	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	1,022	-0,633	0,633	-0,271	0,271	Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	3,531	2,526	2,526	0,924	0,924	Mesokurtic

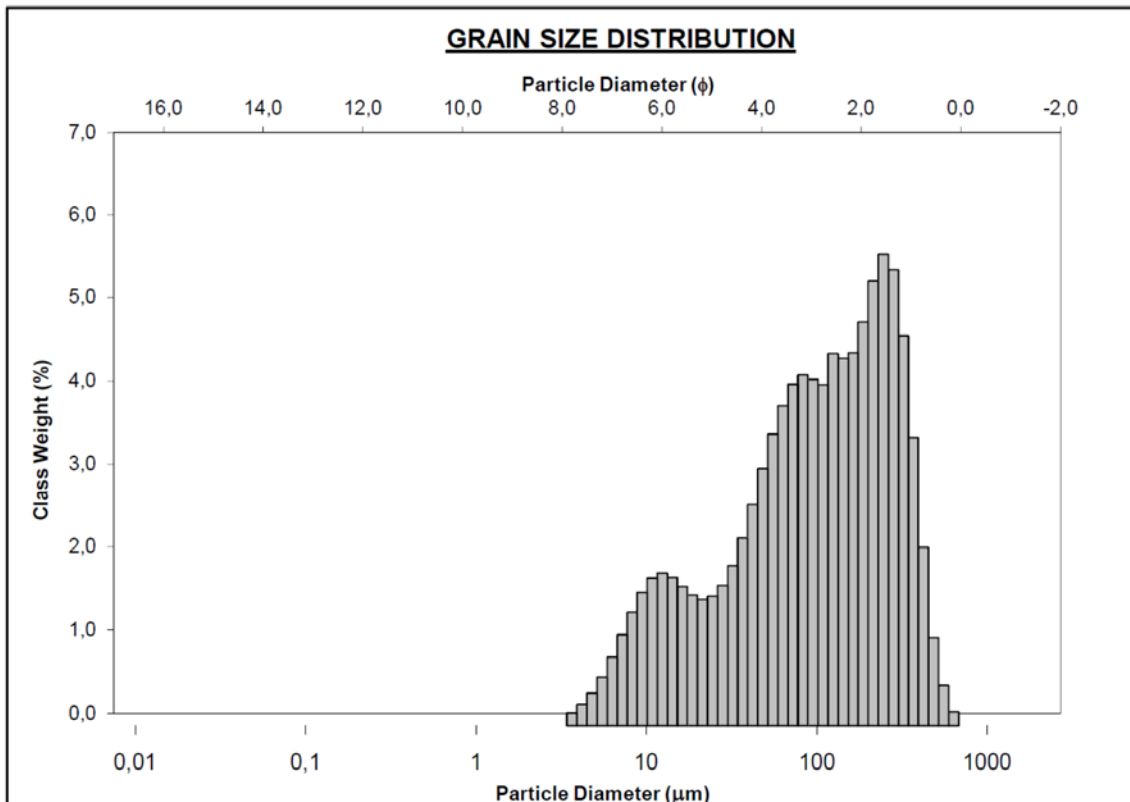


Figura 3. Análisis granulométrico de la muestra R2

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>A3</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted			TEXTURAL GROUP: Sand			
SEDIMENT NAME: Moderately Well Sorted Medium Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	281,4	1,832	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 12,5%	
MODE 2:			SAND: 98,6%		MEDIUM SAND: 51,7%	
MODE 3:			MUD: 1,4%		FINE SAND: 30,8%	
D <sub>10</sub> :	163,6	0,886			V FINE SAND: 3,0%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	294,8	1,762	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 0,2%	
D <sub>90</sub> :	541,3	2,611	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 0,2%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	3,308	2,949	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 0,8%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	377,6	1,726	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,3%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1,825	1,658	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	181,2	0,868	V COARSE SAND: 0,5%		CLAY: 0,0%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	329,7	287,1	1,800	296,9	1,752	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	165,5	1,804	0,851	1,600	0,678	Moderately Well Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	1,364	-2,083	2,083	0,008	-0,008	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	5,852	13,73	13,73	1,095	1,095	Mesokurtic

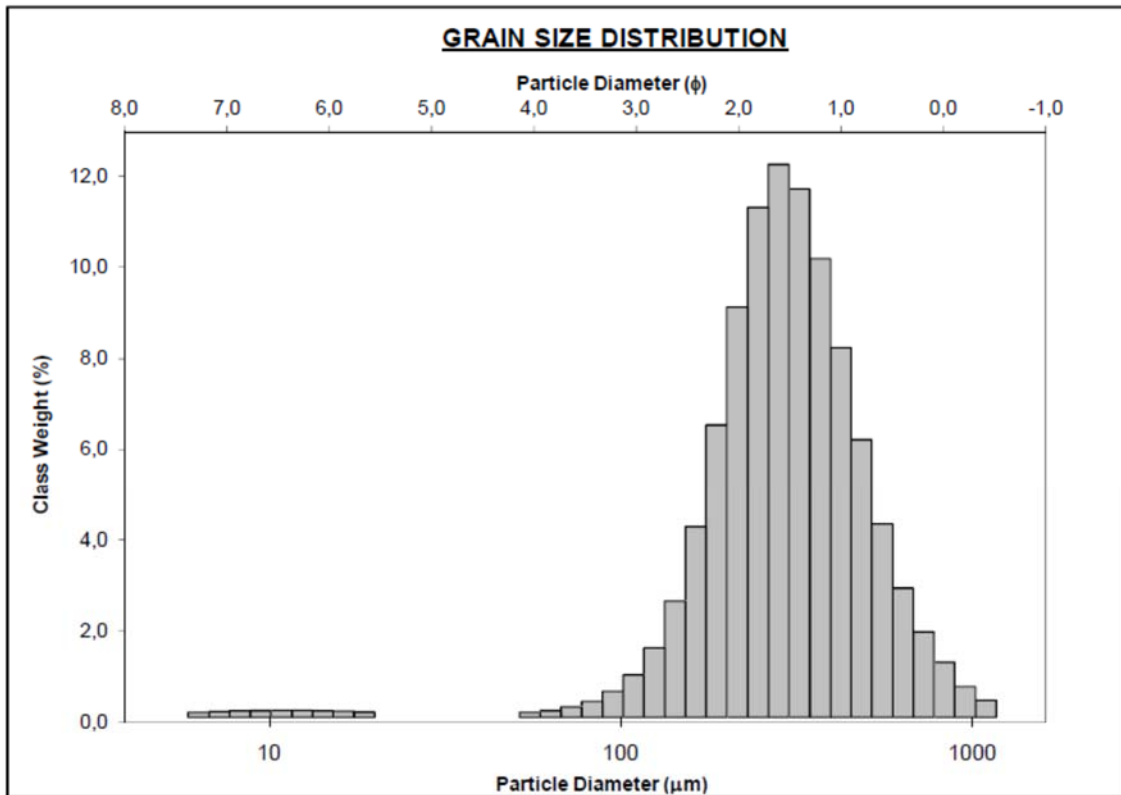


Figura 4. Análisis granulométrico de la muestra A3.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: J3			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Muddy Sand			
SEDIMENT NAME: Medium Silty Very Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	108,8	3,203	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	12,41	6,336	SAND: 55,6%		MEDIUM SAND: 1,5%	
MODE 3:			MUD: 44,4%		FINE SAND: 20,4%	
D <sub>10</sub> :	9,547	2,608			V FINE SAND: 33,8%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	73,26	3,771	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 12,1%	
D <sub>90</sub> :	164,0	6,711	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 11,0%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	17,18	2,573	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 14,9%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	154,5	4,102	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 5,6%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	6,289	1,859	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 0,8%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	98,87	2,653	V COARSE SAND: 0,0%		CLAY: 0,0%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	79,31	50,15	4,318	50,54	4,306	Very Coarse Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	62,98	2,993	1,581	3,033	1,601	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	0,857	-0,600	0,600	-0,434	0,434	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	3,507	2,179	2,179	0,741	0,741	Platykurtic

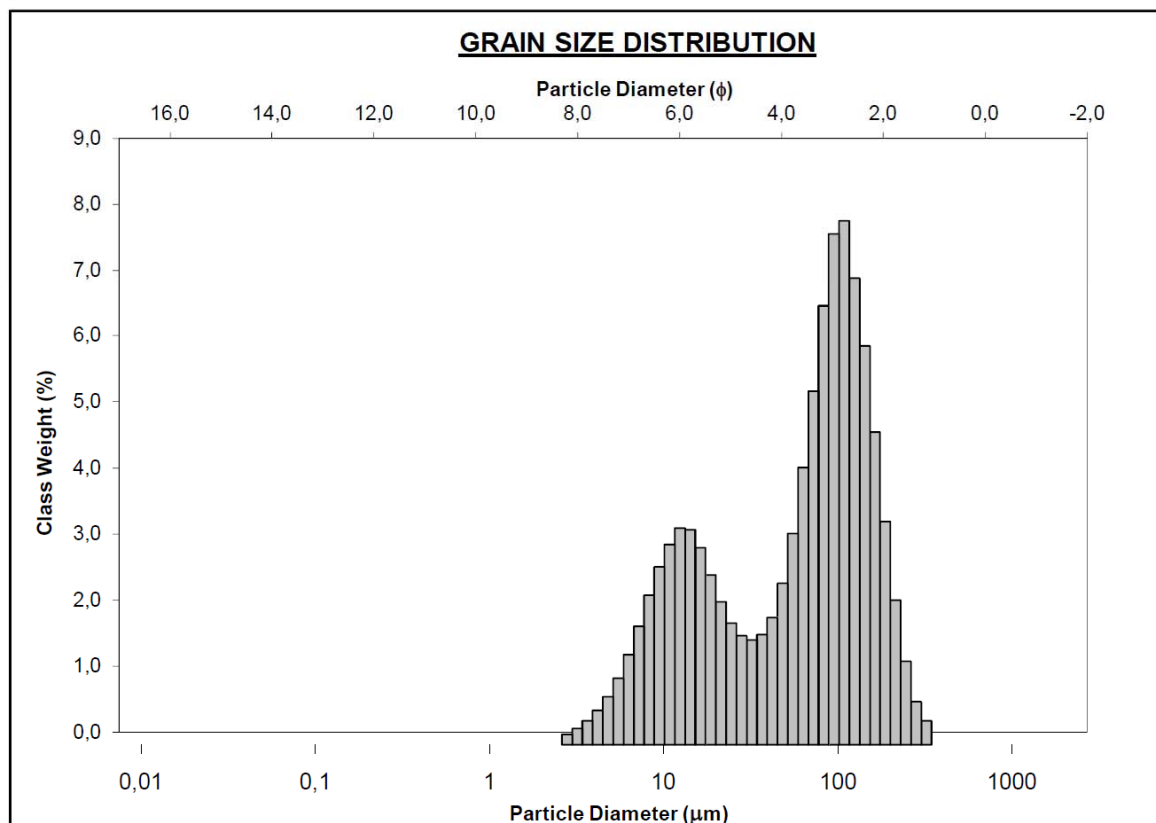


Figura 5. Análisis granulométrico de la muestra J3.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: F6			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Muddy Sand			
SEDIMENT NAME: Very Coarse Silty Very Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	124,7	3,007	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:			SAND: 76,5%		MEDIUM SAND: 1,9%	
MODE 3:			MUD: 23,5%		FINE SAND: 33,4%	
D <sub>10</sub> :	23,89	2,430			V FINE SAND: 41,2%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	102,6	3,286	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 11,6%	
D <sub>90</sub> :	185,6	5,387	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 4,8%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	7,768	2,217	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 5,2%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	161,7	2,958	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 1,9%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2,203	1,407	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	78,51	1,140	V COARSE SAND: 0,0%		CLAY: 0,0%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	106,8	83,90	3,575	91,71	3,447	Very Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	59,97	2,270	1,182	2,135	1,094	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	0,491	-1,414	1,414	-0,375	0,375	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	3,211	4,764	4,764	1,494	1,494	Leptokurtic

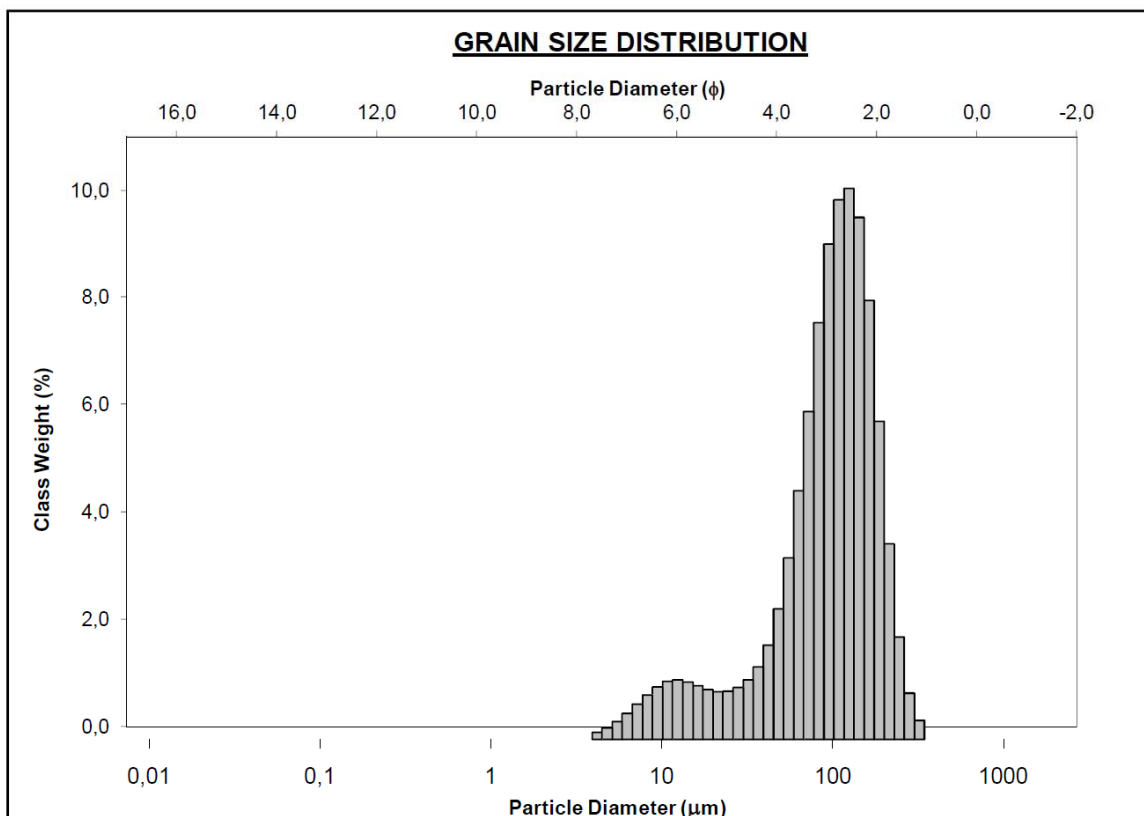


Figura 6. Análisis granulométrico de la muestra F6.



<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: B2			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Muddy Sand			
SEDIMENT NAME: Very Coarse Silty Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	214,5	2,224	GRAVEL: 0,0%	COARSE SAND: 0,1%		
MODE 2:	42,09	4,574	SAND: 69,9%	MEDIUM SAND: 19,3%		
MODE 3:			MUD: 30,1%	FINE SAND: 36,3%		
D <sub>10</sub> :	23,37	1,780		V FINE SAND: 14,3%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	151,7	2,721	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 14,8%		
D <sub>90</sub> :	291,1	5,419	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 10,5%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	12,46	3,044	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 4,3%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	267,7	3,639	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,4%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	4,723	2,060	V FINE GRAVEL: 0,0%	V FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	182,2	2,240	V COARSE SAND: 0,0%	CLAY: 0,0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	151,9	105,0	3,252	108,7	3,202	Very Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	105,3	2,679	1,421	2,669	1,416	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	0,398	-0,739	0,739	-0,482	0,482	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	2,285	2,462	2,462	0,800	0,800	Platykurtic

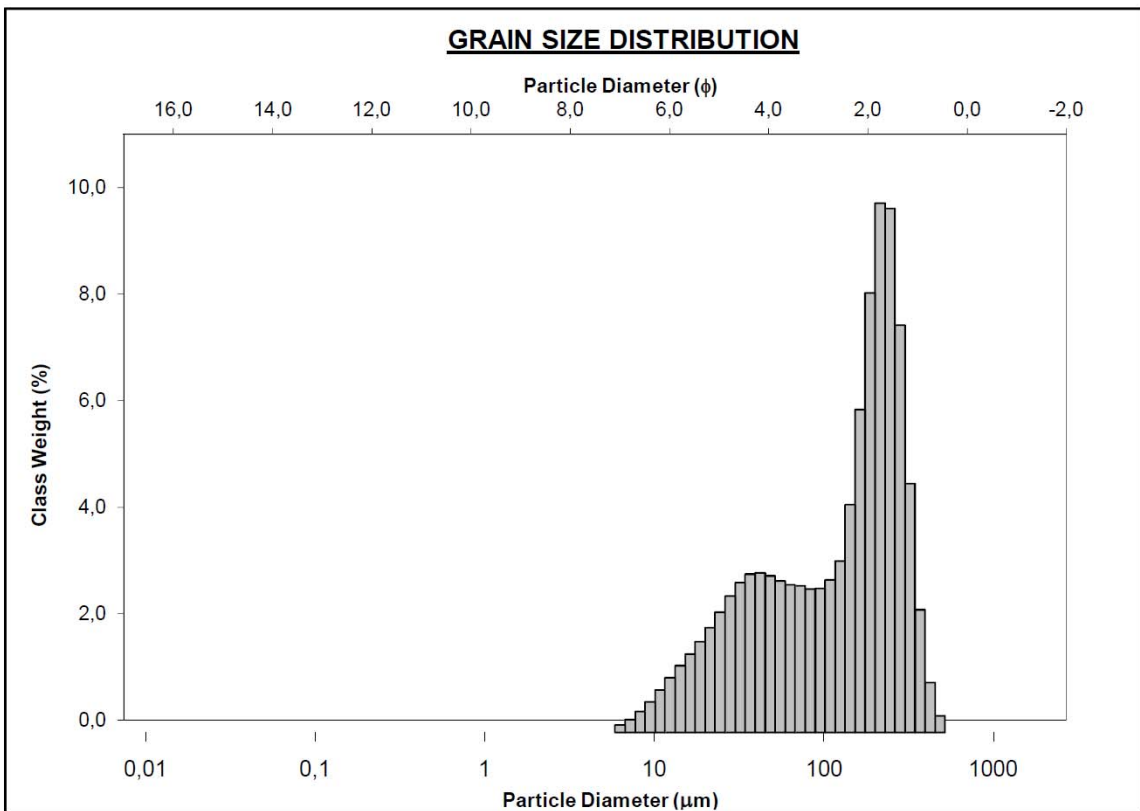


Figura 7 Análisis granulométrico de la muestra B2.

### Apendice 3.3. Difractogramas de las muestras analizadas

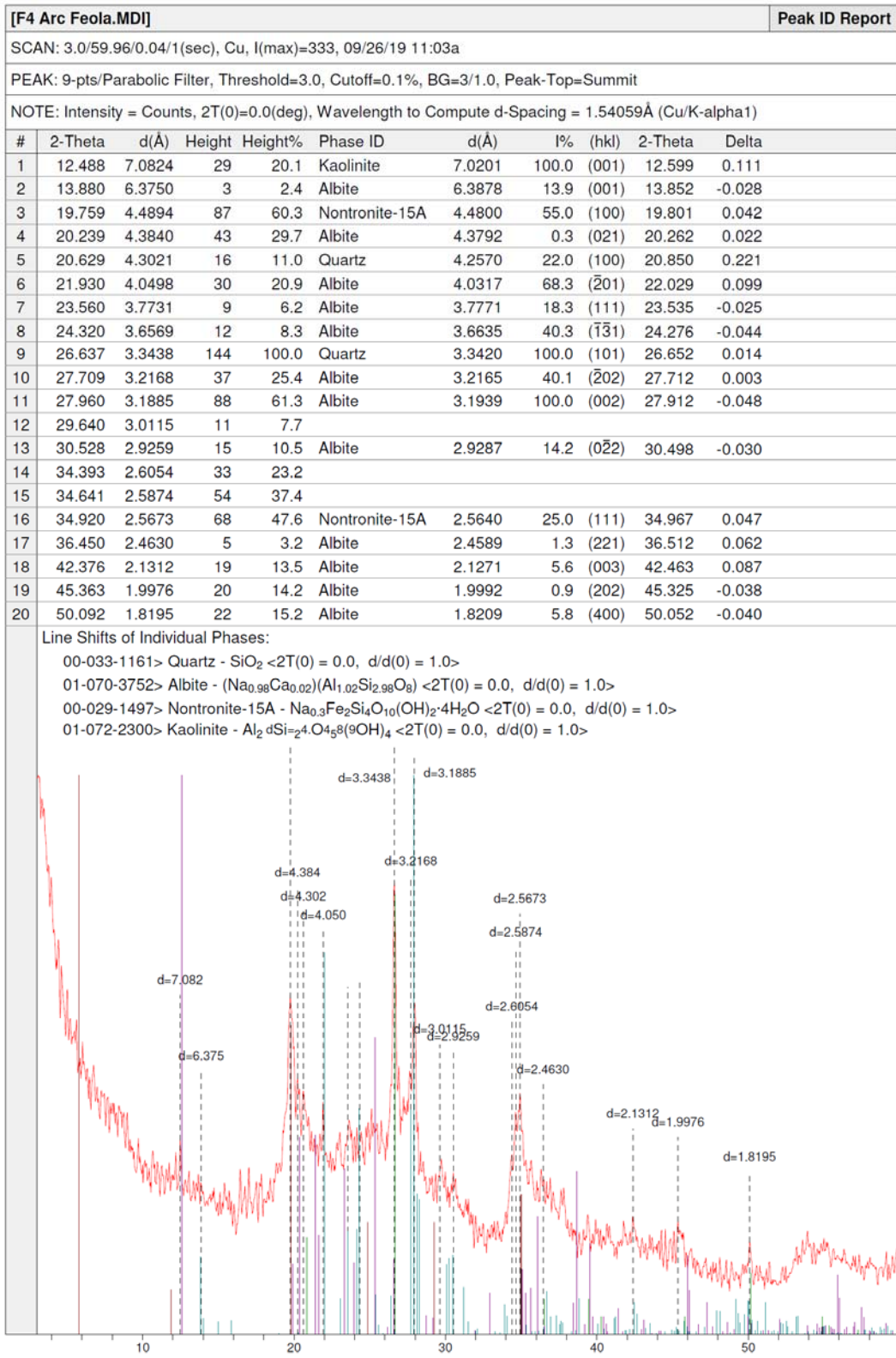


Figura 1. Difractograma de la muestra F4 tomada del perfil F (Facies 2), los picos indican la presencia de arcilla tipo esmectita

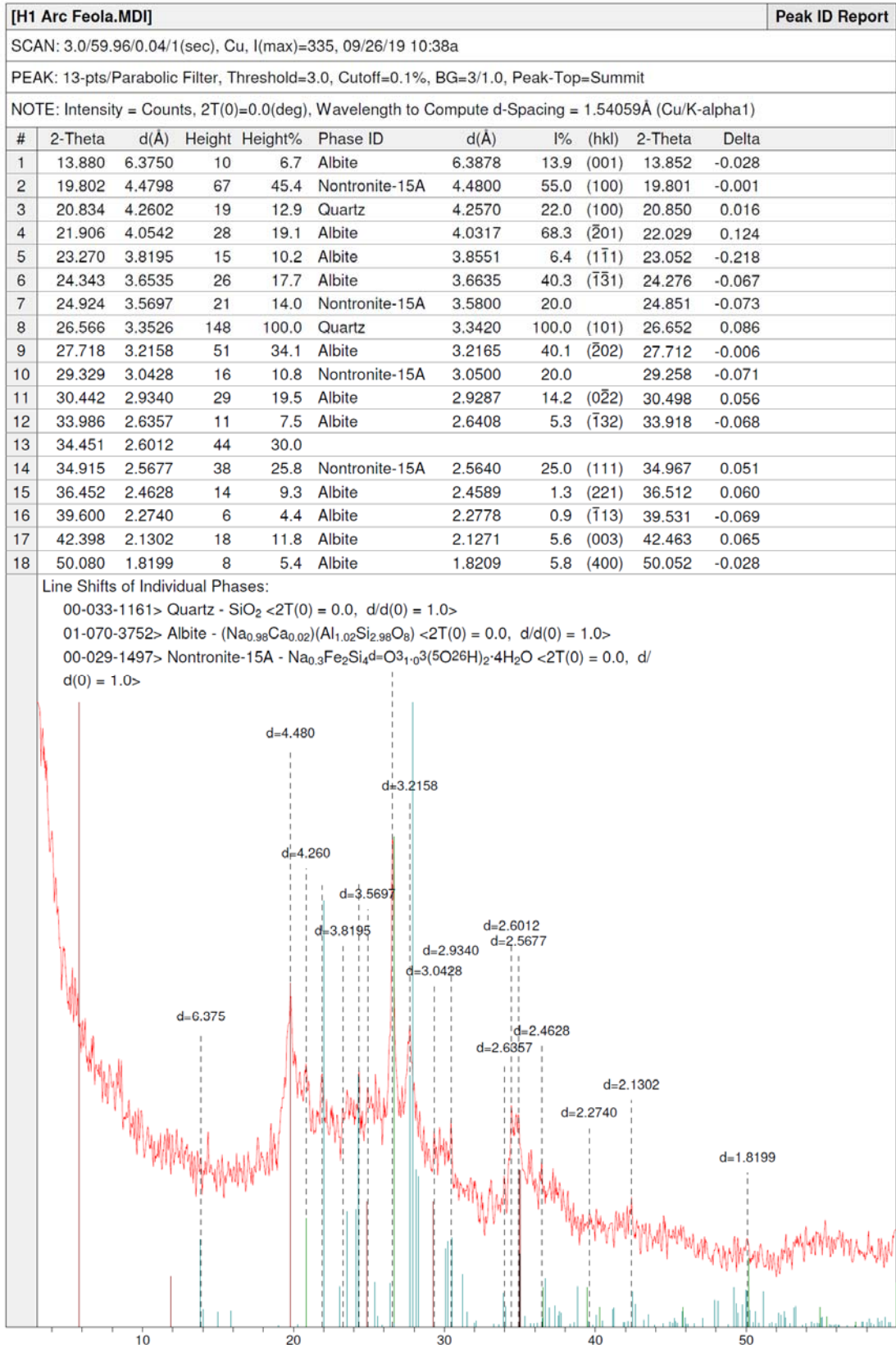


Figura 2. Difractograma de la muestra H1 tomada del perfil H (Facies 3), los picos indican la presencia de arcilla tipo esmectita.

## Apêndice 3.4. Datos analíticos de las dataciones



LABORATÓRIO DE DATAÇÃO E DOSIMETRIA

LDD

### Relatório da Datação T- Samples

Márcio Yee e Sonia H.Tatumi

Table 1.: Age determined by Central Age Model,  $D_e$  equivalent doses evaluated by SAR protocols. With N=aliquots quantities, O.D= overdispersion, W= water content and AD = annual dose rate.

Sample name	N	O.D.	W (%)	$D_e$ (Gy)	AD Gy/y	Age ky
T1	12	27.7	22.8	56.56±4.55	1986±40	28.5±2.4
T3	12	17.0	8.3	35.02±1.76	2330±46	15.0±0.8
T4	12	14.7	5.9	34.83±1.51	2195±44	15.9±0.8
T5	12	23.8	17.7	14.60±0.88	2100±42	7.0±0.4

Table 2.: Radioisotope contents.

Sample name	Th (ppm)	U (ppm)	K-40 (%)
T1	5.9±0.2	1.22±0.08	1.60±0.06
T3	5.2±0.2	1.37±0.09	1.70±0.06
T4	5.3±0.2	1.30±0.08	1.51±0.05
T5	5.3±0.2	1.26±0.08	1.67±0.06

OSL measurements were performed using an TL / OSL automated reader, model Risø TL / OSL-DA-20. OSL were made with blue light excitation (470 nm), at 120°C and detected in UV region using U-340 optical filter. The samples were irradiated with a  $^{90}\text{Sr} / ^{90}\text{Y}$  beta source with dose rate of 0.081 Gy/s.

Original samples was chemically cleaning with hydrogen peroxide during 24 hours, to remove organic material, washed with distilled water, than immersed in HF - 30% during 45 min, to remove carbonates and the outer rind of the quartz to eliminate the ionization from the  $\alpha$ -particle, after washed with distilled water; subsequently, immersed in HCl - 10% during 2 hours, to eliminate possible fluorides which can be formed with HF immersion again with distilled water; finally the sample was immersed in Sodium Polytungstate (SPT) at densities 2.75 and 2.62 g/cm<sup>3</sup>, to eliminate heavy minerals and feldspar, respectively, than pure quartz

1

Rua Dr.Carvalho de Mendonça, 144, Encruzilhada, Santos, São Paulo, cep.: 11070-100, Brasil

+55(13)3229-0364



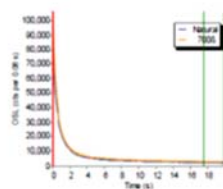
grains were obtained. The aliquots were tested to verify the presence of feldspar using infrared stimulated luminescence.

The equivalent doses ( $D_e$ ) are determined by the Single Aliquot Regenerative-dose protocol (Wintle and Murray, 2006). The 12 aliquots (~ 3mg of 180-210  $\mu\text{m}$ ) of the sample were used. The pre-heat plateau test for dose recovery was performed and the temperature of 200 °C was obtained and a cut heat temperature at 120 °C was adopted.  $D_e$  results of aliquots which passed by recycling ( $\pm 10\%$ ) and recuperations ( $< 5\%$ ) tests were utilized to final  $D_e$  value calculation.

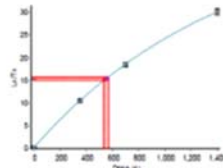
The final  $D_e$  value was evaluated with the "Radial Plot" (Galbraith and Roberts, 2012).

The natural radioactive contents (U, Th and K-40) were determined by  $\gamma$ -spectroscopy,  $\gamma$ -rays spectra of the sample was measured with a hiper-pure germanium detector with ultra-low shielding BG of Canberra Inc, during 1 week, and compared with the patterns spectra JR-1, JB-3, JG1a and JG-3 soils (qsimaini), the contributions of the cosmic radiations were calculated theoretically with the equations of Prescott and Hutton, 1994 and water saturation (W) was determined using the ratio between water weight and dry weight sediment. Finally, the annual dose rates are evaluated with the U, Th and K concentrations and the conversion table cited by e Adamic dose rate and Aitken, 1998.

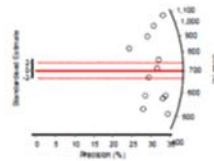
### T1 – Sample



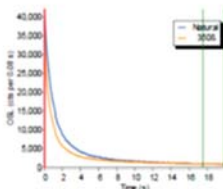
OSL decay curve



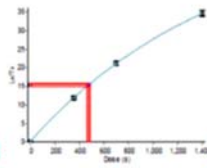
OSL growth curve

Radial plot of  $D_e$  values.

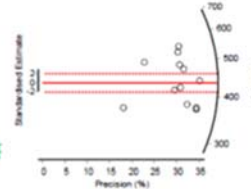
### Sample T3



de Mend



da, Santos, São I

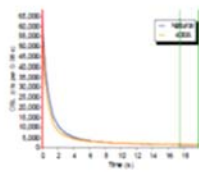


+55(13)3229-0364



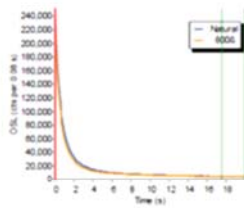
OSL decay curve

Sample T4



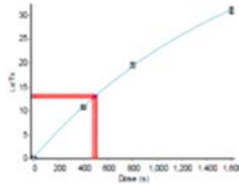
OSL decay curve

T5

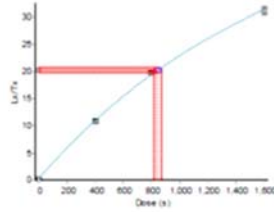


OSL decay curve

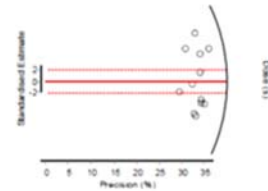
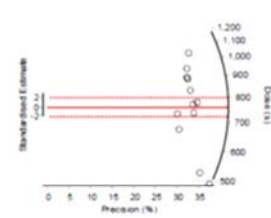
OSL growth curve



OSL growth curve



OSL growth curve

Radial plot of  $D_e$  values.Radial plot of  $D_e$  values.Radial plot of  $D_e$  values.

## References

- ADAMIEC, G., AITKEN, M.J. 1998. Dose-rate conversion factors: update. *Ancient TL* 16, 37- 50.
- GALBRAITH, R. F. and ROBERTS, R. G., 2012, Statistical aspects of equivalent dose and error calculation and display in OSL dating: An overview and some recommendations, *Quaternary Geochronology*, v.11 p. 1-27.
- PRESCOTT, J. R. and STEPHAN, L. G., 1982, The contribution of cosmic radiation to the environmental dose for thermoluminescence dating. Latitude, altitude and depth dependences, *FACT*, v.21-242 ,6, p.17-25.
- WINTLE, A. G. and MURRAY, A. S., 2006, A review of quartz optically stimulated luminescence characteristics and their relevance in single-aliquot regeneration dating protocols, *Radiation*

3

Rua Dr.Carvalho de Mendonça, 144, Encruzilhada, Santos, São Paulo, cep.: 11070-100, Brasil

+55(13)3229-0364

**Apéndice 4. Tablas con mediciones de los parámetros icnológicos**

<b>Ejemplar</b>	<b>Huella</b>	<b>LH(cm)</b>	<b>AH (cm)</b>	<b>LG (cm)</b>	<b>PH (cm)</b>	<b>LH/AH</b>	<b>LP (cm)</b>	<b>LZ (cm)</b>	<b>AP (°)</b>	<b>AR (cm)</b>
<b>MD-YPY-05-14</b>	H1 (p)	82	36	15	7,5	2,28		1,65		122
	H2 (p)	70	30	12	7,5	2,33	82		120	
	H3 (p)	76	42	12	7	1,81	74,3			
	Promedio	76	36	13	7,33	2,14	78,15		120	
<b>MD-YPY-18-01</b>	H1 (p)	**	39	*	13					152
	H2 (p)	70	51	7	19	1,37	82	146	115	
	H3 (p)	68	25	*	12,5	2,72	84	133	115	
	H4 (p)	71	47	13	24	1,51	88	143	109	
	H5 (p)	69	30	*	10	2,3	78	117	101	
	H6 (p)	70	46	11	14	1,52	73	114	86	
	H7 (p)	69	33	10	16,5	2,09	77	142	87	
	H8 (p)	69	34	9	20	2,03	95	116	106	
	H9 (p)	70	33	10	23	2,12	92	122	99	
	H10 (p)	70	34	10	17	2,06	96	133	100	
	H11 (p)	74	36	8	17	2,06	98	137	101	
	H12 (m)	33	24	*		1,38	98	135		
	H13 (p)	74	40	12	15	1,85	106	140	102	
	H14 (p)	68	32	8	14	2,13	85	145	106	
	H15 (p)	75	33	9	17	2,27	96	113	108	
	H16 (p)	64	35	8	16	1,83	123	99	87	
	H17 (p)	67	36	9	18	1,86	74	137	63	

	H18 (p)	69	35	10	16	1,97	69	98	129	
	H19 (m)	23	19	*		1,21		94		
	H20 (m)	18	19	*		0,95				
	H21 (p)	74	28	9	14	2,64			77	
	H22 (m)	23	22	*		1,05				
	H23 (p)	62	27	*	12	2,3			60	
	H24 (m)	9	17	*		0,53				
	H25 (p)	61	30	10.5	15	2,03				
	H26 (p)	65	22	*	8	2,95				
	Promedio pies	68,95	35,2	9,53	15,76	2,85	88,5	127,2	99,3	
	Promedio manos	21,2	20,2	*	*	1,02	98	114,5	81	
<b>MD-YPY-18-02</b>	H1 (p)	69	43	*	17	69				117
	H2 (p)	78	35	*	15	78			115	
	H3 (p)	65	33	*	18	65				
	Promedio	70,67	37		16,67	70,67			115	
<b>MPA-87-57-I-E</b>	Huella indiv.(p)	57	34	15	12	1,68				
<b>MD-YPI-04-07</b>	Huella indiv.(m)	31,5	27	10,55		1,17				
<b>MD-YPI-04-08</b>	Huella indiv.(p)	75	46	5	16	1,63				
<b>HC-17-01</b>	H1 (p)	100,3	45	4	15,5	2,23				127
	H2 (p)	76	44	*	16	1,73	85,5	183	114	
	H3 (p)	90	57	10	18	1,58	88,8	182,5	113	
	H4 (p)	85	50	*	17,5	1,7	89,5	154,8	98	



	H5 (p)	64	42	*	14	1,52	63,2	135	95	
	H6 (m)	60	46	3	18,5	1,3				
	H7 (p)	76	38	5	20	2	80,3	157,5	115	
	H8 (m)	44	42	*	18	1,05	85,3	169,7	114	
	H9 (p)	68	40	*	19,5	1,7	73,2	152,9	108	
	H10 (m)	65,5	42	*	16,5	1,56	89,75	159,85	111	
	H11 (p)	72	36	*	16	2	70,86	163	107	
	H12 (m)	71	41	*	14	1,73	87,1	171,8	115	
	H13 (p)	72	39	*	11	1,85	89,6			
	H14 (m)	64	-	*	10,5	-				
	Promedio pies	78,14	43,44	7,5	16,39	1,81	80,12	161,24	107,14	
	Promedio manos	65,12	42,75	3	15,5	1,41	87,38	167,12	113,33	
<b>HC-17-02a</b>	H1 (p)	104	56,6	*	11	1,84				147
	H2 (p)	105	52,6	*	9	2	89,7	163	110	
	H3 (p)	59	42	6	8,5	-	71,4			
	H4 (m)	73	43	*	8	1,7				
	Promedio pies	89,33	50,4		9,5	1,92			110	
	Promedio manos	73	43		8	1,7				
<b>HC-17-02b</b>	H1 (p)	54	27,2	*	10,5	1,99	57,6	125,6		118
	H2 (p)	58,3	30,3	7,6	11	1,92	58,46	126	106	
	H3 (p)	65,3	32,5	4,8	9	2,01	57,43	123,12	98	
	H4 (p)	64,2	36,6	*	8,5	1,75	57,34			

	Promedio	60,45	31,65	6,2	9,75	1,92	57,71	124,9	102	
<b>HC-17-03</b>	H1 (p)	66	25	10	12	2,64				
	H2 (p)	63,2	39	*	14	1,62				
	H3 (p)	67	33,8	*	12,5	1,98				
	H4 (p)	69,5	32,7	*	12	2,13				
	H5 (m)	17,8	25	*	16	0,71				106
	H6 p)	58,8	34,9	*	13	1,68				
	H7 (m)	18,3?	16,8	*	14	1,09				
	H8 (p)	64,6	36,7	*	16	1,76				
	H9 (m)	26,8	25,2	*	7	1,06				
	H10 (p)	66,2	32,2	*	9	2,06				
	Promedio pies	63,93	32,97		12,64	1,98				
	Promedio manos	22,3	25		12,33	0,95				
<b>HC-18-01</b>	H1 (p)	**	47	**	17,5	-				185
	H2 (p)	69,4	40	7	17	1,74	71	174,5	99	
	H3 (m)	29	21,6	*	6	1,34				
	H4 (p)	66	39,2	*	15	1,68	106	162	93	
	H5 (m)	26	22,1	*	10	1,18	113			
	H6 (p)	71,5	41,66	*	17,5	1,72	68	157	94	
	H7 (p)	72	35,8	*	18	2,01	97	174	104	
	H8 (p)	78	39	7	16	2	84	176	99	
	H9 (p)	76	51,6	*	16,3	1,47	97	174	98	

	H10 (p)	80	58	*	16,5	1,38	72			
	Promedio manos	73,27	21,85		8	1,26	113			
	Promedio pies	27,5	44,03	7	16,75	1,71	85	169,58	97,83	
<b>HC-19-03</b>	H1 (p)	35,3	17,8	*	12,5	1,98				23
	H2 (p)	39	19	*	12	2,05	53,1	92,6	127	
	H3 (p)	33	18,7	*	9	1,76	45,5	99,3	112,3	
	H4 (p)	39	21,1	*	14	1,85	60,4	102	116,6	
	H5 (p)	33	23,3	*	12	1,42	44,1	85,4	136	
	H6 (p)	28,6	16,5	*	11	1,73	52,5			
	Promedio	34,65	19,72		11,75	1,80	51,12	94,82	122,97	
<b>HC-17-04</b>	Huella indiv.(p)	72,65	44,8	9,8		1,62				
<b>HC-17-05</b>	Huella indiv.(p)	67,6	38,3	*		1,77				
<b>HC-17-06</b>	Huella indiv.(p)	79,35	40	*		1,98				
<b>HC-17-07</b>	Huella indiv.(p)	74,5	45,2	*		1,65				

\*\* incompleto

**Tabla 4.1. Medidas para los materiales asignados a *Neomegatherichnum pehuencoensis***

\* Ausente/no se aprecia

Ejemplar	Huella	LH(cm)	AH (cm)	LG (cm)	PH (cm)	LH/AH	LP (cm)	LZ (cm)	LG	PA (°)	AR (cm)
<b>MD-YPI-05-12</b>	H1 (p)	51,2	22,6	*	8,5	2,27	41		*		-
	H2 (p)	40,8	19,8	*	12	2,06			*		
	H3 (m)	9,6	10	*	1	0,96			*		
	H4 (m)	14	15	*	3	0,93			*		
	H5 (p)	53	34	*	8	1,56					
	H6 (p)	59,3	33	*	9,5	1,80					
	H7 (p)	48,8	21,1	*	1,5	2,31					
	H8(p)	50,7	16,3	*	10	3,11			*		
	H9 (m)	19,9	18,8	*	3	1,06					
	H10 (p)	49,7	23,9	*	8	2,08	43,2	110	*	87	
	H11 (p)	42,3	23,7	*	11	1,78	63,8		*	100	
	H12 (p)	53	34,3	*	3,5	1,55	57,4		*		
	Promedio manos	14,5	14,6	*	2,33	0,99					
	Promedio pies	49,86	25,41	*	8	2,06	54,8			93,5	
<b>HC-17-10</b>	H1 (p)	54,9	19,6	*	*	2,80					63
	H2 (p)	56,3	21,5	2cm- 3,8?	*	2,62	64,6			113,4	
	H3 (p)	49	18,9	*	*	2,59	60,6	121,6	4,2		
	Promedio	53,4	20	**	*						
<b>HC-17-08</b>	H1 (p)	41,4	17,5	*	*	2,37					66,5
	H2 (p)	42,6	17,9	*	*	2,38	61,3		4,23	106,3	

	H3 (p)	*	15,25	*	*		53	112,3			
	Promedio	42	16,8833			2,37	57,15	112,3	4,23	106,3	
<b>HC-19-01</b>	H1(p)	45	19	3	6	2,09					**
	H2 (p)	48	25	2,8	7	1,95					
	Promedio	46,5	22	2,9	6,5	2,02					

**Tabla 4.2. Medidas correspondientes asignados a *Myodontidichnum rosalensis***

\* Ausente/no se aprecia

\*\* Incompleto

Ejemplar	Huella	LH(cm)	AH (cm)	LG (cm)	PH (cm)	LH/AH	LP (cm)	LZ (cm)	AP (°)	AR (cm)
<b>HC-16-01</b>	H1 (m)	74	42	11	12	1,76				115
	H2 (p)	61	37,5	15,5	12	1,63				
	H3 (m)	73	40	12,5	14	1,83	80		125	
	H4 (p)	62	33	12	10,2	1,88	89	183	121	
	H5 (m)	60	43	11,5	11,6	1,40	90.7	161	133	
	H6 (p)	63,1	30,5	12	12,6	2,07	93	185	120	
	H7 (m)	50	42	12	11	1,19	87.4	170	150	
	H8 (p)	67	46	14	10,5	1,46	89	144	107	
	H9 (m)	54,5	37	10,5	10,5	1,47	78.5	174	145	
	H10 (p)	57,8	38,5	no	14	1,50	129	164,6	105	
	H11 (m)	75	42	no	9,5	1,79	133	170	141	
	H12 (p)	67,5	28,3	no	12	2,39	91,3	166,3	90	
	H13 (m)	75	36	17,5	11,5	2,08	90.5	176		
	H14 (p)	47	38,5	*	12	1,22	72	155,2	88	
	H15 (m)	70,5	39	*	9	1,81	85.2	168		
	H16 (p)	59	37	15	12,5	1,59	82	128	110	
	H17 (m)	68,5	42	12	11	1,63	62	164		
	H18 (p)	71	34	*	13,5	2,09			125	
	H19 (m)	50	38	*	9	1,32		168		
	H20 (p)	63,5	30	*	12	2,12			111	
	H21 (m)	63	37	11	12	1,70		170		

	H22 (p)	62,5	29,5	*	8	2,12	63		100	
	H23 (m)	80,5	37	*	11	2,18		172		
	H24 (p)	-	33,5		8					
	Promedio manos	66,1	39,6	13,7	11,75	1,68	88,53	160,87	107,7	
	Promedio pies	61,9	34,7	12,25	11,01	1,82		169,3	138,8	

**Tabla 4.3. Medidas correspondientes a la nueva *Megatherichnum* nov. Isp.**

\*\* incompleto

\* Ausente/no  
se aprecia

Ejemplar	Huella	LH(cm)	AH (cm)	LG (cm)	PH (cm)	LH/AH	LP (cm)	LZ (cm)	AP (°)	AR (cm)
<b>HC-19-02a</b>	H1(p)	79,92	45,80	**	16,00	1,74				90,00
	H2(p)	81,15	44,00	**	15,00	1,84	83,60	183,50	114,60	
	H3(p)	74,34	42,86	**	17,00	1,73	107,70	202,30	121,40	
	H4(p)	90,60	43,21	**	15,50	2,10	106,60	212,00	117,50	
	H5(p)	89,70	46,46	**	14,80	1,93	105,60	198,80	120,00	
	H6(p)	81,30	46,90	**	16,00	1,73	85,00	192,60	118,24	
	H7(p)	74,34	46,03	**	14,50	1,62	96,22	170,60	115,00	
	H8(p)	74,80	51,00	**	13,70	1,47	70,13			
	Promedio	80,77	45,78	**	15,31	1,77	93,55	193,30	117,79	
<b>HC-19-02b</b>	H1(p)	64,30	30,00	**	10,00	2,14				62,00
	H2(p)	51,94	28,30	**	10,30	1,84	67,93	123,30	105,93	
	H3(p)	51,70	30,30	**	9,50	1,71	48,64	126,26	111,00	
	H4(p)	50,60	25,77	**	9,00	1,96	67,53			
	Promedio	54,64	28,59	**	9,70	1,91	61,37	124,78	108,47	
<b>HC-19-02c</b>	H1(p)	50,30	21,20	**	8,80	2,37				72,00
	H2(p)	42,40	22,90	**	9,00	1,85	**	**		
	H3(p)	49,20	18,20	**	10,00	2,70	**	**		
	H4(p)	37,60	22,40	**	10,40	1,68	**	**		
	H5(p)	40,60	20,70	**	11,00	1,96	**	**		
	H6(p)	18,80	20,60	**	12,00	0,91	**	**		
	H7(p)	40,00	19,60	**	11,70	2,04	**	**		
	H8(p)	55,50	27,00	**	12,00	2,06	**	**		
	H9(p)	39,60	22,20	**	12,30	1,78	**	**		
	H10(p)	45,60	23,10	**	10,60	1,97	**	**		
	H11 (p)	59,40	24,18	**	10,00	2,46	**	**		
	Promedio	43,55	22,01	**	10,71	1,98	**	**		
<b>HC-19-04</b>	H1(p)	45,70	27,00	**	8,00	1,69				87,00
	H2(m)	42,00	23,00	**	9,00	1,83				
	H3(m)	44,20	25,27	**	6,50	1,75			87,40	
	H4(p)	51,00	33,00	**	7,50	1,55	99,00		94,50	



	H5(p)	54,50	35,00	**	4,70	1,56		168,00		
	H6(m)	48,47	33,00	**	6,00	1,47		147,20	89,50	
	H7(m)	49,00	31,00	**	3,80	1,58	62,00	154,80		
	Promedio pies	50,40	31,67	**	6,73	1,60	99,00	168,00	94,50	
	Promedio manos	45,92	28,07	**	6,33	1,66	62,00	151,00	88,45	
<b>HC-19-05</b>	H1	35,00	16,50	**	4,50	2,12				64,00
	H2	41,45	24,50	**	5,00	1,69	45,00	109,00	113,00	
	H3	39,40	22,30	**	6,60	1,77	53,00	110,00	110,80	
	H4	47,70	14,80	**	6,80	3,22	53,30	121,40	123,00	
	H5	41,60	25,30	**	7,00	1,64	57,00	118,30	124,30	
	H6	38,40	20,60	**	7,20	1,86	51,60	121,60	126,80	
	H7	37,70	24,00	**	6,80	1,57	53,00	108,60	115,00	
	H8	43,50	22,00	**	6,70	1,98	44,00	105,00	126,00	
	H9	39,50	24,50	**	6,30	1,61	66,20	97,90	109,30	
	H10	39,60	21,60	**	6,40	1,83	43,30	98,20	101,80	
	H11	55,00	26,60	**	5,10	2,07	57,60	108,20	114,60	
	H12	45,00	27,70	**	3,60	1,62	59,70			
	Promedio	41,99	23,08	**	6,00	1,92	53,06	109,82	116,46	
<b>HC-19-06</b>	H1	40,20	32,50	**	0,80	1,24				84,00
	H2	38,00	24,50	**	1,80	1,55	42,90		93,30	
	H3	41,40	28,00	**	1,30	1,48	43,70	90,30	99,40	
	H4	33,80	23,70	**	1,70	1,43	51,50	94,90		
	H5	35,25	22,74	**	1,10		42,80			
	Promedio	37,73	26,29	**	1,34	1,42	45,23	92,60	96,35	
<b>HC-17-12</b>	H1	33,00	17,60	**	1,50	1,88				84,80
	H2	44,67	26,00	**	2,50	1,72	46,00		99,46	
	H3	44,92	23,90	**	2,00	1,88	51,50	100,30	95,50	
	H4	50,30	21,05	**	2,80	2,39	53,70	109,60	86,50	
	H5	**	**	**	**					
	Promedio	43,22	22,14		2,03	1,97	50,40	104,95	93,82	

\*\* Ausente **Tabla 4.4. Medidas de los parámetros icnológicos de huellas cuadrúpedas indeterminadas**

Ejemplar	Huella	LH(cm)	AH (cm)	PH (cm)	LH/AH	LP (cm)	LZ (cm)	AP (°)	AR (cm)	III-IVº
<b>MD-YPY-05-15a</b>	H1	10	7	4,5	1,43				34,65	22
	H2	8	7	4,2	1,14					22
	H3	10,3	6,5	4	1,58					20
<b>MD-YPI-05-15b</b>	H1	7	5,6	4	1,25				13,7	20,5
	H2	6,5	5,5	4	1,18					19,5
<b>MD-YPY-05-15c</b>	H1	11	7,5	5	1,47				29,45	15,8
	H2 (m)	9,5	7,4	5,2	1,28					13,5
	H3 (p)	10	8,5	5	1,18					*
	H4 (m)	8,5	7,4	6,8	1,15	76,28		133		17
	H5 (p)	9,5	8,5	5	1,12	62,7	129	170		16
	H6 (m)	8	7,5	1,7	1,07	81,5				17
	H7 (p)	8,5	7,6	7,5	1,12					17,8
	H8 (m)	7	6	8,3	1,17					16
	H9 (p)	10,5	7,5	8,3	1,40					*
	H10	6	4,5	6,5	1,33					*
	H11	7	5	6	1,40					*
	H12	7	7,5	6,5	0,93					*
	H13	7	3,6	8,5	1,94					*
	H14	4	5,5	9,7	0,73					*
	H15	9	6,5	5	1,38					*
	H16	10	5	8,5	2,00					*
	Promedio	8,1	6,59	6,47	1,29	73,49	129,00	151,50		*
<b>MPA-87-50-E</b>	Huella indiv.	10,5	8	5	1,31					***
<b>MD-YPI-05-05</b>	Huella indiv.	9,5	6,52	5	1,46					***
<b>MD-YPI-05-06</b>	Huella indiv.	8,5	6,5	0,2	1,31					26
<b>MD-YPI-06-03</b>	Huella indiv.	10,5	9	1	1,17					18
<b>MPA-87-51-I-E</b>	H1	10	7,5	6	1,33					23
	H2	10	8	3,5	1,25					35
<b>MD-YPI-05-04</b>	Huella indiv.	7,8	5,27	2	1,48					26
<b>HC-17-11</b>	H1 (p)	9,2	5,14	1,00	1,79				21,33	33
	H2 (m)	8,35	5,04	1,80	1,66	44,90	96,50	158,50		33,5
	H3 (p)	8,48	4,7	1,20	1,80	46,00	104,60	153,50		17

	H4 (m)	7,3	4,86	3,00	1,50	51,30	107,00	168,70		25
	H5 (p)	8,27	5,26	2,00	1,57	56,50	105,30	143,80		20
	H6 (m)	10,05	5,57	1,50	1,80	54,00				31
	H7 (p)	8	5,15	1,90	1,55	49,90				24
	H8 (m)	7,5	5,85	2,30	1,28					20
<b>HC-16-26</b>	H1	7,9	4,5		1,76					23
	H2	8,2	5,9		1,39					29
	H3	8,8	6,10		1,44					**
	H4	8,6	5,8		1,48					**
	H5	6,6	6,4		1,03					**
	Promedio	8,02	5,74		1,42					26
<b>HC-17-07</b>	H1 (p)	9,9	10		0,99					29
	H2 (m)	9,3	10,2		0,91					19
	H3	9,74	7,6		1,28					16
	H4	8,2	6,9		1,19					30
	H5 (p)	10,2	6,9		1,48					18
	H6	9	6,4		1,41					16
	H7 (m)	10,5	7,4		1,42					18,5
	H8	9,2	7,5		1,23					16
	H9 (p)	7,2	6		1,20					15,5
	H10 (m)	8,7	6		1,45					18,5
	Promedio	9,194	7,49		1,26					19,7
<b>HC-17-13</b>	H1 (p)	10,67	6,31		1,69				13,80	18
	H2 (m)	9	6		1,50					15
	H3 (p)	10,48	7,88		1,33					12
<b>HC-16-14</b>	H1	12,9	10,3		1,25					16
	H2	11,3	9,33		1,21					13,8
<b>HC-16-15</b>	H1	10,5	8,4		1,25					18,5
	H2	8,4	6,07		1,38					37,8
<b>HC-16-06</b>	Huella indiv.	12,6	9,1		1,38					14,5
<b>HC-16-11</b>	Huella indiv.	11,7	11,7		1,00					***

<b>HC-16-12</b>	Huella indiv.	9,10	8,05		1,13					32
<b>HC-17-21</b>	H1	10	6	1,2	1,67					31
	H2	9,3	5,6	1,3	1,66					23,5
	Promedio	9,65	5,8	1,25	1,66					27,25

**Tabla 4.5. Medidas de parámetros icnológicos efectuados en materiales asignados a *Lamaichnum guanicoe***

\* No se aprecia

\*\*\* Dificultad para medir

Ejemplar	Huella	LH(cm)	AH (cm)	PH (cm)	LH/AH	LP (cm)	LZ (cm)	AP (°)	AR (cm)	III-IVº
<b>MD-YPI-06-04</b>	Huella indiv.	14,00	10,00	1,80	1,40					26,0
<b>HC-16-13</b>	Huella indiv.	13,43	8,70	1,60	1,54					37,0
<b>HC-17-27</b>	H1 (p)	13,35	8,87	1,00	1,51				25,50	23,5
	H2 (m)	13,74	10,30	1,20	1,33					12,0
	H3 (p)	13,21	8,68	1,10	1,52	73,00		155,00		14,5
	H4 (m)	13,00	9,40	1,20	1,38	72,30	149,00			12,0
	H5 (p)	13,93	8,69	1,10	1,60	74,30				17,0
	Promedio	13,45	9,19		1,47	73,20	149,00	155,00		15,8
	Promedio pies	13,50	9,85		1,37	72,30				18,3
	Promedio manos	13,57	8,68		1,56	73,65				12,0
<b>HC-16-16</b>	H1	13,80	10,50	1,70	1,73					36,0
	H2	11,15	8,70	1,40	1,44					14,0
	Promedio	12,48	9,60	1,55	1,58					25,0
<b>HC-16-23</b>	H1	15,00	9,00	1,90	1,67					21,0
	H2	13,00	7,90	1,70	1,65					17,0
	Promedio	14,00	8,45	1,80	1,66					19,0

Tabla 4.6. Medidas de parámetros icnológicos en materiales asignados a *Lamaichnum tulipensis*

\* No se aprecia

\*\*\* Dificultad  
para medir

Ejemplar	Huella	LH(cm)	AH (cm)	PH (cm)	LH/AH	LP (cm)	LZ (cm)	AP (°)	AR (cm)	III-Vº
<b>MPA-87-54-I- E</b>	H1	7,25	5,32	2,4	1,36					14,5
	H2	7,4	6,06	2,4	1,22					47,5
	Promedio									31,0
<b>MPA-87-53-I-E</b>	H1	9,4	6,2	2,3	1,52					46,0
	H2	9,3	8,2	2,3	1,13					29,0
										37,5
<b>MD-YPI-04-04</b>	Huella indiv.	4,41	4,34	2,5	1,02					29,0
<b>MD-YPI-05-01</b>	H1	7,5	4,25	1,5	1,76					16,0
	H2	9,05	5,68	1,5	1,59					24,0
	Promedio									20,0
<b>MD-YPI-19-01</b>	Huella indiv.	7,6	4,7	2	1,62					20,6
<b>MDYPI-05-03</b>	Huella indiv.	12	9	0,1	1,33					39,5
<b>HC-17-15</b>	Huella indiv.	11,9	7,5	2,7	1,59					30,0
<b>HC-16-15</b>	H1	12,2	11,3	0,8	1,08					34,0
	H2	11,2	10,6	1,1	1,06					29,0
	H3	10,8	9,5	1,3	1,14					21,5
	H4	11,8	8,7	0,9	1,36					26,0
	H5	15,3	9,7	0,2	1,58					24,5
	Promedio		12,26	9,96	0,86	1,24				
<b>HC-17-18</b>	H1 (m)	8,66	8,2	1,7	1,06				20,5	37,0
	H2 (p)	12,55	8,47	1,4	1,48			169		37,0
	H3 (m)	14,8	8,9	1,3	1,66	140		149		29,0
	H4 (p)	14,3	8,18	1	1,75	159				23,0
	Promedio manos		11,73	8,55						33,0
	Promedio pies		13,42	8,32						30,0

Tabla 4.7. Medidas de parámetros icnológicos en huellas de *Pecoripeda commune*

Ejemplar	Huella	LH(cm)	AH (cm)	PH (cm)	LH/AH	LP (cm)	LZ (cm)	AP (°)	AR (cm)
<b>MPA-87-56-I-E</b>	H. individual	28,20	25,10	8,00	1,12				
<b>HC-17-17</b>	H1	32,00	25,00	12,00	1,28				62,00
	H2	35,50	36,00	10,00	0,99	***	***	***	
	H3	38,70	-	8,50					
	Promedio	33,60	28,70	10,17	9,63				

Tabla 4.8. Medidas de parámetros icnológicos para materiales asignados a *Proboscipeda australis*

\*\*\* Dificultad para medir

Ejemplar	Huella	LH(cm)	AH (cm)	PH (cm)	LH/AH	LP (cm)	LZ (cm)	AP (°)	II-IVº	AR
<b>MPA-87-55-I- E a</b>	Huella indiv.	19,3	22,3	6	0,87				67,00	
<b>MPA-87-55-I- E b</b>	Huella indiv.	20	21,5	7,5	0,93				60,00	
<b>MD-YPI-17-01</b>	H	27	26	4	1,04				65,00	
	H	24	25	2	0,96				*	
	H	13,00	25,50	1,00	0,51				*	
	Promedio	21,33	25,50	2,33	0,84				65,00	
<b>MD-YPI-17-02</b>	H	18,80	20,00	6,00	0,94					90,00
	H	22,00	23,00	5,50	0,96					
	H	28,50	22,00	9,50	1,30			120,00	66,00	
	H	26,50	23,00	6,80	1,15				60,00	
	Promedio	23,95	22,00	6,95	1,09				63,00	
<b>HC-17-11</b>	Huella indiv.	17,50	20,40	4,00	0,86				< 68	
<b>HC-16-07</b>	H1 (p)	17,40	23,90	5,50	0,73				62,00	63,00
	H2 (m)	20,80	23,80	6,00	0,87				68,00	
	H3	18,00	22,70	4,50	0,79	79,50	165,30	150,00	*	
	H4 (m)	21,00	21,50	4,80	0,98	75,30		148,00	74,00	
	H5	19,30	23,40	3,00	0,82	78,80				
	H6 (m)	22,50	24,60	4,00	0,91	83,50	164,50			
	Promedio manos	21,43	23,23	4,93	0,92				71,00	
	Promedio pies	18,23	23,33	4,33	0,78	79,15			62,00	
	Promedio	19,83	23,32	4,63	0,85		164,90		68,00	
<b>HC-16-06</b>	H1	19,20	20,90	2,00	0,92				54,00	48,00
	H	21,32	18,50	2,10	1,15		104,30		70,00	
	H	20,35	19,00	2,50	1,07	59,60				
	H4	18,72	20,60	4,00	0,91	56,50	124,00	150,00		
	H5 (m)	18,00	19,50	4,00	0,92	76,50		149,50	74,00	
	H6	19,30	20,30	3,00	0,95	74,10		142,00		



	H7 (m)	15,00	16,65	4,00	0,90	72,20	128,50	141,00	71,00	
	H8 (p)	18,90	19,90	1,00	0,95	67,50			73,00	
	H9 (m)	15,30	16,60		0,92					
	Promedio manos	16,10	17,58		0,92					
	Promedio pies	18,97	20,26		0,94				66,63	
	Promedio	20,11	22,24		0,97					

**Tabla 4.9. Medidas de parámetros icnológicos en materiales asignados a *Macrauchenichnus patachonicus***

\*\*\* Dificultad para medir

Ejemplar	Huella	LH(cm)	AH (cm)	PH (cm)	LH/AH	Longitud de los dígitos (cm)				Ángulos interdigitales (°)				AR (cm)
						II	III	IV	V	II-III	III-IV	IV-V	II-V	
<b>HC-17-16-a</b>	H1	5,8	6,1	2	0,95	***	***	***	***	***	***	***	***	14,5
	H2	5,6	5,34	1,7	1,05		1,6	1,8	1,4	***	***	***	***	
	H3	5,06	5,7	2	0,89			1,65	1,9	***	***	***	***	
	H4	5,7	5,2	1,8	1,10	1,55	1,61	1,58	1,63	***	***	***	***	
	H5	6,5	6,5	1,2	1,00	2	1,53	1,65	1,7	11	9	10	30	
	H6	5,05	5,5	1,5	0,92	***	***	2	1,9	***	***	***	***	
	Promedio	5,62	5,72	1,7	0,98	1,78	1,58	1,74	1,706	11	***	***	***	
<b>HC-17-16-b</b>	H1	5,43	5,3	1,8	1,02	***	2,11	2,14		6	***	***	***	14
	H2	i	i	1,6		2,3	2,33	***	***	***	***	***	***	
	H3	i	5,15	2		***	***	***	***	***	***	***	***	
	H4	5,55	i	1,7		***	***	***	***	***	***	***	***	
	H5	6	5,73	1,8	1,05	2,68	***	***	***	***	***	***	***	
		Promedio	5,66	5,39	1,78	1,04	2,49	2,22	2,14	*	*	*	*	14,25
<b>MD-YPI-16-01</b>	H1 (m)	5,9	6	1	1,02	2,30	2,20	2,30	2,5	2,20	1,20	1,90	3,30	
	H2 (p)	5,75	5	2	1,13	2,20	2,10	2,30	2,4	2,50	1,30	2,30	3,20	
<b>MD-YPI-16-02</b>	H1 (m)	5,5	5,9	3	0,93	2,00	2,60	2,00	2,4	2,8	1,7	2,9	6,9	12
	H2 (p)	5,7	4,3	3	***	1,90	2,00	1,70	***	2,5	2	***	***	
	H3 (m)	5,9	5,9	3	1,00	2,10	2,50	1,70	1,6	2,2	1,4	2,9	5,2	
	H4 (p)	6	5,8	1	1,03	1,90	1,50	1,30	1,5	2	1,9	2,7	4,9	

Tabla 4.10. Medidas de parámetros icnológicos efectuados en huellas asignadas a *Canipeda gracilis*

\*\*\* Dificultad para medir

Ejemplar	Huella	LH(cm)	AH (cm)	PH (cm)	LH/AH	Longitud de los digitos (cm)					Longitud de garras				
						I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
<b>MD-97-15</b>	H1 (m)	12	10,5	1	1,14	2,05	3,08	3,65	3,18	2,8	***	***	1	0,5	***
	H2 (p)	19	10,5	1	1,81	2,2	1,7	2,55	5,15	2,1	0,3	***	***	***	***
	Promedio	15,5	10,5	1	1,48	2,13	2,39	3,1	4,17	2,45	0,3		1	0,5	
<b>MD-YPI-07-02</b>	Huella indiv.	13,87	10	2,6	1,39	2,14	2,66	2,06	1,82	2,23	1,5	1,8	1,6	1	**
<b>MD-YPI-06-07a</b>	H1	20	12,8	6	1,56	*	*	*	*	*	***	***	***	***	***
	H2	17	14	4,5	1,21	*	*	*	*	*	***	***	***	***	***
	H3	21,5	13	5,2	1,65	4,6	5,65	6,7	6,6	4,8	***	***	***	***	***
	Promedio	19,50	13,27	5,23	1,48	4,6	5,65	6,7	6,6	4,8					
<b>MD-YPI-06-07b</b>	H1	13,5	10,2	3,5	1,32	3,06	2,27	2,01	***	*	***	***	***	***	***
	H2	13,5	10,3	3	1,31	2	3,5	4,7	4,47	5,65	***	***	***	***	***
	Promedio	13,5	10,25	3,25	1,32	2,53	2,89	3,355	4,47	5,65					

Tabla 4.11. Medidas icnológicas efectuadas en huellas atribuidas a *Ursichnus sudamericanus*

\* Incompleto

\*\*\* Dificultad  
para  
medir

Ejemplar	Huella	LH(cm)	AH (cm)	PH (cm)	LH/AH	LP (cm)	LZ (cm)	AP (°)	AR (cm)
<b>HC-16-04</b>	H1	20,0	15,0	22,0	1,3				30
	H2	19,0	16,6	23,5	1,1	76,0			
	H3	19,0	15,5	24,0	1,2	73,5	1,4	155,0	
	H4	21,5	15,0	24,5	1,4	71,0	1,3		
	H5	17,5	12,5	25,0	1,4	69,0	1,5	155,0	
	H6	21,0	12,5	25,0	1,7	73,5	1,4	163,0	
	H7	18,5	11,5	24,6	1,6	79,0	1,5	150,0	
	H8	16,0	12,0	26,0	1,3	70,5	1,5	138,0	
	H9	14,0	12,0	25,5	1,2	66,0		150,0	
	H10	14,5	10,5	23,0	1,4			***	
	H11	18,0	9,5	19,0	1,9				
	H12	16,0	6,5	8,0	2,5				
	Promedio	17,9	12,4	22,5	1,5	72,3	1,4	151,8	

Tabla 4.12. Medidas incológicas de cf. *Glyptodontidichnus* isp.

\* No se aprecia

\*\*\* Dificultad para  
medir

Ejemplar	Huella	LH(cm)	AH (cm)	PH (cm)	LH/AH	LP (cm)	LZ (cm)	AP (°)	Angulos interdigitales			AR
									II-III	III-IV	II-V	
MD-YPI-15-02	H1	12,5	9	2,5	1,39				46	55	95	27
	H2	14	11	2,2	1,27	49	96	173	35	40	80	
	H3	10	5,5	1,9	1,82	49	97	168	38	45	77	
	H4	13,5	10,5	1,7	1,29	47	103	180	36	50	82	
	H5	16	11	2,5	1,45	54	105	170	***	***	***	
	H6	12	*	2,3		49	113	172	32	45	72	
	H7	14	9	2,8	1,56	50	106	176	38	42	80	
	H8	13,5	8,5?	1,9		496	110	175	40	42	76	
	H9	14	9,5	1	1,47	51	103	178	----	46	-----	
	H10	*	7	0,7		52	104		42	50	85	
	H11	11	8,5	2,7	1,29							
	Promedio	13,05	9	2,02	1,44	99,66	104,11	174	38,75	46,11	80,87	
MD-YPI-16-05	Huella indiv.	12	10,5	0,5	1,14				40	36	79	
HC-17-a	H1	14,9	10,8	0,2	1,38				23	27	57	
	H2	15,5	12,45	0,2	1,24				30	32	65	
		Promedio	15,2	11,63	0,2	1,31						
HC-17-b	H1	13,6	12,8	0,15	1,06				47	***	80	80
	H2	14,5	12,1	0,15	1,20	25		173	28	37	71	
	H3	15	13	0,2	1,15	24	49		55,8	39	78	
	H4	12	11,7	0,1	1,03				55	49	80	
		Promedio	13,78	12,40	0,15	1,11	24,50				41,67	76,33
HC-21-01	H1	13,5	8,9	0,1	1,52	*	*	*	32	24	51,9	22
	H2	12,04	10,5	0,3	1,15				39,5	32,2	70	
	H3	12,8	-	0,2						38		
		Promedio	12,78	9,7	0,2	1,33				35,75	31,4	60,95

\* Incompleto

Tabla 4.13. Medidas icnoógicas en huellas asignadas a *Aramayoichnus rhae*

\*\*\* Dificultad para medir

Ejemplar	Huella	LH(cm)	AH (cm)	PH (cm)	LH/AH	LP (cm)	LZ (cm)	AP (°)	Angulos interdigitales			AR (cm)
									II-III	III-IV	II-V	
<b>MD-YPI-04-16</b>	H1	5,00	4,50	0,50	1,11				85	70	150	11,6
	H2	4,50	4,50	0,20	1,00	10,8		116,0	***	***	***	
	H3	6,50	6,00	0,20	1,08	8,5	21,30	110,5	75	72	142	
	H4	4,50	4,00	0,80	1,13	8,6	16,70	96,0	***	***	***	
	H5	6,00	4,50	0,60	1,33	8,5	14,80	97,3	***	66	***	
	H6	5,00	3,50	1,40	1,43	6,5	14,20	77,0	***	***	***	
	H7	*	4,50	0,10	*	9,4	14,30	84,0	***	***	***	
	H8	4,50	5,00	0,50	0,90	3,5	14,00	60,0	***	78	133	
	H9	5,00	5,50	0,40	0,91	7,3	9,80	86,5	60	***	***	
	H10	4,50	5,20	0,10	0,87	7,4	14,40	103,0	***	***	***	
	H11	6,50	6,50	0,40	1,00	7,5	16,07	89,0	80	67	144	
	H12	7,50	5,50	0,50	1,36	6,0	14,70	116,0	***	***	***	
	H13	6,50	7,00	0,30	0,93	9,2	16,80		***	***	***	
	H14	7,00	7,00	0,10	1,00	5,2	15,00		68	75	110	
	Promedio	5,62	5,23	0,44	1,08	7,57	15,17	93,80	74,00	71,00	127,00	
<b>MD-YPI-06-16</b>	H1	5,7	6,5	0,2	0,88	*	*	*	35	46	76,6	*
	H2	6	6	0,1	1,00				31,5	17,8	52	
	H3	5,7	6,5	0,2	0,88				25,5	34	58,5	
	Promedio	5,8	6,33	0,17	0,92				30,67	32,60	62,37	

**Tabla 4.14. Parámetros icnológicos medidos en materiales asignados a *Charadriipeda isp.***

\* Incompleto

\*\*\* Dificultad  
para medir

Ejemplar	Huella	LH(cm)	AH (cm)	PH (cm)	LH/AH	LP	LZ (cm)	AP (°)	Angulos interdigitales			AR (cm)
									II-III	III-IV	II-V	
<b>MD-YPI-05-09</b>	H1	10	13	0,2	0,77				36	45	79	18,5
	H2	12,5	13	0,1	0,96				35	43	75	
	Promedio	11,25	13	0,15	0,87				36	44	77	
<b>MD-YPI-19-04</b>	H1	12	13,5	0,1	0,89				***	***	***	
	H2	13,5	11	0,15	1,23	33,7		154	38	***	***	
	H3	13	13,5	0,1	0,96	31,1		140,5	***	***	***	
	H4	15	11,5	0,1	1,30	29,7	57	147,5	22	28	59	
	H5	15	10	0,1	1,50	32,8	57,5	163	***	***	***	
	H6	13,5	9,5	0,1	1,42	36,5	65		***	***	***	
	H7	13	11	0,1	1,18		51,6		***	***	***	
	H8	14	9,5	0,15	1,47	28,8		156	***	***	***	
	H9	14	10	0,15	1,40	31,2	56	159,5	***	***	33	
	H10	14,5	12	0,1	1,21	26,3	56	148	***	***	***	
	H11	14	10	0,1	1,40	31,1	54		***	***	***	
	H12	14	10	0,1	1,40	29,4	57,6	209	***	***	***	
	H13	15,5	10	0,1	1,55	23,7	53,7		***	***	***	
	H14	11	9,5	0,15	1,16			124	***	***	***	
	H15	13	11	0,15	1,18	9	60,3		***	***	***	
	H16	14	11	0,1	1,27	26	55		***	***	***	
	H17	13,5	10,5	0,1	1,29	27,1	55,2		***	***	***	
Promedio		13,68	10,79	0,11	1,28	28,31	56,58	155,72	30	28	46	
<b>MD-YPY-05-10</b>	H1	9,00	10,00	2,00	0,90				37,5	30	72	
	H2	9,60	10,60	1,70	0,91				47,5	34,2	80	
	H3	9,10	10,60	1,90	0,86				37	40	82	
	H4	8,50	11,60	2,20	0,73				44	44,5	85	
	H5	11,50	10,80	1,60	1,06				*	31	*	
Promedio		9,54	10,72	1,88	0,89				41,50	35,94	79,75	
<b>MD-YPI-06-01</b>	Huella ind.	11	12	0,1	0,92				82	46	110	

Tabla 4.15. Medidas de parámetros icnológicos en huellas asignadas a *Phoenicoperichnum pehuencoensis*

Ejemplar	Huella	LH(cm)	AH (cm)	PH (cm)	LH/AH	LP (cm)	LZ (cm)	AP (°)	II-III	III-	II-V	AR
HC-17-17a	H1	14,9	10,8	0,2	1,38				23	27	57	
	H2	15,5	12,45	0,2	1,24				30	32	65	
	Promedio	15,2	11,63	0,2	1,31				26,5	29,5	61	
HC-17-17b	H1	13,6	12,8	0,15	1,06				47	***	80	80
	H2	14,5	12,1	0,15	1,20	25		173	28	37	71	
	H3	15	13	0,2	1,15	24	49		55,8	39	78	
	H4	12	11,7	0,1	1,03				55	49	80	
	Promedio	13,78	12,40	0,15	1,11	24,50				41,67	76,33	

Tabla 4.16. Parámetros icnológicos medidos en materiales asignados a cf. *Roepichnus* isp.

\* Incompleto

\*\*\* Dificultad para medir

Ejemplar	Huella	LH(cm)	AH (cm)	PH (cm)	LH/AH	Ángulos interdigitales			Longitud de los digitos			
						II-III	III-IV	I-IV	I	II	III	IV
MD-YPI-16-04	H1	3	3,5	0,1	0,86	42,2	54	93	***	2,6	3	2,5
	H2	2,65	3,3	0,15	0,80	52,6	45,1	91	***	2	2,65	2,5
	H3	***	2,9	0,1		35,2	42,9	92	***	***	***	***
	H4	2,88	3	0,15	0,96	51,8	41,5	83	***	2	2,88	2,1
	H5	2,62	3,27	0,1	0,80	52	52,3	96	***	1,5	2,62	1,7
	Promedio	2,7875	3,194	0,12	0,8553	46,76	47,16	91		2,025	2,79	2,2

Tabla 4.17. Medidas de parámetros icnológicos asignados a *Gruipeda* isp.

\* Incompleto

\*\*\* Dificultad para medir



Apéndice 5. Tablas con orientaciones de huellas y rastrilladas de las distintas zonas

	RASTRILLADA	ICNOTAXON	ORIENTACION	CANTIDAD DE HUELLAS
V	HC-21-01	<i>Aramayoichnum</i>	160	3
V		<i>Lamaichnum guanicoe</i>	351	3
U		<i>Lamaichnum guanicoe</i>	34	1
U		<i>Lamaichnum guanicoe</i>	193	3
U		<i>Lamaichnum guanicoe</i>	317	8
U		<i>Lamaichnum guanicoe</i>	342	5
T		<i>Lamaichnum guanicoe</i>	230	1
T		<i>Lamaichnum guanicoe</i>	229	1
T		<i>Lamaichnum guanicoe</i>	210	6
B	HC-16-15	<i>Lamaichnum guanicoe</i>	155	5
B	HC-16-06	<i>Macrauchenichnus patachonicus</i>	180	9
B	HC-16-07	<i>Macraucheichnus patachanocus</i>	125	6
B	HC-17-18	<i>Pecoripeda comunne</i>	80	4
Total			13	55

Tabla 5.1. Distribución de las trazas fósiles de la zona internareal baja.

PERFIL	RASTRILLADA/HUELLA	ICNOTAXON	ORIENTACIÓN	CANTIDAD DE HUELLAS
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	75	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	152	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	40	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	81	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	102	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	296	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	221	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	346	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	145	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	34	1

F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	44	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	33	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	338	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	10	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	6	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	19	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	106	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	58	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	104	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	56	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	19	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	120	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	101	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	271	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	229	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	87	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	210	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	66	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	64	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	145	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	90	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	72	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	55	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	315	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	147	1
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum</i>	98	1

		<i>pehuencoensis</i>		
F	HC-16-17	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	59	1
F	HC-16-01	<i>Megatherichnum nov. isp.</i>	312	23
F	s/n	<i>Lamaichnum guanicoe</i>	65	4
J	HC-17-13	<i>Lamaichnum tulipensis</i>	210	3
J	s/n	<i>Indeterminada</i>	100	1
A2	HC-17-27	<i>Lamaichnum tulipensis</i>	337	5
A2	s/n	<i>Lamaichnum guanicoe</i>	302	3
H	s/n	<i>Phoenicoptherichnum</i>	13	1
H	HC-16-06	<i>Lamaichnum guanicoe</i>	165	1
H	HC-16-26	<i>Lamaichnum guanicoe</i>	135	5
H	s/n	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	70	1
H	s/n	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	30	1
H	s/n	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	78	1
H	s/n	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	26	1
H	HC-17-21	<i>Pecoripeda commune</i>	45	4
D	s/n	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	212	1
D	s/n	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	200	1
D	HC-17-01	<i>Neomegatherichnum</i>	49	14
E	HC-17-02	<i>Neomegatherichnum</i>	185	10
E	s/n	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	230	1
E	s/n	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	235	1
C	HC-17-10	<i>Mylodontidichnum rosalensis</i>	311	3
C	HC-17-11	<i>Lamaichnum guanicoe</i>	220	8
C	HC-17-16 a	<i>Canipeda gracilis</i>	240	12
C	H-17-16b	<i>Canipeda gracilis</i>	190	5
C	HC-17-07	<i>Lamaichnum guanicoe</i>	337	10
C	HC-17-17b	<i>Roepichnus isp.</i>	182	4
C	HC-17-17a	<i>Roepichnus isp.</i>	93	2
M	HC-16-08	<i>Cf. Glyptodontidichnus isp.</i>	160	11
G	s/n	<i>Lamaichnum guanicoe</i>	145	2
G	s/n	<i>Lamaichnum guanicoe</i>	138	6
P	s/n	<i>Phoenicoptherichnum pehuencoensis</i>	266	1
I	s/n	<i>Lamaichnum guanicoe</i>	240	6
I	HC-18-01	<i>Neomegatherichnum</i>	344	10

		<i>pehuencoensis</i>		
I	s/n	<i>Gruipeda</i> isp.	270	1
I	s/n	<i>Gruipeda</i> isp.	s/d	10
C2	HC-17-08	<i>Myodontidichnum rosalensis</i>	55	3
Total			72	213

Tabla 5.2. Distribución de las huellas en la zona intermareal media

PERFIL	RASTRILLADA/HUELLA	ICNOTAXON	ORIENTACIÓN	CANTIDAD DE HUELLAS
K	HC-17-21	<i>Pecoripeda commune</i>	185	2
K	HC-17-17	<i>Proboscipeda australis</i>	-	3
K	HC-17-03	<i>Neomegatherichnum pehuencoensis</i>	182	10
J	HC-17-07	<i>Lamaichnum guanicoe</i>	337	10
TOTAL			3	26

Tabla 5.3. Distribución de las trazas fósiles en la zona intermareal alta