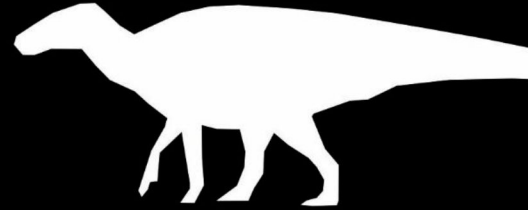




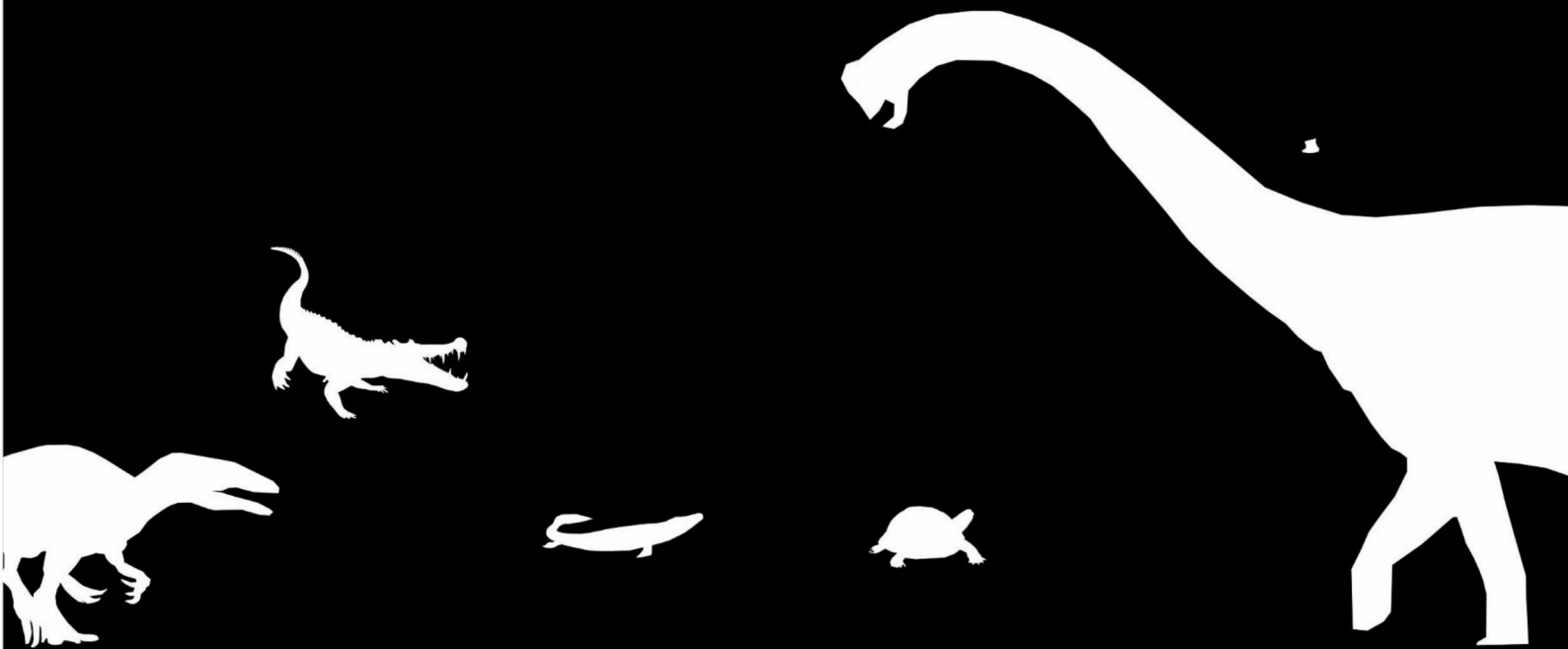
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA  
PATAGONIA SAN JUAN BOSCO



# TAFONOMÍA Y TAXONOMÍA DE VERTEBRADOS FÓSILES DE LA FORMACIÓN LAGO COLHUÉ HUAPI EN ESTANCIA LA MARÍA, CRETÁCICO SUPERIOR DE LA CUENCA DEL GOLFO SAN JORGE

Trabajo Final

Autor: Castaño, Xavier Ezequiel  
Director: Dr. Casal, Gabriel Andrés  
Co-Director: Dr. Ibiricu, Lucio Manuel



## RESUMEN

En el presente trabajo se estudiaron los procesos bioestratigráficos actuantes en una acumulación de restos fósiles hallados en afloramientos de la sección media de la Formación Lago Colhué Huapi en la costa nororiental del lago homónimo, denominada informalmente Playa Kruger (Península Mocha). Esto, a fin de realizar interpretaciones sobre el origen de esta concentración de fósiles y la diversidad taxonómica en la unidad. En el campo se delimitaron cuadrículas de 50x50 metros, para cubrir el área de estudio. Dentro de cada cuadrícula se realizó una prospección de restos fósiles, siguiendo la metodología tradicional de exploración detallada de la superficie. Se realizaron tres perfiles sedimentológicos, describiendo e interpretando litofacies y cuatro asociaciones de litofacies. En campo se hizo una descripción y clasificación preliminar de restos fósiles y en gabinete se realizó un estudio detallado de los restos recuperados. Para la determinación taxonómica, los materiales fueron comparados con huesos originales (pertenecientes a la colección de vertebrados de la UNPSJB) y con bibliografía representativa de cada grupo. De cada resto fósil (n= 91 en total) encontrado en el campo se registraron datos de ubicación y atributos tafonómicos como integridad, meteorización, fracturas, grado de articulación, yacencia, transporte, grado de abrasión, y bioerosión. Entre los resultados obtenidos, se interpretaron asociaciones de litofacies de planicie de inundación proximal, de planicie de inundación distal, de canales arenosos y canales gravoarenosos. Además, se identificaron representantes de los tres grandes grupos dentro de Dinosauria, Sauropoda, Ornithopoda, Theropoda como así también restos pertenecientes a otros vertebrados no dinosaurios: tortugas, cocodrilos y peces. La gran cantidad de restos presentes en las facies de canal arenoso se vinculan con un hipotético carácter estacional del río, el cual en períodos de alto caudal incorporó los huesos allí dispersos. La descripción de los atributos tafonómicos sugiere que los individuos del ecosistema murieron en distintos períodos de tiempo. Los esqueletos habrían sido desarticulados, y sus restos expuestos a la intemperie y organismos carroñeros; sumándose, además, el transporte fluvial. Estos procesos se repetirían en los distintos huesos de cada individuo generando una acumulación final o tanatocenosis que contiene restos de individuos cuya

muerte fue asincrónica. Finalmente, los resultados obtenidos indican que hubo interacciones entre la fauna del ecosistema, señalando posibles relaciones de presa-depredador o bien carroñeo de cadáveres.

## INDICE

Introducción.....	1
Marco geológico.....	2
Ubicación del área de estudio.....	5
Objetivos.....	7
Metodología.....	8
Antecedentes de la Formación Lago Colhué Huapi.....	13
a) Paleontología.....	14
b) Tafonomía.....	20
Resultados.....	21
a) Sedimentología.....	25
b) Descripciones taxonómicas y tafonómicas.....	35
c) Análisis estadístico.....	73
d) Análisis de reorientación de huesos.....	85
Discusión.....	91
a) Sedimentología y preservación de restos fósiles.....	91
b) Vertebrados fósiles.....	95
c) Tafonomía: procesos bioestratinómicos.....	99
Conclusión.....	112
Bibliografía.....	115
Agradecimientos.....	132

## INTRODUCCIÓN

La Cuenca del Golfo San Jorge, está ubicada en la Patagonia extraandina (Fig. 1 a y b) abarcando parte del Sur de la provincia de Chubut y el Norte de la provincia Santa Cruz. Allí, se reúnen los depósitos sedimentarios continentales del Cretácico del Grupo Chubut (Lesta y Ferello, 1972). Las investigaciones geológicas y paleontológicas sistemáticas realizadas en los últimos años han aportado, en particular, al conocimiento del intervalo más moderno del Grupo Chubut representado por los niveles superiores de la Formación Lago Colhué Huapi (Allard y Casal., 2013a; Casal *et al.*, 2007, 2010, 2014a-b, 2015, 2016, 2019a-b, 2020; De Sosa Tomas *et al.*, 2017; Ibiricu *et al.*, 2010, 2017, 2020; Vallati *et al.*, 2016, 2017a-b; entre otros). No obstante, los estudios de los procesos tafonómicos actuantes sobre los vertebrados fósiles del Cretácico superior de la Cuenca del Golfo San Jorge en general, y en la Formación Lago Colhué Huapi (Coniaciano-Maastrichtiano) en particular, son aún escasos (ver abajo).

La tafonomía se ocupa de estudiar los procesos de depositación y preservación de restos, con el objetivo de comprender la formación del registro fósil (Fernández López, 2000). Por otro lado, Fernández López (1989) puntualiza que es la disciplina que estudia los procesos de formación de los fósiles, desde la muerte o realización de la entidad paleobiológica (organismo, sus partes y huellas), hasta el transporte (procesos bioestratinómicos), el enterramiento y la fósildiagénesis (procesos fosildiagenéticos).

En particular, la bioestratinomía estudia los procesos a los cuales los restos de un organismo son sometidos en la biosfera luego de la muerte, y que incluyen principalmente biodegradación, descomposición de tejidos, desarticulación del esqueleto, fragmentación, transporte, abrasión, reorientación y acumulación de partes esqueléticas (Fernández López, 2000).

La tafonomía en sí, y en particular los procesos bioestratinómicos que modifican los restos de organismos en la biósfera, son un recurso de gran utilidad en la resolución de problemas sedimentológicos, estratigráficos y paleoecológicos, ya que brindan información adicional para la reconstrucción de variables paleoambientales, incluyendo el régimen hidrodinámico y los ciclos

de corta duración de erosión, depositación o ausencia de registro (Huguet *et al.*, 1999; Marengo, 2003; Casal *et al.*, 2014a). Por ello, poder reconocer los procesos tafonómicos vinculados a los paleoambientes sedimentarios de la Formación Lago Colhué Huapi, en el área de estudio, conducirá a una mejor comprensión de los controles que intervinieron en la formación de las diferentes concentraciones fósiles.

A partir del contenido faunístico claramente diferenciable en distintos niveles de la formación (Ibiricu *et al.*, 2021) en este trabajo nos referimos a los afloramientos del codo del río Senguerr como “sección inferior” de la Formación Lago Colhué Huapi dominado por grandes saurópodos. Asimismo, los afloramientos de la costa oriental del Lago Colhué Huapi (que comprenden el área de estudio) son denominados como “sección media” donde el registro fósil de vertebrados se caracteriza por la presencia de ornitópodos elasmáridos. Finalmente, como “sección superior” se denomina a los afloramientos de las nacientes del río Chico donde predominan los ornitópodos hadrosáuridos.

En este trabajo se estudiaron los procesos bioestratinómicos actuantes en una acumulación de restos fósiles hallados en afloramientos de la sección media de la Formación Lago Colhué Huapi en la costa nororiental del lago homónimo, denominado informalmente Playa Kruger (Estancia La María, Península Mocha). En este sitio se descubrió una inusual concentración de restos de vertebrados que motivaron la realización de este trabajo por lo que también se analizó la diversidad faunística del área de estudio.

## **MARCO GEOLÓGICO**

La cuenca del Golfo San Jorge limita al sur con la región del Macizo del Deseado, al norte con la cuenca de Cañadón Asfalto, al oeste con la cordillera de los Andes y al este con la plataforma oceánica. El origen de la cuenca está vinculado a la extensión cortical que produjo la ruptura del supercontinente Gondwana y la apertura del océano Atlántico (Fitzgerald *et al.*, 1990; Figari *et al.*, 1999).

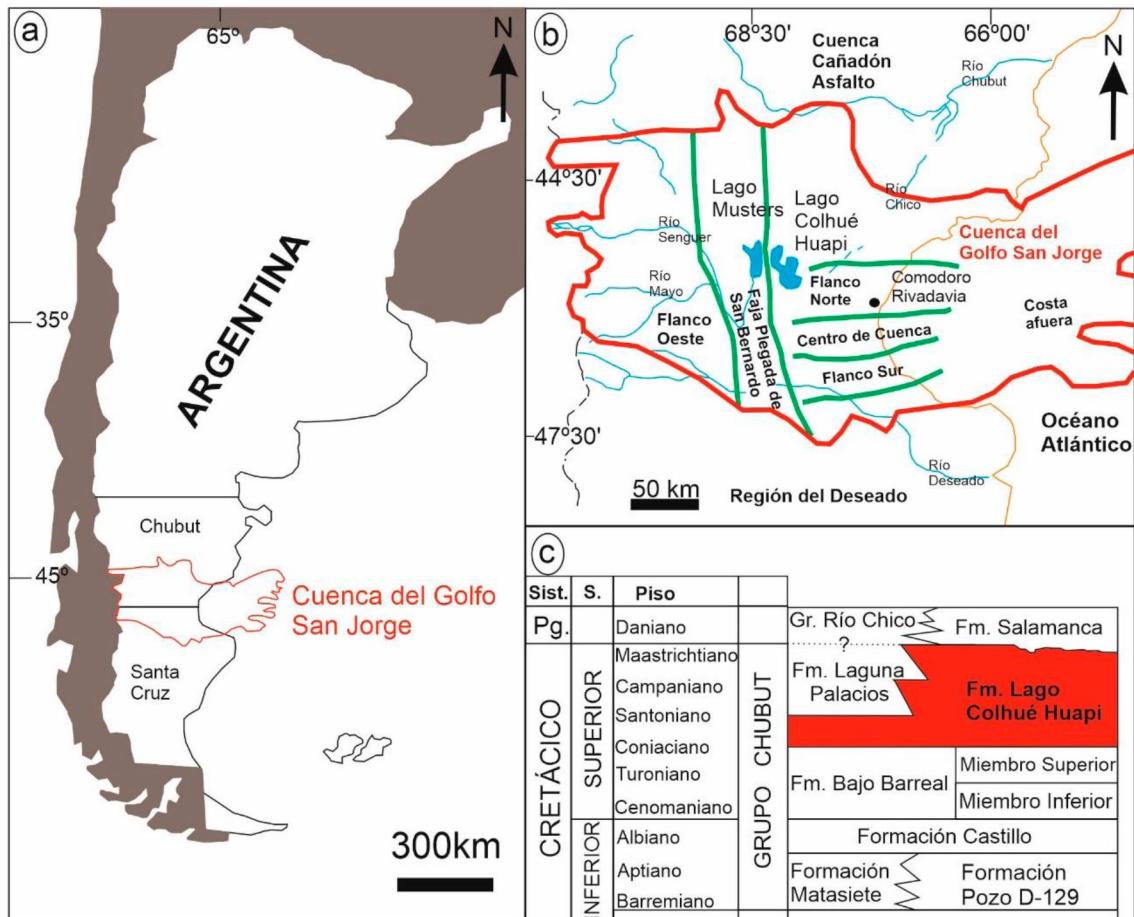


Figura 1. a) Ubicación relativa de la Cuenca del Golfo San Jorge respecto al territorio argentino. b) Regiones estructurales de la CGSJ (*sensu* Figari *et al.*, 1999). c) Cuadro estratigráfico propuesto para el Grupo Chubut (imágenes modificadas de Casal *et al.*, 2015).

El basamento de la cuenca está constituido por rocas metamórficas y granitoides paleozoicos, le siguen las sedimentitas del Grupo Tepuel, de edad Carbónico-Pérmico (Limarino y López Gamundí, 2021). En el Liásico (Jurásico Inferior) se depositaron sedimentitas marinas y posteriormente rocas que constituyen las formaciones Bahía Laura, Lonco Trapial y el Complejo Marifil durante el Jurásico Medio, todas vinculadas a la ruptura del supercontinente Gondwana (Storey *et al.*, 1996). Posteriormente se deposita el Grupo Las Heras integrado por las formaciones Pozo Cerro Guadal y Pozo Anticlinal Aguada Bandera (Figari *et al.*, 1996, 1999, 2015, Miller y Marino, 2019).

Durante el Barremiano-Aptiano comienza la depositación del Grupo Chubut sobre una discordancia (Lesta y Ferello, 1972), el cual está caracterizado por unidades litoestratigráficas de origen continental y la presencia de material volcanoclástico en distintas proporciones. La depositación del Grupo se inicia con la unidad de origen lacustre denominada Formación Pozo D-129 (Lesta,

1968) de edad barremiana-aptiana y la Formación Matasiete (Lesta y Ferello, 1972; Sciutto, 1981) del Aptiano y caracterizada por sistemas fluviales (Paredes *et al.*, 2007, 2014; Allard *et al.*, 2017). Ambas unidades presentan una relación de engranaje lateral (Paredes *et al.*, 2014). Le siguen los sistemas fluviales albianos, con alta participación de piroclastos, de la Formación Castillo (Lesta y Ferello, 1972, Teruggi y Rossetto, 1963) y su equivalente de subsuelo Formación Mina del Carmen (Lesta, 1968). Durante el Cenomaniano-Turoniano se deposita la Formación Bajo Barreal (Lesta y Ferello, 1972) a partir de sistemas fluviales de baja sinuosidad monocanalizados, canales braided y meandrosos (Teruggi y Rossetto, 1963; Umazano, *et al.*, 2008, 2012; Paredes *et al.*, 2016). La unidad presenta dos miembros, uno inferior y otro superior con sus equivalentes de subsuelo: Formación Cañadón Seco y Formación Meseta Espinosa respectivamente (Hechem *et al.*, 1990). Las últimas unidades del Grupo Chubut son la Formación Laguna Palacios (Lesta y Ferello, 1972), y luego la Formación Lago Colhué Huapi (Casal *et al.*, 2015, Fig. 1 c). La Formación Laguna Palacios consta de una alternancia de paleosuelos, planicies de loess, cineritas y areniscas de origen fluvial depositadas durante el Cretácico Superior (Sciutto, 1981; Genise *et al.*, 2007). Por otro lado, la Formación Lago Colhué Huapi está integrada por areniscas blanquecinas depositadas por sistemas fluviales que aumentan su sinuosidad hacia el tope de la formación, y amplias planicies de inundación caracterizadas por la presencia de pelitas rojas. También se destaca en esta unidad, y a diferencia de otras que integran el Grupo Chubut, la ausencia hasta el momento de material piroclástico excepto en la base de la misma donde existiría una relación lateral con la Formación Laguna Palacios (Allard y Casal 2013a, b; Casal *et al.*, 2015, 2016).

Posteriormente se depositan unidades marinas y continentales cenozoicas.

## **UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO**

El área de estudio seleccionada es un afloramiento de la Formación Lago Colhué Huapi (Coniaciano-Maastrichtiano), que comprende 562.442 m<sup>2</sup> y está ubicado en la costa nororiental del lago Colhué Huapi en la península Mocha, denominado informalmente como Playa Kruger (Fig. 2). Geográficamente, el sitio se ubica en el centro-sur de la Provincia del Chubut y es parte de la estancia La María, propiedad de Luis y Ricardo Kruger.

Desde Comodoro Rivadavia se accede por Ruta Nacional 26 en dirección oeste hasta Pampa del Castillo, allí se toma la ruta provincial 37, aproximadamente 10 km en dirección norte, luego por ruta provincial 26 en dirección noroeste hasta cerro Guacho y desde allí por un camino vecinal en dirección oeste. Luego de transitar unos 20 km se accede a la estancia La María. El afloramiento estudiado se ubica 8 km al sur del establecimiento, se accede por una huella.

En el área de estudio, las crecidas esporádicas en el nivel del lago erosionaron las rocas cretácicas de los márgenes, lo cual generó un acantilado costero que expone una sucesión vertical de estratos de la Formación Lago Colhué Huapi. Asimismo, hacia el lecho seco del lago quedan al descubierto rocas también de esta unidad.

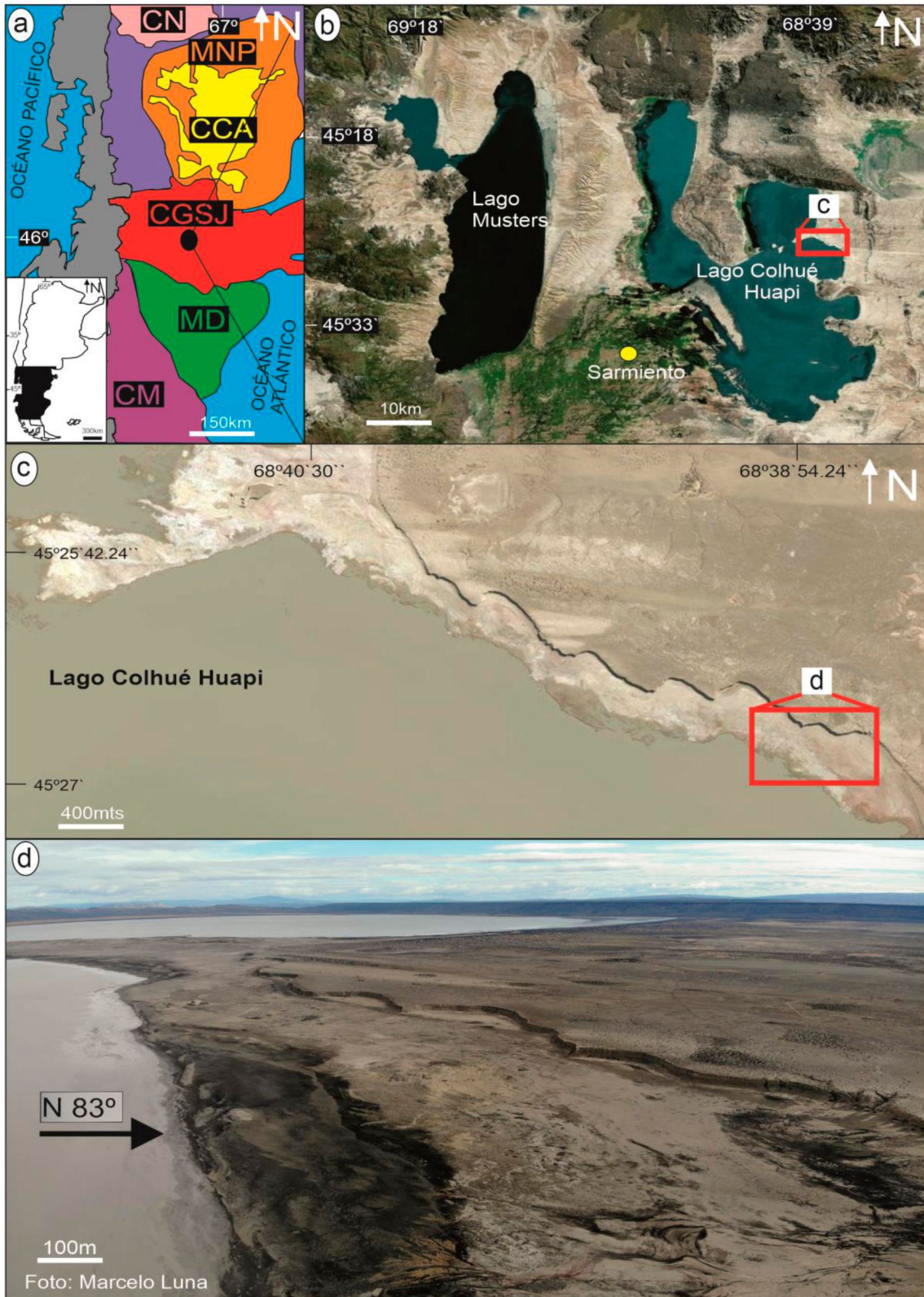


Figura 2. a) Ubicación regional de la Cuenca del Golfo San Jorge (*sensu* Figari *et al.*, 1999). b) Region centro-sur de la provincia de Chubut. c) Imagen satelital de la costa nororiental del Lago Colhué Huapi donde se indica con un rectángulo rojo el área de trabajo. d) Vista oblicua de los afloramientos estudiados obtenida con dron. Referencias en a) CN: Cuenca Neuquina, MNP: Macizo Nordpatagónica, CCA: Cuenca Cañadón Asfalto, CGSJ: Cuenca Golfo San Jorge, MD: Macizo del Deseado, CM: Cuenca Magallanes.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Estudiar los procesos bioestratigráficos actuantes en los restos de diferentes grupos taxonómicos de vertebrados preservados y su contexto paleoambiental, en un afloramiento de la Formación Lago Colhué Huapi, a fin de realizar interpretaciones sobre el origen de esta concentración de fósiles y la diversidad taxonómica en la unidad.

### **Objetivos específicos**

- a) Caracterizar el paleoambiente sedimentario en los afloramientos de la Formación Lago Colhué Huapi en el área de estudio.
- b) Determinar taxonómicamente los restos fósiles hallados en el sitio de estudio.
- c) Interpretar los procesos tafonómicos que actuaron durante la etapa bioestratigráfica sobre cada resto fósil.

## **METODOLOGÍA Y CONCEPTOS GENERALES**

Abreviaturas Institucionales: **MDT:** Museo Desiderio Torres; Sarmiento; Chubut; Argentina. **UNPSJB:** Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco; Comodoro Rivadavia; Chubut; Argentina.

**PV:** Paleovertebrados

En el campo se delimitaron cuadrículas de 50x50 metros, para cubrir el área de estudio. Dentro de cada cuadrícula se realizó una prospección de restos fósiles, siguiendo la metodología tradicional de exploración detallada de la superficie. Asimismo, se marcó un track con GPS separando distintas zonas del afloramiento en planta, a fin de realizar un mapa integrando los datos paleontológicos (GPS Garmin Etrex Legend Hcx, resolución espacial máxima de 3 metros).

La tesina presenta tres bloques principales de información: sedimentología, taxonomía y tafonomía, haciéndose hincapié en esta última. Cada parte presenta su metodología propia, la cual se desarrollada a continuación:

**Sedimentología.** Se realizaron tres columnas estratigráficas mediante el uso de báculo de Jacob, brújula Brunton y cinta métrica. Para la descripción e interpretación de litofacies y asociaciones de litofacies, se siguieron los criterios de Miall (1996). Para cada litofacies se determinó la potencia, geometría, litología, tendencia granulométrica, color, reacción al ácido clorhídrico para determinar presencia de carbonatos, contenido fosilífero, estructuras sedimentarias, paleocorrientes y presencia de intraclastos.

**Taxonomía.** En campo se hizo una descripción y clasificación preliminar de restos fósiles (n=65) y en gabinete se realizó un estudio detallado de los restos recuperados junto con los obtenidos en campañas previas (n=26) en la zona de estudio por el Laboratorio de Paleontología de Vertebrados de la UNPSJB.

Para la determinación taxonómica, los materiales fueron comparados con huesos originales (pertenecientes a la colección de vertebrados de la UNPSJB) y con bibliografía representativa de cada clado. Asimismo, los restos muy fragmentarios no se describieron taxonómicamente.

Para la descripción de los dientes hallados se utilizó como base el trabajo de Casal *et al.*, (2009) (Fig. 3).

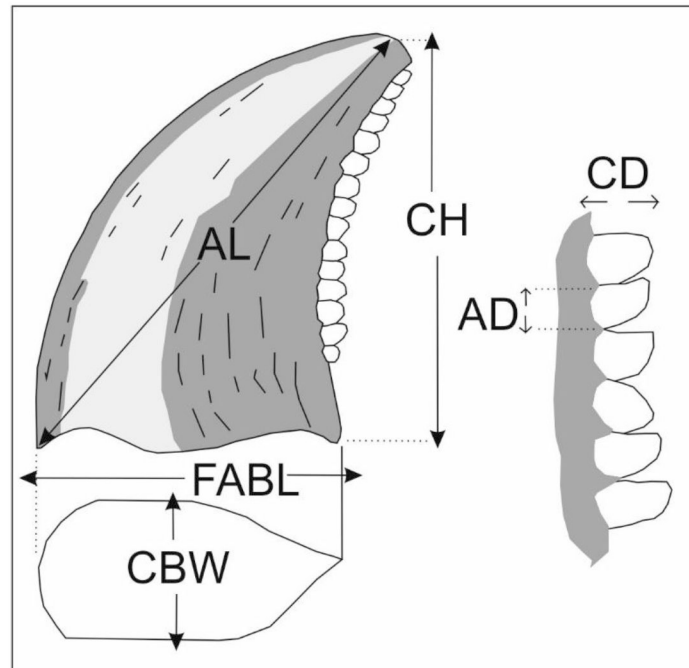


Figura 3. Medidas utilizadas para describir dientes (tomado de Casal *et al.*, 2009). Referencias: FABL: ancho basal mesiodistal, CBW: ancho labiolingual, CH: altura de la corona, AL: altura apical, AD: altura del denticulo, CD: ancho del denticulo.

**Tafonomía.** De cada resto fósil (n: 91) encontrado en el campo se registraron los siguientes datos y atributos tafonómicos correspondientes a la etapa bioestratigráfica. Asimismo, sobre los restos asociados se realizaron planos tafonómicos.

En los materiales que fueron removilizados recientemente por el lago, no se realizó una descripción tafonómica, ya que los atributos evaluados se encuentran fuertemente modificados y/o alterados.

*Ubicación.* Se tomó la ubicación geográfica de cada resto con GPS, y posteriormente se confeccionó un mapa con todos los restos georeferenciados.

*Integridad.* Se detalló si los restos se encontraron completos o incompletos siguiendo la propuesta de Alcalá (1994). Se consideraron aquellos fósiles que posean un grado de integridad mayor al 80%, como completos.

*Yacencia.* Se diferenciaron los fósiles contenidos dentro de la roca (*in situ*) de aquellos que estaban sueltos en la superficie (“*rodados/removilizados*”) (Fernández López, 2000).

*Grado de articulación.* Se observó el grado de conexión anatómica que presentaban los restos fósiles distinguiéndose tres clasificaciones: articulados, asociados y aislados (Fernández López, 2000). Los restos articulados están en contacto anatómico con otros elementos de un mismo esqueleto. En el caso de encontrarse asociados, los restos no están en contacto entre sí, pero están cercanos. Por último, si un resto se considera aislado si está solo o separado y a cierta distancia de otros restos del mismo esqueleto.

*Grado de meteorización.* La meteorización es el proceso que se genera por exposición directa de los restos de un organismo a los agentes atmosféricos, previo al enterramiento. Abarca procesos como insolación, desecación, alternancia de fases húmedas y secas, entre otros (Polonio y López-Martínez, 2000). Para determinar el grado de meteorización de los restos fósiles se utilizó la escala propuesta por Behrensmeyer (1978)(Cuadro 1), donde se definen 5 estadios (1 a 5) en orden creciente de intensidad de meteorización. Para ello se identifican la presencia de estrías, fracturas longitudinales, escamas y astillas.

<b>Estadio de meteorización</b>	<b>Posible tiempo desde la muerte (en años)</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	0-3	Estrías paralelas a la estructura de la fibra, superficies articulares con grietas en mosaico
<b>2</b>	2-6	Fracturas longitudinales, primeras escamas delgadas y superficiales
<b>3</b>	4-15+	Textura fibrosa y escamas en capas concéntricas de hasta 1,5 mm de espesor. Las fibras están firmemente unidas entre sí.
<b>4</b>	6-15+	Fibras gruesas (aspecto fibroso) y textura áspera, astillas que pueden desprenderse del hueso cuando se mueve, grietas abiertas y bordes astillados o redondeados.
<b>5</b>	6-15+	Se desprenden pedazos, astillas grandes y el conjunto es frágil y se rompen fácilmente moviendo el hueso.

Cuadro 1. Estadios de meteorización (modificado de Behrensmeyer (1978)).

*Bioerosión.* Es la alteración mecánica producida por un organismo sobre un resto de otro organismo. Para su determinación, se observó la superficie de los restos fósiles y se detalló la presencia de surcos, perforaciones y/o estriaciones. Siguiendo la metodología usada por Pirrone *et al.* (2014) se constató la forma, la ubicación, la orientación con respecto al fósil, el tamaño y la profundidad. Posteriormente se revisó la bibliografía sobre el tema para tratar de identificar los posibles agentes productores de esas marcas.

*Transporte.* Es la movilización de los restos por un agente físico o biológico. Durante este estudio, en dos asociaciones de restos fósiles se aplicó la clasificación de Voorhies (1969), en la cual el autor establece tres grupos de huesos de un esqueleto, de acuerdo al grado movilidad o selección producida por un flujo unidireccional.

*Grado de abrasión.* La abrasión es un proceso que produce redondeamiento y suavización de aristas y vértices por transporte o impacto de partículas (Polonio y López-Martínez, 2000). Esta será más intensa cuanto mayor sea la energía de medio de transporte, el tamaño de las partículas sedimentarias que intervienen y el grado de heterometría de esas partículas (Fernández-López, 2000). Mediante la observación de la superficie de los restos fósiles se determinaron tres grados de abrasión: 1, 2 y 3 de acuerdo a Alcalá (1994). El grado 1 presenta un pulido incipiente con desarrollo de microestrías. El grado 2 un inicio de bordes redondeados y un pulido moderado. Por último, en el grado 3 se reconoce un pulido intenso, bordes de fractura y prominencias redondeadas, pérdida de capas superficiales a nivel macroscópico.

*Reorientación.* A partir de la disposición y orientación original de los huesos de un esqueleto al momento de su muerte, los mismos pueden ser reorientados por la intervención de un agente físico o biológico. Durante este trabajo se midió con brújula Brunton la orientación del eje de mayor longitud de los restos fósiles respecto del norte magnético. Los resultados se contrastaron con estudios afines al tema (Voorhies, 1969 y Behrensmeyer, 1990).

*Fracturas.* En restos fósiles bidimensionales, específicamente en huesos largos (húmero, tibia, fémur, entre otros) se registraron las fracturas diferenciándolas según su disposición respecto al eje de mayor longitud. De esta manera, se

distinguieron: fracturas longitudinales (entre 0° y 30° respecto al eje axial), fracturas oblicuas (ángulos entre 30° y 59°) y transversales (ángulos entre 60° y 90°) de acuerdo a la propuesta de Tomassini *et al.* (2010).

### **Orientaciones**

Se realizó un análisis de las orientaciones de los restos fósiles encontrados *in situ* (contenidos dentro de la roca), para los restos hallados en las asociaciones de canal arenosos y de planicie proximal. Para esto, se utilizaron los softwares GeoOrient y Stereonet, donde se plotearon las orientaciones y posteriormente se confeccionaron diagramas de rosas. Las variables consideradas fueron el número de datos, orientación promedio, ancho de pétalo y desviación standart. En el caso de los restos hallados en la asociación de canal arenoso, se realizó un análisis por sectores, donde se compararon las rosas de orientación con el promedio de paleocorrientes de cada sector.

### **Estadística**

De la totalidad de los restos (n=91) se realizó un análisis de frecuencia absoluta y un análisis porcentual de variables taxonómicas y tafonómicas como: grupos taxonómicos, tipo de elementos esqueléticos, grado de articulación, yacencia, integridad, grado de articulación, integridad, presencia de bioerosión, estadios de meteorización y grados de abrasión. Utilizando el software Excel, se cargaron datos y luego se generaron gráficos de columnas y de torta. Además, se hicieron análisis de frecuencia absoluta de las variables tafonómicas en restos que están contenidos en una misma litofacies.

Se uso el programa GeoOrient para calcular el promedio de paleocorrientes en la asociación de canal arenoso, representada por las zonas A y C. Más adelante, dentro de la zona C se distinguieron 6 sectores aproximadamente cada 100 metros, donde se realizaron rosas de paleocorrientes para cada sector. Estas rosas se utilizaron para comparar el paleoflujo con las orientaciones promedio de los restos contenidos en esa asociación de litofacies.

## ANTECEDENTES DE LA FORMACIÓN LAGO COLHUÉ HUAPI

En base al análisis del contenido paleontológico, la estratigrafía y sedimentología en las nacientes del río Chico y el codo del río Senguerr, Casal *et al.* (2015) determinaron una nueva unidad estratigráfica, la cual se denominó Formación Lago Colhué Huapi. El estratotipo de la unidad está compuesto por el holoestratotipo definido en las nacientes del río Chico y el paraestratotipo en la margen sur del codo del río Senguerr. La unidad fue reconocida extensamente en afloramiento, y recientemente también en subsuelo (Foix *et al.*, 2020).

De acuerdo con Allard *et al.* (2015) la depositación de esta unidad y la Formación Laguna Palacios se establece en un contexto de sin-inversión (antepaís fragmentado). Los autores proponen, además, un contexto de alta acomodación para la Formación Lago Colhué Huapi y de baja para la Formación Laguna Palacios.

En el flanco oriental de la proyección del anticlinal del Codo del Senguerr se observaron depósitos de planicie de inundación y depósitos canalizados como en otras unidades del Grupo Chubut. Se destaca en estos afloramientos el pasaje transicional y la relación de concordancia entre las formaciones Bajo Barreal y Lago Colhué Huapi (Allard y Casal, 2013a).

En los afloramientos de las nacientes del río Chico, donde se exponen los niveles superiores de la unidad, Allard y Casal (2013b) y Casal *et al.* (2015, 2019a) definieron sistemas multicanalizados de tipo anastomosados que aumentan su sinuosidad hacia la sección superior de la unidad.

Por otro lado, Alvarez *et al.* (2018) en la costa sureste y en los acantilados costeros del lago Colhué Huapi, que comprende el área de estudios de esta tesis de grado y considerada también como parte de la sección media de la unidad, interpretaron un paleoambiente de sistemas multicanalizados de tipo anastomosados, de baja sinuosidad y multiepisódicos, con importantes fluctuaciones en la descarga acuosa.

En cuanto al paleoclima de la unidad, en Playa Kruger (sección media de la unidad y área de estudio de este trabajo) se determinó un paleoclima semiárido

o al menos con estaciones más secas y con fluctuaciones del nivel freático (Casal *et al.*, 2019 a; Casal y Nillni, 2020) similar a lo determinado en afloramientos estratigráficamente equivalentes, por Allard y Casal (2013 b) y Casal *et al.* (2015, 2016). Por el contrario, en la sección superior de la unidad el paleoclima interpretado a partir de palinomorfos es cálido y húmedo (Vallati *et al.*, 2016, 2017, 2020; Casal *et al.*, 2016, 2020).

## **Paleontología**

El contenido faunístico de la unidad es relativamente abundante en relación a otras unidades del Grupo Chubut, y está caracterizado por diversos grupos de vertebrados, principalmente dinosaurios, que se mencionan a continuación:

**Sauropoda.** Una serie de restos hallados en un sector cercano a Pampa Pelada al noreste del lago Colhué Huapi fueron asignados al género *Argyrosaurus superbis* (Lydekker, 1893). Posteriormente Mannion y Otero (2012) realizaron una nueva descripción del holotipo determinando su validez y afinidades taxonómicas.

En el borde norte de la terraza fluvial Pampa María Santísima (codo del río Senguerr) se recuperaron materiales que se asignaron como pertenecientes al titanosaurio *Antarctosaurus sp.* (Bonaparte, 1978; Bonaparte y Gasparini, 1979), y que posteriormente fueron re-asignados al género *Argyrosaurus* (Powell, 1986, 2003; Bonaparte, 1996). Sin embargo, Mannion y Otero (2012) re-estudiaron los restos y los interpretaron como un nuevo taxón dentro de Titanosauria nominado *Elaltitan lilloi*. Para los autores mencionados, se trata de un Lithostrotia de tamaño mediano a grande que comparte varias características anatómicas con representantes derivados de Titanosauria.

En cuanto a su posición estratigráfica, originalmente, Bonaparte y Gasparini, (1979) interpretaron que los mismos provenían de la parte inferior de la Formación Laguna Palacios (Formación que no aflora en el sitio de proveniencia de los fósiles). Posteriormente, Sciutto (1981) mencionó que este titanosaurio provendría de la Formación Bajo Barreal. Sin embargo, Casal *et al.* (2016), a partir de un ordenamiento estratigráfico de los vertebrados fósiles

precedentes del Cretácico del centro-sur de Chubut y apoyados en la determinación de la nueva unidad litoestratigráfica, sugieren que *Elaltitan* proviene de la Formación Lago Colhué Huapi, específicamente de la sección inferior. Posteriormente dicha asignación estratigráfica es apoyada por otros autores (Ibiricu *et al.*, 2020).

En una isla transitoriamente expuesta en el sureste del Lago Colhué Huapi se determinó la presencia de una nueva especie, *Aeolosaurus colhuehuapensis* (Casal *et al.*, 2007) y fue definido en base a la descripción detallada de una serie caudal articulada. En ese estudio los restos fueron asignados por los autores al Miembro superior de la Formación Bajo Barreal, y posteriormente fueron reasignados a la sección media de la Formación Lago Colhué Huapi (Casal *et al.*, 2015; Casal *et al.*, 2016; Ibiricu *et al.*, 2020). Los aeolosaurines están particularmente bien representados en Sudamérica, sin embargo, recientes estudios sugieren una distribución más amplia (ver Ibiricu *et al.*, 2020 y las referencias allí citadas)

En la margen sur del río Chico se encontró un nuevo titanosaurio incompleto, pero parcialmente articulado (MDT- PV 4; Casal *et al.*, 2010). Este titanosaurio es el de mayor tamaño recuperado al momento en esta unidad. Asimismo, en este saurópodo (MDT-PV 4) se recuperaron, entre otros materiales, placas dérmicas u osteodermos, los primeros registrados en el Grupo Chubut (Casal *et al.*, 2010). La presencia de estas estructuras, más las vértebras caudales anteriores fuertemente procélicas sustentan que este titanosaurio está dentro del clado Lithostrotia (Casal *et al.*, 2016; Ibiricu *et al.*, 2020). Entre otros atributos morfológicos, este ejemplar presenta un ligamento elástico mineralizado, la misma estructura fue también observada en otros saurópodos, incluyendo al titanosaurio basal proveniente de la Formación Bajo Barreal, *Epachthosaurus sciuttoi* (Martínez *et al.*, 2004; Cerda *et al.*, 2015).

En el mismo sitio, pero en niveles levemente superiores a MDT-PV 4, Ibiricu *et al.* (2017) describieron restos de la extremidad posterior de otro titanosaurio, posiblemente también integrante del clado Lithostrotia, incrementando el registro de este grupo en la Formación Lago Colhué Huapi.

***Theropoda***. El registro fósil de este grupo de dinosaurios carnívoros en los distintos afloramientos del área se ha incrementado considerablemente en los últimos años. Sin embargo, al momento el registro es aún escaso comparado con la Formación Bajo Barreal, y está dominado, principalmente por restos fragmentarios de megaraptóridos (Casal *et al.*, 2016, 2019b; Ibiricu *et al.*, 2020; Lamanna *et al.*, 2020). En este sentido, se menciona que en una isla temporaria al norte del lago se ha recuperado un fragmento proximal de falange manual ungueal (UNPSJB-PV 1028) y en Playa Kruger (península Mocha), otro elemento similar completo del dígito I (UNPSJB-PV 1046) junto a un posible metatarso III (UNPSJB-PV 1066) y un diente (UNPSJB-PV 1052). Todos pertenecientes al clado Megaraptora (Casal *et al.*, 2016). Además, en una isla al sudeste del lago se encontró una falange manual ungueal casi completa, que carece del extremo más distal (UNPSJB-PV 1102) y que corresponde al mismo clado (Ibiricu *et al.*, 2020).

Recientemente se hallaron restos de otro megaraptórido, más completos que los anteriores y parcialmente articulado (UNPSJB-PV 1112). El mismo preserva parte de la caja craneana, el maxilar derecho y ambas mandíbulas. Entre los restos poscraneales, se han recuperado un miembro anterior izquierdo incompleto pero articulado, que incluye escápula, húmero, ulna, radio y una falange ungueal. De los miembros posteriores se recuperaron un fémur izquierdo, un extremo distal de tibia y de un metatarso, y falanges pedales. También costillas dorsales, un arco hemal, tres vertebrae caudales y otros restos en preparación aun no identificados (Casal *et al.*, 2019b). Aunque los materiales se encuentran en estudio, basado en su morfología, los mismos son asignados a Megaraptoridae (Ibiricu *et al.*, 2020).

Este grupo de terópodos se caracteriza por presentar tamaño mediano, poseer garras grandes en sus miembros anteriores siendo la del dígito I la más desarrollada (Porfiri *et al.*, 2007) y huesos altamente neummatizados (Coria y Currie, 2016).

Aunque su registro incluye a otras regiones de Gondwana, el mismo es abundante y diverso en afloramientos cretácicos de la Patagonia (Aranciaga Rolando *et al.*, 2019). La abundancia de estos materiales en la Formación Lago

Colhué Huapi, sugiere que los megaraptóridos fueron un grupo exitoso durante el Campaniano-Maastrichtiano de Patagonia central, siendo probablemente uno de los predadores ubicados en el tope de la cadena trófica (Casal *et al.*, 2019b; Lamanna *et al.*, 2020).

**Ornithopoda.** En el noroeste del lago Colhué Huapi, Tapia (1919) halló una rama mandibular izquierda de un ornitíscuo, interpretado como un posible Ceratopsia, y nominado *Notoceratops bonarelli*. Sin embargo, varios autores (Dodson, 1990; Coria y Cambiaso, 2007, entre otros) ponen en duda esa clasificación. En cuanto a su procedencia estratigráfica, también dudosa, *Notoceratops* fue asignado por Bonaparte (1996) al Maastrichtiano de la Formación Laguna Palacios. Luego, Casal *et al.* (2006) sugieren que correspondería a los niveles de areniscas ocre y pelitas rojas del denominado por Sciutto *et al.* (2008) Miembro superior de la Formación Bajo Barreal. Finalmente, Casal *et al.* (2016), a partir de la escasa información geológica con la que se cuenta sobre este hallazgo, asignan esos restos como procedentes de la Formación Lago Colhué Huapi.

En las nacientes del río Chico, aproximadamente a 4 km de la embocadura del río en el lago Colhué Huapi, una comisión procedente del *Field Museum of Natural History* (Chicago, USA) en 1924, recuperó restos de un hadrosáurido basal que posteriormente Brett-Surman (1979) nominó *Secernosaurus koerneri*. La procedencia estratigráfica de *Secernosaurus* es controversial (ver por ejemplo Casal *et al.*, 2007; Ibiricu *et al.*, 2010). Sin embargo, Casal *et al.*, (2015, 2016) lo incorporan como parte de la fauna de la Formación Lago Colhué Huapi, en base a los estudios de campo en la región de procedencia geográfica y al posible hallazgo recientemente de su antigua excavación (Casal *et al.*, 2016; Ibiricu *et al.*, 2021).

En una isla expuesta temporalmente en el lago Colhué Huapi se describió un ilión izquierdo (UNPSJB-PV 973) incompleto de ornitópodo, material que fue asignado como un posible hadrosáurido (Luna *et al.*, 2003). En el mismo área y asociados con éste, Ibiricu *et al.* (2010) describieron nuevos materiales asignados a Ornithopoda indet. (UNPSJB-PV 960) Posteriormente, Ibiricu *et al.* (2019) re-estudiaron estos materiales e incluyeron nuevos restos (UNPSJB-PV 1054) recuperados en el mismo sitio. Este estudio, permitió relacionar todos los

restos a un mismo individuo y pertenecientes a una nueva especie de dinosaurio ornitópodo, probablemente elasmárido, el cual se denominó como *Sektensaurus sanjuanboscoi* (Ibiricu *et al.*, 2019, 2020).

El registro de Ornithopoda se completa con restos craneales y postcraneales incompletos (UNPSJB-PV 1050 y UNPSJB-PV 1061) asignados a Hadrosauridae (Ibiricu *et al.*, 2021). Estos materiales fueron hallados junto con estromatolitos, cáscaras de huevos y fragmentos de troncos (Casal *et al.*, 2020). Otros restos fragmentarios del clado fueron recuperados en los mismos niveles, pero distantes a varios kilómetros (Becerra *et al.*, 2018).

**Testudine.** En una isla del norte del lago Colhué Huapi se halló una escápula fragmentaria de quelonio (UNPSJB-PV 1029) (Casal *et al.*, 2016, 2018). El registro del grupo se completa con el hallazgo, en el área de estudio de esta tesina, de una concentración de restos de tortugas donde son dominantes los restos fragmentarios (Casal *et al.*, 2018). Recientemente se descubrieron dos especímenes de tortuga, uno de ellos (UNPSJB-PV 1100) consta de un caparazón y plastrón articulados además de huesos apendiculares reconocidos a partir de estudios de rayos X. El otro material (UNPSJB-PV 1101) presenta parte de plastrón y huesos apendiculares asociados (Ibiricu *et al.*, 2020). Ambos materiales se encuentran en estudio.

Finalmente, en cercanías del zanjón del Valle Hermoso, Becerra *et al.* (2018) también identificaron restos de Testudinata.

**Crocodyliforme.** En la misma isla ubicada al sudeste del lago Colhué Huapi y anteriormente nombrada, donde se recuperaron *Aeolosaurus colhuehuapensis* y *Sektensaurus sanjuanboscoi*, se halló el tercio anterior de dos ramas mandibulares con varios dientes completos e insertos en los alevólos, que fueron identificadas como pertenecientes a un crocodriliforme. El análisis de los restos permitió clasificarlos como un nuevo peirosáurido, *Colhuehuapisuchus lunai* (Lamanna *et al.*, 2019). *Colhuehuapisuchus* exhibe una combinación de morfologías distintivas no registradas en otros peirosáuridos, incluidas varias autapomorfías mandibulares y dentales.

Recientemente, Ibiricu *et al.* (2020) describieron una tibia izquierda perteneciente a un Crocodylia indet (UNPSJB-PV 1047). Aunque la misma fue recuperada en los mismos niveles estratigráficos, pero en otra área dentro de la formación, posiblemente pertenezca también a un peirosáurido.

En Playa Kruger se recuperaron placas dorsales y un diente de cocodrilo (UNPSJB-PV 1052) analizado en este trabajo.

**Dipnoi.** En Playa Kruger, costa orientál del lago Colhué Huapi, se registró la primera placa dentaria de pez dipnoo en el Grupo Chubut (Casal *et al.*, 2016). La misma fue descrita como una placa dental inferior izquierda con cuatro denticulos que podría relacionarse con ceratodontiformes (Ibiricu *et al.*, 2020).

**Palinoflora.** Los hallazgos relacionados con el contenido palinológico y florístico fueron realizados en tres afloramientos ubicados en la región del río Chico. En la localidad Cerro de los Fragmentos se registró la presencia de palinomorfos de edad maastrichtiana tardía y restos de plantas (Vallati *et al.*, 2016). Estos restos indican la presencia de un ambiente de agua dulce con abundantes helechos acuáticos. En base al material recuperado, se definió una nueva especie de helechos salviales del género *Azolla*, *Azolla colhuehuapensis* (Vallati *et al.*, 2016).

En cerro del Hadro también se registró la presencia de *Azolla colhuehuapensis* (Vallati *et al.*, 2019). En este sitio, se determinó la presencia de *charcoal*, se trata de materia vegetal calcinada indicadora de paleoincendios ocurridos durante el Maastrichtiano tardío. Algunos de los factores que pudieron facilitar el incendio son posiblemente la alta concentración de oxígeno (Vallati *et al.*, 2018, 2020).

En depósitos de arcilitas rojas del cerro de los Fragmentos se consignó una nueva especie de grano de polen la cual fue denominada *Spinizonocolpites riochiquensis* (Vallati *et al.*, 2019) y también se documentó la existencia de fragmentos de hojas con forma de palma del tipo *Nypa* (De Sosa Tomas *et al.*, 2017). Estos dos hallazgos en la sección superior de la Formación Lago Colhué Huapi refuerzan la presencia de Aracaceae en el Cretácico de Patagonia (Vallati *et al.*, 2019).

**Estromatolitos.** En cerro del Hadro se reconoció por primera vez la presencia de un estromatolito dómico de agua dulce y otros tres en sectores lindantes (Casal *et al.*, 2020). Se trata de una bioconstrucción laminada formada a partir de la precipitación de carbonato de calcio por cianobacterias y otros microorganismos. En cortes delgados del estromatolito se observó la presencia de valvas de ostrácodos desarticuladas (Casal *et al.*, 2020).

### **Tafonomía**

En esta unidad los estudios tafonómicos son escasos, aunque se han incrementado en los últimos años. Un estudio preliminar sobre el saurópodo titanosaurio (MDT-PV 4) más grande hallado hasta el momento en la Formación Lago Colhué Huapi, fue presentado por Casal *et al.* (2010). Posteriormente, se realizó el primer estudio tafonómico detallado en restos de *Aeolosaurus colhuehuapensis* preservados en facies fluviales de desbordamiento afloradas en una isla temporalmente expuesta en el Sureste del Lago Colhué Huapi (Casal *et al.*, 2014b).

Como fue mencionado anteriormente, Ibiricu *et al.* (2017) describieron restos de un saurópodo titanosaurio del clado Lithostrotia. En este trabajo, los autores analizaron factores bioestratinómicos y fosildiagenéticos sobre estos restos que constituyen una acumulación de origen fluvial.

Otros trabajos tafonómicos estudiaron la permineralización y diagénesis de restos fósiles preservados en depósitos de diferentes subambientes fluviales de la sección media de la Formación Lago Colhué Huapi (Nillni *et al.*, 2018; Casal *et al.*, 2019a; Casal y Nillni, 2020).

Oporto *et al.* (2019) analizan la implicancia de los tipos de flujo en la distribución y preservación de restos de hojas en los cerros denominados Hoja Grande y De Los Fragmentos, este estudio constituye el primer trabajo tafonómico sobre restos de plantas en la Formación Lago Colhué Huapi.

Recientemente se presentó el avance de un estudio bioestratinómico realizado en depósitos exhumados en la costa noreste del lago Colhué Huapi en el sitio denominado Playa Kruger (Castaño *et al.*, 2019).

## RESULTADOS

En este capítulo se detallan los datos e interpretaciones obtenidas mediante el trabajo de campo y gabinete.

Con el fin de ordenar la distribución de restos fósiles, el área de trabajo se subdividió en cuatro zonas de acuerdo a la litología y la densidad de restos fósiles donde se hallaban: A, B, C y D (Fig. 4 y Fig. 5). Además, se confeccionó un mapa esquemático para ubicar los restos fósiles y relacionarlos con las respectivas zonas (Fig. 6).

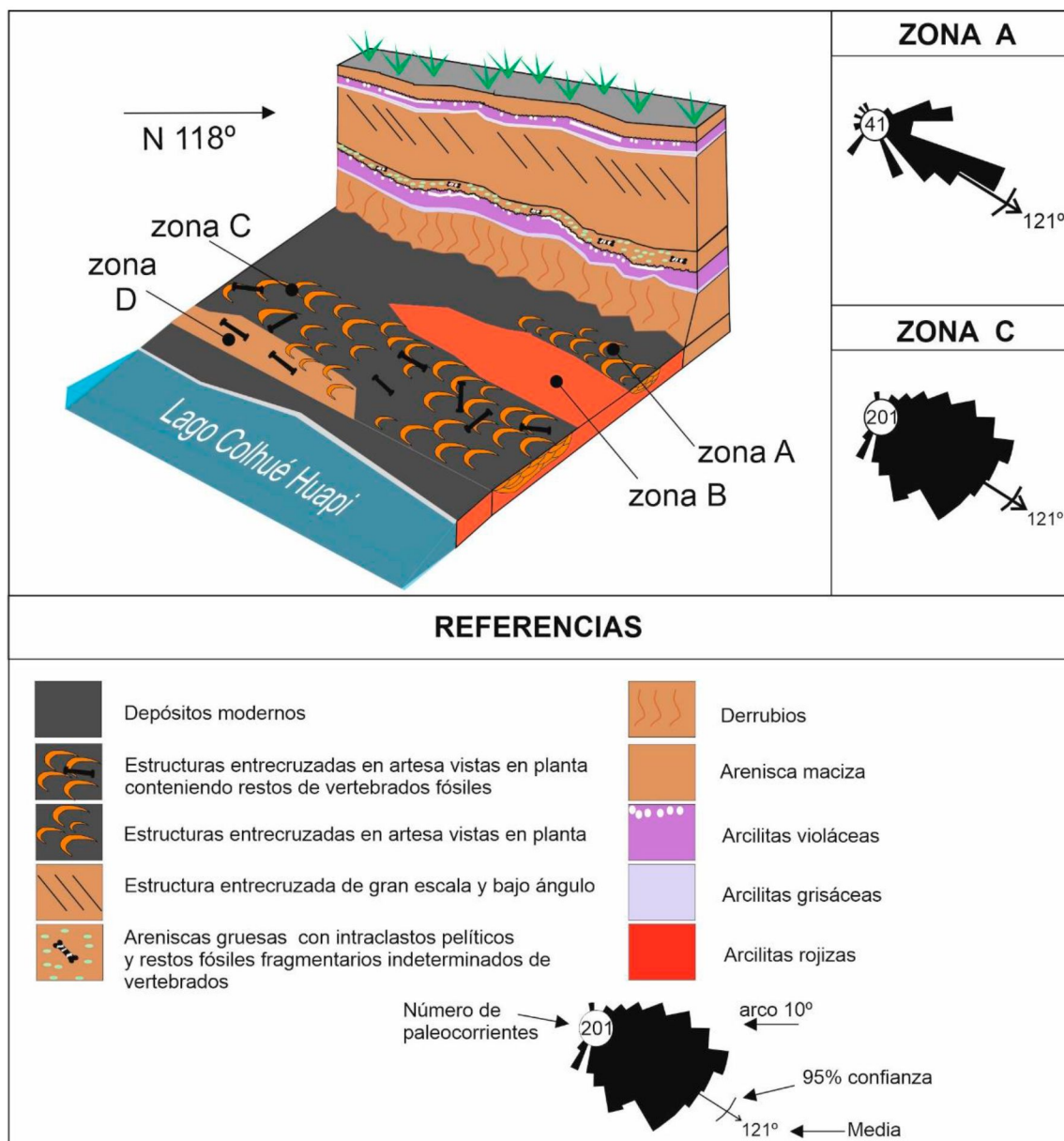


Figura 4. Esquema de los afloramientos en el área de estudio. En los recuadros se indican las paleocorrientes medidas y el vector medio en los dos sectores con estructuras entrecruzadas en artesa (zona A y zona C).

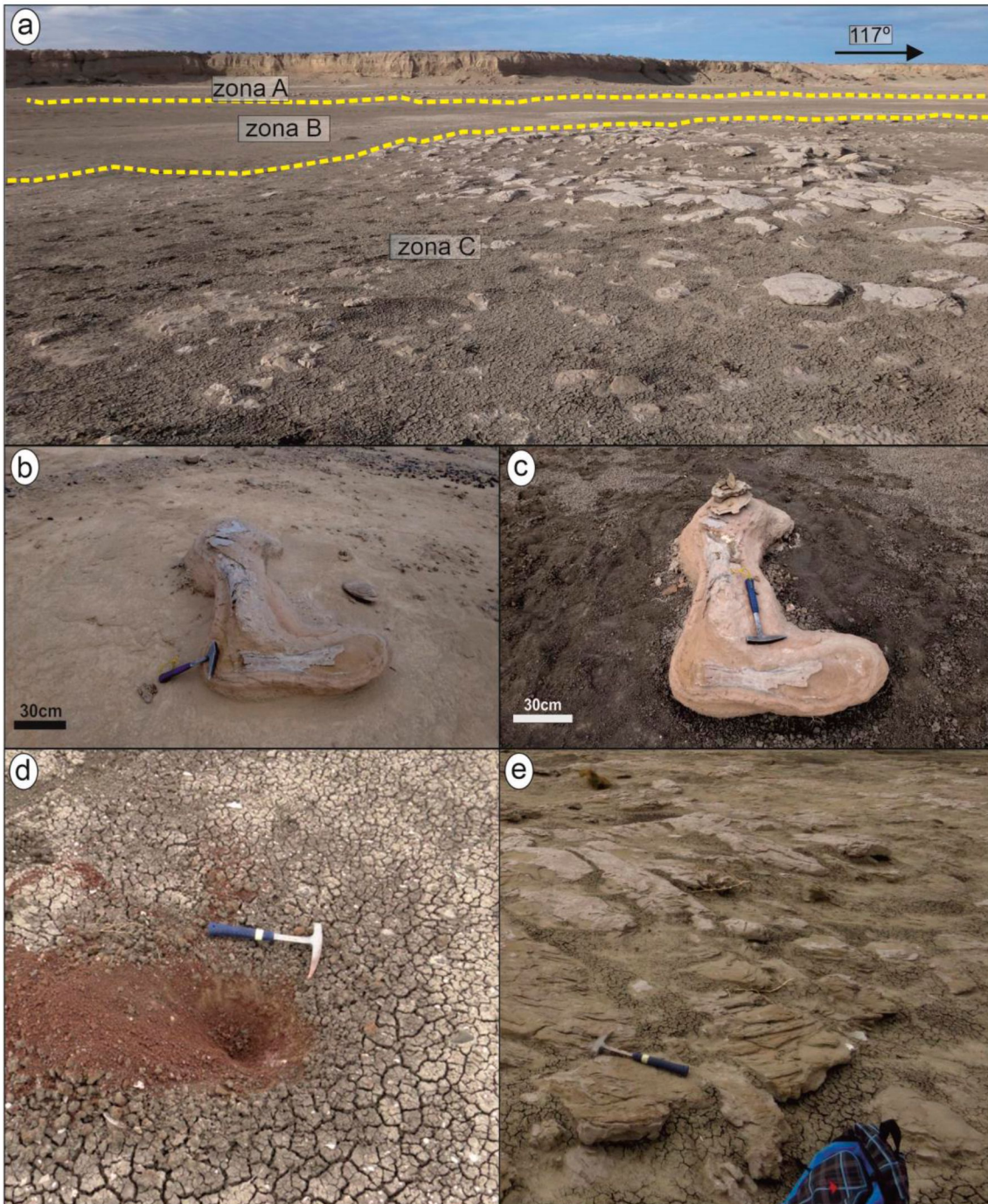


Figura 5. a) Vista panorámica de parte de los afloramientos estudiados, donde se indican las zonas A, B y C del nivel estratigráfico en planta. b) y c) Vista de restos fósiles asociados (depositados en la zona C, b) imagen tomada en el año 2015, c) imagen tomada en el año 2018 luego de una crecida esporádica del lago). d) Imagen de la zona B. e) Imagen de parte de la zona A.

Se confeccionaron tres columnas estratigráficas (Fig. 7), a partir de lo cual se realizó un análisis de litofacies y asociaciones de facies que permitieron interpretar el paleoambiente sedimentario asociado a los restos fósiles.

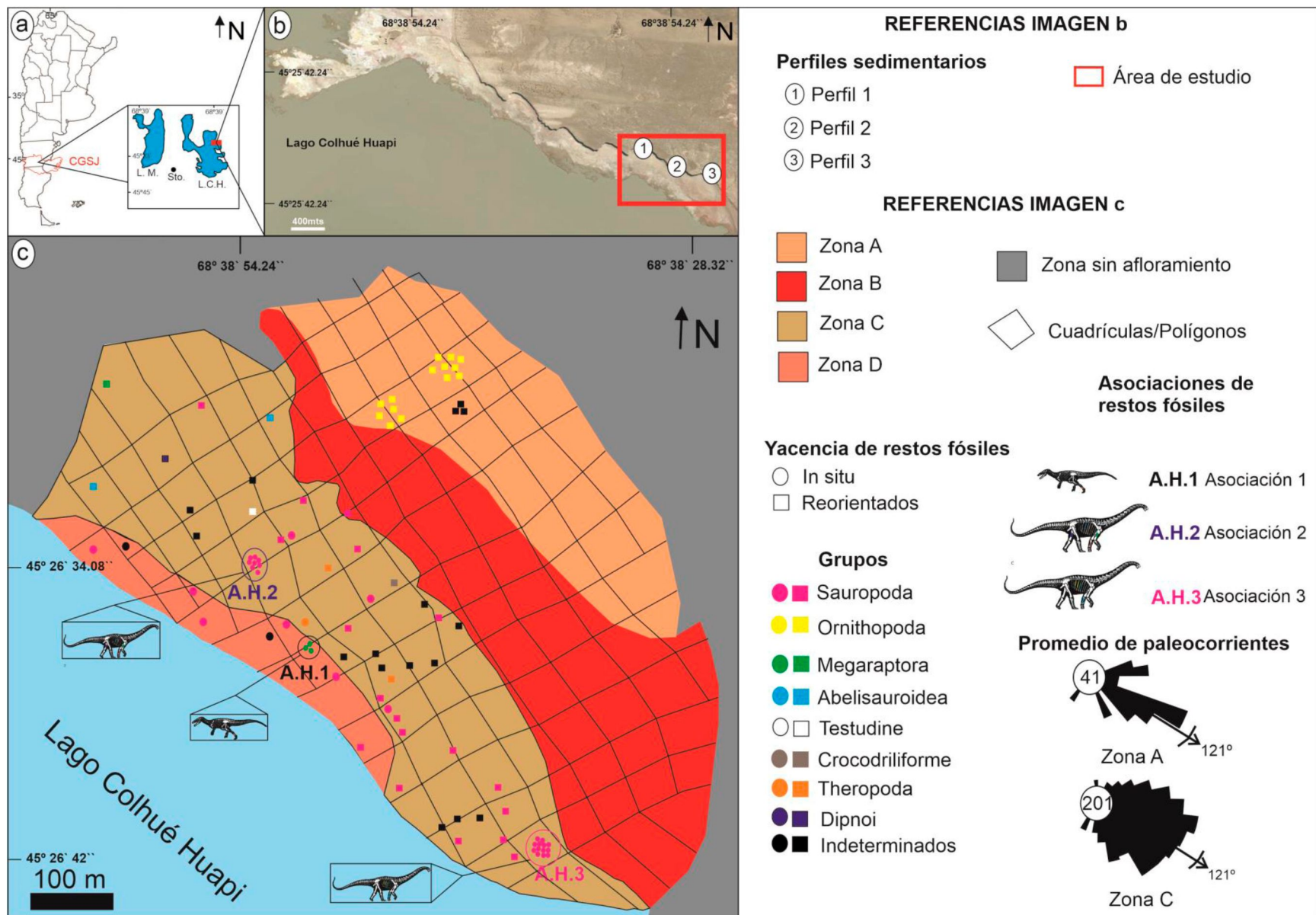


Figura 6. a) Ubicación geográfica general del área de estudio. b) Imagen aérea de la costa oriental del lago Colhué Huapi donde rectángulo rojo indica área de estudio y los números 1, 2, 3 indican los sitios donde se confeccionaron los perfiles estratigráficos. c) Esquema del área de estudio donde se indican las zonas y los hallazgos de fósiles.

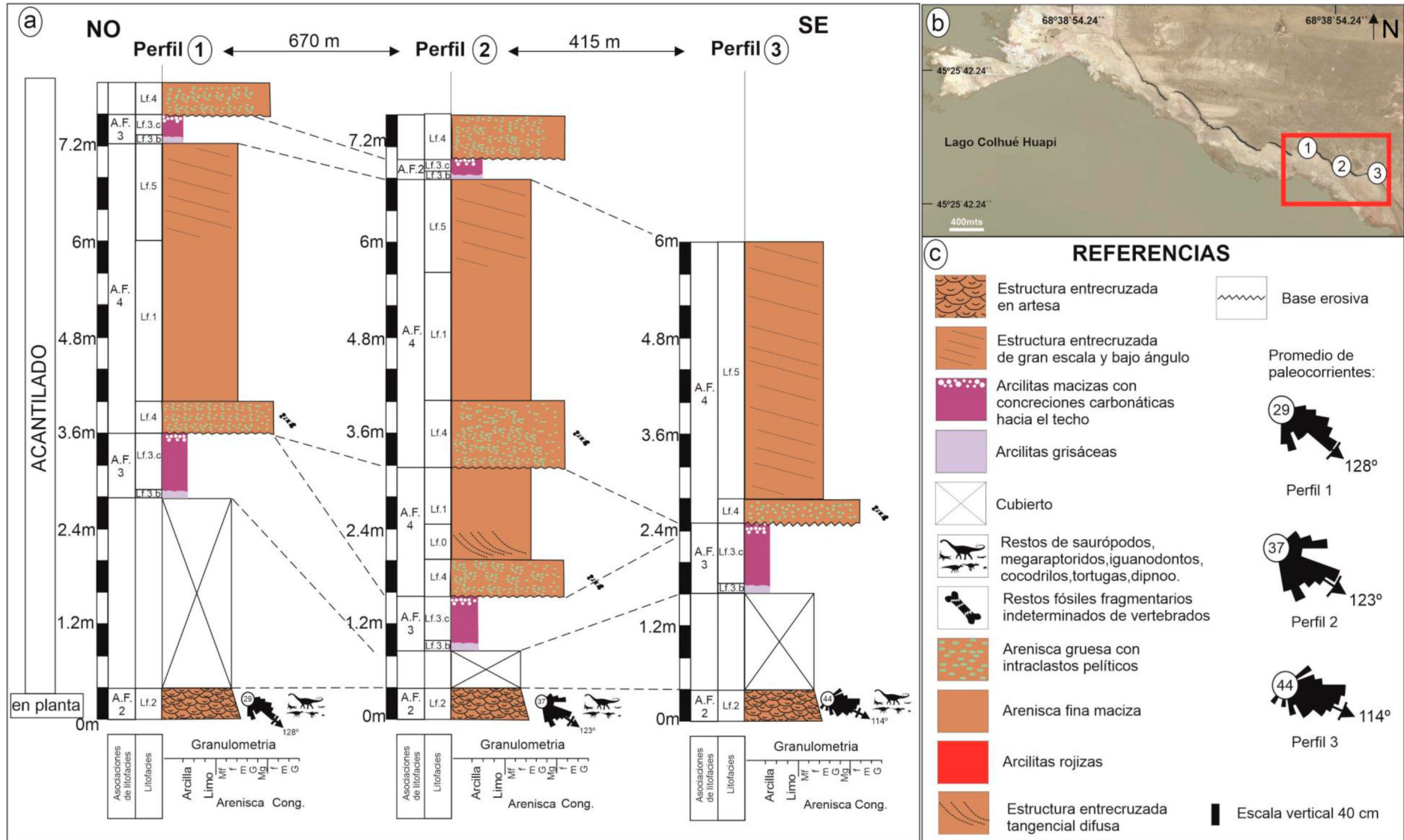


Figura 7. Perfiles levantados en área de estudio.

## SEDIMENTOLOGIA

### Descripción de litofacies

#### **Litofacies 0 (Lf. 0)**

Descripción: arenisca mediana a fina, con estructura entrecruzada tangencial difusa, de color marrón claro. Presenta cemento carbonático. La geometría es tabular. Su potencia máxima 50 cm y su continuidad lateral de cientos de metros (Fig. 8 a, 8 b). Verticalmente grada a areniscas macizas (Lf. 1) (Fig. 8 a).

Interpretación: los depósitos se originaron por flujos acuosos, tractivos y unidireccionales. La estructura entrecruzada en artesa se produce por la migración de dunas con crestas sinuosas (3D) (Miall 1996). Las terminaciones tangenciales de la base se asocian alta carga en suspensión (Mazumder, 2003).

#### **Litofacies 1 (Lf. 1)**

Descripción: arenisca fina, maciza, de color marrón claro con alta participación de pelita en la matriz. No se observa gradación vertical. Presenta cemento carbonático. La geometría es tabular. Su potencia máxima aproximadamente de 80 cm y su continuidad lateral es kilométrica (Fig. 8 a, 8 b).

En los acantilados Lf. 1 suprayace a la litofacies Lf. 4 en contacto transicional y el techo pasa gradualmente a la Lf. 5. En el sector A y C (Fig. 4, 5 y 6) se observa por debajo de la Lf. 2. Además se puede observar en planta en el sector D (Fig. 4, 5 y 6). La litofacies contiene restos fósiles *in situ* (Cuadro 2) solo en la zona C.

Interpretación: depósitos vinculados a flujos acuosos con alta carga sedimentaria, de tipo hiperconcentrados (Miall, 1996).

Numeración	Identificación anatómica	Grupo
9	Vértebra dorsal	Sauropoda
19	Fémur izquierdo	Sauropoda
22	Resto de costilla	Indeterminado
25	Indeterminado	Sauropoda
26	Indeterminado	Sauropoda
28	Ulna izquierda	Sauropoda
29	Indeterminado	Indeterminado
43	Metatarso izquierdo	Megaraptora
44	Costilla	Megaraptora
45	Falange manual izquierda UNPSJB PV 1046	Megaraptora

Cuadro 2. Restos fósiles contenidos en la litofacies 1 *in situ*.

### ***Litofacies 2 (Lf. 2)***

Descripción: areniscas medianas con estructura entrecruzada en artesa, de color marrón claro. Presenta cemento carbonático y tendencia granulométrica granodecreciente. En general, su base es plana y suprayace la litofacies 1, aunque ocasionalmente se observa base erosiva. El techo de la litofacies se expone en planta, en ocasiones se pueden observar las estructuras tractivas en cortes producidos por erosión reciente del lago Colhué Huapi en los depósitos. El espesor de la Lf. 2 oscila entre 10 cm y 30 cm. La continuidad del nivel estratigráfico es centenares de metros. Esta litofacies se reconoció en las zonas A y C (Fig. 4, 5 y 6) del afloramiento estudiado. La zona A carece de restos fósiles *in situ*, pero si presenta dispersos en la superficie (Fig. 6) y el promedio de paleocorrientes de las estructuras entrecruzadas (n= 41) es N 121°. La zona C contiene restos de vertebrados fósiles *in situ* (Cuadro 3) y también dispersos en la superficie (Fig. 6) y el promedio de 201 mediciones de paleocorrientes es 121° (Fig. 8 c, 8 d).

Interpretación: los depósitos se originaron por flujos acuosos diluidos, tractivos y unidireccionales en régimen turbulento. La estructura entrecruzada en artesa se produce por la migración de dunas con crestas sinuosas (3D, Miall 1996).

<b>Numeración</b>	<b>Identificación anatómica</b>	<b>Grupo</b>
23	Resto apendicular	Theropoda
24	Resto apendicular	Sauropoda
31	Indeterminado	Sauropoda
34	Indeterminado	Sauropoda
46	Fémur	Sauropoda
47	Resto apendicular	Sauropoda
48	Resto de costilla	Sauropoda
49	Resto de vértebra	Sauropoda
50	Resto de costilla	Sauropoda
51	Indeterminado	Sauropoda
52	Resto de húmero	Sauropoda
53	Resto de ulna	Sauropoda
54	Resto de vértebra	Sauropoda
55	Indeterminado	Sauropoda
56	Indeterminado	Sauropoda
57	Resto de vértebra	Sauropoda
58	Resto de radio	Sauropoda
59	Indeterminado	Sauropoda
60	Indeterminado	Sauropoda
61	Indeterminado	Sauropoda
62	Indeterminado	Sauropoda
63	Resto de costilla	Sauropoda
64	Resto de costilla	Sauropoda
65	Resto de costilla	Sauropoda
66	Resto de vértebra	Sauropoda

Cuadro 3. Restos fósiles *in situ* contenidos en la litofacies 2 expuesta en la zona C.

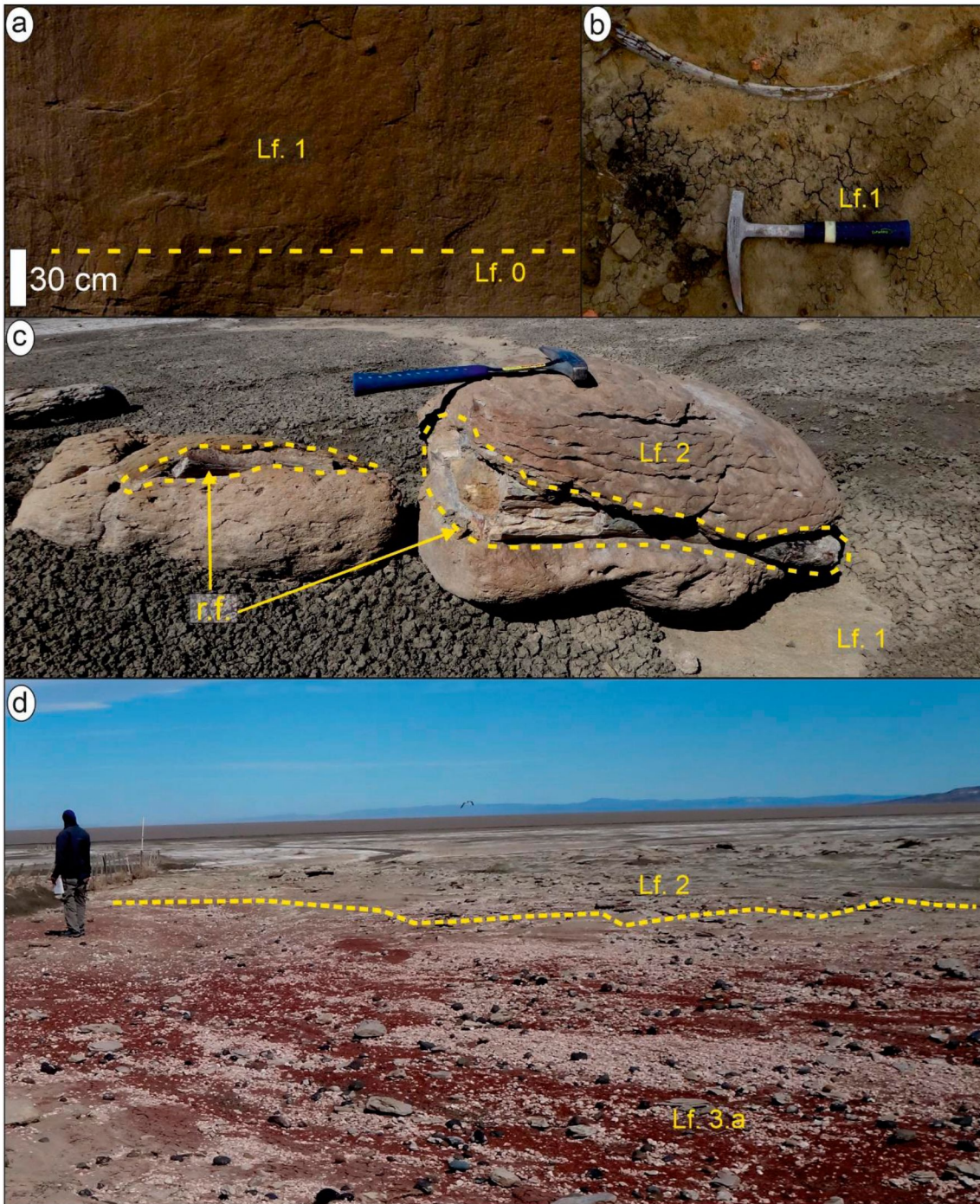


Figura 8. a) Litofacies 1: areniscas macizas, observada en planta. b) Litofacies 1 areniscas macizas observada en los acantilados. c) Litofacies 1 y por encima litofacies 2 integrada por areniscas con estructura entrecruzada en artesas y con presencia de restos de vertebrados fósiles (r.f.) (en la imagen se observa el resto fósil 24, hueso apendicular de terópodo). d) Litofacies 3.a: pelitas macizas rojizas y Litofacies 2.

### **Litofacies 3 (Lf. 3)**

Descripción: pelitas macizas. Esta litofacies está subdividida en tres sublito-facies en base a su coloración: pelitas rojizas (Lf. 3.a), pelitas grisáceas (Lf. 3.b) y pelitas violáceas (Lf. 3.c). La Lf. 3.a se observa en planta (Figs. 4, 5,

6 y 8) en relación lateral con la litofacies 2, no se pudo medir su espesor ya que se observa solo el techo. Sin embargo, excavaciones realizadas sugieren valores superiores a los 30 cm (Fig. 5 d). Por otro lado, la Lf 3.b se reconocen en los acantilados, se encuentran por debajo de la Lf 3.c y presentan una potencia aproximada de 15 cm ya que su base se encuentra cubierta.

Por último, la Lf 3.c está en los acantilados, se encuentra por encima de la Lf. 3.b y por debajo de la Lf. 4. Presenta una potencia de 40 cm, una geometría tabular y continuidad lateral de cientos de metros. Hacia el techo presentan concreciones de carbonato, que en algunos sectores se encuentran como masas globulares y en otras como una capa delgada (Fig. 8 d, Fig. 9 a).

Interpretación: depósitos vinculados a la decantación de material pelítico transportado en suspensión por corrientes acuosas diluidas (Miall, 1996). El color rojizo se interpretó como consecuencia a la oxidación en un contexto subaéreo (Ghosh *et al.*, 2006), posiblemente vinculado a periodos secos con nivel freático bajo (Pereda-Suberbiola *et al.*, 2000). En cambio, los colores grisáceos y violáceos se relacionan con ambientes reductores relacionados a un contexto de baja oxigenación con nivel freático alto (Ghosh *et al.*, 2006). Las concreciones carbonáticas están asociadas a fluctuaciones del nivel freático y las capas carbonáticas a la coalescencia de esas concreciones (Retallack *et al.*, 1990; Sánchez y Gómez, 2005). Estas variaciones en el nivel freático se ajustan al paleoclima interpretado para la unidad por Allard y Casal (2013b) y Casal *et al.*, (2015).

#### **Litofacies 4 (Lf. 4)**

Descripción: areniscas conglomerádicas macizas, presentan cemento carbonático, con leve gradación normal, de color marrón grisáceo. Presenta base erosiva y geometría tabular a lenticular. La potencia máxima es de 30 cm y su continuidad lateral es de centenares de metros. Contiene intraclastos pelíticos sub-redondeos a sub-angulosos, de color gris verdoso y diámetro que oscila entre los 1 a 5 centímetros. Además, se observaron clastos volcánicos de composición ácida a intermedia con diámetro de hasta 5 cm. Ocasionalmente, el depósito contiene restos fósiles fragmentarios de vertebrados (Fig. 9 b, 9 c).

Interpretación: depósito originado a partir de flujos acuosos hiperconcentrados (Smith, 1986, Miall, 1996, Dasgupta, 2003) en condiciones de alta descarga sedimentaria (Miall, 1978; Collison *et al.*, 2006). La baja gradación del estrato evidencia una rápida depositación y agradación vertical (Smith, 1987).

### ***Litofacies 5 (Lf. 5)***

Descripción: areniscas finas a medianas, de color marrón, con estratificación entrecruzada de gran escala y bajo ángulo. Presentan una potencia máxima de 3 m y una continuidad lateral de centenares de metros. Se observan artesas en distintos sectores, dentro de la estructura de mayor jerarquía. En los afloramientos del sector de los acantilados suprayace a la Lf. 4 (Fig. 9 d).

Interpretación: depósitos originados por flujos diluidos, tractivos, turbulentos, unidireccionales de bajo régimen de flujo y de tipo helicoidal (Miall, 1996). La estructura entrecruzada de gran escala se produce por la migración de macroformas como barras fluviales (Miall, 1996).

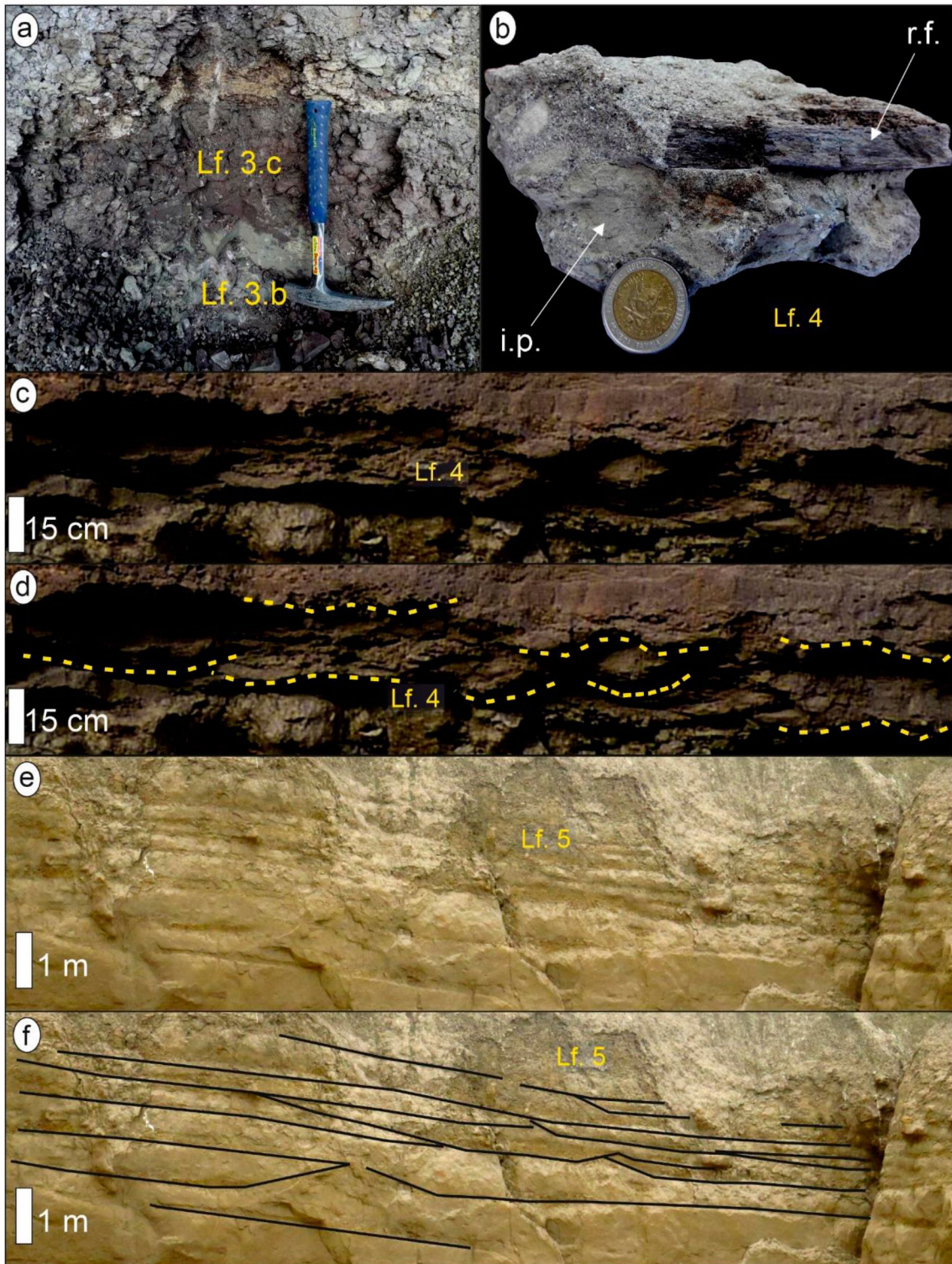


Figura 9. a) Litofacies 3.b: pelitas macizas violáceas y Litofacies 3.c: pelitas macizas grisáceas. b) Muestra de mano de Litofacies 4, se puede observar la presencia de intraclastos pelíticos (i.p.) y restos fósiles de vertebrados (r.f.). Escala: la moneda tiene 2 centímetros de diámetro. c) Litofacies 4: areniscas conglomerádicas marrones grisáceas con base irregular. d) Litofacies 4: en amarillo bases erosivas. e) Litofacies 5: areniscas con estratificación entrecruzada de gran escala y bajo ángulo. f) Litofacies 5: en línea negra superficies y artesas.

## **Asociaciones de Litofacies**

### **Asociación de litofacies 1 Planicie de inundación proximal (Af. 1)**

Descripción: esta asociación está compuesta por la litofacies Lf. 1.; se trata de areniscas finas macizas la cual presenta restos fósiles de vertebrados (Cuadro 2). Se observan en el sector D del afloramiento en planta (Fig. 10 a).

Interpretación: depósitos de desbordamientos vinculados a crecientes del canal y su posterior desconfinamiento (Miall, 1996).

### **Asociación de litofacies 2 Canales fluviales arenosos (Af. 2)**

Descripción: esta asociación de litofacies está compuesta por la litofacies Lf. 2. Los canales se pueden observar en planta limitados por depósitos de planicies de inundación. El canal de la zona A presenta un afloramiento de menor dimensión y no presenta restos fósiles *in situ*. Por el contrario, el canal de la zona C presenta mayor tamaño y restos *in situ* (Fig. 4, 5 y 6). Las paleocorrientes medidas sobre las estructuras entrecruzadas muestran baja dispersión en la dirección y presentan un valor promedio en los dos canales hacia N 121°. La asociación presenta restos de vertebrados fósiles contenidos en las areniscas con las estructuras entrecruzadas (*in situ*) (Cuadro 3) (Fig. 10 b).

Interpretación: relleno de canales fluviales (Friend *et al.*, 1979).

### **Asociación de litofacies 3 Planicie de inundación distal (Af. 3)**

Descripción: esta asociación de litofacies se puede observar en planta en el nivel subhorizontal (lecho seco del lago Colhué Huapi, Fig. 4, 5 y 6), donde está constituida por la litofacies Lf. 3.a y en los acantilados donde está formada por las litofacies Lf. 3.b + Lf. 3.c. La potencia máxima es 50 cm y presenta una continuidad lateral de cientos de metros. Los estratos que la componen tienen una base y techo plano lo que le confiere una geometría tabular (Fig. 11).

Interpretación: depósitos agradacionales relacionados con la decantación de material pelítico en la planicie de inundación distal (Miall, 1996). El color rojizo de las arcillitas está vinculado a la oxidación pervasiva en un contexto subaéreo

con bajo nivel freático (Retallack, 1988, Pereda-Suberbiola *et al.*, 2000, Ghosh *et al.*, 2006). Por otro lado, los colores grisáceos y violáceos se vinculan a un ambiente reductor relacionado a un contexto de baja oxigenación y un nivel freático alto (Ghosh *et al.*, 2006, Pereda-Suberbiola *et al.*, 2000). Además, las concreciones carbonáticas están asociadas a fluctuaciones del nivel freático y las capas carbonáticas a la coalescencia de esas concreciones (Retallack *et al.*, 1990; Sánchez y Gómez, 2005).

#### **Asociación de litofacies 4 Canal fluvial gravoarenosos (Af. 4)**

Descripción: esta asociación de litofacies incluye las litofacies Lf. 4 + Lf. 0 + Lf. 1, Lf. 4 + Lf. 1+ Lf. 5 o Lf. 4 + Lf. 5. La potencia oscila entre los 0,5 a 5 m y la continuidad lateral es de centenares de metros. Se encuentra en contacto erosivo sobre los depósitos de planicie de inundación distal (Af. 2), la base presenta restos fragmentarios de vertebrados fósiles (Lf. 4). La asociación aflora en la parte superior de los acantilados costeros del lago Colhué Huapi (Fig. 11).

Interpretación: el relleno basal de la asociación está ligado a procesos súbitos de inundación de la planicie fluvial o de incisión fluvial (Ramos y Sopeña, 1983; Clemente y Pérez-Arlucea, 1993), representado por las litofacies de granulometría gruesa. La presencia de en la vertical de estructuras tractivas y de depósitos macizos representa variaciones en la carga transportada, pasando de flujos diluidos a concentrados (Miall 1996).



Figura 10. a) Vista en planta de resto fósil en la Asociación de litofacies 1 (Af. 1). b) Resto fósil incluido en la Asociación de litofacies 2 (Af. 2).

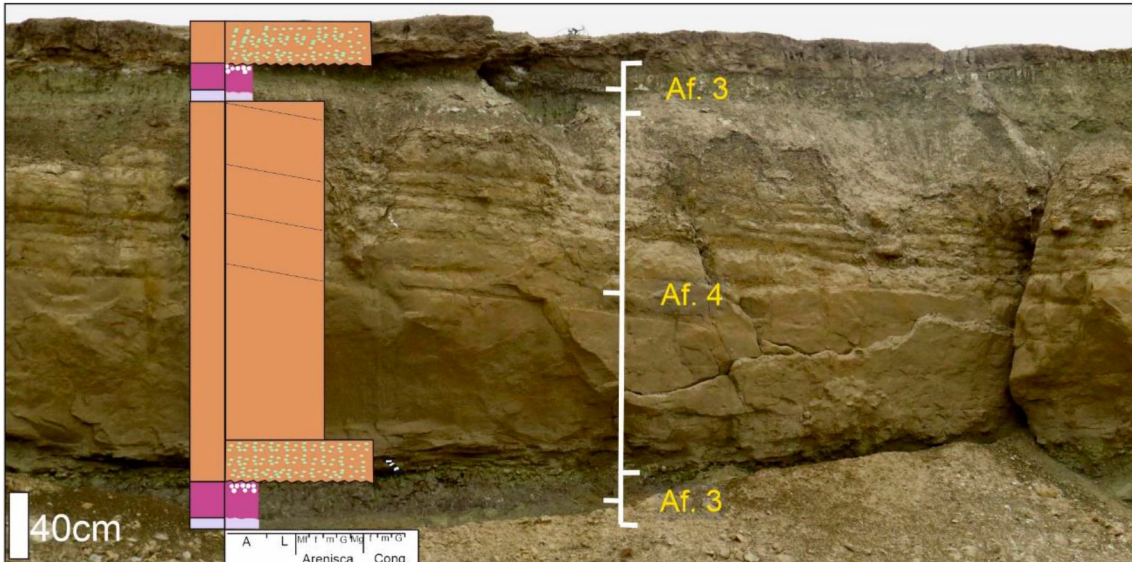


Figura 11. Asociaciones de litofacies 3 (Af. 3) y 4 (Af. 4).

## DESCRIPCIONES TAXONÓMICAS Y TAFONÓMICAS

Los resultados obtenidos son resumidos en la Cuadro 4, solo se describirá la morfología y los atributos tafonómicos de los restos que mejor caracterizan dichos aspectos. Asimismo, se presentarán imágenes de los materiales mejor preservados (ver abajo).

Resto fósil	Identificación anatómica	Grupo	I.	Y.	G.Ar.	E.M.	B.	G.Ab.	O. (°)
1	tibia?	Sauropoda	incompleto	removilizado	aislado	1	N	N	1
2	hueso apendicular miembro anterior?	Sauropoda	incompleto	removilizado	aislado	1	N	N	4
3	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	1	N	N	350
4	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	2	N	N	353
5	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	1	N	N	332
6	costilla?	Sauropoda	incompleto	removilizado	aislado	2	N	N	15
7	costilla?	Sauropoda	incompleto	removilizado	aislado	2	N	1	22
8	indeterminado	Sauropoda	incompleto	removilizado	aislado	1	N	2	30
9	vértebra dorsal?	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	aislado	1	N	N	256
10	hueso apendicular?	Theropoda	incompleto	removilizado	aislado	1	N	1	356
**11	hueso apendicular	Sauropoda	incompleto	removilizado	aislado	2	si	1	175
12	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	2	N	N	47
13	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	1	N	N	324
14	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	2	N	N	320
15	costilla?	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	N	N	N	354
16	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	1	N	N	350
17	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	1	N	N	315
18	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	1	N	N	3
***19	fémur izquierdo	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	aislado	2	N	1	1
20	hueso pélvico?	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	1	N	N	105
21	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	2	N	N	120
22	costilla?	Indeterminado	incompleto	<i>in situ</i>	aislado	1	N	2	125

23	hueso apendicular?	Theropoda	incompleto	<i>in situ</i>	aislado	1	N	1	93
24	hueso apendicular	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	aislado	1	N	1	93
25	indeterminado	Indeterminado	incompleto	<i>in situ</i>	aislado	1	N	N	33
26	indeterminado	Indeterminado	incompleto	<i>in situ</i>	aislado	2	N	N	35
27	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	2	N	N	22
**28	ulna izquierda	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	aislado	1	si	1	93
29	indeterminado	Indeterminado	incompleto	<i>in situ</i>	aislado	2	N	N	133
30	vertebra caudal	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	1	N	N	139
31	indeterminado	Indeterminado	incompleto	<i>in situ</i>	aislado	2	N	N	77
32	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	2	N	N	133
33	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	1	N	N	140
34	indeterminado	Indeterminado	incompleto	<i>in situ</i>	aislado	N	N	N	77
35	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	2	N	N	185
36	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	2	N	N	103
37	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	N	N	N	153
38	vértebra caudal	Sauropoda	incompleto	removilizado	aislado	N	N	N	165
39	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	1	N	N	180
40	indeterminado	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	2	N	1	140
41	costilla	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	1	N	1	30
42	vértebra	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	1	N	N	100
43	metatarso izquierdo	Megaraptora	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(1)	1	N	1	5
44	costilla	Megaraptora	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(1)	2	N	1	330
*45	falange manual izquierda	Megaraptora	parcialmente preservado	<i>in situ</i>	asociado(1)	1	N	1	15

46	fémur	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(2)	2	N	1	138
47	resto apendicular	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(2)	2	N	N	138
48	costilla	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(2)	2	N	N	142
49	resto vertebra	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(2)	N	N	N	1
50	costilla	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(2)	2	N	N	5
51	indeterminado	Indeterminado	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(2)	N	N	N	220
52	húmero	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(2)	2	N	1	100
**53	ulna	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(2)	2	si	1	185
54	vértebra	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(3)	1	N	N	30
55	indeterminado	Indeterminado	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(3)	2	N	N	125
56	indeterminado	Indeterminado	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(3)	2	N	N	140
57	vértebra	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(3)	N	N	N	140
58	radio	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(3)	1	N	N	134
59	indeterminado	Indeterminado	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(3)	N	N	N	270
60	indeterminado	Indeterminado	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(3)	2	N	N	67
61	indeterminado	Indeterminado	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(3)	2	N	N	320
62	indeterminado	Indeterminado	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(3)	2	N	N	305
63	costilla	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(3)	1	N	N	148
64	costilla	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(3)	1	N	N	104
65	costilla	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(3)	2	N	1	82
66	vértebra	Sauropoda	incompleto	<i>in situ</i>	asociado(3)	2	N	1	97

<b>*67</b>	vértebra	Ornithopoda	incompleto	removilizado	aislado	N	N	3	N
<b>68</b>	vértebra	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	1	N	3	N
<b>***69</b>	vértebra	Ornithopoda	incompleto	removilizado	aislado	1	<b>si</b>	3	N
<b>***70</b>	vértebra	Ornithopoda	incompleto	removilizado	aislado	1	<b>si</b>	3	N
<b>*71</b>	vértebra	Ornithopoda	incompleto	removilizado	aislado	1	N	3	N
<b>*72</b>	vértebra	Ornithopoda	incompleto	removilizado	aislado	1	N	3	N
<b>73</b>	vértebra	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	N	N	3	N
<b>74</b>	vértebra	Indeterminado	incompleto	removilizado	aislado	N	N	3	N
<b>*75</b>	vértebra	Ornithopoda	incompleto	removilizado	aislado	1	N	3	N
<b>*76</b>	vértebra	Ornithopoda	incompleto	removilizado	aislado	1	N	3	N
<b>*77</b>	vértebra	Ornithopoda	incompleto	removilizado	aislado	1	N	3	N
<b>78</b>	humero derecho	Ornithopoda	incompleto	removilizado	aislado	2	N	1	N
<b>79</b>	fémur izquierdo	Ornithopoda	incompleto	removilizado	aislado	2	N	2	N
<b>80</b>	húmero izquierdo	Ornithopoda	incompleto	removilizado	aislado	2	N	1	N
<b>81</b>	radio izquierdo	Ornithopoda	incompleto	removilizado	aislado	2	N	2	N
<b>82</b>	radio izquierdo	Ornithopoda	incompleto	removilizado	aislado	2	N	2	N
<b>83</b>	radio derecho	Ornithopoda	incompleto	removilizado	aislado	2	N	2	N
<b>**84</b>	ulna izquierda	Sauropoda	incompleto	removilizado	aislado	2	N	1	N
<b>*85</b>	diente	Theropoda	parcialmente preservado	removilizado	aislado	N	N	N	N
<b>*86</b>	diente	Theropoda	parcialmente preservado	removilizado	aislado	N	N	N	N
<b>*87</b>	diente	Theropoda	parcialmente preservado	removilizado	aislado	N	N	N	N

<b>*88</b>	diente	Theropoda	parcialmente preservado	removilizado	aislado	N	N	N	N
<b>*89</b>	diente	Crocodyliforme	parcialmente preservado	removilizado	aislado	N	N	N	N
<b>*90</b>	placa dentaria	Dipnoi	Completo	removilizado	aislado	N	N	N	N
<b>91</b>	placa	Testudine	parcialmente preservado	removilizado	aislado	N	N	N	N

Cuadro 4. Restos fósiles recuperados en el área de estudio, identificación anatómica y atributos tafonómicos presentes en los restos. Referencias: I: integridad; Y: yacencia; G.Ar.: grado de articulación; E.M.: estadio de meteorización; B: bioerosión; G.Ab.: grado de abrasión; O: orientación en grados respecto al Norte. N: datos que no se pudieron determinar en el resto fósil. (\*): restos fósiles que se describirán anatómicamente en forma detallada. (\*\*) restos fósiles que se describirán tafonómicamente en forma detallada. (\*\*\*) restos fósiles que se describirán, tanto taxonómicamente como tafonómicamente en forma detallada. En grado de articulación (G.Ar.): asociado (1): restos fósiles de la asociación 1; asociado (2): restos fósiles de la asociación 2; asociado (3): restos fósiles de la asociación 3. En la columna 1, los casilleros con color de relleno amarillo indican restos fósiles contenidos en la litofacies 1 y los de color naranja restos contenidos en la litofacies 2.

## **Resto fósil 11**

Descripción morfológica: se trata de un fragmento de diáfisis incompleto de un hueso apendicular de saurópodo. Presenta un ancho máximo de 22 cm y un largo máximo de 110 cm (Fig. 12).

Descripción tafonómica: el resto fósil presenta un estriamiento longitudinal paralelo al eje axial, fracturas longitudinales y exfoliación leve. Por lo tanto, se considera que su estadio de meteorización es 2 (Behrensmeyer, 1978). Se observan fracturas transversales al eje de mayor longitud. El fósil estaba aislado y con una reorientación de N 175°. Se observa un pulido incipiente en la superficie del resto fósil, por lo que el grado de abrasión interpretado es 1 (Alcalá, 1994).

En la superficie del tercio superior de la diáfisis se observa un surco acompañado de una perforación, que corresponde a una marca de bioerosión. Esta marca, denominada Morfotipo A (Fig. 12 b, c y d), se caracteriza por presentar una perforación subcircular a elíptica, con un diámetro máximo de 2,5 mm, un diámetro mínimo de 2 mm y una profundidad de 5 mm. El surco tiene forma irregular, un largo máximo de 8 mm, ancho máximo de 3,5 mm y una profundidad de 2 mm.

Ambas marcas están dispuestas de manera subperpendicular al eje de mayor longitud del resto fósil.

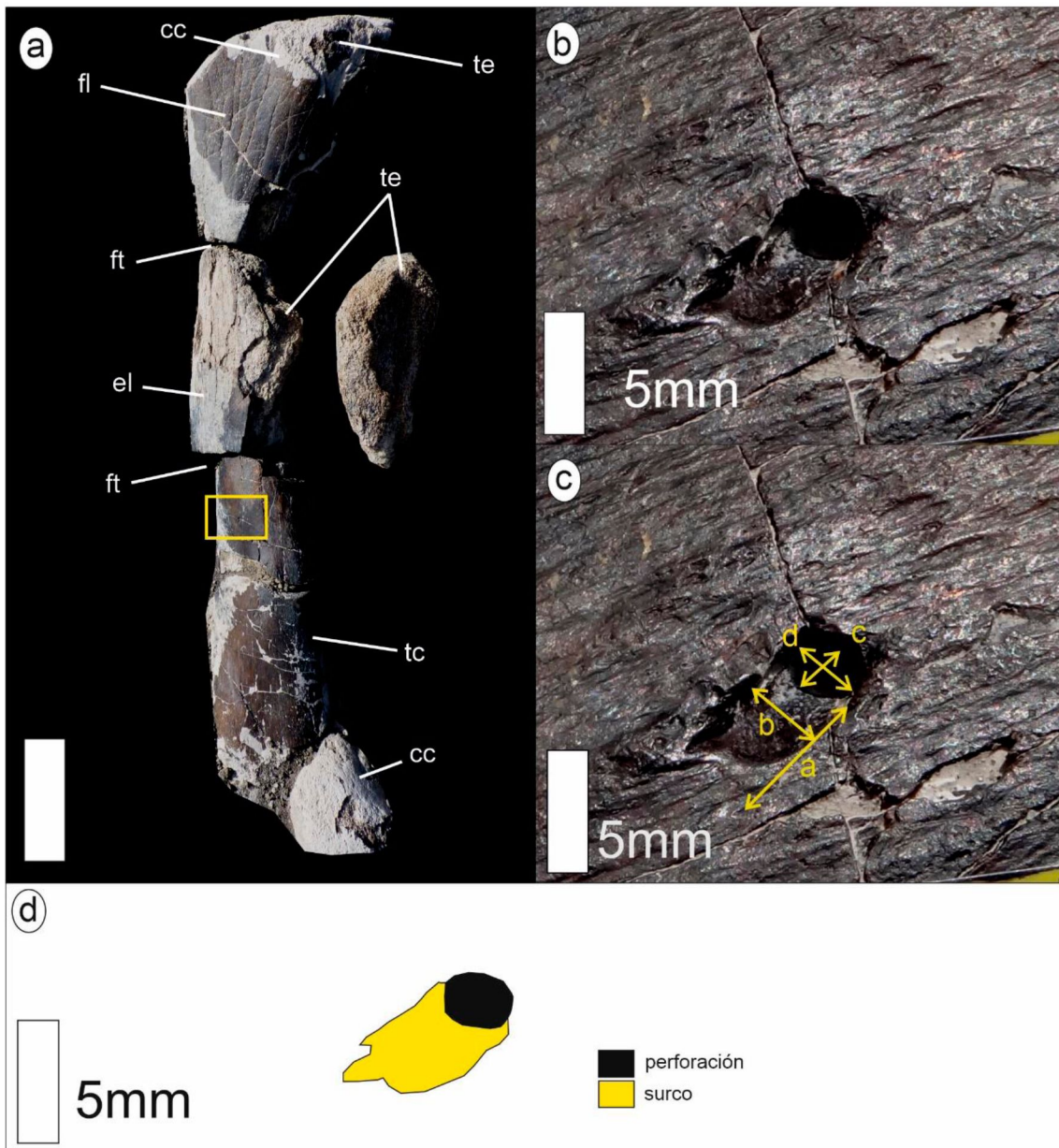


Figura 12. Resto fósil 11 a) en vista general, en recuadro amarillo se indica el morfotipo A. b) Detalle del morfotipo A. c) Medidas del morfotipo A. d) Esquema interpretativo de las partes del morfotipo A: perforación y surco. Abreviaturas: cc: cubierta carbonática; el: estriamiento longitudinal; ft: fractura transversal; fl: fractura longitudinal; te: tejido esponjoso; tc: tejido compacto. Medidas en c): a: 8 mm. b: 3,5 mm, c: 2 mm, d: 2,5 mm Escala en a): 20 cm.

### Resto fósil 19

Descripción morfológica: fémur izquierdo de titanosaurio. Se encuentra incompleto, preservando parcialmente el extremo proximal y la diáfisis. El largo (dorsoventral) de la porción del fémur preservada es de aproximadamente 1 m. y un ancho máximo en la diáfisis de 15 cm. En el extremo proximal se observa la cabeza femoral la cual se proyecta levemente en sentido dorsomedial. La cabeza femoral es convexa como en otros titanosaurios. La diáfisis femoral es más ancha lateromedialmente que anteroposteriormente. En vista

posteromedial la diáfisis presenta una marcada rugosidad correspondiente al cuarto trocánter, el que se ubica en el tercio proximal del fémur como en los titanosaurios más derivados (Ibiricu *et al.*, 2013). Esta estructura representa la inserción, posiblemente vía un tendón común, de la musculatura caudofemoral (*M. caudofemoralis brevis and longus*, ver Ibiricu *et al.*, 2013). El fémur presenta características en su morfología y la orientación de la cabeza femoral que permiten la asignación al clado Titanosauria (Fig. 13).

Descripción tafonómica: el fémur presenta un estriamiento longitudinal leve en la zona lateral de la epífisis del extremo proximal, en la diáfisis se reconocen fracturas longitudinales y una exfoliación fuerte. Su estadio de meteorización es 2-3. Se observan fracturas transversales rectas con bordes irregulares producto de la fosildiagénesis. Se presenta aislado, *in situ* y su reorientación es N 1°. Se observa un pulido superficial, por lo que su grado de abrasión es 1.

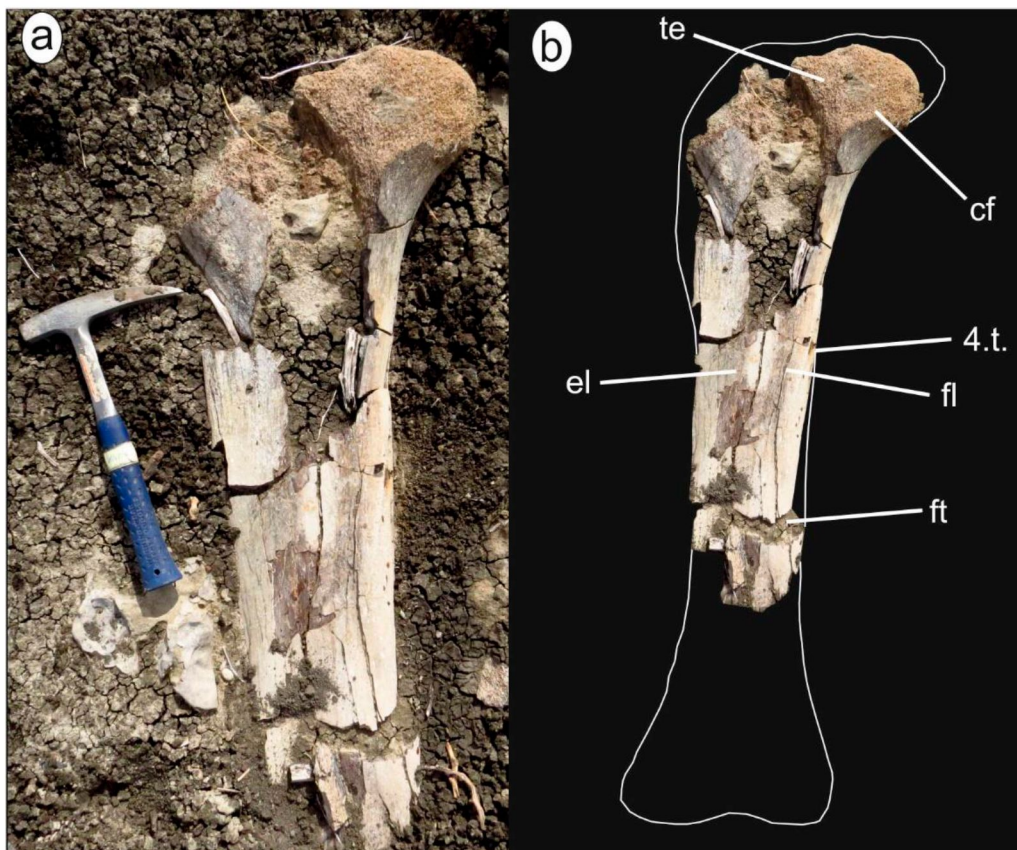


Figura 13. Resto fósil 19 en a) Vista posterior (*in situ*). b) Reconstrucción esquemática del fémur en vista posterior. Abreviaturas: el: estriamiento longitudinal; te: tejido esponjoso; cf: cabeza femoral; 4.t.: cuarto trocánter; fl: fractura longitudinal; ft: fractura transversal. Largo de piqueta: 33 cm.

## **Resto fósil 28**

Descripción morfológica: resto incompleto de ulna izquierda de saurópodo (titanosaurio). Se encuentra preservada la diáfisis la cual tiene un largo máximo de 68 cm y un ancho máximo de 17 cm. La diáfisis se angosta distalmente y la superficie lateral es cóncava para la articulación del radio (Fig. 14).

Descripción tafonómica: la ulna izquierda presenta un estriamiento longitudinal leve a moderado y una exfoliación leve, por lo que se le asigna un estadio de meteorización 1. Presenta fracturas transversales en los extremos. El resto fósil está aislado, *in situ* y su reorientación es N 93°. Hay un desgaste superficial por lo que el grado de abrasión es 1. Asimismo, en la superficie se observa un surco con forma de medialuna, ubicado en la superficie de articulación con el radio, que corresponde a una marca de bioerosión. Este surco, denominado Morfotipo B (Fig. 14 b y c), se dispone de forma oblicua al eje axial del resto fósil. Presenta una longitud de 17 mm, su ancho mayor está ubicado en el centro con 1 mm y hacia los extremos disminuye hasta 0,5 mm. Tiene 2 mm de profundidad en el centro y disminuye gradualmente hacia los laterales.

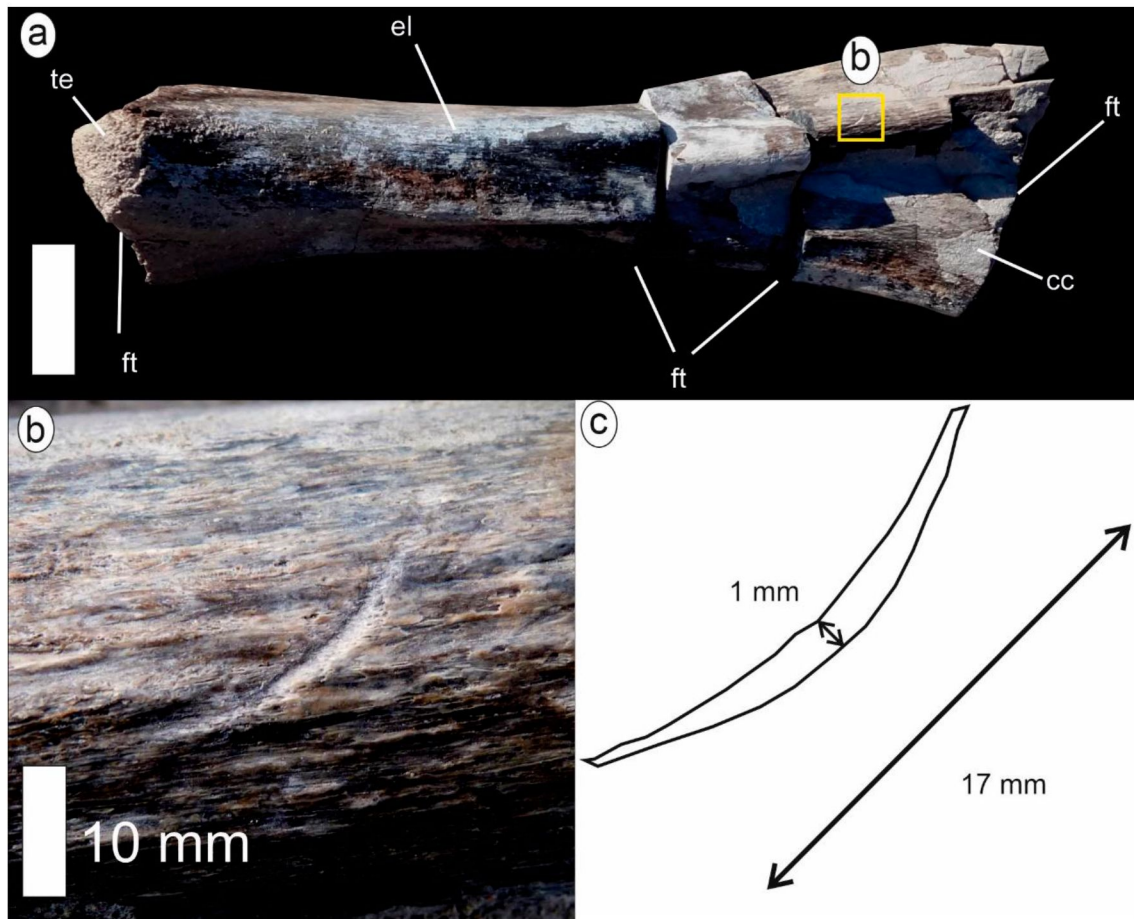


Figura 14. a) Resto fósil 28 donde se indican atributos tafonómicos. b) Morfotipo B. c) Detalle con medidas del Morfotipo B. Abreviaturas: cc: cubierta carbonática; el: estriamiento longitudinal; ft: fractura transversal; fl: fractura longitudinal; te: tejido esponjoso; tc: tejido compacto. Escala en a): 20 cm.

### ASOCIACIÓN DE HUESOS 1 (Ah 1).

La asociación está constituida por los siguientes restos fósiles: 43 (metatarso izquierdo incompleto, Fig. 15 a), 44 (costilla incompleta, Fig. 15 b) ,45 (falange manual izquierda UNPSJB PV 1046, Fig. 16) y 85 (diente UNPSJB-PV 1052, Fig. 36, ver descripción en Pág. 65), pertenecientes a terópodos megaraptóridos. Los fósiles presentan un área de dispersión de 5 m<sup>2</sup>. La asociación se encuentra graficada en el plano tafonómico 1 (Fig. 17).

De acuerdo a la clasificación de Voorhies (1969), la asociación 1 presenta un resto perteneciente al grupo I (costilla) y dos del grupo II (falange manual y metatarso).

Las orientaciones de los restos son N 5° (resto 43, metatarso izquierdo), N 330° (resto 44, costilla) y N 15° (resto 45, falange) (Fig. 17 b).

### **Resto fósil 43**

Descripción morfológica: corresponde a un metatarso III derecho, parcialmente preservado, y descrito por Ibiricu *et al.* (2020). El metatarso es esbelto y grácil, presenta un proceso lateral que articula con el metatarso IV en el pie con un ángulo de aproximadamente 90° respecto al eje anteroposterior de la diáfisis. Este último rasgo anatómico y la gran similitud morfológica con representantes del clado Megaraptora, apoya su inclusión dentro del mismo y más específicamente como miembro de la familia Megaraptoridae (Fig. 15 a).

### **Resto fósil 44**

Descripción morfológica: corresponde a una costilla parcialmente preservada y posiblemente dorsal. La diáfisis está levemente dirigida posteriormente y es levemente curva o arqueada como otras costillas dorsales de megaraptóridos (Lamanna *et al.*, 2020) (Fig. 15 b).

### **Resto fósil 45 UNPSJB PV 1046 (material del repositorio)**

Descripción morfológica: falange manual izquierda casi completa del dedo I de Megaraptoridae (Ibiricu *et al.*, 2020) (Fig. 16). El hallazgo de esta garra fue mencionado inicialmente por Casal *et al.* (2016), y posteriormente Ibiricu *et al.* (2020) realizaron una descripción en detalle. La garra presenta una morfología curva y está comprimida medio-lateralmente, con un largo próximo-distal de 24 cm. Presenta una quilla definida que divide las dos superficies articulares proximales, y un surco transversal pronunciado que separa la superficie articular proximal del tubérculo flexor, el cual es dorsoventralmente bajo. Se observan surcos vasculares mediales y laterales asimétricos, y bien marcados. Los autores además notaron la gran similitud entre este resto y la primera falange ungual de *Megaraptor namunhuaiquii* (Novas, 1998; Calvo *et al.*, 2004 a).



Figura 15. a) Resto fósil 43 en el campo. b) Resto fósil 44 en el campo. Abreviaturas: ft: fractura transversal. fl: fractura longitudinal. Largo birome: 15cm. Largo piqueta: 33 cm.



Figura 16. a) Resto fósil 45 (UNPSJB-PV 1046) Abreviaturas: te: tubérculo extensor; mg: surco medial; ft: tubérculo flexor. Escala: 8 cm.

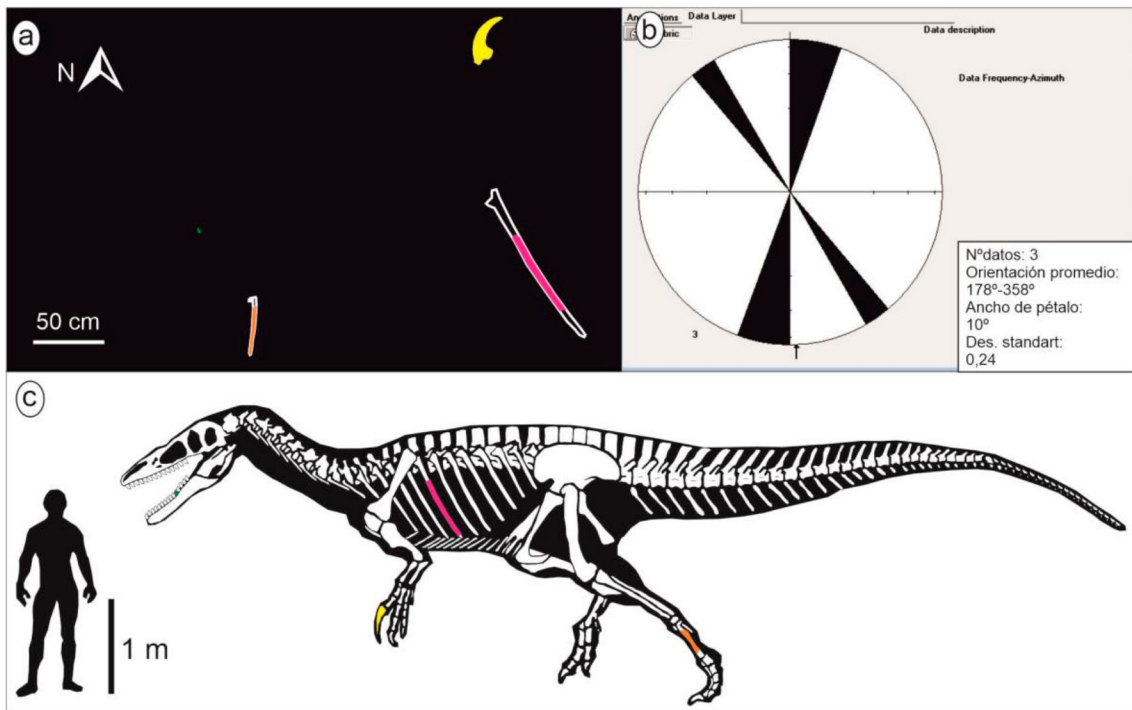


Figura 17. a) Plano tafonómico 1. b) Rosa de orientación de restos fósiles. c) Reconstrucción del esqueleto de un megarraptórido indicando en color los restos hallados (modificado de Porfiri y Diniz dos Santos 2014).

## ASOCIACIÓN DE HUESOS 2 (Ah 2).

La asociación de huesos 2 está constituida por los siguientes elementos del esqueleto de un saurópodo: resto 46 (fémur incompleto, Fig. 18), resto 47 (hueso apendicular incompleto), resto 48 (fragmento de costilla), resto 49 (vértebra incompleta), resto 50 (fragmento de costilla, Fig. 19), resto 51 (hueso indeterminado), resto 52 (húmero incompleto, Fig. 20) y resto 53 (ulna incompleta, Fig. 20). Presenta un área de dispersión lateral de 74 m<sup>2</sup>. La asociación se encuentra graficada en el plano tafonómico 2 (Fig. 21).

Siguiendo la clasificación propuesta por Voorhies (1969), la asociación 2 (representada en el plano tafonomico 2) esta compuesta por cuatro huesos del grupo I ( tres costillas y una vértebra), un hueso del grupo intermedio I/II (una ulna), cuatro huesos del grupo II (un fémur, un húmero y dos restos apendiculares) y un fragmento indeterminado (ignorado para esta agrupacion).

Con respecto a las orientaciones de los restos, la orientación promedio de totalidad de los restos es N 162° (Fig. 21 d) y la orientación promedio considerando solo los huesos largos es N 148° (Fig. 21 e).

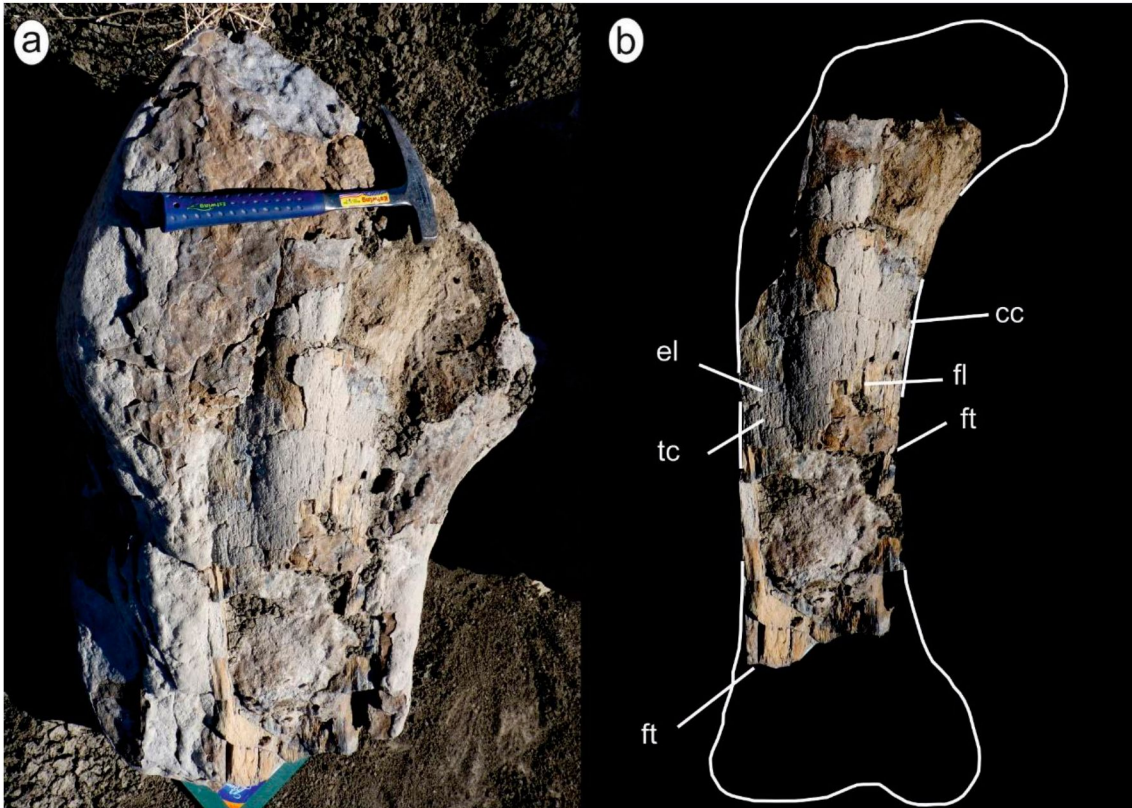


Figura 18. a) Resto fósil 46 en el campo. b) reconstrucción hipotética del hueso indicada con línea blanca. Largo piqueta: 33cm. Abreviaturas: cc: cubierta carbonática; el: estriamiento longitudinal; ft: fractura transversal; fl: fractura longitudinal; tc: tejido compacto.

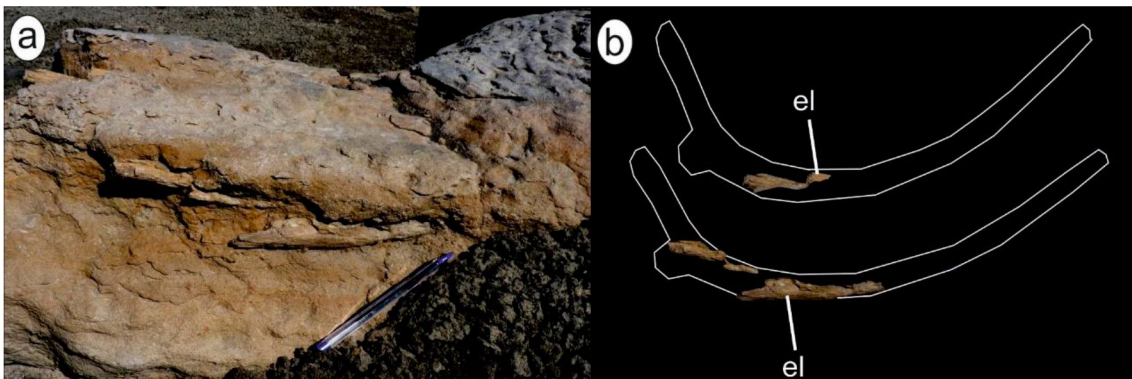


Figura 19. a) Resto fósil 50 en el camp. b) reconstrucción hipotética del hueso indicada con línea blanca. Abreviaturas: el: estriamiento longitudinal. Largo birome: 15 cm.

### **Resto fósil 53**

Descripción tafonómica: el fósil es un resto incompleto de ulna de Saurópodo. Presenta estriamiento longitudinal, fractura longitudinal y exfoliación leve; el estadio de meteorización es 2. Se observan fracturas transversales. El resto fósil se presenta asociado, *in situ* y su reorientación es N 185°. Presenta un desgaste superficial suave por lo cual su grado de abrasión es 1. En la superficie del fósil se observan dos orificios subparalelos separados por 130 mm entre sí, los cuales se encuentran distribuidos de manera perpendicular al eje de mayor longitud del resto fósil (Fig. 20 c). Estos orificios se clasificaron como Morfotipo de bioerosión C. Los orificios presentan forma subcircular, uno de ellos tiene 10 mm de diámetro mayor y 8 mm de diámetro menor; el otro 8 mm de diámetro mayor y 6 mm de diámetro menor (Fig. 20 d). La profundidad de cada orificio es mayor en un sector (Fig. 20 e), alcanzando los 9 mm, a partir de allí disminuye de manera gradual hacia el sector opuesto, presentando una geometría de cuña (Fig. 20).

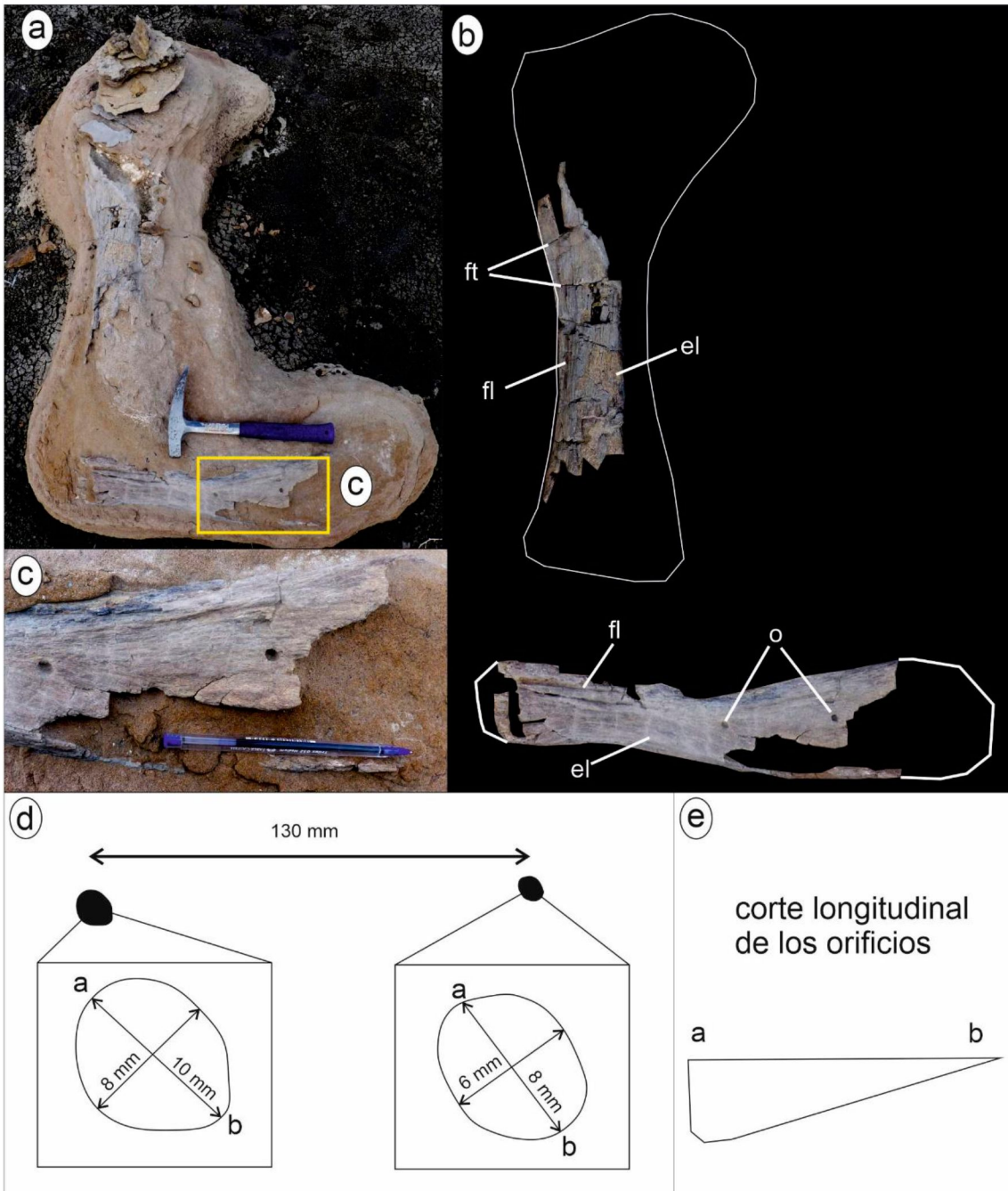


Figura 20. a) Restos fósiles 52 y 53 b) Reconstrucción hipotética de los huesos con trazo blanco. c) Vista en detalle del Morfotipo C presente en el resto fósil 53. d) Esquema del Morfotipo C. Se indica la separación entre ambos orificios y las dimensiones de los mismos. e) Corte longitudinal de los orificios. Largo piqueta: 33 cm. Largo birome: 15 cm.

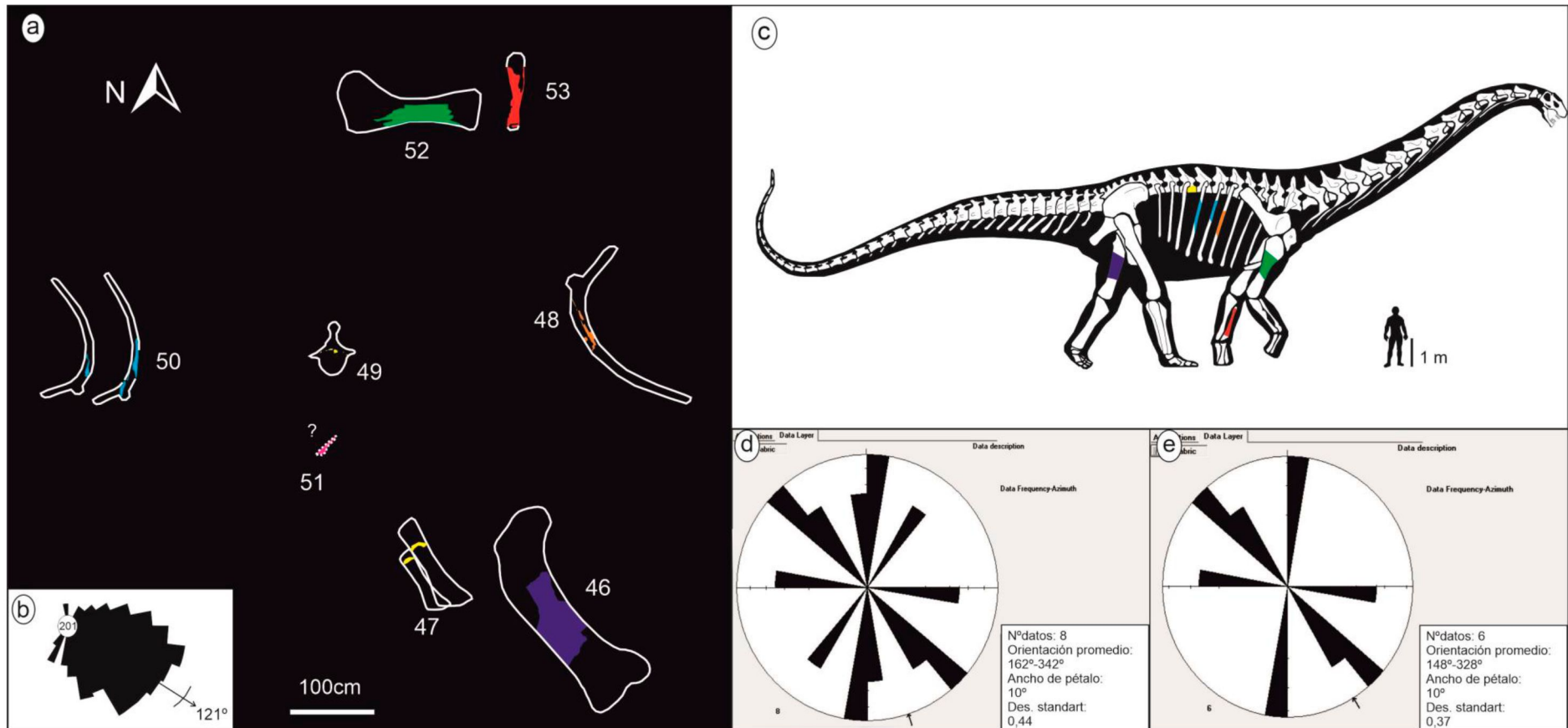


Figura 21. a) Plano tafonómico 2. b) Rosa de dispersión de las paleocorrientes determinadas en estructuras tractivas en la roca portadora de los fósiles. c) Reconstrucción del esqueleto de un saurópodo indicando con color los restos hallados (modificado de González Riga *et al.* 2016). d) Rosa de orientación de los restos del plano tafonómico 2. e) Rosa de orientación de los huesos largos 46,47 48, 50, 52 y 53. \*Las vértebras son preliminarmente interpretadas como dorsales y con el fin de ejemplificar en el esquema son pintadas en ese sector del esqueleto axial.

### ASOCIACIÓN DE HUESOS 3 (Ah 3).

La asociación de huesos 3 está constituida por los siguientes restos fósiles de saurópodo: 54 (vértebra incompleta, Fig. 22 a), 55 (indeterminado), 56 (indeterminado), 57 (vértebra incompleta), 58 (fragmento de radio) (Fig. 22 b), 59 (indeterminado), 60 (indeterminado), 61 (indeterminado), 62 (resto indeterminado), 63 (fragmento de costilla) (Fig. 22 c), 64 (fragmento de costilla), 65 (fragmento de costilla) (Fig. 22 d) y 66 (fragmento de vértebra). Presenta un área de dispersión lateral de 45 m<sup>2</sup>. La asociación se encuentra graficada en el plano tafonómico 3 (Fig. 23 a y c).

Siguiendo la clasificación propuesta por Voorhies (1969), donde los huesos de un esqueleto se agrupan de acuerdo a la facilidad de ser transportados en base principalmente a su morfología y densidad, la asociación 3 está compuesta por 6 restos del grupo 1 (3 vértebras incompletas y 3 fragmentos de costillas) y uno correspondiente al grupo 2 (radio incompleto), y además cuenta con 6 fragmentos indeterminados que no se tuvieron en cuenta en esta clasificación.

Con respecto a las reorientaciones de los restos, el promedio obtenido a partir de la medición de la totalidad de los restos fue de N 118° y se obtuvo el mismo valor cuando el análisis se realizó solo considerando los huesos largos (Fig. 23 d y e).

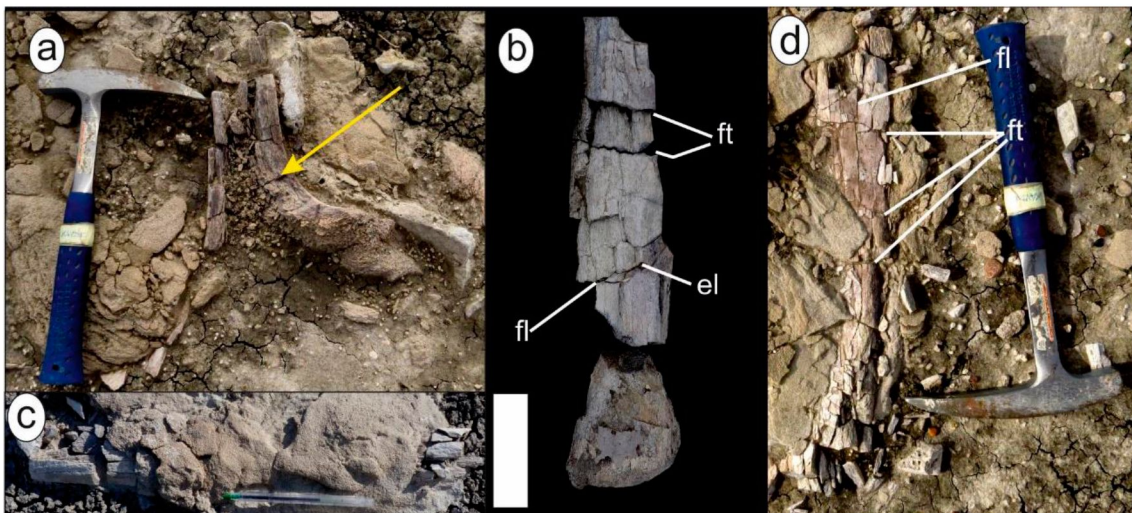


Figura 22. a) Resto fósil 54, vértebra de saurópodo. b) Resto fósil 58, radio de saurópodo. c) Resto fósil 63, costilla de saurópodo. d) Resto fósil 65, costilla de saurópodo. Escala en b: 15 cm. Largo piqueta: 33 cm. Largo birome: 15 cm.

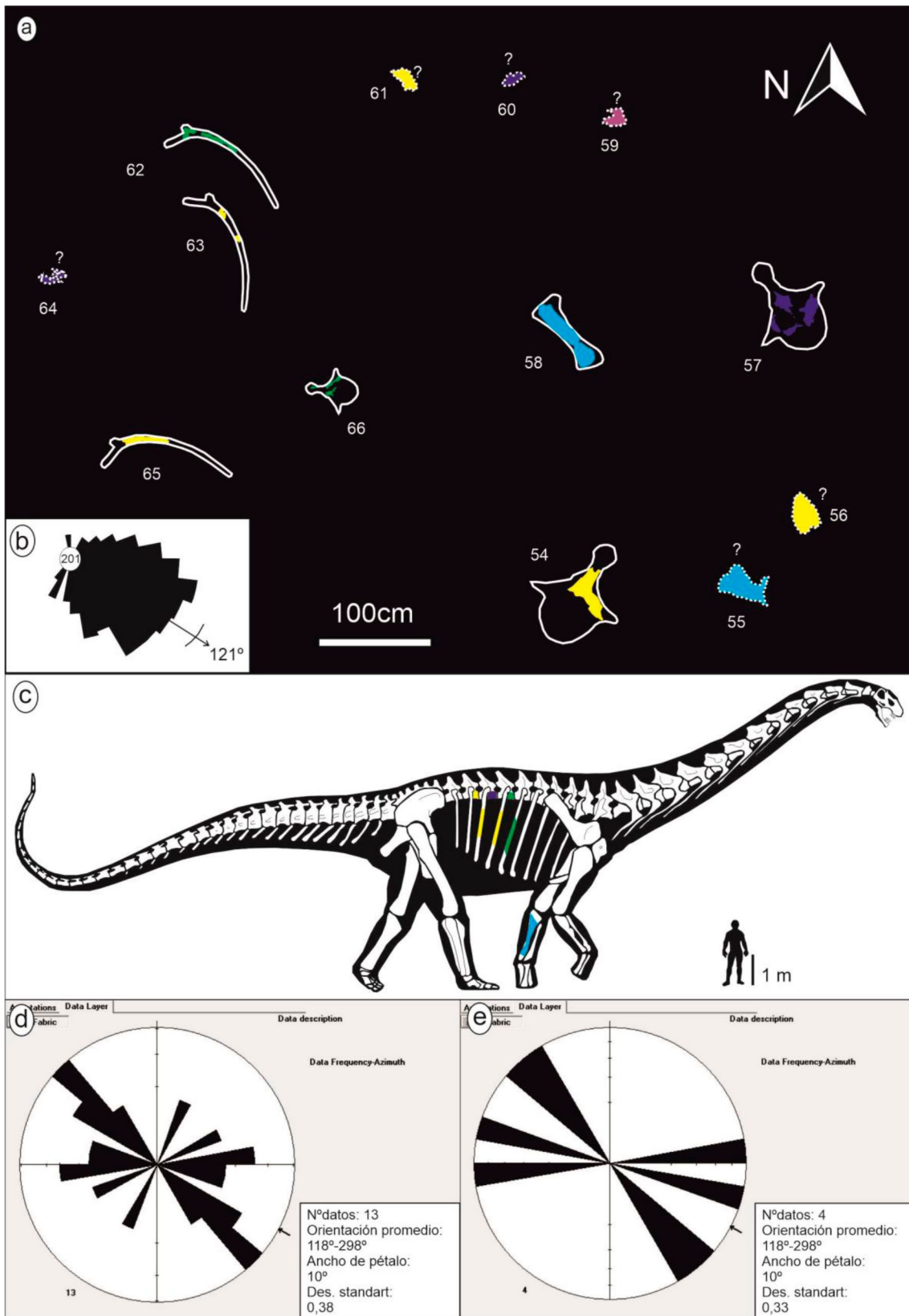


Figura 23. a) Plano tafonómico 3. b) Paleocorrientes de las areniscas. c) Reconstrucción no a escala del esqueleto de un saurópodo con los restos hallados coloreados (modificado de González Riga *et al.* 2016). d) Rosa de orientación de los restos fósiles. e) Rosa de orientación de los huesos largos 58, 63, 64 y 65. \*Las vértebras son preliminarmente interpretadas como dorsales y con el fin de ejemplificar en el esquema son pintadas en ese sector del esqueleto axial.

## Material depositado en el Laboratorio de Paleontología de Vertebrados de la UNPSJB.

En gabinete se realizó la descripción taxonómica y tafonómica de fósiles recolectados por los integrantes del Laboratorio de Paleontología de Vertebrados en campañas previas en Playa Kruger.

El material incluye: 11 vértebras, 7 restos incompletos de huesos largos, 1 falange manual, 5 dientes, 1 placa dentaria y 1 placa dérmica.

### Resto Fósil 67 UNPSJB-PV 1034

Descripción morfológica: es una vértebra incompleta, en la cual se observa el centro vertebral y parte del arco neural. El largo anteroposterior es de 9 cm el ancho máximo (transversal) es de 6,5 cm. En cuanto al centro vertebral, la cara anterior es cóncava y presenta un contorno ovalado a elíptico. La cara posterior es levemente convexa y el contorno es elíptico. Las caras laterales son levemente convexas en sentido dorsoventral y levemente cóncavas en sentido anteroposterior. El resto de arco neural ocupa un tercio del centro vertebral, está ubicado cercano a la cara anterior y presenta forámenes posiblemente nutricios (Fig. 24).

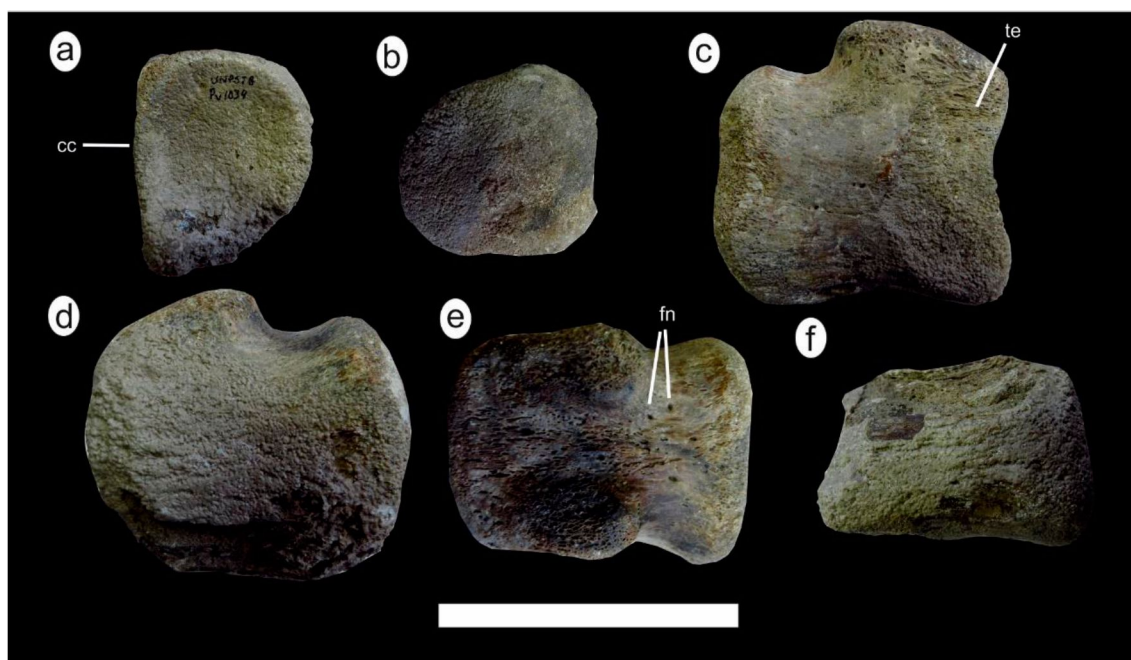


Figura 24. Resto 67 UNPSJB-PV 1034 vértebra de Ornitópodo. a) Vista anterior b) Vista posterior c) Vista lateral derecha d) Vista lateral izquierda. e) Vista dorsal. f) Vista ventral. Escala: 10 cm.

## **Resto fósil 69 UNPSJB-PV 1036**

Descripción morfológica: es una vértebra incompleta, presenta un largo máximo de 10 cm y un ancho máximo de 9,5 cm, se encuentra preservado parte del arco neural y el centro vertebral. En el centro vertebral la cara anterior es cóncava y presenta un contorno ovalado a elíptico, es más ancho que alto y es más grande que la cara posterior. La cara posterior es levemente cóncava y presenta un contorno circular. Las caras laterales son cóncavas en sentido anteroposterior y se observan forámenes nutricios como así también en la cara ventral. El arco neural está ubicado en el extremo anterior del centro vertebral y, ocupa tres cuartas partes del mismo (Fig. 25).

Descripción tafonómica: el resto presenta estriamiento longitudinal en las caras laterales, dorsales y ventrales, con ausencia de fracturas y exfoliación en escamas, por lo que su meteorización se asigna al estadio 1. El resto fósil se encuentra reorientado. La base del arco neural que se preservó presenta fuerte redondeamiento y pérdida de tejido superficial a nivel macroscópico en parte del centro vertebral, por lo que su grado de abrasión es 3. Por último, en la zona superior de la cara anterior se observan dos surcos longitudinales (d1 y d2), de morfología sinusoidal, que corresponden a marcas de bioerosión y se denominan en conjunto Morfotipo D (Fig. 25 g). El surco “d1” tiene 2 mm de profundidad, 30 mm de largo y 3 mm de ancho máximo, por otro lado, el surco “d2” tiene 2 mm de profundidad, 50 mm de largo y 4 mm de ancho máximo (Fig. 25 h).

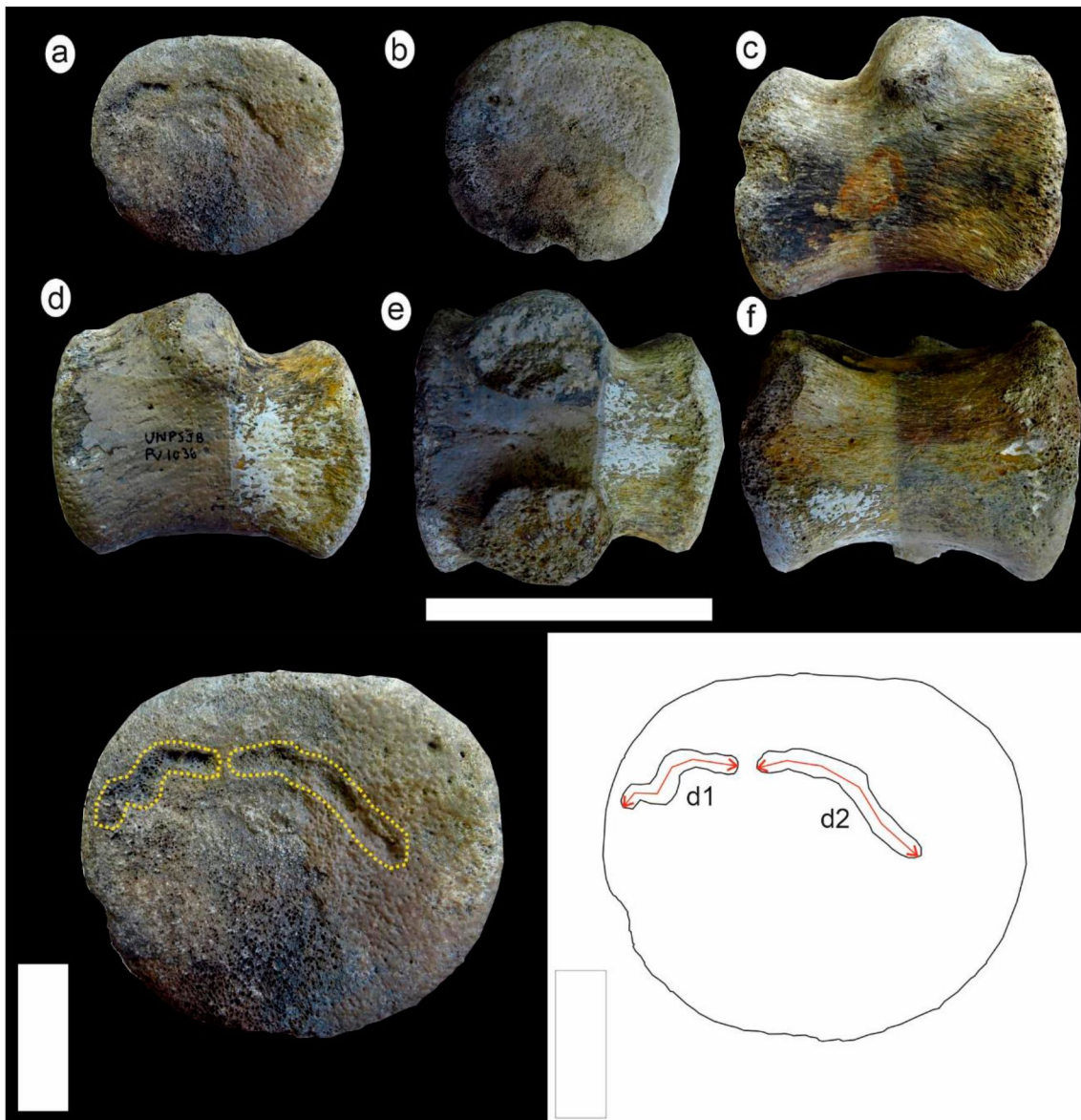


Figura 25. Resto 69 UNPSJB-PV 1036 vértebra de Ornitópodo. a) Vista anterior. b) Vista posterior. c) Vista lateral derecha. d) Vista lateral izquierda. e) Vista dorsal. f) Vista ventral. g) Vista anterior, en línea punteada amarilla se indica el Morfotipo D. h) Esquema indicando los 2 surcos que representan el Morfotipo D. Escala a-f: 10 cm. Escala g-h: 3 cm.

### Resto fósil 70 UNPSJB-PV 1037

Descripción morfológica: es una vértebra incompleta que tiene preservado el centro vertebral y la base del arco neural. Posee un largo máximo de 9 cm y un ancho máximo de 6 cm. En cuanto al centro vertebral, la cara anterior es cóncava presenta un contorno semicircular. Por otro lado, la cara posterior, la cual también es cóncava, presenta un contorno subcuadrangular. Las caras laterales muestran forámenes nutricios y son cóncavas en sentido anteroposterior. La cara ventral también posee forámenes nutricios (Fig. 26).

Descripción tafonómica: el resto fósil presenta estriamiento longitudinal en las caras laterales, en la dorsal y en la ventral, y se interpreta que su estadio de meteorización es 1. El resto estaba aislado y reorientado. Presenta prominencias redondeadas en la cara dorsal correspondientes a relictos del arco neural, y también los bordes de las caras anterior y posterior del centro vertebral, por lo que su grado de abrasión es 3.

La vértebra presenta marcas de bioerosión clasificadas en dos Morfotipos: E y Morfotipo F. El Morfotipo E (Fig. 26 g) se encuentra en el tercio posterior de la cara lateral izquierda y en el borde lateral de la cara anterior. Este, consiste de un surco curvo en los extremos y en el tramo central es recto, y está orientado de manera oblicua con respecto al eje antero-posterior del centro vertebral. Mide 27 mm de largo, 5 mm ancho en el centro y 2 mm ancho en los extremos. Presenta 4 mm de profundidad en el centro mientras que en los extremos no supera los 2 mm (Fig. 26 h).

Por otro lado, el Morfotipo F (Fig. 26 i) se encuentra ubicado en la cara lateral derecha de esta vértebra y en la zona posterior de la cara ventral. Consiste en un surco con forma ahusada dispuesto de manera perpendicular al eje anteroposterior de la vértebra. El largo total es de 50 mm, el ancho máximo es de 5 mm y la profundidad es de 10 mm (Fig. 26 j).

En la porción superior el surco presenta un relleno de costra carbonática actual.

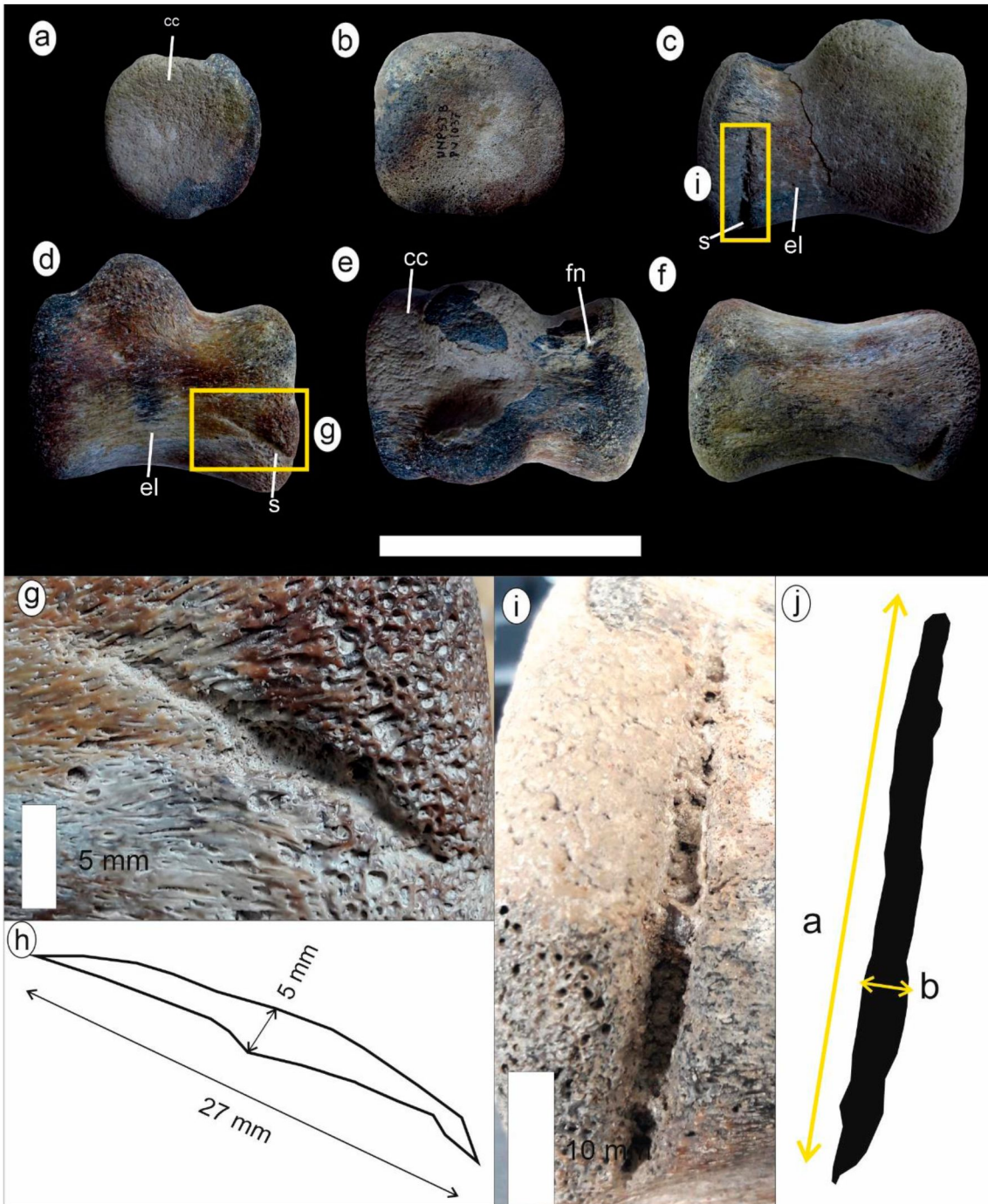


Figura 26. Resto 70 UNPSJB-PV 1037 a) Vista anterior b) Vista posterior c) Vista lateral derecha d) Vista lateral izquierda. e) Vista dorsal. f) Vista ventral. Escala: 9 cm. g) Morfotipo E. h) Esquema con las medidas del Morfotipo. i) Vista en detalle del Morfotipo F. j) Medidas del Morfotipo F: a: 5 mm; b: 5 mm; c: 1 cm.

### Resto fósil 71 UNPSJB-PV 1038

Descripción morfológica: es una vértebra incompleta, la cual preserva parte del centro vertebral y la base del arco neural. El resto presenta un largo máximo de 11 cm y un ancho máximo de 11 cm. La cara anterior está incompleta, es

convexa y de contorno ovalado. La cara posterior es cóncava y de contorno ovalado, siendo levemente más ancha que alta. De las caras laterales solo se encuentra preservada la cara izquierda que es cóncava en sentido anteroposterior. La cara ventral está incompleta, es levemente cóncava en sentido anteroposterior (Fig. 27).

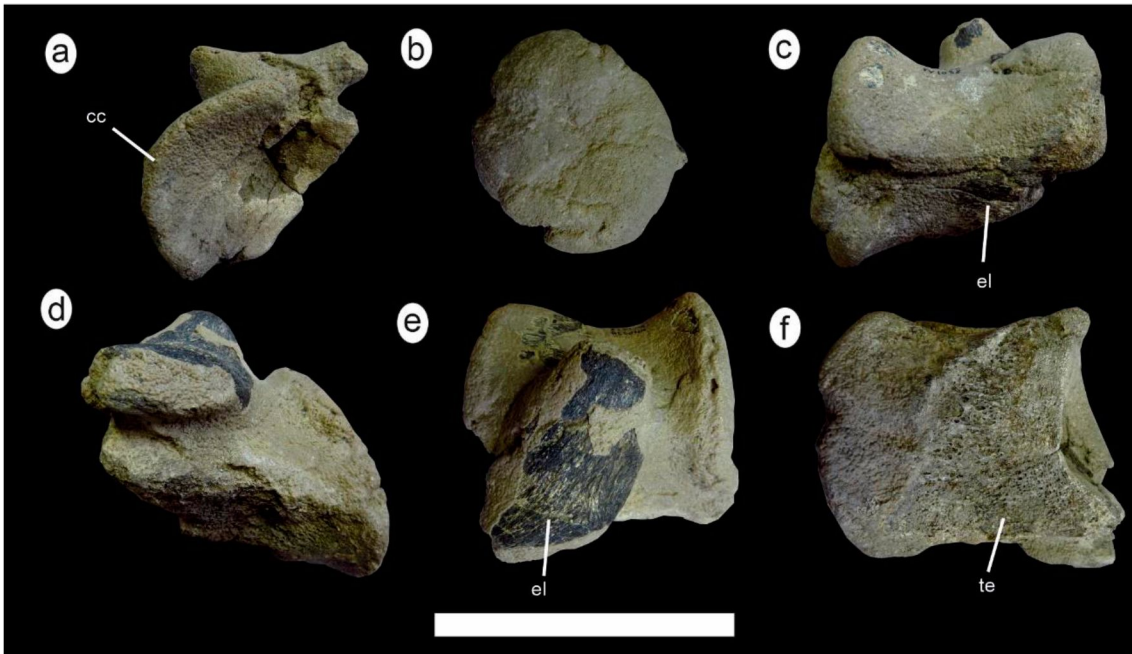


Figura 27. Resto 71 UNPSJB-PV 1038 vértebra de Ornithopoda. a) Vista anterior. b) Vista posterior. c) Vista lateroventral. d) Vista lateral izquierda. e) Vista dorsal. f) Vista ventral. Escala: 11cm. Abreviaturas: cc: cubierta carbonática; el: estriamiento longitudinal; te: tejido esponjoso.

#### **Resto fósil 72 UNPSJB-PV 1040**

Descripción morfológica: es una vértebra incompleta, presenta un largo máximo 7 cm y un ancho máximo 5 cm. De este elemento se preservó el centro vertebral y la base del arco neural. En vista lateral, se observa una sutura la cual divide el centro vertebral de la base del arco neural. En cuanto al centro vertebral la cara anterior es levemente cóncava y presenta un contorno ovalado. La cara posterior es plana, con un contorno semicircular a ovalado. Asimismo, las caras laterales son cóncavas en sentido anteroposterior, mientras que la cara ventral es levemente cóncava en el mismo sentido (Fig. 28).

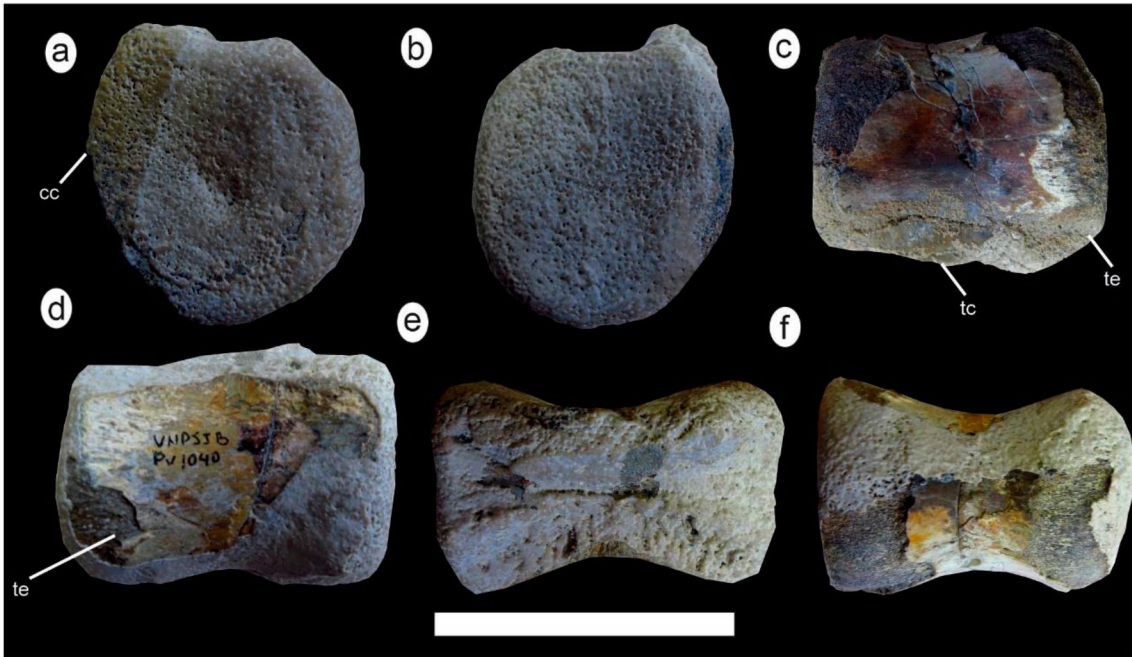


Figura 28. Resto 72 UNPSJB-PV 1040 vértebra caudal de Ornithopoda. a) Vista anterior b) Vista posterior c) Vista lateral derecha d) Vista lateral izquierda. e) Vista dorsal. f) Vista ventral. Escala: 7cm. Abreviaturas: cc: cubierta carbonática; tc: tejido compacto; te: tejido esponjoso.

#### **Resto fósil 75 UNPSJB-PV 1054**

Descripción morfológica: es una vértebra incompleta, presenta un largo máximo de 10 cm y un ancho máximo de 8.8 cm. En este elemento de la columna axial se encuentra preservado el centro vertebral y parte del arco neural. La cara anterior es cóncava y presenta un contorno circular. La cara posterior es plana y presenta un contorno subcuadrangular. Las caras laterales son levemente cóncavas en sentido anteroposterior y presenta pequeñas perforaciones probablemente forámenes nutricios. La cara ventral es cóncava en sentido anteroposterior. El arco neural está ubicado en la porción anterior del centro vertebral (Fig. 29).



Figura 29. Resto 75 UNPSJB-PV 1054 vértebra posiblemente de Ornitópodo. a) Vista anterior b) Vista posterior c) Vista lateral derecha d) Vista lateral izquierda. e) Vista dorsal. f) Vista ventral. Escala: 10cm.

#### **Resto fósil 76 UNPSJB PV1056**

Descripción morfológica: es una vértebra incompleta, presenta un largo máximo de 8 cm y un ancho máximo de 6 cm. Del elemento axial se preservó el centro vertebral y parte del arco neural. La cara anterior del centro vertebral es cóncava y presenta un contorno subcircular. La cara posterior es levemente convexa y presenta un contorno subcircular. Las caras laterales son cóncavas en sentido anteroposterior y presentan forámenes nutricios. La cara ventral es plana y se observan forámenes nutricios distribuidos asimétricamente. El arco neural se posiciona en la parte anterior del centro vertebral. El canal neural es relativamente angosto y se ensancha transversalmente hacia el extremo anterior (Fig. 30).



Figura 30. Resto 76 UNPSJB-PV 1056. a) Vista anterior b) Vista posterior c) Vista lateral derecha d) Vista lateral izquierda. e) Vista dorsal. f) Vista ventral. Escala: 8cm. Abreviaturas: el: estriamiento longitudinal.

### Resto fósil 77

Descripción morfológica: es una vértebra incompleta, presenta un largo máximo de 5.5 cm y un ancho máximo de 4,5 cm, se preservó el centro vertebral, y la base del arco neural. La cara anterior es convexa, y es más ancha transversalmente que alta. La cara posterior es cóncava y de contorno ovalado, siendo más ancha transversalmente que alta en sentido dorsoventral. Las caras laterales son cóncavas en sentido anteroposterior y presentan forámenes nutricios. Asimismo, en esta cara se observan las parapófisis, que son estructuras óseas para la inserción de las costillas. La cara ventral presenta un surco levemente marcado y forámenes nutricios distribuidos asimétricamente. En vista dorsal se observa la base del arco neural ubicada en el extremo anterior del centro vertebral (Fig. 31).

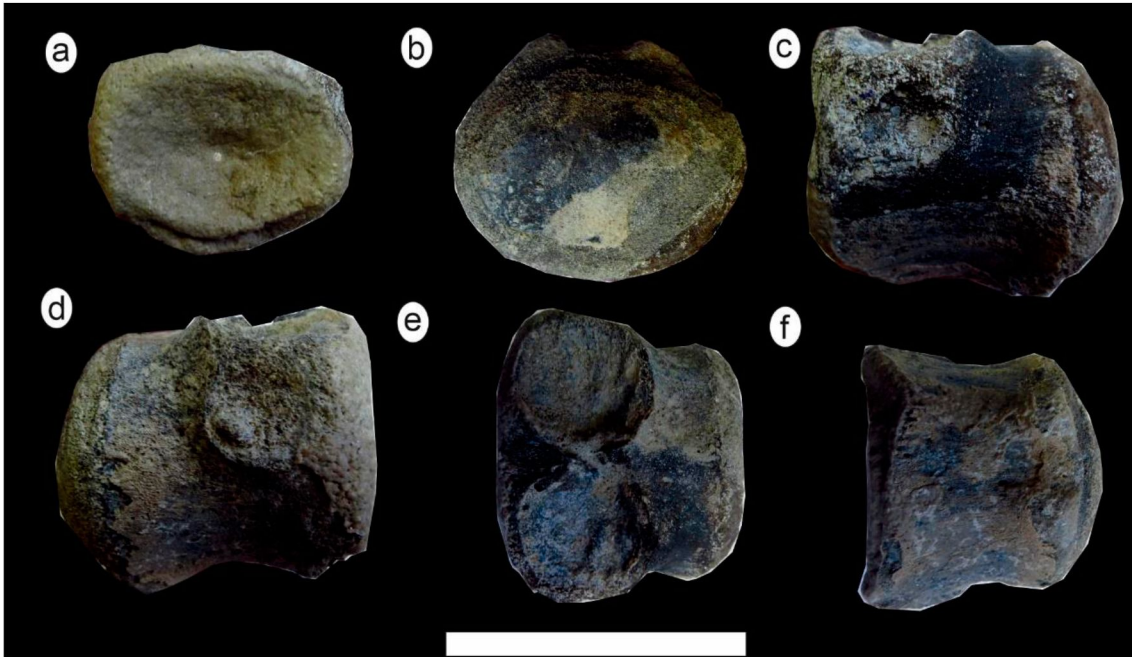


Figura 31. Resto 77 vértebra cervical de Ornitópedo. a) Vista anterior, b) Vista posterior, c) Vista lateral derecha, d) Vista lateral izquierda. e) Vista dorsal. f) Vista ventral. Abreviaturas: cc: cubierta carbonática. Escala: 5,5cm.

### **Resto 84 UNPSJB PV 1045**

Descripción tafonómica: se trata de una ulna izquierda de Saurópodo (Titanosaurio). Presenta un estriamiento longitudinal moderado y exfoliación leve con desprendimiento de escamas delgadas, por lo que se asigna un estadio de meteorización 2 (Fig. 32). Presenta una fractura transversal de borde irregular en la diáfisis. Se encontró aislado y reorientado. Presenta un desgaste superficial por lo que se considera una abrasión 1 (Fig. 32, 33 y 34).

Se han reconocido marcas de bioerosión, aquí denominados como Morfotipo G (Fig. 33 y Fig. 34). Se lo puede observar en vista anterior en el extremo proximal de la diáfisis, ventral al proceso anterolateral y el olecranon. El morfotipo consta de una superposición de surcos de hasta 2 mm de profundidad y dispuestos de manera irregular, sin embargo, el conjunto se dispone perpendicular al eje axial del resto fósil. Para su estudio, el morfotipo fue dividido en tres zonas de acuerdo a las características de los surcos (Fig. 33 y Fig. 34). En la zona 1 (Fig. 34 a) los surcos están claramente concentrados en tres pequeñas depresiones, donde se presentan superpuestos; la zona 2 (Fig. 34 b) es la de mayor área y allí se reconoce mayor densidad de surcos también superpuestos; por último, se encuentra la zona 3 donde los surcos se disponen de forma más aleatoria (Fig. 34 c).

Otro morfotipo también se encuentra presente en el extremo distal de la diáfisis de este hueso, y se puede observar en la vista medial (Fig. 35). Se lo denominó Morfotipo H (Fig. 35 b) y está dispuesto de forma subperpendicular al eje de mayor del resto fósil. Consta de surcos superficiales dispuestos en zig-zag, que presentan un largo de 5 mm (Fig. 35 c).

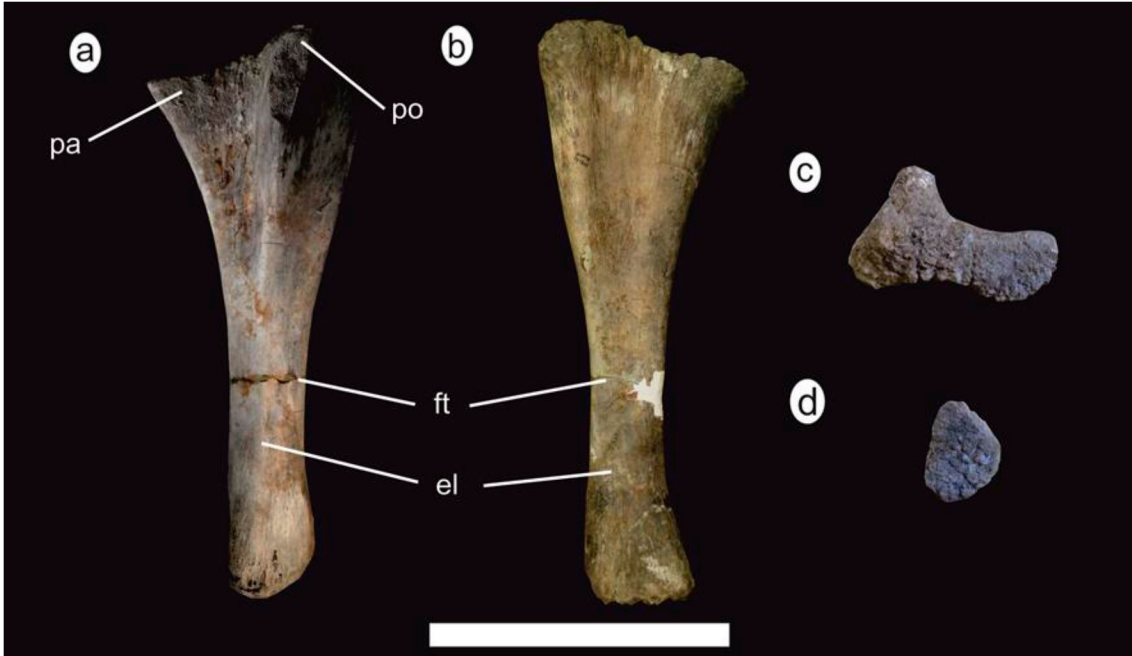


Figura 32. Resto fósil 84 (UNPSJB PV 1045) ulna izquierda de saurópodo titanosaurio. a) Vista anterior. b) Vista posterior. c) Vista dorsal. d) Vista ventral. Escala: 40 cm. Abreviaturas: el: estriamiento longitudinal; ft: fractura transversal; pa: proceso anterolateral; po: proceso del oleocranon.

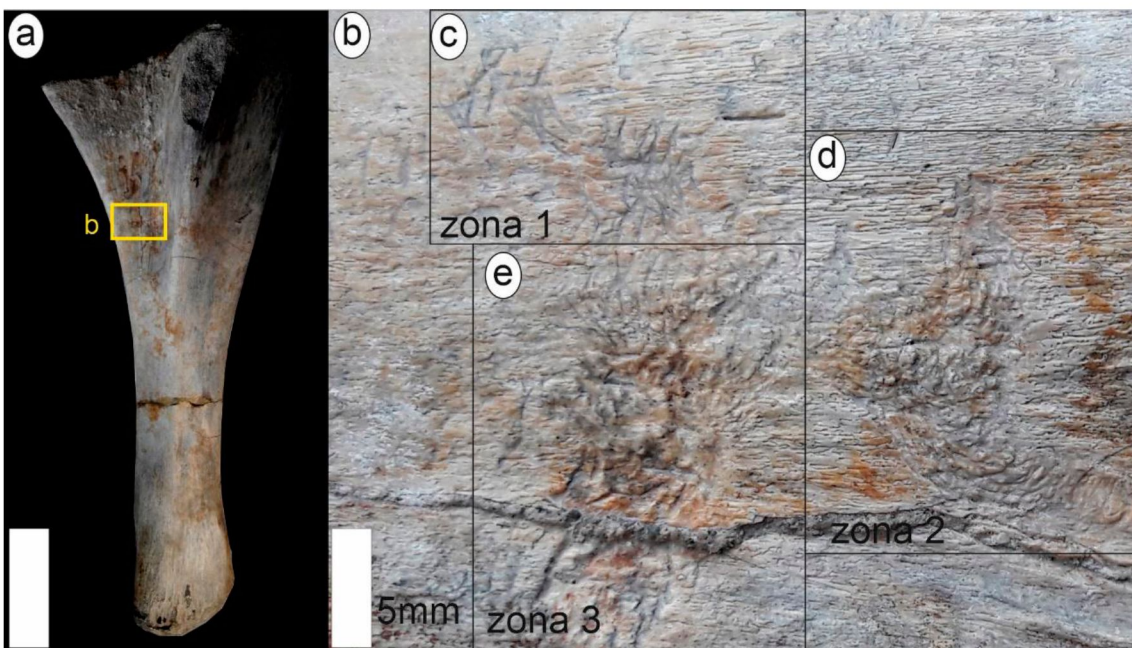


Figura 33. a) Ulna izquierda de saurópodo titanosaurio (UNPSJB PV 1045) en vista anterior, en recuadro amarillo se indica la zona que contiene el morfotipo G. b) Vista en detalle del morfotipo G, dividido en tres zonas según se indica en la figura. Escala en a): 15 cm.

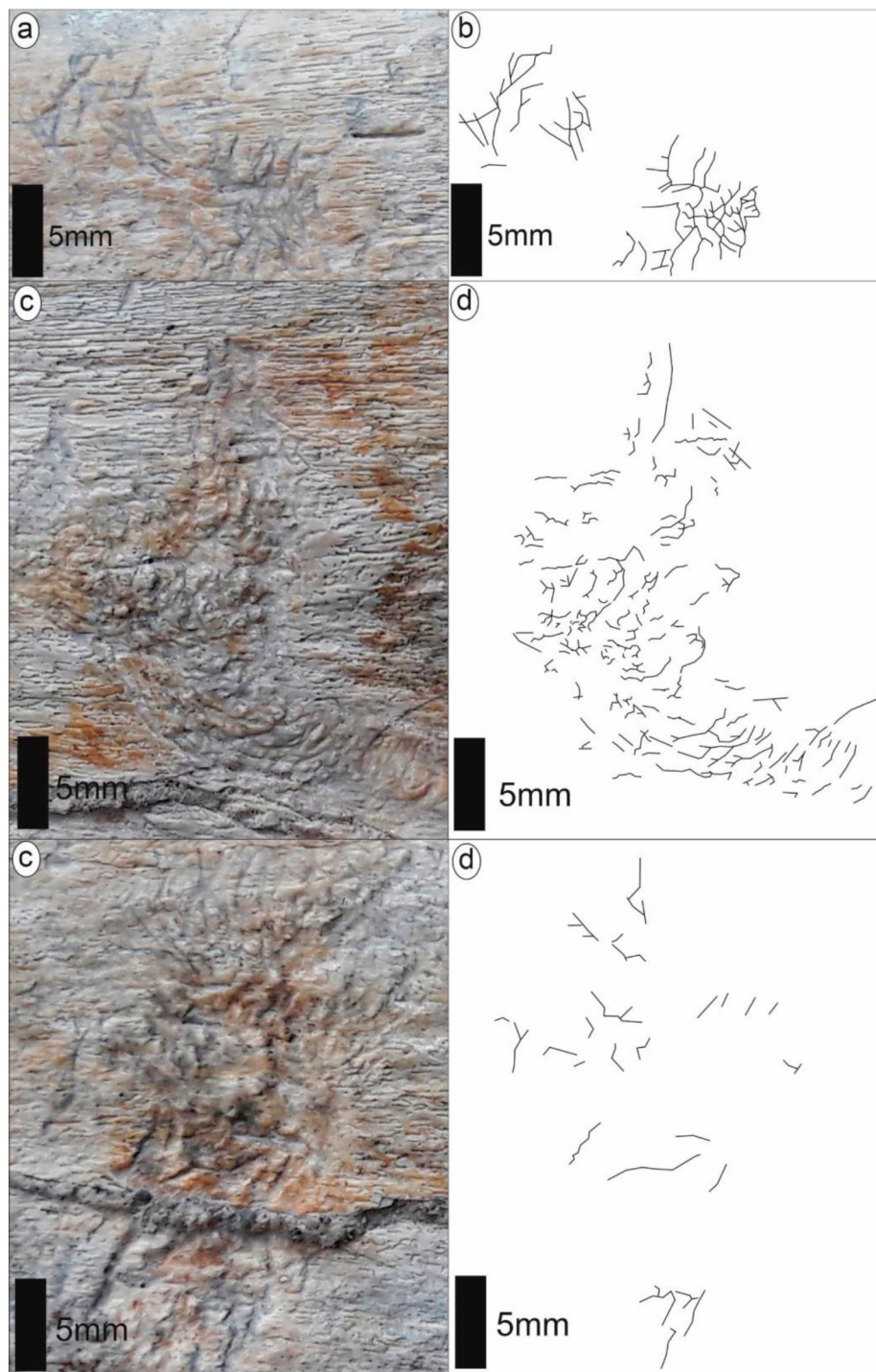


Figura 34. a) Vista cercana del morfotipo G, zona 1. b) Esquema del morfotipo G, zona 1. c) Vista cercana del morfotipo G, zona 2. d) Esquema del morfotipo G, zona 2. e) Vista cercana del morfotipo G, zona 3. f) Esquema del Morfotipo G, zona 3.



Figura 35. a) UNPSJB PV 1045 en el recuadro amarillo indica la ubicación del Morfotipo. b) Detalle del Morfotipo H. c) Esquema del Morfotipo H. Escala en a: 10 cm.

### Resto fósil 85 UNPSJB-PV 1052

Descripción morfológica: el diente carece de ápice por lo que las mediciones se realizaron proyectando el contorno del mismo. La altura de la corona preservada de 2,1 cm y se estima una altura apical total de 2,8 cm. El ancho basal mediodistal es de 1,5 cm y el ancho labiolingual de 0,6 cm. La altura de la corona se estima en 2,1 cm. El diente esta comprimido lateromedialmente. Presenta dentículos solo en la carena mesial, en la cual observaron 16

dentículos cada 5 mm (ver Cuadro 5). Su morfología sugiere que correspondería a un Megaraptora (Fig. 36).

Descripción tafonómica: el diente se encuentra incompleto, se encontró aislado y reorientado. La superficie del diente presenta exfoliación en escamas y pequeñas estrías longitudinales.



Figura 36. Resto 85 UNPSJB PV 1052 diente de Terópodo en diferentes vistas. a) Vista lingual; b) vista distal, c) vista apical, d) vista basal. Escala: 2cm.

#### **Resto fósil 86 UNPSJB-PV 1068**

Descripción morfológica: el diente está representado por la corona. Presenta una altura apical de 2 cm, un ancho basal anteroposterior de 1,15 cm, un ancho labiolingual de 0,65 cm y una altura de corona de 1,7 cm. Los bordes son curvos y en la carena distal se encuentran 13 dentículos cada 5 mm (ver Cuadro 5). Su morfología sugiere que correspondería a un Megaraptora (Fig. 37).

Descripción tafonómica: el diente está incompleto, aislado y reorientado. La superficie presenta exfoliación fuerte en escamas que eliminó gran parte del esmalte, y también se observa estriamiento longitudinal superficial vinculado a meteorización por exposición subaérea.

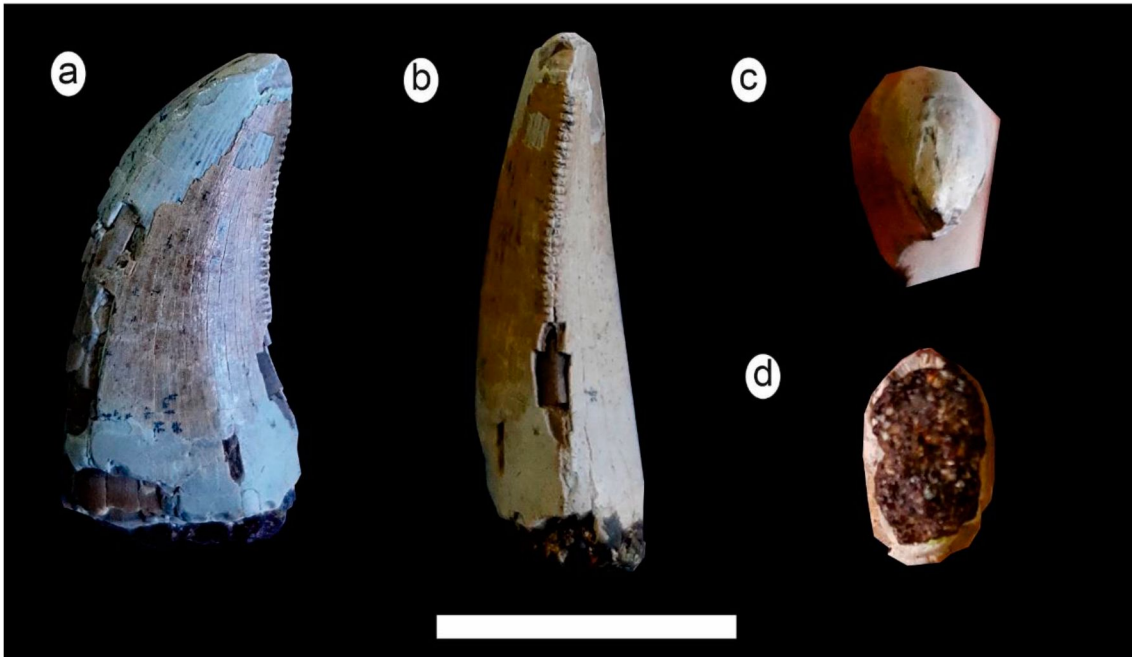


Figura 37. Resto 86 (UNPSJB PV 1068) diente de Terópodo posiblemente de Megaraptora en diferentes vistas. a) vista labial, b) vista posterior, c) vista apical, d) vista basal. Escala: 2 cm.

#### **Resto fósil 87 UNPSJB-PV 1069**

Descripción morfológica: se trata de un diente incompleto representado por un fragmento de corona comprimida lateralmente y sección basal acuminada. La porción preservada presenta una altura apical de 1,5 cm, un ancho basal mesiodistal de 0,9 cm, un ancho labiolingual de 0,4 cm y una altura de corona de 1,4 cm. Posee 13 dentículos cada 5 mm en ambas carenas y surcos sanguíneos entre los dentículos (ver la Cuadro 5). Su morfología sugiere que correspondería a un abelisáurido (Fig. 38).

Descripción tafonómica: el diente está incompleto, se encontró aislado y reorientado. La superficie del diente presenta exfoliación fuerte en escamas y estriamiento longitudinal superficial que evidencian un tiempo de exposición subaérea previa al enterramiento.



Figura 38. a-f) Resto 87 (UNPSJB-PV 1069) diente de Terópodo posiblemente Abelisauria en diferentes vistas. a) vista lingual, b) vista posterior, c) vista apical, vista basal. Escala: 1 cm.

#### **Resto fósil 88 UNPSJB- PV 1070**

Descripción morfológica: el diente carece de ápice por lo que las mediciones se realizaron proyectando el contorno del mismo. Presenta una altura apical de 1,1 cm, un ancho basal mesiodistal de 0,75 cm, un ancho labiolingual de 0,45cm y una altura de corona de 1cm Posee 13 dentículos cada 5 mm en ambas carenas y surcos sanguíneos entre los dentículos (ver Cuadro 5). Su morfología sugiere que correspondería a un Abelisauria (Fig. 39).

Descripción tafonómica: el diente se encuentra incompleto, aislado y reorientado. La superficie del diente presenta exfoliación leve en escamas y estriamiento longitudinal superficial que indican meteorización previa al enterramiento.



Figura 39. Resto 88 (UNPSJB PV 1070) diente de Theropoda posiblemente de Abelisauria en diferentes vistas. a) vista labial, b) vista posterior, c) vista apical, d) vista basal. Escala: 1 cm.

#### **Resto fósil 89 UNPSJB-PV 1048**

Descripción morfológica: se trata de un diente representado por la corona y parte de la raíz. Presenta una altura apical de 2,25 cm, un ancho basal mesiodistal de 1,25 cm, un ancho labiolingual de 0,95 cm y una altura de corona de 2,2 cm. Presenta una morfología cónica, base circular, y ausencia de dentículos. (ver Cuadro 5; Fig. 40). Su morfología sugiere que correspondería a un cocodriliforme, posiblemente a un Peirosáurido.

Descripción tafonómica: el diente se encuentra incompleto, se encontró aislado y reorientado. En la corona, el ápice es redondeado y muestra un desgaste probablemente natural y por el uso en la alimentación. La superficie del diente presenta exfoliación en escamas y se observa una fractura transversal principal y otras más pequeñas.



Figura 40. Resto 89 (UNPSJB-PV 1048) diente de cocodriliforme, posiblemente un Peirosáurido en diferentes vistas. a) vista anterior, b) vista lateral, c) vista apical, d) vista basal. Escala: 2cm.

Código	AL	FABL	CBW	CH
UNPSJB-PV 1052	2.8 cm	1.5 cm	0.6 cm	2.1 cm
UNPSJB-PV 1068	2 cm	1.15 cm	0.65 cm	1.7 cm
UNPSJB-PV 1048	2.25 cm	1.25 cm	0.95 cm	2.2 cm
UNPSJB-PV 1069	1.5 cm	0.9 cm	0.4 cm	1.4 cm
UNPSJB-PV 1070	1.1 cm	0.75 cm	0.45 cm	1 cm

Cuadro 5. Medidas realizadas en los dientes. AL: altura apical, FABL: ancho basal mesiodistal, CBW: ancho labiolingual, CH: altura de la corona.

### Resto fósil 90 UNPSJB-PV 1047

Descripción morfológica: placa dentaria izquierda completa con cuatro dentículos de pez dipnoo (Ibiricu *et al.*, 2020), donde el de mayor tamaño corresponde al dentículo 1. El resto fue nombrado en Casal *et al.* (2016) y luego fue parcialmente descrito por Ibiricu *et al.* (2020). Estos últimos autores, compararon esta placa con otra placa dentaria de dipnoo (MACN-PV RN 1080) descubierta en la Formación Allen (Martinelli y Forasiepi, 2004). UNPSJB-PV 1047 presenta las siguientes características: largo anteroposterior total de 3 cm, altura dorsoventral máxima de 2,13 cm, los dentículos están separados por hendiduras relativamente anchas y someras, y el lado oclusal presenta una ornamentación de agujeros. Además, todos los dentículos, excepto el dentículo

2, están redondeados en el ápice, el margen mesiobucal es dorsoventralmente recto, formando un ángulo de 90° (incluyendo el ángulo mesial y el margen interdental). Los autores concluyen que UNPSJB-PV 1047 podría vincularse con ceratodontiformes (Fig. 41).



Figura 41. Resto fósil 90 UNPSJB-PV 1047 placa dentaria izquierda de pez dipnoo. a) vista oclusal b) vista ventral. Escala: 3cm.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

También se realizó un análisis de frecuencia absoluta y un análisis porcentual utilizando variables taxonómicas y tafonómicas: grupos taxonómicos vs. cantidad de restos fósiles, tipo de elementos esqueléticos vs. cantidad, grupos taxonómicos vs. elementos esqueléticos, grado de articulación vs cantidad de restos, yacencia de restos vs. cantidad de restos, integridad vs. cantidad de restos, integridad vs cantidad de restos, presencia de bioerosión vs. cantidad de restos, estadios de meteorización vs. cantidad de restos y grados de abrasión vs. cantidad de restos.

a) Grupos. De un total de 91 restos fósiles, 39 restos se clasificaron como taxonómicamente indeterminados (42,86% del total), 26 corresponden al grupo Sauropoda (Titanosauria) (28,57%), 14 al grupo Ornithopoda (15,38%), 3 al grupo Theropoda indet. (3,27%), 4 a Theropoda Megaraptora (4,40%), 2 a

Theropoda Abelisauria (2,20%), 1 a Cocodrylia (1,10%), 1 a Dipnoi (1,10%) y 1 a Testudine (1,10%), (Fig. 42 a y b).

b) Elementos esqueléticos. De un total de 91 restos fósiles, 31 de ellos no pudieron determinarse a que parte del esqueleto corresponden, principalmente por su estado fragmentario o su alto grado de alteración tafonómica y se clasificaron como indeterminados, representando el 34,06% del total. 19 huesos se interpretaron como restos de vértebras (20,87%), 11 como fragmentos de costillas (12,08%) y 6 fragmentos de huesos apendiculares (6,59%). Asimismo, 5 corresponden a dientes (5,50%), 4 a fragmentos de radio (4,40%), 3 a fragmentos de húmero (3,30%), y 3 a fragmentos de fémur (3,30%). La interpretación continúa con 3 a fragmentos de ulna (3,30%), 1 a fragmentos de tibia (1,10%), 1 a fragmentos de hueso pélvico (1,10%), 1 a fragmentos de metatarso (1,10%), 1 a fragmentos de falange manual (1,10%), 1 a placa de tortuga (1,10%) y 1 a placa dentaria (1,10%) (Fig. 42 c y d).

c) Elementos esqueléticos por grupo (Fig. 43). De un total de 91 restos fósiles, 39 elementos no pudieron ser asignados a ningún grupo taxonómico, 30 de ellos tampoco pudieron identificarse a que hueso correspondían debido a su estado fragmentario. Sin embargo, 5 elementos se identificaron como restos de vertebras, 3 como restos de costillas y 1 como resto de hueso pélvico. Dentro del grupo Sauropoda (n=26) se encontraron 7 restos de costillas, 6 restos de vértebras, 4 restos de huesos apendiculares, 3 restos de ulna, 2 restos de fémur, 1 resto de tibia, 1 resto indeterminado, 1 resto de húmero y 1 resto de radio. Del grupo Ornithopoda (n=14) se encontraron 8 restos de vértebra, 2 restos de húmero, 3 restos de radio y 1 resto de fémur. Además, dentro del grupo Theropoda, se encontraron un total de 9 restos. De esos se reconocieron 2 restos de huesos apendiculares. Asimismo, dentro de este grupo se pudieron diferenciar 2 subgrupos Megaraptora (n=5) y Abelisauroidea (n=2). En el primero se encontró 1 resto de metatarso, 1 resto de costilla, 1 resto de falange manual y 2 dientes. En el segundo subgrupo se encontraron 2 restos de dientes. Por último, se encontraron: 1 resto de diente del grupo Cocodriliforme, 1 resto de placa de Testudine y un resto de placa dentaria de Dipnoi.

d) Grado de articulación. De un total de 91 restos fósiles, 67 de ellos se encontraron aislados (73,62% del total) y 24 asociados (26,38%) (Fig. 44 a y b).

e) Yacencia. De un total de 91 restos fósiles, 35 (38,47% del total) se encontraron *in situ* y 56 (61,53%) removilizados o rodados (no están en la roca portadora) (Fig. 44 c y d).

f) Integridad. De un total de 91 restos fósiles, 7 se encontraron parcialmente preservados (7,7% del total) y 84 se encontraron incompletos (92,3%) (Fig. 45 a y b).

g) Bioerosión. De un total de 91 restos fósiles, 6 restos presentan rasgos de bioerosión (6,6% del total) y 85 no presentan (93,4%) (Fig. 45 c y d).

h) Meteorización. De un total de 91 restos fósiles, 36 presentan un estadio de meteorización 1 (39,57% del total), 37 presentan un estadio 2 (40,65%) y 18 no pudieron ser determinados por su estado fragmentario, elevada alteración tafonómica o en algunos casos por efectos recientes de meteorización y fuerte retrabajo por la acción del lago Colhué Huapi (19,78%, Fig. 46 a y b).

i) Abrasión. De un total de 91 restos fósiles, 24 presentan un grado de abrasión leve (26,39% del total), 10 un grado medio (10,98%), 11 un grado severo (12,08%) y en 46 restos este atributo no se pudo determinarse por su estado fragmentario o elevada alteración tafonómica (50,55%, Fig. 46 c y d).

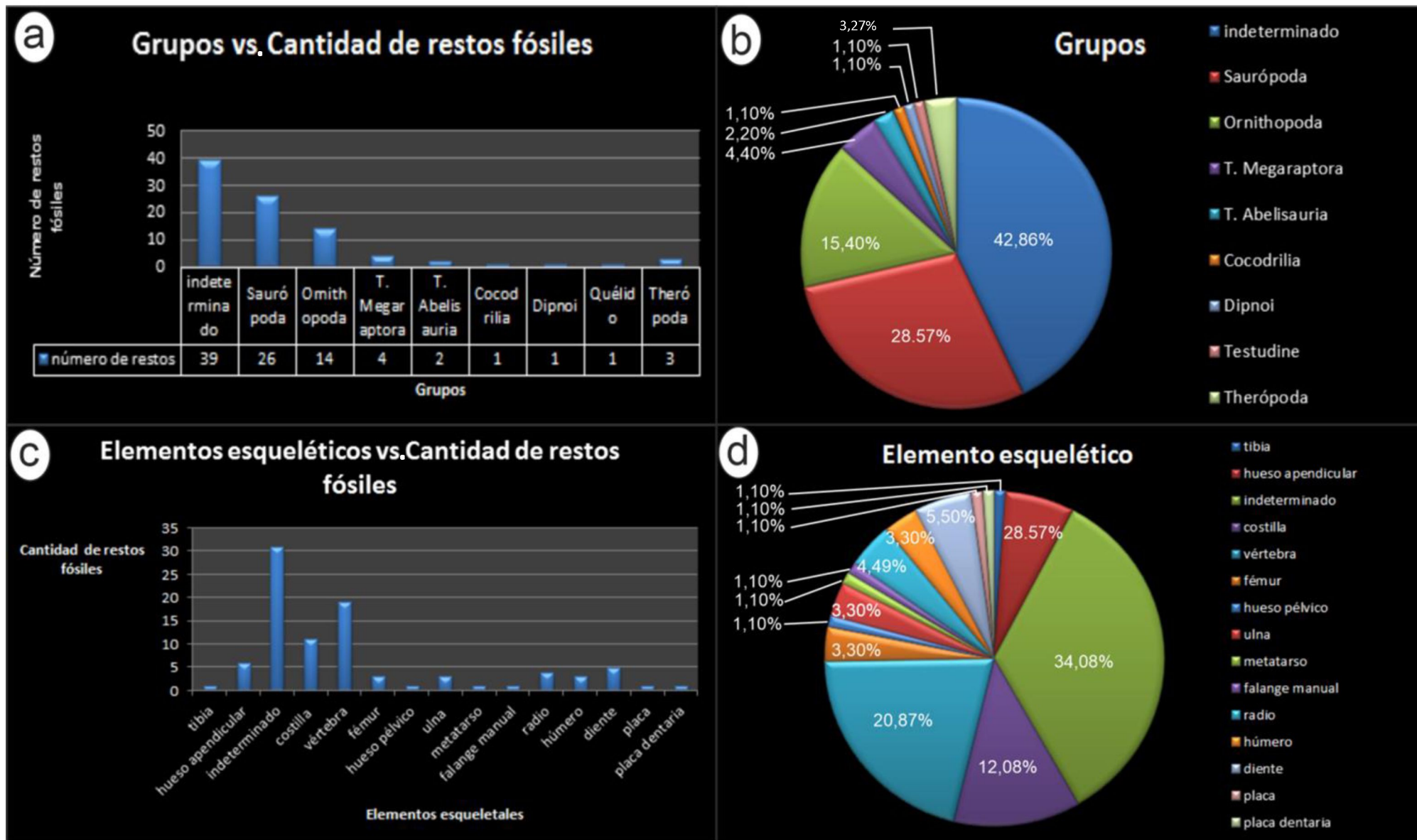


Figura 42. Análisis estadístico. a) Gráfico de frecuencia de grupos taxonómicos. b) Gráfico porcentual de taxones. c) Gráfico de elementos esqueléticos. d) Gráfico porcentual de elementos esqueléticos.

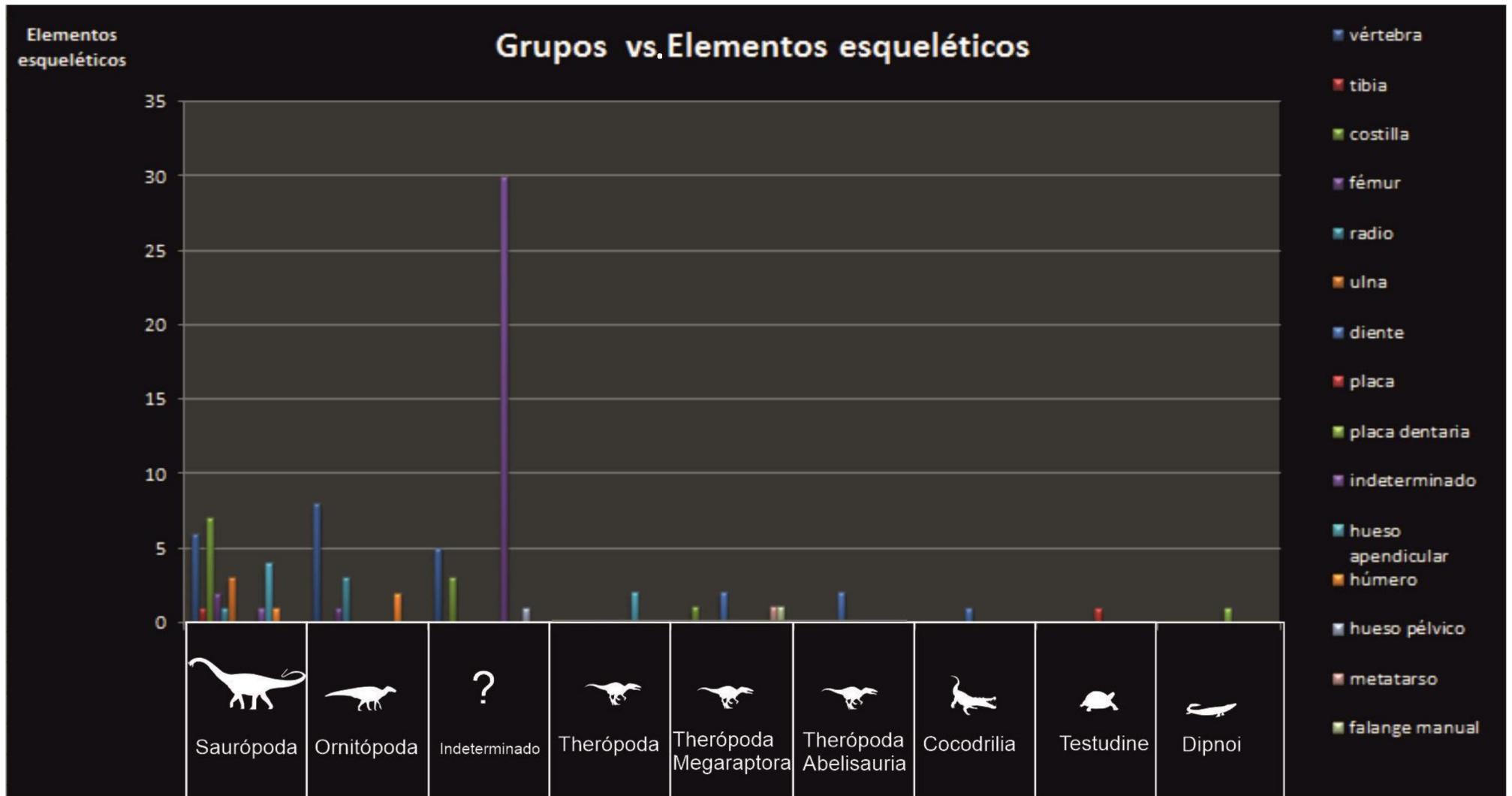


Figura 43. Análisis estadístico. Gráfico de grupos vs frecuencia de elementos esqueléticos.

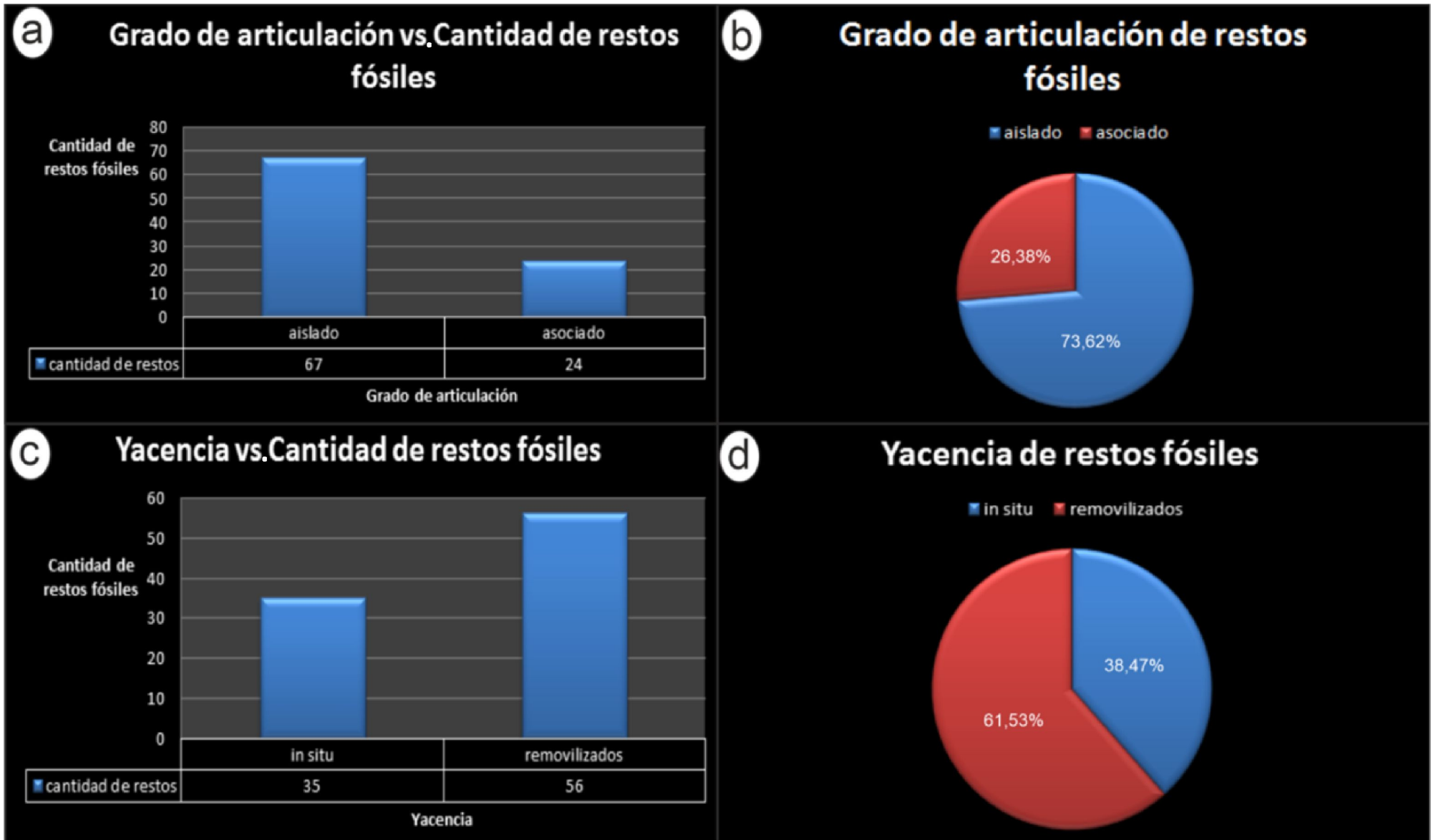


Figura 44. Análisis estadístico. a) Gráfico de frecuencia de grados de articulación. b) Gráfico porcentual de grados de articulación. c) Gráfico de frecuencia de yacencia. d) Gráfico porcentual de yacencia

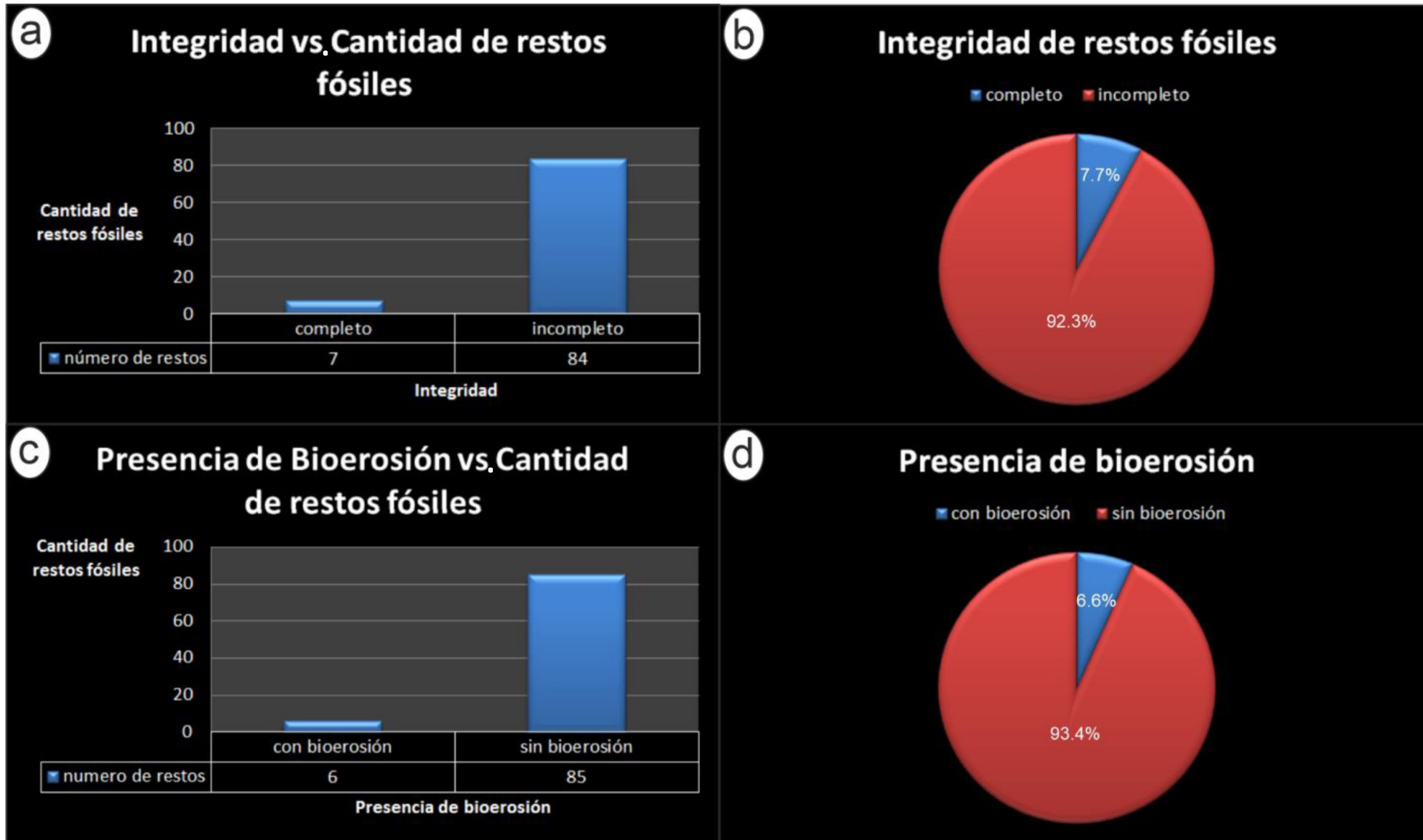


Figura 45. Análisis estadístico. a) Gráfico de frecuencia de integridad. b) Gráfico porcentual de estadios de integridad. c) Gráfico de frecuencia de bioerosión. d) Gráfico porcentual de bioerosión.

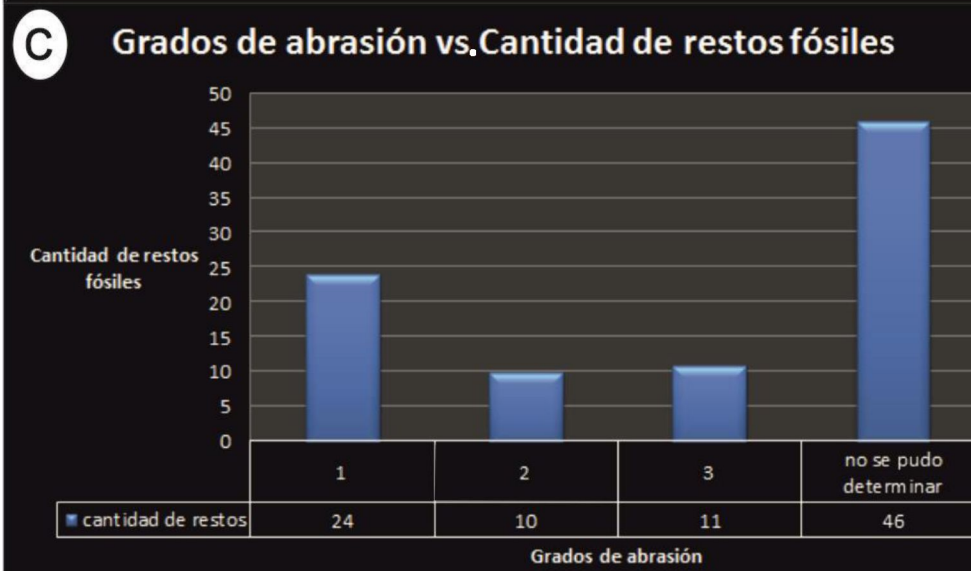
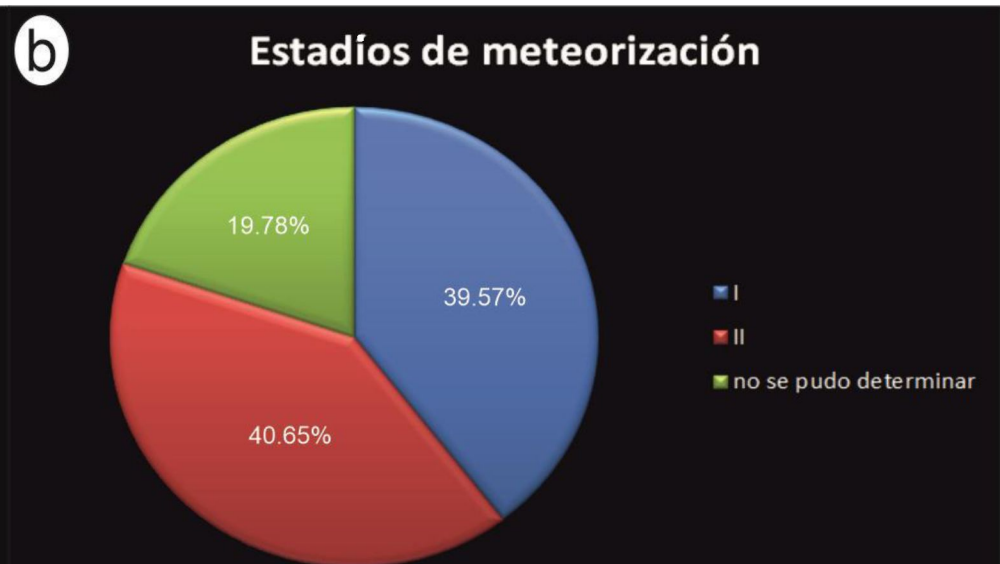
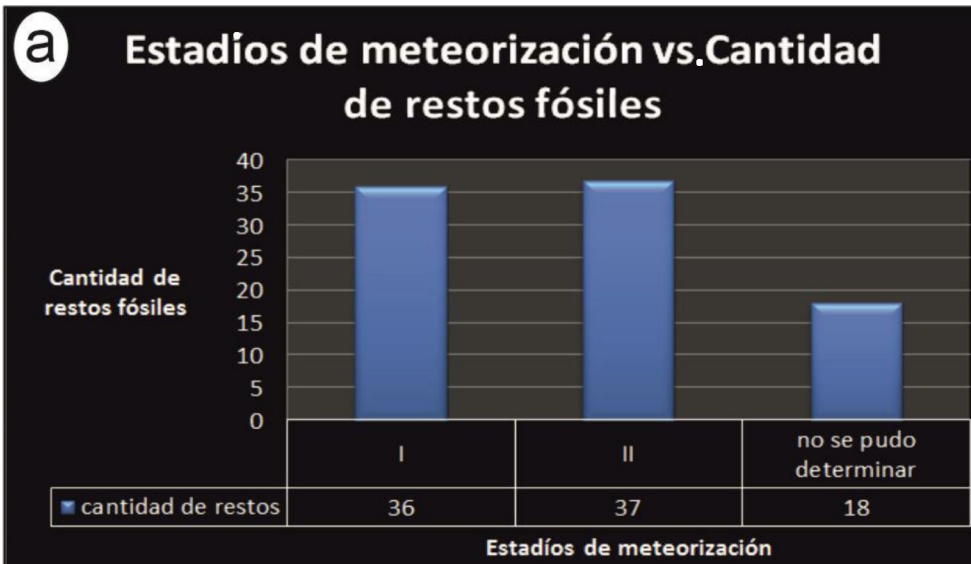


Figura 46. Análisis estadístico. a) Gráfico de frecuencia de estadios de meteorización. b) Gráfico porcentual de estadios de meteorización. c) Gráfico de frecuencia de grados de abrasión. d) Gráfico porcentual de grados de abrasión.

Se realizó un análisis de frecuencia absoluta de los datos y variables tafonómicas de huesos que pertenecen a una misma litofacies (ver Cuadro 4 columna 1, casilleros con colores amarillo y naranja).

### **Huesos dentro de Litofacies 1(interpretada como Planicie de inundación proximal)**

a) *Grupos*. De un total de 10 restos fósiles, se encontraron 4 taxonómicamente indeterminados, 3 Megaraptoridae, 3 Sauropoda (Fig. 47 a).

b) *Elementos esqueléticos*. De un total de 25 restos fósiles, se encontraron 3 restos indeterminados, 1 vertebra dorsal, 1 fémur izquierdo, 2 costillas, 1 metatarso izquierdo, 1 ulna izquierda, 1 falange manual izquierda (Fig. 47 b).

c) *Integridad*. De un total de 10 restos fósiles, se encontraron 9 incompletos, 1 parcialmente preservado (garra de Megaraptor) (Fig. 47 c).

d) *Yacencia*. La totalidad de los restos fueron encontrados *in situ* (Fig. 47 d).

e) *Grado de articulación*. De un total de 10 restos fósiles, se encontraron 7 restos aislados y 3 restos asociados (Fig. 47 e).

f) *Estadios de meteorización*. De un total de 10 restos fósiles, se encontraron 6 de estadio 1 y 4 de estadio 2(Fig. 47 f).

g) *Bioerosión*. De un total de 10 restos fósiles, se encontraron 1 con bioerosión, 9 sin (Fig. 47 g).

h) *Grado de abrasión*. De un total de 10 restos fósiles, se encontraron 5 restos con grado de abrasión 1, 1 resto con grado de abrasión 2 y en 4 no se pudo determinar (Fig. 47 h).

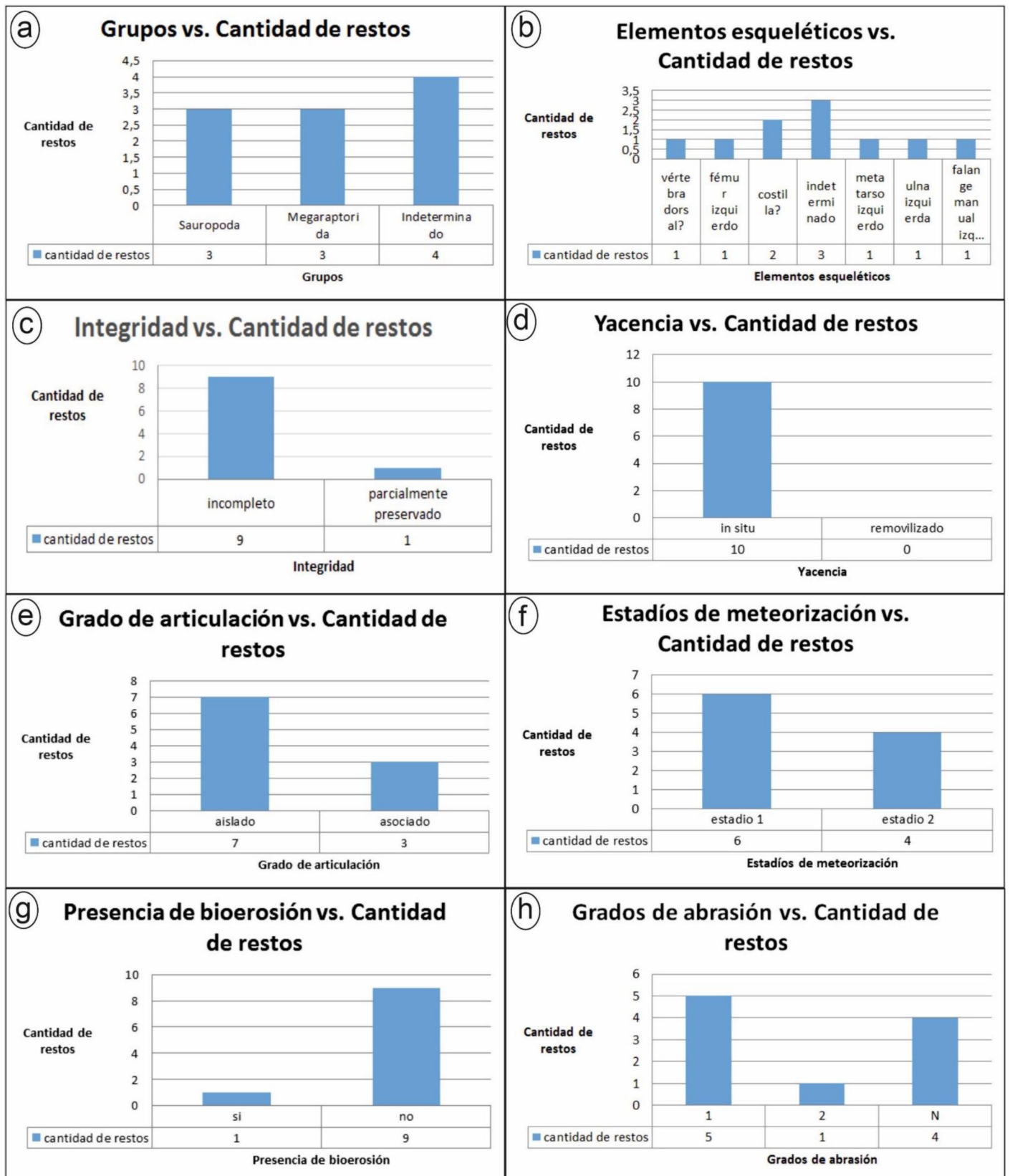


Figura 47. a-h) Datos y variables tafonómicas de restos fósiles contenidos en litofacies 1.

## Huesos dentro de Litofacies 2. Interpretado como Canal arenoso

- a) Grupos. De un total de 25 restos fósiles, se encontraron 15 Sauropoda, 1 Theropoda, 9 indeterminados (Fig. 48 a).
- b) Elementos esqueléticos. De un total de 25 restos fósiles, se encontraron 9 restos indeterminados, 5 costillas, 4 vertebras, 3 huesos apendiculares, 1 fémur, 1 humero, 1 ulna, 1 radio (Fig. 48 b).
- c) Integridad. La totalidad de los restos se encontraron incompletos (Fig. 48 c).
- d) Yacencia. La totalidad de los restos fueron encontrados *in situ* (Fig. 48 d).
- e) Grado de articulación. De un total de 25 restos fósiles, se encontraron 21 restos asociados y 4 aislados (Fig. 48 e).
- f) Estadios de meteorización. De un total de 25 restos fósiles, se encontraron 14 restos de estadio 1, 6 de estadio 2 y en 5 no se pudo determinar (Fig. 48 f).
- g) Bioerosión. De un total de 25 restos fósiles, 1 con bioerosión, 24 no (Fig. 48 g).
- h) Grado de abrasión. De un total de 25 restos fósiles, en 18 no se pudo determinar y 7 presentan un grado de abrasión 1 (Fig. 48 h).

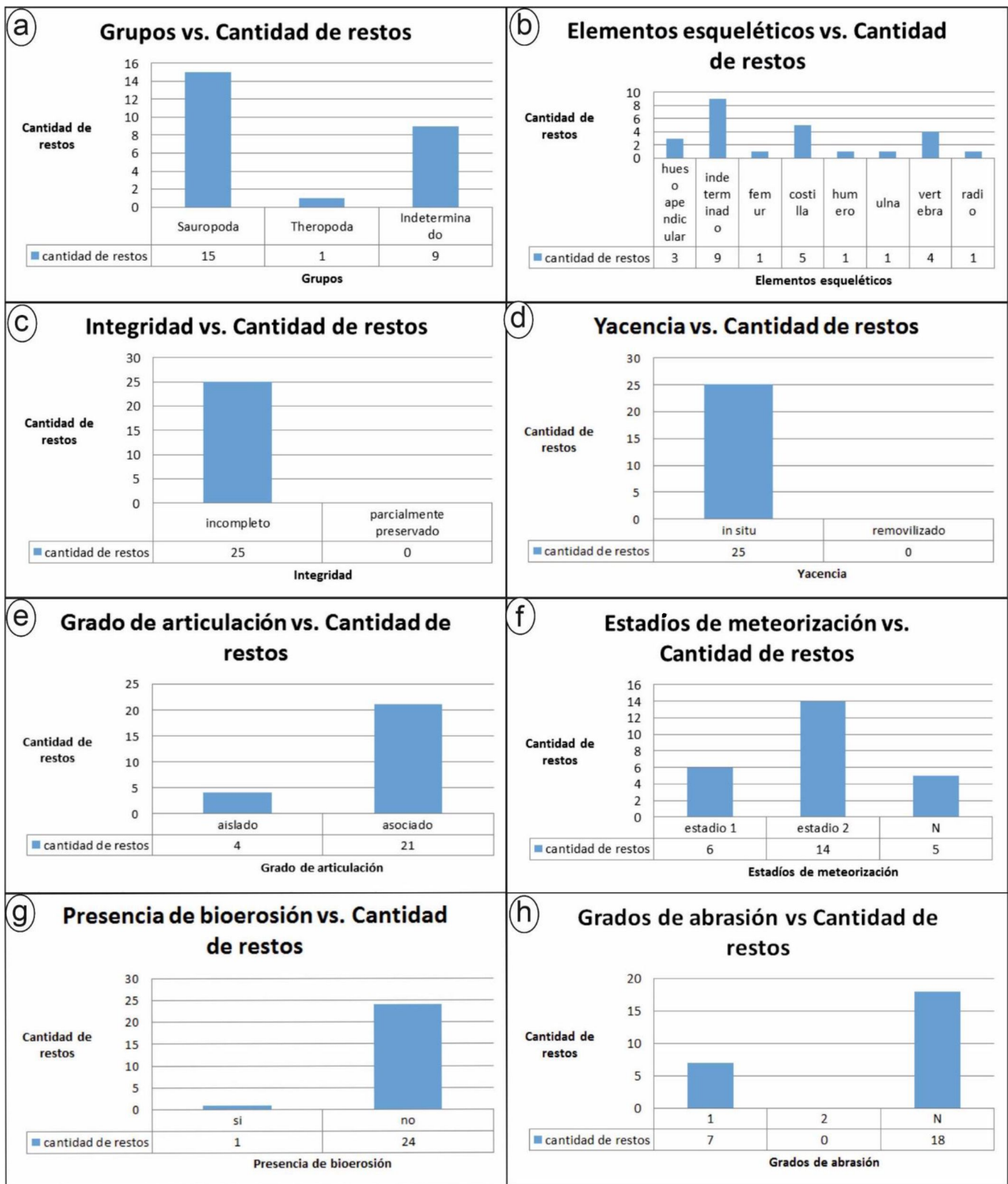


Figura 48. a-h) Datos y variables tafonómicas de restos fósiles contenidos en litofacies 2.

## **Análisis de reorientaciones de huesos**

Luego de la orientación original que poseen los huesos de un esqueleto inmediatamente después de la muerte del organismo, estos pueden ser reorientados por la intervención de factores biológicos o físicos que los movilizan y transportan. Cuando la reorientación se produce por un agente físico como un curso fluvial, esta va a responder a las características hidrodinámicas del flujo, pero también a la morfología, densidad y tamaño de los restos (Casal *et al.*, 2014 a, Carpenter, 2020). En esta sección se analizan las reorientaciones que presentan los restos fósiles encontrados *in situ* (Cuadro 6 y 7), teniendo en cuenta como variables la asociación de litofacies en la cual se encontraron y el tipo de hueso.

La ZONA C, donde se ubica la asociación de facies de canal arenoso (Af. 2), fue separada en 6 sectores donde se midieron datos de paleocorrientes (Fig. 49). En el sector 1 no se encontraron restos fósiles (Fig. 49).

Numeración	Identificación anatómica	Grupo	Orientación(°)	Largo máximo (cm)
23	Resto apendicular	Theropoda	93°	36
24	Resto apendicular	Sauropoda	93°	60
31	Indeterminado	Sauropoda	77°	30
34	Indeterminado	Sauropoda	77°	62
46	Fémur	Sauropoda	138°	75
47	Resto apendicular	Sauropoda	138°	15
48	Resto de costilla	Sauropoda	142°	80
49	Resto de vértebra	Sauropoda	1°	15
50	Resto de costilla	Sauropoda	5°	85
51	Indeterminado	Sauropoda	220°	15
52	Resto de húmero	Sauropoda	100°	105
53	Resto de ulna	Sauropoda	185°	63
54	Resto de vértebra	Sauropoda	30°	30
55	Indeterminado	Sauropoda	125°	20
56	Indeterminado	Sauropoda	140°	13
57	Resto de vértebra	Sauropoda	140°	10
58	Resto de radio	Sauropoda	134°	57
59	Indeterminado	Sauropoda	270°	13
60	Indeterminado	Sauropoda	67°	10
61	Indeterminado	Sauropoda	320°	13
62	Indeterminado	Sauropoda	305°	48
63	Resto de costilla	Sauropoda	148°	44
64	Resto de costilla	Sauropoda	104°	12
65	Resto de costilla	Sauropoda	82°	29
66	Resto de vértebra	Sauropoda	97°	23

Cuadro 6. Restos fósiles pertenecientes en la asociación de litofacies (Af. 2).

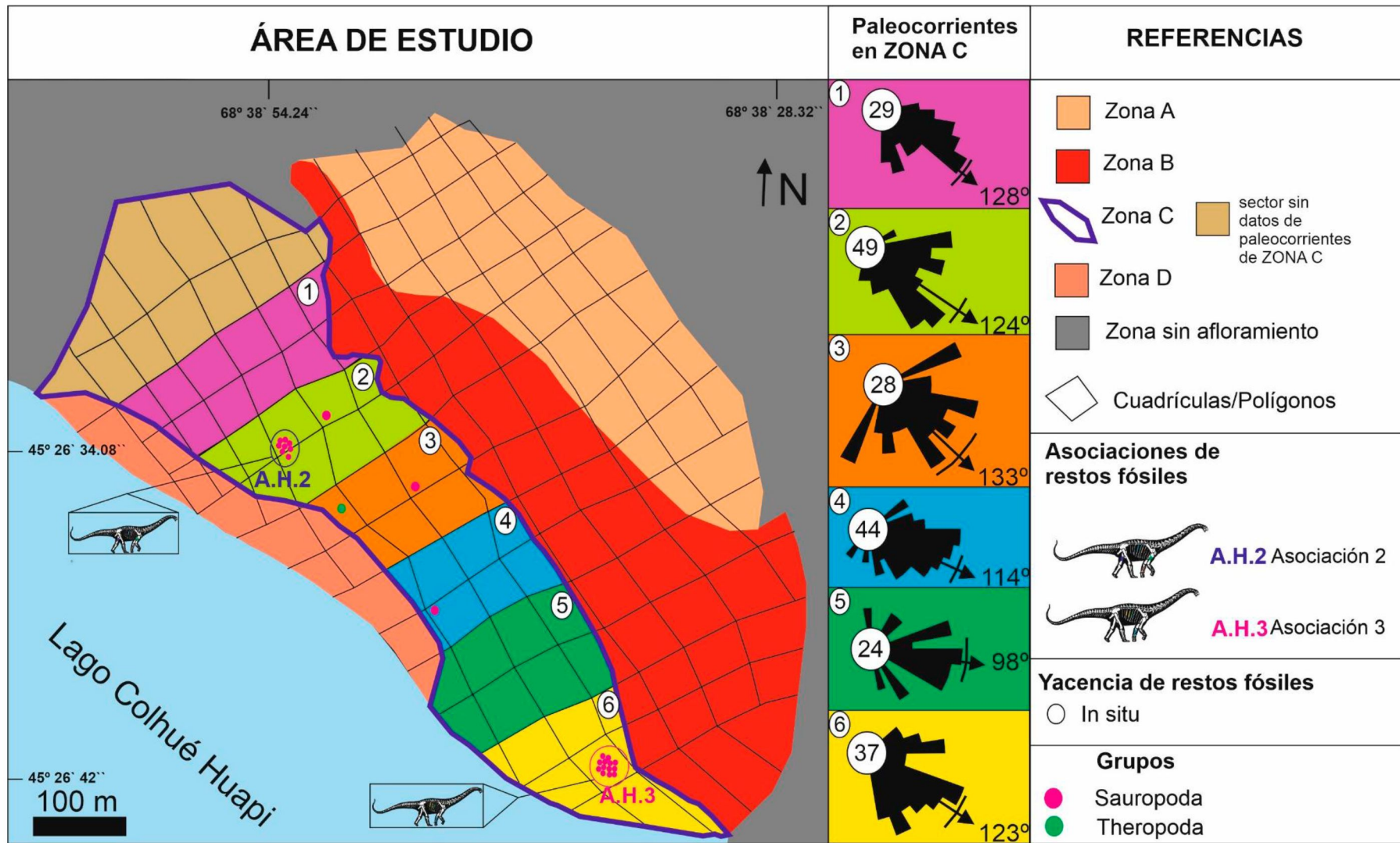


Figura 49. Mapa de paleocorrientes medidas en zona C, donde se encuentran la mayor cantidad de restos fósiles estudiados.

En el sector 2, se encuentran los restos de la asociación de huesos 2 y el resto 34. Los restos de la asociación tienen una orientación promedio hacia 162°-342° (Fig. 50 a) y al plotear solo los huesos largos la orientación promedio cambia 148°-328° (Fig. 50 b). Por su parte el resto 34 presenta una orientación de 77°-257° (Fig. 50 c). Se puede observar que la orientación promedio de los restos de la asociación de huesos 2 es subparalela al promedio de orientaciones del sector 2 (Fig. 50 d); de ellos los restos 49 (resto de vértebra), 50 (resto de costilla) y 51 (resto indeterminado) se encuentran subperpendiculares al promedio de paleocorrientes. Al analizar solo los huesos largos de la asociación (fémur, húmero y costillas) la orientación promedio se hace más cercana al promedio de paleocorrientes del sector. En cambio, al examinar la rosa del hueso 34 se observa que se dispone subperpendicular.

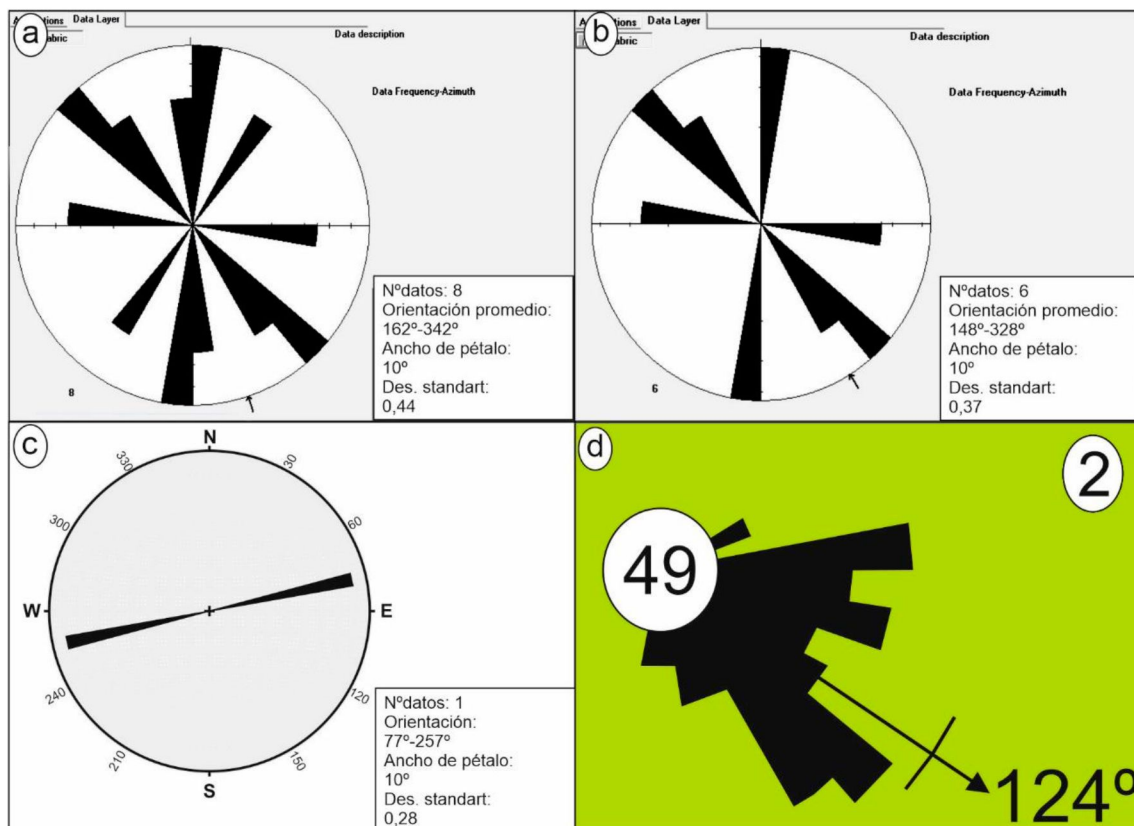


Figura 50.a) Rosa de orientación de restos fósiles de la asociación de huesos 2. b) Rosa de orientación de los huesos largos (fémur, húmero, costillas) de la asociación de huesos 2. c) Rosa de orientación de resto fósil 34(indeterminado). d) Promedio de paleocorrientes en el sector 2.

En el sector 3, solo se encuentra el hueso 23 (resto apendicular), cuya orientación es  $93^{\circ}$ - $273^{\circ}$ . Al observar la rosa (Fig. 51 a) se puede apreciar que su orientación es subperpendicular al promedio de paleocorrientes del sector (Fig. 51 b).

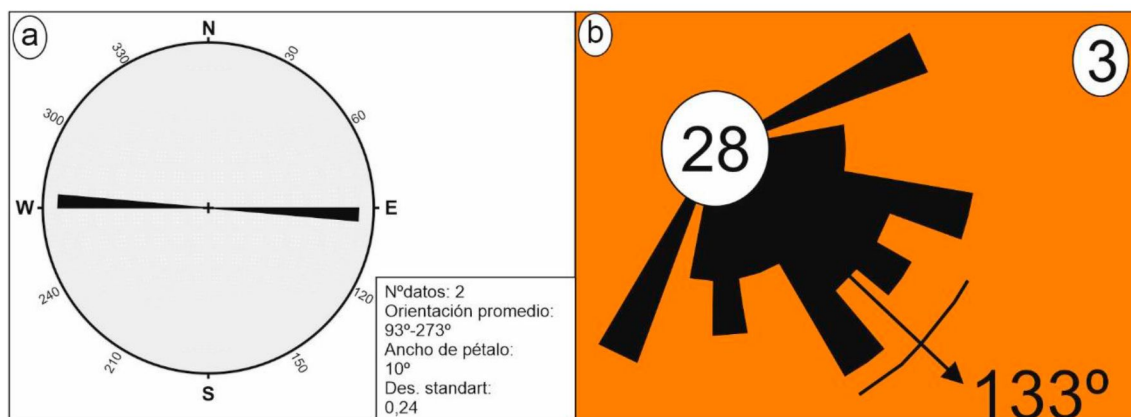


Figura 51. a) Rosa de orientación de restos fósiles 23(resto apendicular) y 24(resto apendicular). b) Promedio de paleocorrientes en el sector 3.

En el sector 4, se encuentra el resto 31(resto indeterminado), al comparar su rosa de orientación (Fig. 52 a) con el promedio de paleocorrientes (Fig. 52 b) se puede observar que se encuentra orientado de manera subperpendicular a la misma.

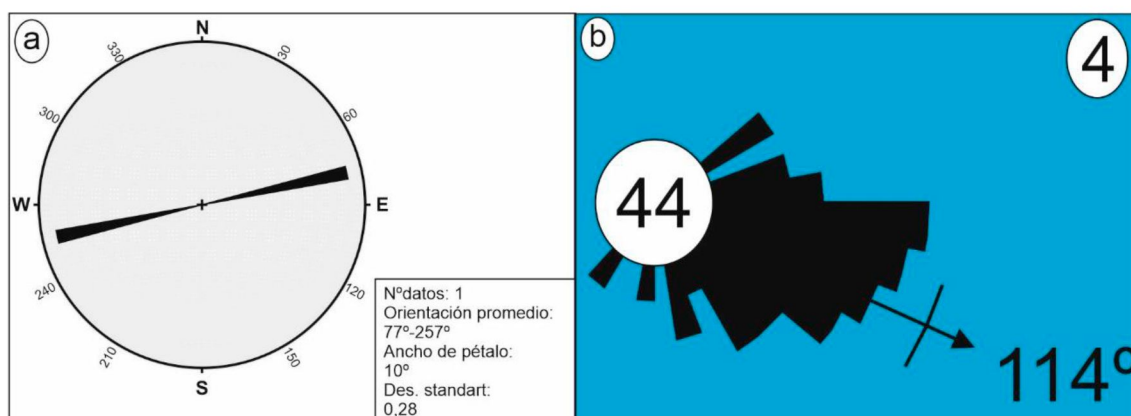


Figura 52. a) Rosa de orientación de resto fósil 31(resto indeterminado). b) Promedio de paleocorrientes en el sector 4.

En el sector 6, se encuentran los restos de la asociación de huesos 3. Los restos de la asociación tienen una orientación promedio hacia  $118^{\circ}$ - $298^{\circ}$  (Fig. 53 a) y al plotear solo los huesos largos la orientación promedio se mantiene cambia  $148^{\circ}$ -  $328^{\circ}$  (Fig. 53 b). Al analizar la rosa de huesos totales se aprecia que los restos 54 (resto de vértebra), 59 (resto indeterminado), 60 (resto indeterminado), 61 (resto indeterminado) y 62 (resto indeterminado) se

encuentran dispuestos de forma subperpendicular al promedio de paleocorrientes (Fig. 53 c). Sin embargo, la orientación promedio de la totalidad de los huesos es subparalela al promedio de paleocorrientes del sector; y sucede lo mismo al analizar solo los huesos largos.

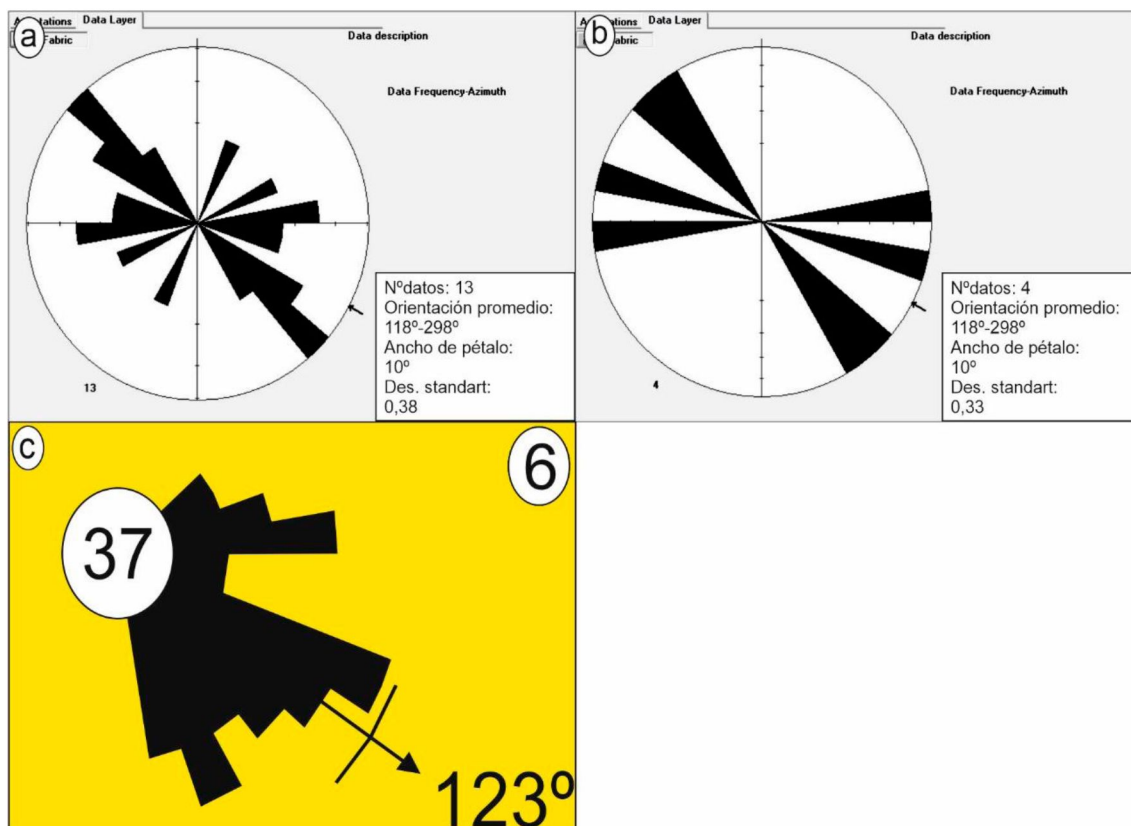


Figura 53. a) Rosa de orientación de restos fósiles de la asociación de huesos 3. b) Rosa de orientación de los huesos largos (costillas, radio) de la asociación de huesos 3. c) Promedio de paleocorrientes en el sector 6.

Por otro lado, los huesos alojados en la asociación de planicie de inundación proximal presentan una reorientación promedio de N 181° (Fig. 54 a), al analizar los huesos largos la orientación promedio cambia a N 351° (Fig. 54 b).

Restos fósiles	Identificación anatómica	Grupo	Orientación(°)	Largo máximo (cm)
9	Vértebra dorsal	Sauropoda	256°	70
19	Fémur izquierdo	Sauropoda	1°	100
22	Resto de costilla	Indeterminado	125°	25
25	Indeterminado	Sauropoda	33°	88
26	Indeterminado	Sauropoda	35°	25
28	Ulna izquierda	Sauropoda	22°	35

29	Indeterminado	Indeterminado	133°	50
43	Metatarso izquierdo	Megaraptora	5°	40
44	Costilla	Megaraptora	330°	60
45	Falange manual izquierda	Megaraptora	15°	24

Cuadro 7. Restos fósiles alojados en la asociación de litofacies de planicie de inundación proximal (Af. 1).

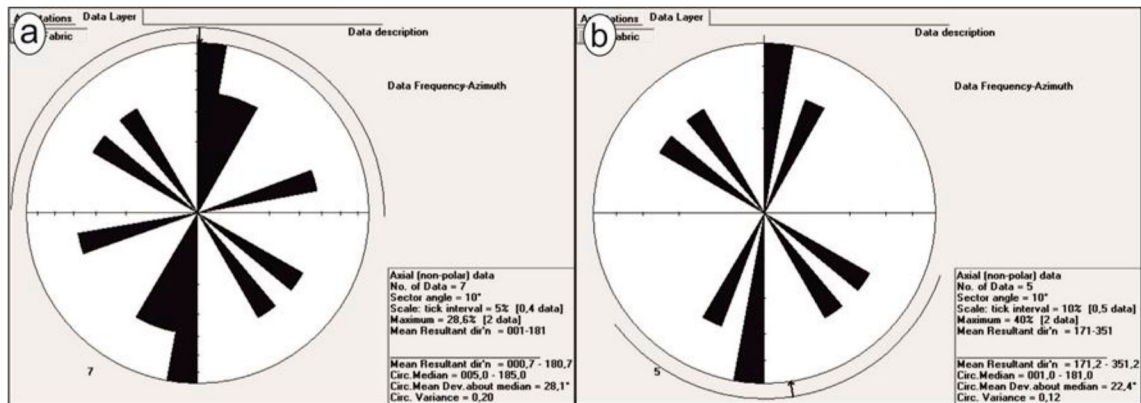


Figura 54. a) y b) Orientación de restos fósiles alojados en la asociación de litofacies de planicie de inundación proximal (Af. 1), en a) todos los restos, b) huesos largos.

## DISCUSIÓN

### SEDIMENTOLOGÍA Y PRESERVACIÓN DE RESTOS FÓSILES

El área de estudio presenta afloramientos en planta y en acantilados, subdividiendo los primeros en cuatro zonas: A, B, C y D (Fig. 4, Fig. 5 y Fig. 6).

En las zonas A y C (Fig. 4, Fig. 5 y Fig. 6) se identificó la Af. 2, interpretada como dos canales fluviales, uno en la zona A y otro en la zona C, y que se exponen como canales exhumados (Foix *et al.*, 2014). Las paleocorrientes de las estructuras entrecruzadas presentes en estos depósitos indican una baja dispersión. El promedio de paleocorrientes (n= 242) indica que el paleodrenaje escurría hacia el sureste (N 121°) en ambos canales. Cabe destacar que el afloramiento de la zona C presenta un mayor tamaño y 25 restos fósiles *in situ* de los cuales 21 se encuentran asociados y 4 aislados (Cuadro 3). En cambio, el canal de la zona A no presenta restos *in situ*, pero si unos pocos restos rodados en la superficie y removilizados por el oleaje del actual lago Colhué Huapi durante sus esporádicas crecidas (Fig. 6). De esta manera, la procedencia de esos restos rodados en el canal de la zona A es dudosa.

En la zona B (Fig. 4, Fig. 5 y Fig. 6) se encuentra la Af. 3, y allí se observan pelitas rojizas (Lf. 3.a) en planta. Por otro lado, en los acantilados hay pelitas grisáceas (Lf. 3.b) y violáceas (Lf. 3.c) también interpretadas como asociación de planicie de inundación distal. En todas estas litofacies no se encontraron restos fósiles.

En la zona D (Fig. 4, Fig. 5 y Fig.6) se encuentra la Af. 1 que fue interpretada como depósitos de planicie de inundación proximal. Está conformada por la litofacies 1 (Lf. 1) y solo se observó en planta, en el lecho seco del lago y no en los acantilados. La litofacies presenta 10 restos fósiles *in situ* dentro de los cuales 3 están asociados (asociación 1 restos de Theropoda Megaraptora) y 7 aislados (5 restos de Sauropoda y 2 indeterminados) (Cuadro 2)

Por último, en el sector de los acantilados del afloramiento se encuentra la Af. 4 (Fig. 11) interpretada como depósitos de un canal gravoarenoso. La misma se apoya sobre una superficie erosiva por encima de la planicie de inundación distal. La asociación de canal se compone de base a techo por las litofacies Lf.4 + Lf.5, pudiendo estar presente Lf.1 presente en algunos sectores. Además, presenta restos fósiles fragmentarios de vertebrados ocasionalmente en Lf.4.

En cuanto a la evolución del sistema fluvial, se sugiere en un futuro realizar un fotomosaico de la totalidad del afloramiento, definir elementos arquitecturales y superficies (Allen, 1983; Miall, 1988, 1996) para predecir un estilo fluvial detallado; tareas que exceden los objetivos de este trabajo.

En base a la presencia de restos fósiles que marcan información paleoecológica, como es la presencia de restos de peces pulmonados (que se desarrollan en ambientes donde el caudal de agua no es constante) y de restos de cocodrilos terrestres (peirosáuridos) se plantea la hipótesis de que el caudal de la asociación de canal arenoso no era constante. Esto también se podría sustentar con información tafonómica como el contenido fósil presente con distinto grado de alteración tafonómica por meteorización (Behrensmeyer 1978), indicando distintos tiempos de exposición subaérea. Así como también

la existencia de restos con distinta capacidad de ser transportados (Voorhies 1969).

En particular, el canal A no presenta restos de huesos fósiles *in situ*, lo que preliminarmente puede explicarse porque se encontraba permanentemente con un caudal de agua circulando. Mientras que en la zona C (Fig. 11), el canal B presenta una abundante concentración de restos de esqueletos fósiles desarticulados (n= 25) (Cuadro 4), la mayoría aislados, pero también se registró la presencia de restos asociados y en relación anatómica, lo que sugiere poca movilización de los huesos. Esto podría corresponderse con prolongados períodos con ausencia de agua en el cauce o bien su abandono total.

Otros depósitos con importante concentración de huesos (n=10) corresponden a la asociación de litofacies interpretada como planicie de inundación proximal (Af. 1) asociada al canal B de la zona C. Allí se registraron numerosos restos *in situ* que incluyen una asociación de huesos pertenecientes a un Theropoda Megaraptora (Cuadro 2).

La diferencia notoria en la concentración de restos en un canal y otro, junto a la hipótesis de la dinámica en el régimen fluvial expresada anteriormente permite plantear la posibilidad de que en períodos de menor caudal o de abandono del canal, la fauna dinosauriana y no dinosauriana ocupaba ese sector del canal seco y zonas aledañas al mismo como la planicie de inundación proximal. De esta manera, se desarrollaba un ecosistema que permitía la interacción entre los distintos taxones y el ambiente, y al morir sus restos fueron afectados por los distintos procesos bioestratinómicos.

La ocupación del canal durante un período de crecida del caudal, movilizó los restos transportándolos, dispersándolos, reorientándolos y enterrándolos en las formas de lecho (Carpenter, 2020), permitiendo su fosilización.

Estas evidencias, junto a los diferentes estadios de meteorización reconocidos en los huesos, descarta la existencia de un único evento catastrófico que haya producido la muerte y acumulación de la gran cantidad de restos hallados en el área de estudio. Por el contrario, y de acuerdo con lo propuesto por Heinrich

(1999), se inclina hacia una explicación más parsimoniosa donde las muertes se producirían por eventos frecuentes como inanición, ataque de predadores (ver discusión sobre marcas de bioerosión), sequía estacional, enfermedad, vejez y debilidad.

En cuanto al potencial de preservación de restos fósiles en cada subambiente fluvial, según el modelo propuesto por Casal *et al.* (2014a, Fig. 55) para la Formación Bajo Barreal, las condiciones más favorables para la preservación de restos óseos se encuentran en la planicie de inundación proximal. En este subambiente los restos presentes serían susceptibles a un sepultamiento rápido y así se reduciría el tiempo de exposición subaérea y las posibilidades de que los restos sean removilizados, afectados por la actividad de carroñeros y dispersados. Dentro del canal los restos están sujetos a un transporte y al impacto de partículas movilizadas por el agua y entre los propios restos, lo que favorece su desarticulación, dispersión y fragmentación (González Riga *et al.*, 2022). Mientras que, en la planicie de inundación distal, la baja tasa de sedimentación aumenta el tiempo de exposición subaérea y consecuentemente la meteorización, fragmentación de restos y la acción destructiva de carroñeros. En este sentido, los resultados obtenidos en los huesos hallados en Playa Kruger, muestran que los restos hallados dentro del canal se encontraron desarticulados o asociados y con diversos grados de abrasión; los restos hallados en la planicie de inundación si bien están desarticulados muestran buena preservación y escaso retrabajo, y no se hallaron restos fósiles en las pelitas de la planicie de inundación distal. Estos resultados sustentan el modelo planteado por Casal *et al.* (2014 a).

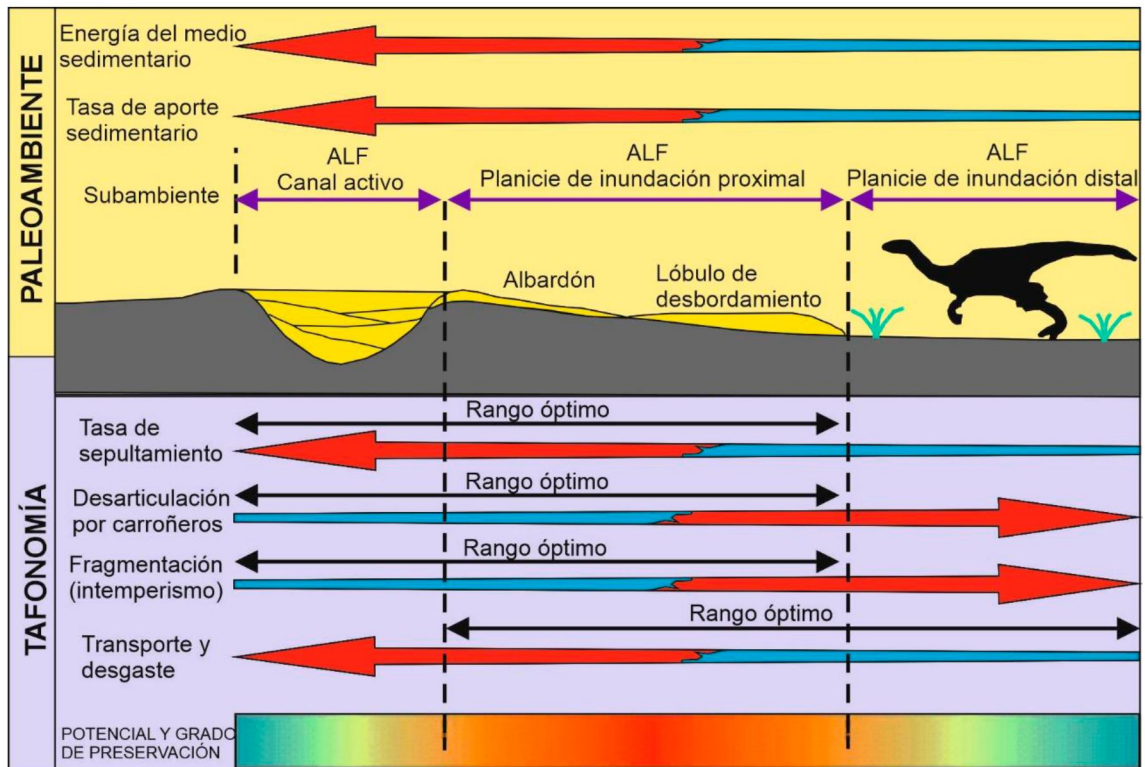


Figura 55. Modelo de preservación de vertebrados fósiles en facies fluviales (modificado de Casal *et al.*, 2014a).

## VERTEBRADOS FÓSILES

En el área de estudio se identificaron representantes de los tres grandes grupos dentro de Dinosauria: Sauropoda, Ornithopoda y Theropoda. En el caso de los saurópodos, basados en comparaciones anatómicas con otros representantes del grupo y la presencia, en algunos casos, de sinapomorfías (rasgos o caracteres anatómicos compartidos que caracterizan a un grupo determinado), los restos son atribuidos a titanosaurios. Los titanosaurios son saurópodos cuyo registro fósil es rico y abundante. Representantes de este grupo se han encontrado en todos los continentes, inclusive en Antártida (Cerde *et al.*, 2012). Asimismo, en la Formación Lago Colhué Huapi, se han recuperado distintos taxones e incluye: *Argyrosaurus superbis* (Lydeker, 1893), *Elaltitan lilloi* (Otero y Mannion, 2012); *Aelosaurus colhuehuapensis* (Casal *et al.*, 2007) y restos asignados a Titanosauria, *Lithostrotia* (MDT-PV 4, UNPSJB-PV 1051, ver Casal *et al.*, 2010, 2016; Ibiricu *et al.*, 2017, 2020). En este sentido, la identificación taxonómica en estos afloramientos cretácicos de la Formación Lago Colhué Huapi de Playa Kruger, incrementa el registro de titanosaurios para la unidad en particular, y para la Patagonia en general.

Basados en los análisis estadísticos donde el 28,57% del total de los restos fósiles corresponden a titanosaurios, queda en manifiesto que este grupo de dinosaurios herbívoros es el de mayor porcentaje y diversidad de restos fósiles taxonómicamente determinados en el área de estudio. En este contexto, y al igual que ocurre en otras formaciones cretácicas de Patagonia, los titanosaurios representan uno de los mayores grupos de dinosaurios herbívoros que habitaron el Cretácico Superior.

Los materiales recuperados de ornitópodos, basados en estudios anatómicos comparativos (comparaciones con otros taxones mejor representados), son asignados al clado Elasmaria. Los elasmáridos son un grupo de ornitópodos de tamaño medio que habitaron la Patagonia y posiblemente Antártida, durante el Cretácico Superior. El registro de este clado en la Formación Lago Colhué Huapi hasta el momento, provienen de niveles estratigráficos posiblemente equivalentes a los estudiados en este trabajo, pero a varios kilómetros de distancia. Este registro incluye restos fragmentarios y un género recientemente identificado como *Sektensaurus sanjuanboscoi* (Ibiricu *et al.*, 2019, 2020). Dada la preservación fragmentaria, y que la gran mayoría de los materiales analizados durante este trabajo se encontraron aislados, no es posible determinar fehacientemente si los mismos pertenecen al género anteriormente mencionado. No obstante, los materiales estudiados que se superponen anatómicamente con los de *Sektensaurus* muestran una gran similitud morfológica, aunque se aprecia una diferencia en cuanto al tamaño de los huesos, particularmente los apendiculares, lo cual sugiere preliminarmente que podría tratarse de un estadio ontogenético diferente dentro del género mencionado. Para confirmar o descartar esta hipótesis se necesitan mayores estudios y evidencias que exceden los objetivos de esta tesina.

En cuando a la biodiversidad, aunque el porcentaje de restos identificados dentro de Ornithopoda (15,40% del total de restos fósiles) es menor a los de Titanosauria (28,57%), resulta interesante la abundancia relativa de restos de posibles elasmáridos en estos niveles campanianos-maastrichtianos de la Formación Lago Colhué Huapi, incrementando así el registro fósil de este grupo en la Patagonia central.

Los terópodos son un grupo de dinosaurios, principalmente carnívoros, en el cual se encuentran distintos subgrupos con diversidad de formas, tamaños y adaptaciones. Ejemplo de esto, lo constituyen los abelisáuridos, caracterizados por poseer distintivas y marcadas ornamentaciones en su cráneo y los megaraptóridos caracterizados por presentar garras muy desarrolladas en su dígito manual I. Dentro de Abelisaurioidea se identificaron dos dientes incompletos (UNPSJB-PV 1069 y UNPSJB-PV 1070) representados principalmente por la corona. Los mismos presentan dentículos en ambas carenas, la sección transversal en la base de la corona tiene forma acuminada o de "ojo" y presentan surcos sanguíneos entre los dentículos. Todos estos caracteres apoyan la inclusión en este grupo de dinosaurios predadores característicos del Hemisferio Sur (Lamanna *et al.*, 2002; Casal *et al.*, 2009; Meso *et al.*, 2021). Aunque la presencia de abelisáuridos solo representa el 2,20 % del total de restos fósiles recuperados en el área de estudio, estos dientes son el primer registro de Abelisauria para la Formación Lago Colhué Huapi. De esta manera, este grupo ampliamente representado en la Formación Bajo Barreal (Cenomaniano temprano-Turoniano tardío) también está presente en la Formación Lago Colhué Huapi, ampliando así la distribución estratigráfica del clado en la cuenca del Golfo San Jorge.

El registro de dinosaurios terópodos se completa con el hallazgo de megaraptóridos, particularmente representados por la asociación de huesos 1, descrita anteriormente. Esta asociación comprende un fragmento de una costilla, posiblemente dorsal, un metatarso izquierdo III, la garra izquierda del dedo I y un diente (UNPSJB-PV 1052). Basado en comparaciones con otros megaraptóridos y la presencia de surcos vasculares bien marcados y asimétricos en la garra, lo que se considera un carácter sinapomórfico para el clado, es posible incluir a estos materiales dentro de Megaraptora, específicamente dentro de la familia Megaraptoridae. Además, de estos restos, en el área de estudio se identificó como perteneciente a este mismo grupo, un diente aislado (UNPSJB-PV 1068). El diente está representado por parte de la raíz y de la corona, no exhibe dentículos en la carena mesial, pero sí en la distal y la sección transversal tiene forma de "D", rasgos presentes en los megaraptores de América del Sur (Meso *et al.*, 2017). En su conjunto, los

restos de megaraptóridos representan el 4,40 % del total de restos fósiles, lo cual es congruente, con el registro de estos terópodos en otros afloramientos de la misma formación. En este contexto, los dinosaurios megaraptores continúan siendo el de mayor registro en la Formación Lago Colhué Huapi, lo cual incrementa la hipótesis que, al menos para el Campaniano-Maastrichtiano, serían los predadores tope en la cadena alimenticia, incluso siendo más abundantes que los abelisaurios.

Además de los restos identificados dentro de Dinosauria, se pudieron identificar otros restos pertenecientes a vertebrados no dinosaurios. Estos incluyen restos de tortugas (1,10 % del total de restos fósiles), cocodrilos y peces. Restos fragmentarios de tortugas y ejemplares con buena preservación (incluyendo caparazón y plastrón) fueron recuperados en la unidad y muy cercanos al área de estudio de la presente tesina (Casal *et al.*, 2018; Ibiricu *et al.*, 2020). Aunque el fragmento de placa aquí estudiado, y procedente de los mismos niveles estratigráficos identificados por los autores mencionados, preliminarmente se interpreta que pertenecerían al mismo grupo ya que presentan similitudes morfológicas entre sí.

Entre los resultados también se menciona la presencia de un diente de crocodiliforme (UNPSJB-PV 1048) el cual representa el 1,10 % del total de restos fósiles hallados. Está representado por la corona y caracterizado por su morfología cónica y sección transversal circular. Recientemente, procedente de niveles estratigráficos posiblemente equivalentes pero distantes a algunos kilómetros del área de estudio de esta tesis de grado, Lamanna *et al.* (2019) identificaron un nuevo peirosáurido denominado *Colhuehuapisuchus lunai*, a partir de dos ramas mandibulares con dientes. De esta manera, el diente de Playa Kruger posiblemente también sea de peirosáurido, no obstante, presenta algunas diferencias morfológicas que podrían deberse a una diferente posición en la mandíbula o bien por ser una especie distinta. Los peirosáuridos habrían mostrado hábitos terrestres relacionándose ocasionalmente con cuerpos de agua (Wilberg *et al.*, 2019). Los cocodrilos serían uno de los predadores presentes en los ecosistemas del Cretácico tardío de la Formación Lago Colhué Huapi.

Por último, el registro de vertebrados fósiles indica en el área la presencia de peces pulmonados (Dipnoi), representados por una típica placa dentaria (UNPSJB-PV 1047, 1,10 % del total de restos fósiles). Este material presenta similitudes morfológicas que los relacionan preliminarmente con los ceratodontiformes. Esto constituye un hallazgo de suma importancia para la reconstrucción paleoambiental y paleoclimática del área. Los dipnoos tienen la particularidad de resistir las sequías mediante la estivación. Durante este proceso se entierran en el barro generando un capullo que lo aísla y mantiene húmedo, y reduce su metabolismo para sobrevivir hasta la llegada de agua que inunda cauces y lagunas nuevamente. De esta manera su presencia en el área de estudio apoya la interpretación del abandono temporario de canales.

### **TAFONOMÍA: PROCESOS BIOESTRATINÓMICOS**

El análisis de los atributos tafonómicos de los restos fósiles del área de estudio permite inferir los procesos bioestratinómicos vinculados al paleoclima y a los procesos sedimentarios que experimentaron los restos de organismos *post mortem*. En cuanto a la yacencia, los restos *in situ* se encontraron en depósitos interpretados como planicie de inundación proximal y canales fluviales arenosos.

Al comparar las reorientaciones de los restos fósiles presentes en el canal arenoso en algunos restos se puede observar que se disponen paralelos a los promedios de paleocorrientes de su respectivo sector. Según algunos autores (Voorhies, 1969; Shipman, 1981; Behrensmeyer, 1990, entre otros) esto indica que la corriente presentaba alta energía como para movilizar y reorientar los restos fósiles paralelos a la dirección del paleoflujo.

De acuerdo a la clasificación de restos según su movilidad propuesta por Voorhies (1969), en el área de estudio hay un 32,96% de restos que pertenecen al grupo I (vértebras y costillas) y un 21,97% dentro del grupo II (huesos apendiculares, radio, húmero, fémur, ulna, tibia). Además, hay un 34,06% de restos indeterminados. La escasa diferencia en cantidad de restos con gran movilidad (grupo I) y restos con movilidad intermedia (grupo II), podría indicar que la totalidad de los restos del área de estudio pertenecen a

diferentes individuos, que fueron transportados y depositados en distintos tiempos.

El 100% de los restos fósiles se encontraron desarticulados, de los cuales el 73,62% (n=67) se hallaron aislados y el 26,38% (n=24) desarticulados pero asociados. Esta gran cantidad de restos desarticulados coincide con la propuesta de Davis y Briggs (1998) que plantean que la mayoría de los esqueletos de vertebrados se desarticula antes del sepultamiento y raramente grandes esqueletos son transportados en forma articulada. Las principales causas de desarticulación serían la deshidratación y descomposición del tejido conectivo entre huesos (cartílagos, tendones, otros) y la movilización generada por una gente como por ejemplo una corriente de agua. No obstante, otro punto a considerar es que los depredadores o carroñeros también actúan como agentes de desarticulación, acumulación y dispersión de restos de vertebrados (Boyd *et al.*, 2013). Las marcas de bioerosión registradas en los huesos 11, 28, 53, 69 (UNPSJB-PV 1036), 70 (UNPSJB-PV 1037) y 84 (UNPSJB-PV 1045) podrían ser una evidencia de esto.

En los restos hallados en el área de estudio un 23,69% (n=24) presento un grado de abrasión 1, un 10,96 % (n=10) un grado 2, un 12,06% (n=11) un grado 3 y en un 50,55% (n=46) no se pudo determinar. Dentro de los casos de abrasión 3, se destacan las vértebras analizadas en gabinete y que se hallaban depositadas en la colección del repositorio de materiales científicos y didácticos de la Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud, ya que fueron colectadas del área de estudio en anteriores campañas del Laboratorio de Paleontología de Vertebrados. En todas ellas se encuentra conservado el centro vertebral y en algunas también se observan pequeñas porciones del arco neural, y en ambas estructuras se aprecian evidencias de abrasión. En este sentido, las vértebras presentan un redondeamiento y desgaste en las distintas caras del cuerpo vertebral (Fig. 56), especialmente en los bordes del centro o estructuras del arco neural. Según Casal *et al.* (2013) estos rasgos son característicos de transporte por rolido en el cual las estructuras salientes impactarían con mayor presión sobre el sustrato cuando son transportadas en el fondo de un cauce. Al respecto, hay que considerar que las vértebras,

principalmente por su morfología, son los elementos más fáciles de movilizar por un flujo (Voorhies, 1969; Casal *et al.*, 2013).

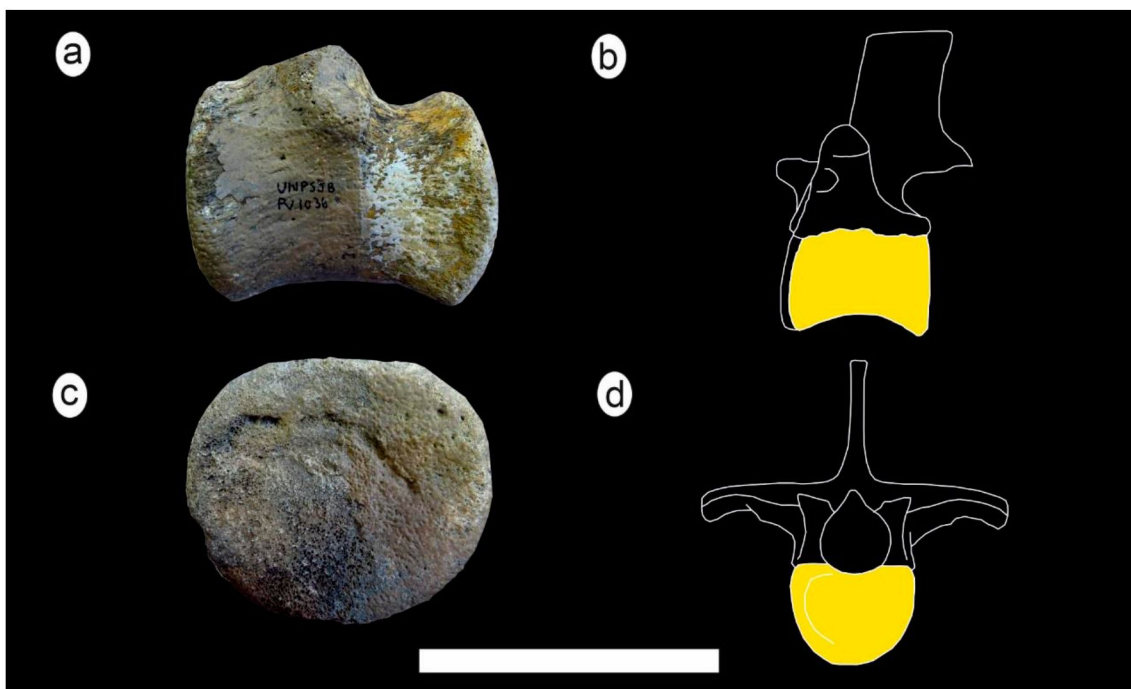


Figura 56. a) Vértebra caudal incompleta UNPSJB-PV 1036 en vista lateral. b) Reconstrucción en línea blanca de la morfología completa de la vértebra UNPSJB-PV 1036, en amarillo la porción preservada. c) Vértebra caudal incompleta UNPSJB-PV 1036 en vista anterior. d) Reconstrucción en línea blanca de la morfología completa de la vértebra UNPSJB-PV 1036, en amarillo la porción preservada. Escala: 10 cm.

La totalidad de los restos fósiles recuperados en el área de estudio presentan evidencias de meteorización, observándose rasgos como estriamiento longitudinal superficial, fracturas longitudinales y exfoliación en diferentes intensidades. En el 39,57% de los restos (n=36) se registró un estadio de meteorización 1 según la propuesta de Behrensmeyer (1978), observándose rasgos como estriamiento longitudinal leve y exfoliación suave. Por otro lado, el 40,65% (n=37) de los restos presentó un estadio de meteorización 2, registrándose estriamiento longitudinal intenso, en algunos casos fracturas longitudinales y exfoliación fuerte; y en el 19,78% (n=18) no pudo ser determinado el estadio por el alto grado de fragmentación o alteración tafonómica. Estas características indican que los restos en la etapa bioestratinómica estuvieron expuestos a agentes atmosféricos como la insolación, viento, lluvia y los cambios de temperatura entre otros (Andrews y Cook, 1990). Esta exposición altera los tejidos blandos y también la parte

mineral de los huesos. De esta manera, el desarrollo de estrías está relacionado a la disposición de fibras de colágeno y tejido blando, que al desecarse se contraen y generan esfuerzos sobre los huesos a los que están adheridos (Haynes, 1980; Polonio y López-Martínez, 2000, Casal *et al.*, 2013). Otros rasgos más avanzados de meteorización son las fracturas longitudinales, que en muchos casos se generan a partir de las estrías previamente desarrolladas (Behrensmeyer 1978, Haynes, 1980, Behrensmeyer *et al.*, 1989; Alcalá, 1994, Cladera *et al.*, 2004). De acuerdo con Behrensmeyer (1978) los restos con un estadio I habrían estado expuestos a la intemperie un período de 0-3 años antes de ser enterrados, y los de estadio II entre 2 y 6 años. No obstante, la aplicación de estas asignaciones obtenidas a partir de estudios de actuotafonomía, deben contemplar las variaciones que pudieran existir con el paleoclima que afectó los restos de un organismo antes de su fosilización. Por lo tanto, su vinculación directa puede llevar a cometer errores de interpretación, sin embargo, son útiles para tener una aproximación al tiempo en que los restos estuvieron expuestos en la superficie antes de ser enterrados. Además, hay que tener en cuenta que el intemperismo actual agudiza los rasgos de meteorización que afectaron el hueso original, a medida que los restos ya fosilizados son exhumados por erosión (Casal *et al.*, 2013, 2014 b). La presencia de distintos estadios de meteorización puede indicar la muerte de vertebrados a lo largo del tiempo, y no al mismo tiempo como ocurriría en un evento catastrófico. De esta manera los restos de esqueletos quedaron expuestos a la meteorización en distintos momentos y por diferente tiempo, sustentando el modelo de controles sedimentológicos y tafonómicos indicado en la discusión.

El 92,3% (n=84) de los restos se encontraron incompletos, observándose fracturas transversales en algunos casos. Por ejemplo, en el resto fósil 28 se reconocieron fracturas transversales rectas; este tipo de fracturas están vinculadas a la etapa fosildiagenética y producto de la carga litostática, cuando los restos pierden sus componentes orgánicos y se encuentran permineralizados y modificados diagenéticamente (Shipman *et al.*, 1981; Gifford-Gonzalez, 1989). El ángulo recto de la fractura respecto de la dirección principal de las fibras de colágeno, se explica por las propiedades isotropas

que adquieren los huesos permineralizados en esta etapa, y en la que se tornan más duros y frágiles (Shipman *et al.*, 1981; Alcalá y Escorza 1988, 1998; Polonio y López-Martínez, 2000; Casal *et al.*, 2013). En otros restos se observaron fracturas oblicuas (resto fósil 19), el origen de estas difiere según los autores. Shipman *et al.* (1981) plantea que pueden generarse en etapas previas al enterramiento, por pisoteo o depredación en estado fresco bien por impactos durante el transporte en estado seco del hueso. Pero otros autores (Behrensmeyer, 1981; Polonio y López Martínez, 2000, entre otros) indican que podrían tener un origen durante la fosildiagénesis por compactación diferencial.

En la superficie de algunos restos fósiles (6,6% del total, n=6) se encontraron irregularidades como surcos y perforaciones, interpretadas como marcas de bioerosión. Las mismas pueden revelar un ataque predador, carroñeo y otros comportamientos (de Valais *et al.*, 2012), además revelan procesos *post mortem* en el sitio de sepultamiento y las interacciones tróficas entre antiguas comunidades (Roberts *et al.*, 2007). Estas marcas se describieron detalladamente en los Morfotipos A, B, C, D, E, F, G y H.

El Morfotipo A (Fig. 57 a) consta de una perforación acompañada de un surco, dispuestos en un hueso apendicular incompleto de saurópodo (resto fósil 11, Fig. 12). Esta morfología también fue registrada por Drumheller y Brochu (2012) (Fig. 57 b) y fueron interpretadas como marcas de mordeduras de cocodriliformes. Otros autores han estudiado marcas producidas por este grupo de vertebrados en el registro fósil y en experimentos actualistas (Njau y Blumenschine, 2005; Noto *et al.*, 2012; Boyd *et al.*, 2013; Njau y Gilbert, 2016). Njau y Gilbert (2016) en un monitoreo actualista de alimentación de estos organismos, plantean que estas marcas indican movimientos laterales del cráneo de cocodriliformes mientras mantienen el agarre con dientes.

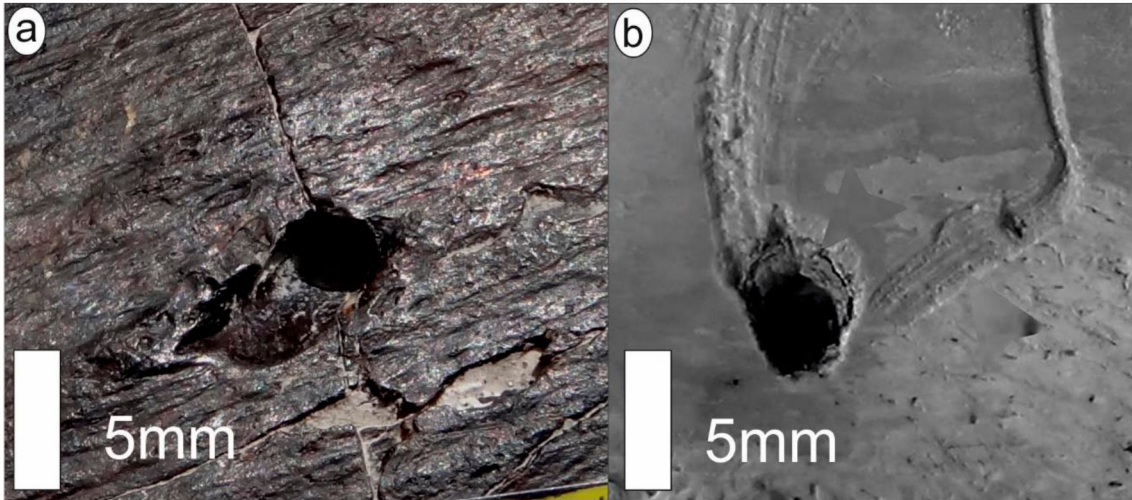


Figura 57. a) Morfotipo A descrito en un hueso proveniente de la Formación Lago Colhué Huapi en Playa Kruger (resto fósil 11). b) Orificio acompañado de surco y estrías generado por un cocodrilo actual; imagen tomada de Drumheller y Brochu (2012).

Otras marcas probablemente generadas también por el mismo agente son las correspondientes a los Morfotipos B y C. El Morfotipo B (Fig. 58 a) consiste en un surco con forma de medialuna dispuesto de manera oblicua al eje de mayor longitud de una ulna incompleta de saurópodo (resto fósil 28, Fig. 14). Esta morfología coincide con trazas descritas por Njau y Gilbert (2016) (Fig. 58 b), quienes las denominaron “pseudocortes” y las asociaron a fuerzas aplicadas contra huesos que están atrapados parcialmente entre las mandíbulas, por lo que se deslizan y a su vez producen movimientos laterales.

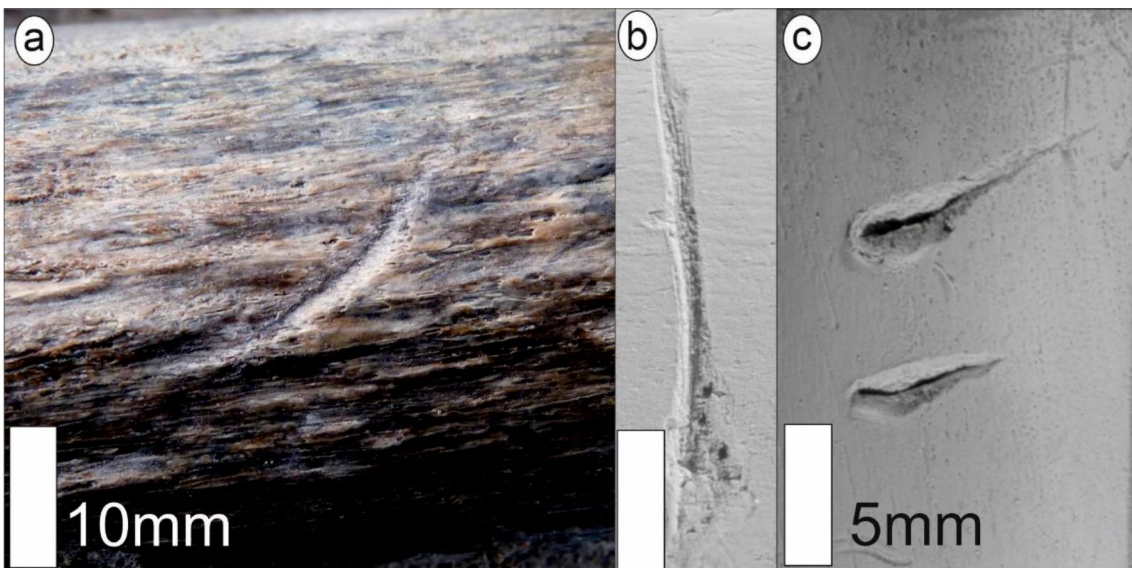


Figura 58. a) Morfotipo B descrito en un hueso proveniente de la Formación Lago Colhué Huapi en Playa Kruger (resto fósil 28). b) y c) Pseudocortes generados por cocodriliformes actuales. Imágenes tomadas de Njau y Gilbert (2016), la escala de b) es la misma que en c).

El Morfotipo C (Fig. 59 a) presenta dos orificios elípticos subcirculares subparalelos dispuestos de manera perpendicular al eje de mayor longitud en

una ulna incompleta de saurópodo (resto fósil 53). La morfología elíptica de los orificios coincide con marcas de mordeduras producidas también por cocodriliformes y descritas por Schwimmer (2010) en restos de caparazón de tortuga (Fig. 59 b). Esta morfología sería diagnóstica de dientes cónicos de la mejilla (distales) de estos predadores y que tienden a crear orificios subcirculares producto de la fuerza compresiva (Njau y Gilbert, 2016).

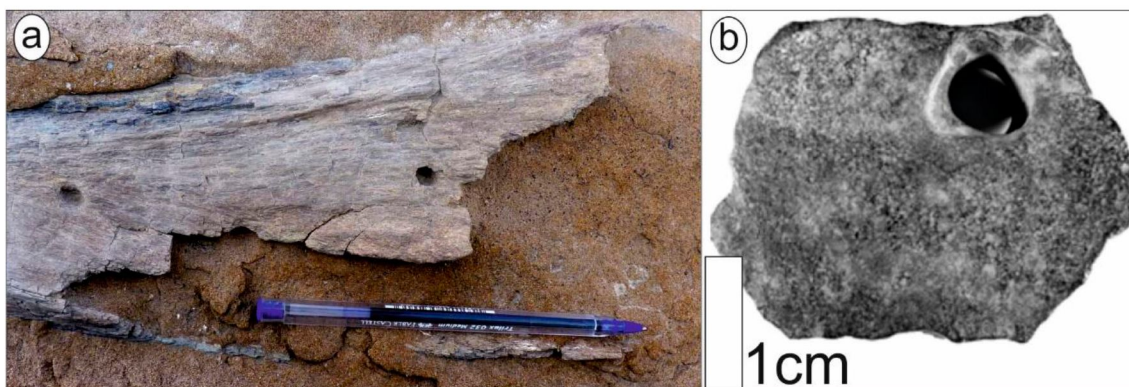


Figura 59. a) Morfotipo C descrito en un hueso proveniente de la Formación Lago Colhué Huapi en Playa Kruger (resto fósil 53). b) Resto de caparazón de tortuga con orificio atribuido a la actividad de un cocodriliforme, proveniente de la Formación Blufftown (Campaniano), imagen tomada de Schwimmer (2010). Tamaño lapicera: 14 cm.

Los Morfotipos A, B y C están presentes en huesos apendiculares de saurópodo (fémur en el caso del Morfotipo A y ulna para los Morfotipos B y C) y presentan morfologías que coinciden con marcas de cocodriliformes. Se disponen perpendiculares al eje de mayor longitud de los restos, esto podría indicar un intento de arrancar fibras musculares del hueso. Los conjuntos de estos Morfotipos potencialmente podrían indicar un ataque de cocodriliformes a saurópodos o bien el carroñeo en cadáveres. Por último, el hallazgo del resto fósil 85 UNPSJB-PV 1048 (diente de cocodriliforme) en el área de estudio indica la presencia de este clado en el área y refuerza la posibilidad de que el agente que provocó las marcas en los Morfotipos A, B y C haya sido un cocodriliforme.

Debe considerarse que otros organismos pueden dejar perforaciones en los huesos, como es el caso de algunos insectos. Las marcas de estos organismos han sido bien documentadas en el registro fósil (Kaiser, 2000; Roberts *et al.*, 2007, Britt *et al.*, 2008; Blackwell *et al.*, 2012; Pirrone *et al.*, 2014, Gianechini y de Valais., 2016, Augustin *et al.*, 2019; McHugh *et al.*, 2020; Bader *et al.*, 2009; entre otros autores) y también estudiadas en experimentos actualistas

(Blackwell *et al.*, 2012). Por ejemplo, marcas similares a las descritas en el Morfotipo C de Playa Kruger (Fig. 60 a y b) fueron estudiadas en restos de vértebras de hadrosaurio (Serrano Brañas *et al.*, 2018, Fig. 60 c y d) y de saurópodo (McHugh *et al.*, 2020, Fig. 60 e). Estas perforaciones presentan una morfología elíptica a semicircular en planta, y en perfil con un sector con mayor profundidad. En ambos casos, los autores las relacionan con cámaras pupales de derméstidos (insectos necrófagos que a su vez en ocasiones son osteófagos). Sin embargo, en las trazas estudiadas en los huesos de Playa Kruger se observa que los orificios son más circulares, y en particular las 2 marcas están alineadas lo que se interpreta como más cercano a una mordida de cocodriliforme.

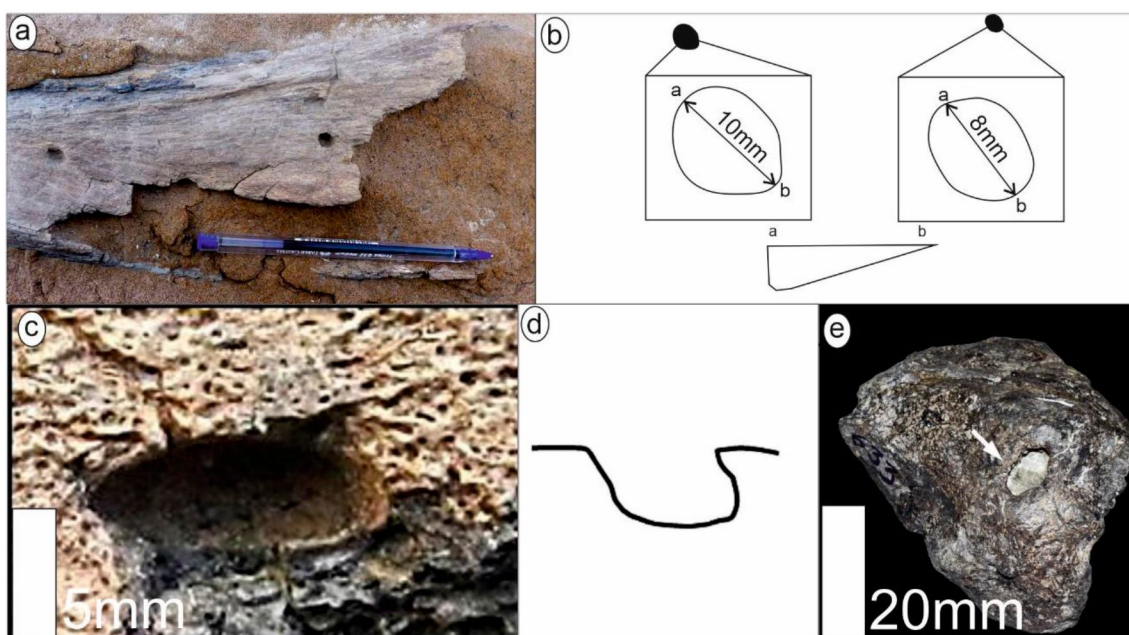


Figura 60. a) Morfotipo C, largo lapicera: 14 cm. b) Reconstrucción del Morfotipo C y perfil de los orificios. c) y d) Cámara pupal en restos óseos de dinosaurio hallado en la Formación Cerro del Pueblo (Campaniano, localidad “El Palmar”, Coahuila, Méjico). En d) perfil de la cámara pupal. Imagen modificada de Serrano Brañas *et al.*, 2018. e) Cámaras pupales en restos de saurópodo, hallados en Formación Morrison, Jurásico superior, Estados Unidos. Imagen tomada de McHugh *et al.*, 2020.

El Morfotipo D consiste en dos surcos (d1 y d2) de morfología sinusoidal (Fig. 61 a y b), ubicados en la zona superior de la cara anterior de una vértebra incompleta de ornitópodo (resto 69, UNPSJB-PV 1036). Una morfología similar, de surcos sinusoidales, también fueron registradas por Britt *et al.* (2008) en vértebras de saurópodo y fueron interpretadas como marcas de derméstidos por los autores (Fig. 61 c). En base a la similitud de tamaño y forma de los

surcos observados en el Morfotipo D con las observaciones de Britt *et al.* (2008) se sugiere que los surcos d1 y d2 se deben probablemente a la actividad de dermatídeos.

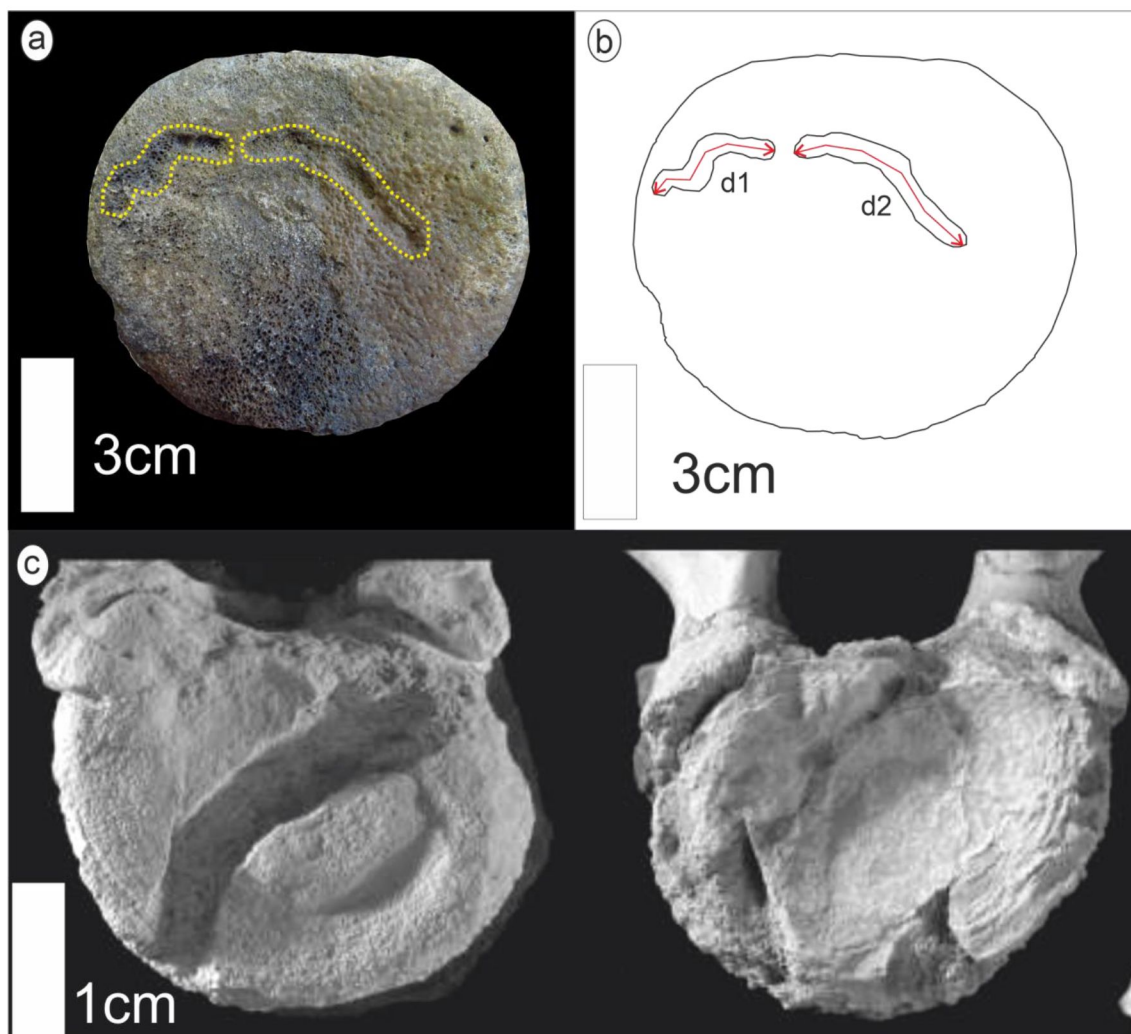


Figura 61. a) Vértebra UNPSJB-PV 1036 (en línea punteada el Morfotipo D) descrito en un hueso proveniente de la Formación Lago Colhué Huapi en Playa Kruger (resto fósil 69). b) Esquema de los surcos d1 y d2 que conforman el Morfotipo D. c) A la izquierda, surco presente en la novena vértebra dorsal de *Camptosaurus*. A la derecha, surco presente en la novena vértebra cervical del mismo espécimen. Los restos fueron hallados en la Formación Morrison, Jurásico superior, Wyoming, Estados Unidos (imagen tomada de Britt *et al.*, 2008).

Los Morfotipos G y H se encuentran en el mismo resto, pero presentan pequeñas diferencias morfológicas. El Morfotipo G se reconoció en tres sectores del hueso 84, en particular la zona 1 (Fig. 62 a) consiste en pequeños surcos superpuestos, dispuestos de manera irregular. Morfologías similares han sido descritas en restos de un dinosaurio no identificado (Augustin *et al.*, 2019), de restos de saurópodo (Britt *et al.*, 2008) y de terópodo (Gianechini y

de Valais, 2016). Augustin *et al.* (2019) interpretan estas trazas como marcas de termitas, y denominan estas morfologías como “formas de estrella” (Fig. 62 b). Las marcas conformarían un estadio inicial de la bioerosión por termitas, generándose en los estadios posteriores, una depresión central a medida que se desarrollan los surcos (como también fue descrito por Blackwell *et al.*, 2012). Por otro lado, Britt *et al.* (2008), definen surcos solapados en restos del ornitópodo *Camptosaurus* como trazas de mandíbulas de derméstidos (Fig. 62 c). En cambio, Gianechini *et al.* (2015), observan marcas en restos de terópodo, pero no definen un agente; luego de realizar comparaciones con otros trabajos concluyen que tanto termitas como derméstidos pudieron haber generado las marcas (Fig. 62 d).

El Morfotipo G (zona 1) tiene un tamaño similar a los surcos descritos por los tres autores mencionados anteriormente. Sin embargo, morfológicamente la similitud es mayor con las “formas de estrella” descrita por Augustin *et al.* (2019), por lo que es probable que los surcos del Morfotipo G (zona 1) se deban a la actividad de termitas.

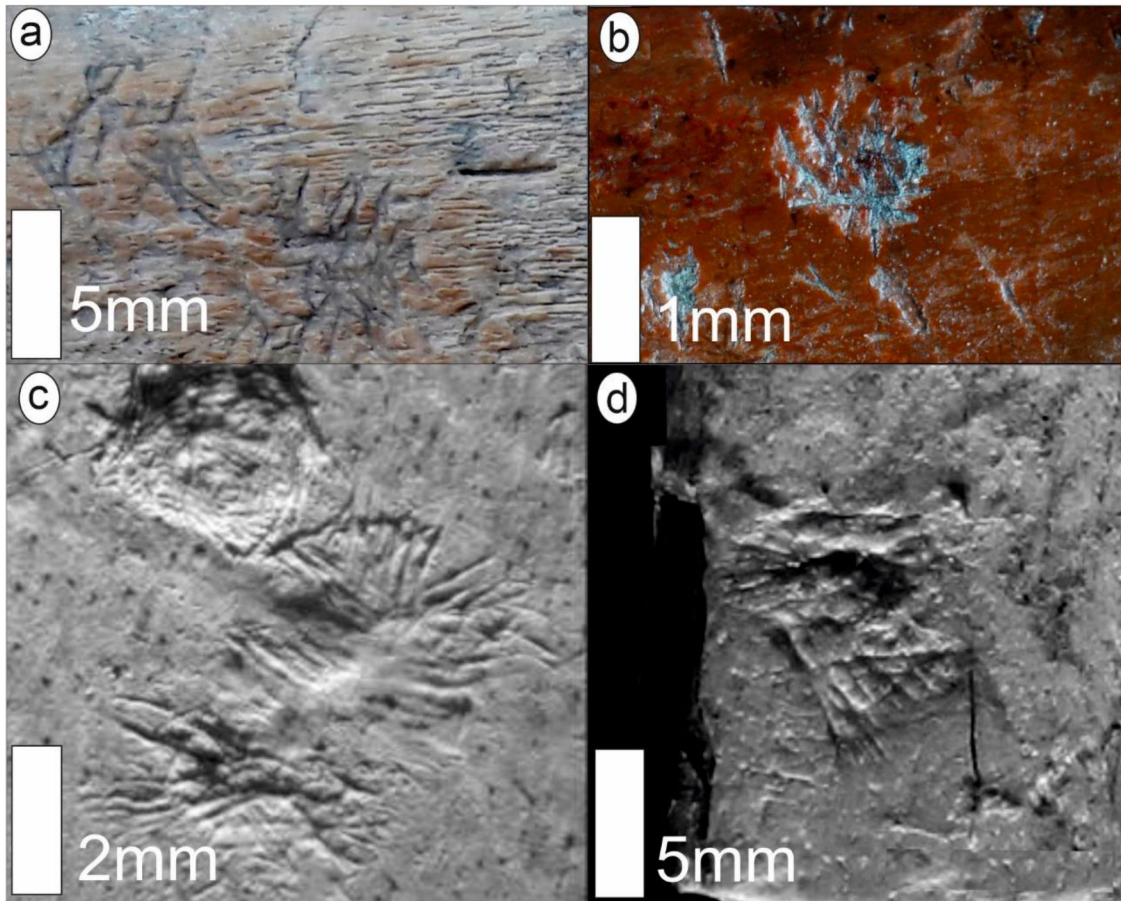


Figura 62. a) Morfotipo G zona 1 descrito en un hueso proveniente de la Formación Lago Colhué Huapi en Playa Kruger (resto fósil 84). b) Marca probablemente generadas por termitas en restos de costilla de un dinosaurio no identificado, hallados en la Formación Sînpetru, Cretácico Superior, Cuenca Hațeg (Rumania). Imagen tomada de Augustin *et al.* (2019). c) Marcas en restos de *Camptosaurus*, hallados en Formación Morrison, Jurásico superior, Estados Unidos. Imagen tomada de Britt *et al.* (2008). d) Marcas en restos de *Buitreraptor gonzalezorum* hallados en Formación Candeleros, Cenomaniano, Localidad la Buitrera, Provincia de Río Negro, Argentina. Imagen tomada de Gianechini y de Valais (2016).

El Morfotipo H (Fig. 63 a) y el Morfotipo G presente en el sector 2 (Fig. 63 b), consisten en surcos opuestos parcialmente solapados (en zig-zag) observándose una mayor densidad de surcos y de menor tamaño en el primer Morfotipo mencionado. Este tipo de disposición de surcos fue también observado por Britt *et al.* (2008) en restos de saurópodo (Fig. 63 c) y fue atribuido a marcas de mandíbula de derméstidos.

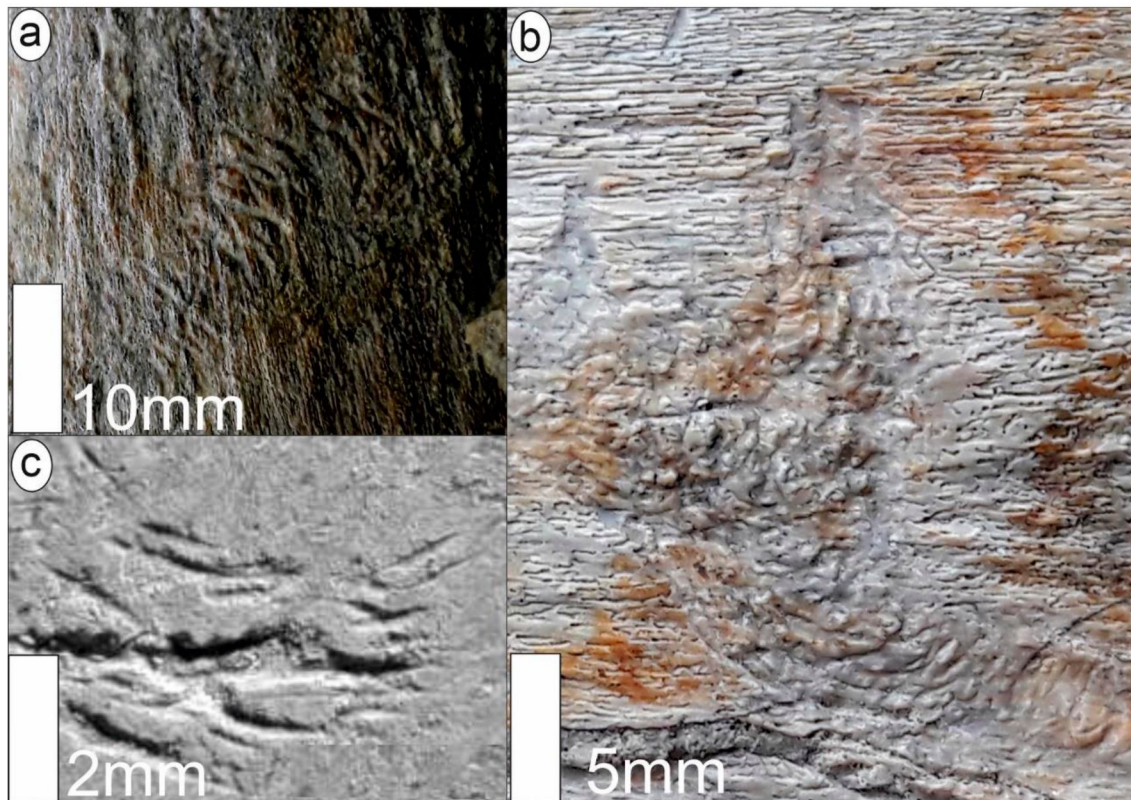


Figura 63. a) Morfotipo H descrito en un hueso proveniente de la Formación Lago Colhué Huapi en Playa Kruger (resto fósil 84). b) Morfotipo G zona 2 en el mismo hueso. c) y d) Marcas en *Camptosaurus*. Imagen tomada de Britt *et al.* (2008).

Los Morfotipos E y F se encuentran en una vértebra incompleta de ornitópodo (resto fósil 70, UNPSJB-PV 1037), ambas presentan forma de surco y un perfil transversal en “V” (Fig. 64 a y b). El tamaño de ambas es diferente, el Morfotipo F presenta mayor longitud y profundidad.

En el registro fósil se han observado marcas similares atribuidas a terópodos en restos de saurópodos (Bader *et al.*, 2009) (Fig. 64 c) y de hadrosaurios (Rivera-Sylva *et al.*, 2012) (Fig. 64 e). Los autores describen las marcas como surcos lineares con perfil transversal en “U” o “V”. La coincidencia entre la morfología con las observadas en los Morfotipos E y F nos permite inferir que los Morfotipos podrían haber sido generados por terópodos.

Sin embargo, según Drumheller *et al.* (2020) las marcas de terópodos no son frecuentes en el registro fósil lo que puede indicar que estos organismos preferían tejidos blandos en lugar de tejido óseo. Esto sugiere que las trazas de alimentación en huesos serían principalmente accidentales durante la alimentación (Hone y Rauhut, 2010). En ese sentido Drumheller *et al.* (2020), plantean que los carnívoros en la depredación prefieren consumir primero

restos con abundante tejido muscular o bien vísceras. Siguiendo este razonamiento las marcas de los Morfotipos E y F al estar presentes en vertebras podrían asociarse a carroñeo en vez de depredación.

Por último, el hallazgo en el área de estudio de varios restos de terópodos indica la existencia de estos organismos en el paleoecosistema y ayuda a la posibilidad que los Morfotipos mencionados hayan sido realizados por este dinosaurio.

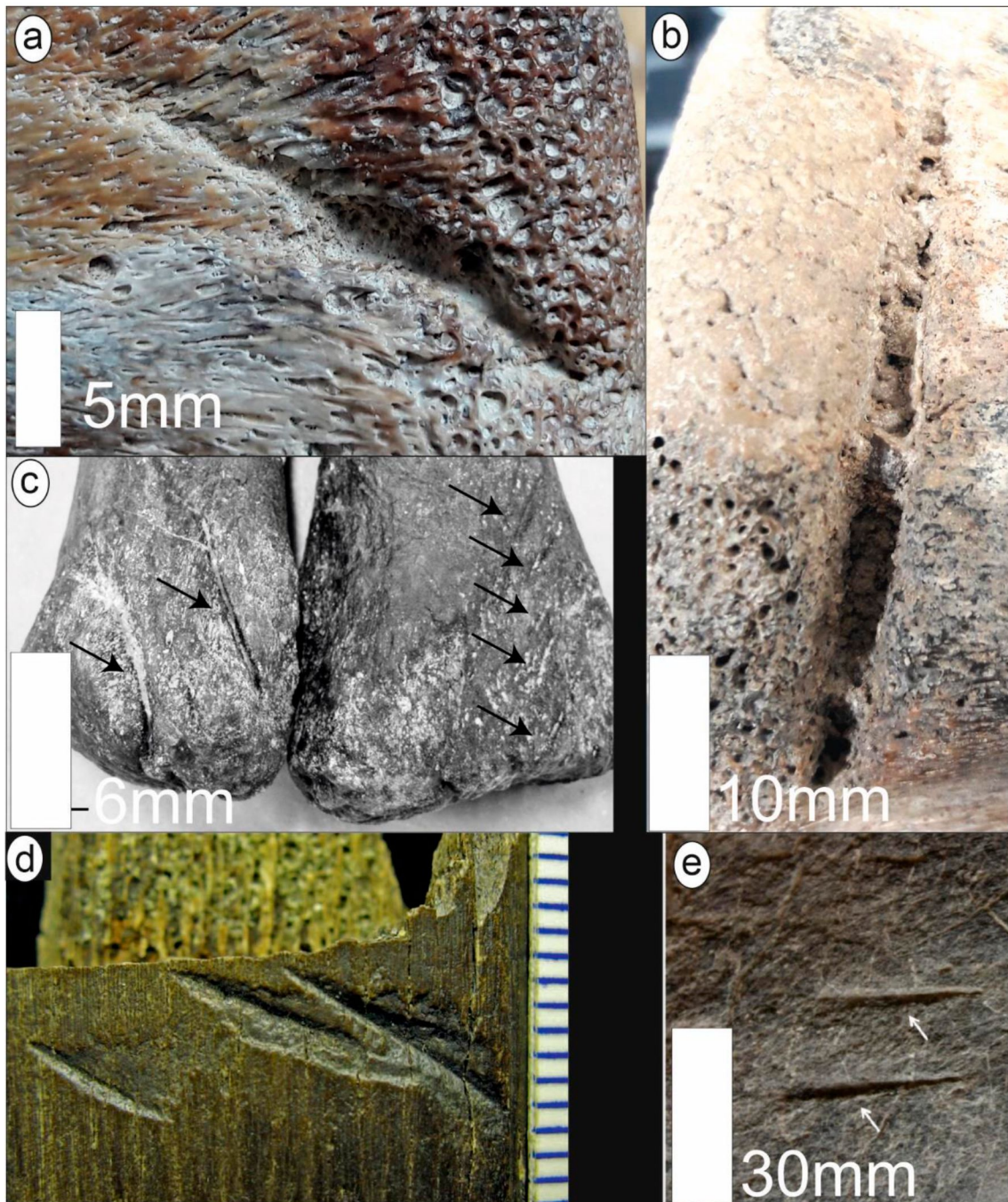


Figura 64. a) Morfo tipo E. b) Morfo tipo F descritos en un hueso proveniente de la Formación Lago Colhué Huapi en Playa Kruger (resto fósil 70). c) Surcos lineales generados por

terópodos, presentes en metacarpos de *Camarasaurus*, hallados en Formación Morrison (Jurásico superior) (imagen tomada de Bader *et al.*, 2009). d) Fragmento indeterminado de dinosaurio con marcas atribuidas terópodos (imagen tomada de Noto *et al.*, 2012). e) Tibia de hadrosaurio con surcos generados por terópodos (hallado en Formación Aguja, Campaniano tardío, Noreste de Coahuila, Méjico) (imagen tomada de Rivera-Sylva *et al.*, 2012).

## CONCLUSIONES

En el área Playa Kruger (Península Mocha) se exponen sedimentitas de la Formación Lago Colhué Huapi, de edad Campaniano-Maastrichtiano temprano. Se reconocieron afloramientos en planta, en el lecho seco del lago, y en los acantilados costeros de la costa oriental. En los primeros, se interpretaron preliminarmente depósitos de canales arenosos, de planicie de inundación proximal y de planicie de inundación distal. En los acantilados costeros se reconocieron canales gravoarenosos y depósitos de planicie de inundación distal.

Los depósitos fluviales son portadores de numerosos restos fósiles, muchos de ellos se encontraron *in situ* en las areniscas gruesas y medianas de los depósitos de canal arenoso (Af. 2) y en menor cantidad en las areniscas finas de la planicie de inundación proximal (Af. 1). Por otro lado, no se hallaron restos fósiles en las pelitas de la planicie de inundación distal. Otros restos fueron hallados rodados o movilizados por acción del lago actual.

La gran cantidad de restos presentes en las facies de canal principal se podrían vincular preliminarmente con un carácter estacional del río. En épocas secas, el cauce era ocupado por la fauna, muchos de los organismos morían y sus restos quedaban en ese sitio. En períodos de alto caudal o cuando el cauce volvía a ocuparse con agua los restos esqueléticos eran incorporados a la carga del curso fluvial y así eran desarticulados, removilizados, dispersos y reorientados en función de las características hidráulicas del flujo y también a factores intrínsecos de los huesos (densidad, forma, tamaño).

La mayoría de los materiales analizados en este trabajo son fragmentarios y presentan diferente grado de preservación. Entre ellos, los restos de dinosaurios representan el 96,72 % del total de restos de vertebrados fósiles hallados en Playa Kruger. A partir de comparaciones anatómicas realizadas

con otros taxones y en algunos casos la presencia de sinapomorfías, se identificaron representantes de tres grandes grupos dentro de Dinosauria: Sauropoda, Theropoda y Ornithopoda. En particular se identificaron saurópodos titanosaurios, ornitópodos elasmáridos y terópodos representados por abelisauridos y megaraptóridos.

El registro fósil se completa con la identificación de un resto aislado de crocodiliforme, posiblemente un peirosáurido, una placa de tortuga y una placa dental perteneciente a un pez pulmonado, posiblemente ceratodontiforme. Esto, refleja la diversidad de vertebrados en el afloramiento estudiado y aporta no solo a incrementar el registro fósil de vertebrados, sino también a interpretaciones paleoambientales y paleoecológicas en estos niveles del Cretácico Superior.

La presencia de rasgos de meteorización en todos los restos fósiles, así como las marcas de bioerosión (particularmente por acción de mordeduras de carroñeros) presentes en algunos huesos, son evidencias de un relativamente prolongado tiempo de exposición subaérea. Asimismo, se registraron distintos estadios de meteorización en los restos lo que puede indicar que estuvieron expuestos a la intemperie en una cantidad de tiempo diferente.

En cuanto a las relaciones paleoecológicas, la determinación de diferentes morfotipos de bioerosión, indican que hubo interacciones entre la fauna del ecosistema, señalando posibles relaciones de presa-depredador o bien carroñeo de cadáveres.

La presencia en todos los restos de diversos grados de abrasión, junto a la ausencia de restos articulados, al gran número de restos incompletos y la existencia de restos fósiles dentro de depósitos fluviales, revela que los restos sufrieron un intenso transporte fluvial. De esta manera se considera que la concentración de fósiles es al menos para autóctona para los restos asociados y probablemente alóctona para los restos aislados.

En el área de estudio se registraron huesos pertenecientes a las categorías consideradas de movilidad intermedia y alta por una corriente fluvial según Voorhies (1969), dispuestos en sectores cercanos entre sí. Esto, sumado a lo

expuesto anteriormente respecto a los estadios de meteorización, refuerza la propuesta de que los individuos del ecosistema murieron en distintos períodos de tiempo.

Finalmente, la historia tafonómica indica que en el ecosistema cretácico reconocido en los afloramientos de la Formación Lago Colhué Huapi en Playa Kruger, los restos de los organismos muertos habrían quedado expuestos a la intemperie y meteorizándose por un tiempo relativamente prolongado durante épocas de sequía, posiblemente cuando algunos cauces del sistema fluvial quedaban sin agua. De esta manera, algunos restos fueron afectados por el carroñeo de otros organismos y desarticulados. Durante épocas de crecidas de los ríos, los restos que yacían en los cauces y sus márgenes eran movilizados y dispersados por el transporte fluvial. Estos procesos se repetirían en los restos esqueléticos de cada individuo y a lo largo del tiempo, generándose una concentración fósil parautóctona/alóctona de origen sedimentológico.

## BIBLIOGRAFIA

Alcalá, L., 1994. Macromamíferos Neógenos de la fosa de Alfambra-Teruel. Editorial del Instituto de Estudios Turolenses y Museo Nacional Ciencias Naturales, Madrid, 554 p.

Alcalá, L. y Escorza, M.C., 1988. Fracturación en los metápodos de Hipparion. *Geogaceta*, 5: 41–44.

Alcalá, L. y Escorza, M.C., 1998. Modelling diagenetic bone fractures. *Bulletin Société Géologique de France*, 169: 101–108.

Allard, J.O. y Casal, G.A., 2013a. Arquitectura aluvial de los afloramientos del Grupo Chubut en el sector sureste del codo del Senguerr: implicancias tectonoestratigráficas. En: *Jornadas Geológicas de la Cuenca del Golfo San Jorge*, Actas 1: 15-16. Comodoro Rivadavia.

Allard, J.O. y Casal, G.A., 2013b. Análogos de afloramientos del Cretácico Superior en las nacientes del río Chico: sedimentología, paleoambiente, características geométricas y heterogeneidades intra-reservorio. En: *Jornadas Geológicas de la Cuenca del Golfo San Jorge*, Actas 1: 17-18. Comodoro Rivadavia.

Allard, J.O., Foix, N., Casal, G.A. y Rodríguez, A., 2015. Sobre el contexto tectonoestratigráfico de las formaciones Laguna Palacios y Lago Colhué Huapi (Grupo Chubut, Cretácico Superior), Cuenca del Golfo San Jorge, Patagonia. En: *Reunión de Tectónica*, Actas 16: 118-119. General Roca.

Allard, J.O., Foix, N., Clavijo, R., Ferreira, L., Iovine, G., Urrez, N., Sánchez, F.M., Rodríguez, A.R. y Bueti, S.A., 2017. Corredores sedimentarios cretácicos (Barremiano-Aptiano) en la cuenca del Golfo San Jorge: origen, arquitectura e impacto en la exploración de hidrocarburos. En: *Congreso Geológico Argentino*, Actas 20: 7-12. Tucumán.

Allen, J.R., 1983. Studies in fluvial sedimentation: bars, bar-complexes and sandstones sheets (low-sinuosity braided streams) in the Brownstones (L. Devonian), Welsh Borders. *Sedimentary Geology*, 33: 237-293.

Alvarez, B.N., Ibiricu, L.M. y Casal, G.A., 2018. Caracterización faunística y paleoambiental de la Formación Lago Colhué Huapi (Coniaciano-Maastrichtiano) en afloramientos ubicados en el sector oriental del lago homónimo. En: Reunión de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina. Actas: 32. Puerto Madryn.

Andrews, P. y Cook, J., 1990. Owls, caves and fossils predation, preservation, and accumulation of small mammal bones in caves, with the analysis of the Pleistocene cave faunas from Westbury-sub-Mendip, Somerset, UK. *Natural History Museum Publications*, London, p. 231.

Aranciaga Rolando, A.M., Novas, F.E. y Agnolín, F.L., 2019. A reanalysis of *Murusraptor barrosaensis* Coria & Currie (2016) affords new evidence about the phylogenetical relationships of Megaraptora. *Cretaceous Research*, 99: 104–127.

Augustin, F.J., Matzke, A.T., Csiki-Sava, Z. y Pfretzschner, H.U., 2019. Bioerosion on vertebrate remains from the upper cretaceous of the Hațeg Basin, Romania and its taphonomic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 534: 109318.

Bader, K.S., Hasiotis, S.T. y Martin, L.D., 2009. Application of forensic science techniques to trace fossils on dinosaur bones from a quarry in the Upper Jurassic Morrison Formation, northeastern Wyoming. *Palaios*, 24: 140-158.

Becerra, M.G., Casal, G.A., Sterli, J., Ibiricu, L.M. y Onorato, A.M., 2018. New fossil remains from the Lago Colhué Formation (Coniacian-Maastrichtian): Increasing the record of vertebrate diversity and the paleoecological knowledge for the late cretaceous of Patagonia. En: Reunión de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina. Actas: 32. Puerto Madryn.

Behrensmeyer, A.K., 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*, 4: 150–162.

Behrensmeyer, A.K., 1989. Vertebrate preservation in fluvial channels. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 63: 183-199.

Behrensmeyer, A.K., 1990. Taphonomy. En: *Palaeobiology, a synthesis*. Editorial Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 232–235.

Backwell, L.R., Parkinson, A.H., Roberts, E.M., d'Errico, F. y Huchet, J.B., 2012. Criteria for identifying bone modification by termites in the fossil record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 337: 72-87.

Bonaparte, J.F., 1978. El mesozoico de América del Sur y sus tetrápodos (geología, reptiles). *Opera Lilloana*, 26: 1-596.

Bonaparte, J.F. y Gasparini, Z.B., 1979. Los saurópodos de los Grupos Neuquén y Chubut, y sus relaciones cronológicas. En: *Congreso Geológico Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Actas 7*: 393-406. Neuquén.

Bonaparte, J.F., 1996. *Dinosaurios de América del Sur*. Editorial Artes Gráficas Sagitario, Buenos Aires, 174 p.

Boyd, C.A., Drumheller, S.K. y Gates, T.A., 2013. Crocodyliform Feeding Traces on Juvenile Ornithischian Dinosaurs from the Upper Cretaceous (Campanian) Kaiparowits Formation, Utah. *PLoS ONE*, 8: e57605.

Brett Surman, M.K., 1979. Phylogeny and palaeobiogeography of hadrosaurian dinosaurs. *Nature*, 277: 560-562.

Bridge, J.S., Jalfin, G.A. y Georgieff, S.M., 2000. Geometry, lithofacies, and spatial distribution of Cretaceous fluvial sandstone bodies, San Jorge Basin, Argentina: outcrop analog for the hydrocarbon-bearing Chubut Group. *Journal of Sedimentary Research*, 70: 341–359.

Britt, B.B., Scheetz, R.D. y Dangerfield, A., 2008. A Suite of Dermestid Beetle Traces on Dinosaur Bone from the Upper Jurassic Morrison Formation, Wyoming, USA. *Ichnos*, 15: 59–71.

Calvo, J.O., Porfiri, J.D. y Kellner, A.W., 2004. On a new maniraptoran dinosaur (Theropoda) from the Upper Cretaceous of Neuquén, Patagonia, Argentina. *Arquivos do Museu Nacional*, 62: 549–566.

Carpenter, K., 2020. Hydraulic modeling and computational fluid dynamics of bone burial in a sandy river channel. *Geology of the Intermountain West*, 7: 97–120.

Casal, G.A., Martínez, R.D., Luna, M., Sciutto, J.C. y Lamanna, M., 2007. *Aeolosaurus colhuehuapensis* sp. nov. (Sauropoda, Titanosauria) de la Formación Bajo Barreal, Cretácico Superior de Argentina. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 10: 53-62.

Casal, G., Candeiro, C.R.A., Martínez, R., Ivany, E. e Ibiricu, L., 2009. Dientes de Theropoda (Dinosauria: Saurischia) de la Formación Bajo Barreal, Cretácico Superior, Provincia del Chubut, Argentina. *Geobios*, 42: 553-560.

Casal, G.A., Martínez, R.D., Luna, M., Ivany, E. e Ibiricu, L.M., 2010. Un nuevo titanosaurio articulado de la Formación Bajo Barreal, Cretácico Superior tardío del Sur de Chubut. Aspectos ambientales y tafonómicos. *Ameghiniana*, 47: 6R.

Casal, G.A., Foix, N., Allard, J.O., González Riga, B.J., Ibiricu, L.M., 2014a. Controles tafonómicos y sedimentológicos en la preservación de dinosaurios en la Formación Bajo Barreal, Cretácico Superior, Patagonia Argentina. En: Congreso Geológico Argentino. Actas 19: 777-778. Córdoba.

Casal, G.A., Ibiricu, L.M., Allard, J.O., Martínez, R.D., Luna, M. y González Riga, B.J., 2014b. Tafonomía del titanosaurio *Aeolosaurus colhuehuapensis*, Cretácico Superior, Patagonia central, Argentina: un ejemplo de preservación en facies fluviales de desbordamiento. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 31: 163-173.

Casal, G.A., Allard, J.O. y Foix, N., 2015. Análisis estratigráfico y paleontológico de afloramientos del Cretácico Superior en la cuenca del Golfo San Jorge: propuesta de nueva unidad litoestratigráfica para el Grupo Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 72: 81-99.

Casal, G.A., Martínez, R.D., Luna, M. e Ibiricu, L.M., 2016. Ordenamiento y caracterización faunística del Cretácico Superior del Grupo Chubut, Cuenca del Golfo San Jorge, Argentina. *Revista Brasileira de Paleontología*, 19: 53-70.

Casal, G.A., Nillni, A.M., Valle, M.N., González Svoboda, E., Tiedemann, C., Ciapparelli, H., Ibiricu, L.M., Luiz, M.M., 2019a. Fosildiagénesis en restos de dinosaurios preservados en depósitos fluviales de la Formación Lago Colhué Huapi (Cretácico Superior), Cuenca del Golfo San Jorge, Patagonia central, Argentina. *Andean Geology*, 46: 670-692.

Casal, G.A., Ibiricu, L.M., Álvarez, B.N., Luna, M. y Martínez, R.D., 2019b. Nuevos materiales de megaraptoridae del Maastrichtiano de la Formación Lago Colhué Huapi, Grupo Chubut, Patagonia Argentina. *Actas Reunión de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina*, La Plata, p. 97.

Casal, G.A., Nillni, A.M., 2020. Mineralogía y geoquímica de huesos de dinosaurios del Cretácico Superior del Grupo Chubut, Argentina. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 33: 11-26.

Casal, G.A., Vallati, P., Ibiricu, L.M., De Sosa Tomas, A., Foix, N., Allard, J.O. y Martínez, R.D, 2020. Primer registro de estromatolitos en el Maastrichtiano tardío del Grupo Chubut, Cuenca del Golfo San Jorge, Patagonia central, Argentina. *Andean Geology*, 47: 162-178.

Castaño, X.E., Casal, G.A., Ibiricu, L.M. y Luna, M., 2019. Estudio tafonómico en la costa noreste del lago Colhué Huapi. En: *Jornadas de las Ciencias de la Tierra Dr. Eduardo Musacchio*. Actas 7: 10-11. Comodoro Rivadavia.

Cerda, I.A. y Chinsamy, A., 2012. Biological implications of the bone microstructure of the Late Cretaceous ornithopod dinosaur *Gasparinisauracincosaltensis*. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 32: 355–368.

Cerda, I.A., Casal, G.A., Martínez, R.D. e Ibiricu, L.M., 2015. Evidencia histológica de un ligamento supraespinoso en dinosaurios saurópodos. *Royal Society Open Science*, 2: 150369.

- Cladera, G., Ruigomez, E., Ortiz-Jaureguizar, E., Bond, M. y López, G., 2004. Tafonomía de La Gran Hondonada (Formación Sarmiento, Edad-Mamífero Mustersense, Eoceno Medio), Chubut, Argentina. *Ameghiniana*, 41: 315–330.
- Clavijo, R., 1986. Estratigrafía del cretácico inferior en el sector occidental de la Cuenca Golfo San Jorge. *Boletín de Informaciones Petroleras*, Buenos Aires, 9: 15-32.
- Clemente, P. y Pérez-Arlucea, M., 1993. Depositional architecture of the Cuerda del Pozo Formation, Lower Cretaceous of the extensional Cameros Basin, North-Central Spain. *Journal of Sedimentary Petrology*, 63: 437-452.
- Collinson, J.D., Mountney, N.P., Thompson, D.B., 2006. *Sedimentary Structures*. 3ª Edición, Editorial Terra Publishing, Harpenden, England, 292 p.
- Coria, R.A. y Cambiaso, A.V., 2007. *Ornithischia*. En: *Patagonian Mesozoic Reptiles*, Indiana University Press, Bloomington, p. 167-187.
- Coria, R.A. y Currie, P.J., 2016. A New Megaraptoran Dinosaur (Dinosauria, Theropoda, Megaraptoridae) from the Late Cretaceous of Patagonia. *PLoS ONE*, 11: e0157973.
- Dasgupta, P., 2003. Sediment gravity flow—the conceptual problems. *Earth-Science Reviews*, 62: 265-281.
- Davis, P.G. y Briggs, D.E., 1998. The impact of decay and disarticulation on the preservation of fossil birds. *Palaios*, 13: 3-13.
- De Sosa Tomas, A., Vallati, P., Casal, G.A. y Calo, M., 2017. Hojas de angiospermas de la Formación Lago Colhué Huapi (Maastrichtiano), Cuenca del Golfo San Jorge. En: *Jornadas de las Ciencias de la Tierra Dr. Eduardo Musacchio*. Actas 5: 37–39. Comodoro Rivadavia.
- De Valais, S., Apesteguía, S. y Garrido, A.C., 2012. Cretaceous small scavengers: feeding traces in tetrapod bones from Patagonia, Argentina. *PLoS One*, 7: e29841.

Dodson, P., 1990. On the status of the ceratopsids *Monoclonius* and *Centrosaurus*. En: *Dinosaur Systematics: approaches and perspectives*, Cambridge University Press, p. 231-243.

Drumheller, S.K. y Brochu, C.A., 2014. A diagnosis of *Alligator mississippiensis* bite marks with comparisons to existing crocodylian datasets. *Ichnos*, 21: 131-146.

Drumheller, S.K., McHugh, J.B., Kane, M., Riedel, A. y D'Amore, D.C., 2020. High frequencies of theropod bite marks provide evidence for feeding, scavenging, and possible cannibalism in a stressed Late Jurassic ecosystem. *PLoS ONE*, 15: e0233115.

Fernández-López, S., 1989. La materia fósil. Una concepción dinamicista de los fósiles. En: *Nuevas tendencias: Paleontología*. Editorial del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid: p. 25-45.

Fernández-López, S., 2000. Temas de tafonomía. Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 167 p.

Figari, E.G., Cid de la Paz, M.S. y Laffitte, G., 1996. Neocomian half graben in the western San Jorge Basin, Argentina: petroleum systems, origin and tectonic inversion. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 80: 1289-1290.

Figari, E.G., Strelkov, E., Laffitte, G., Cid de La Paz, M.S., Courtade, S.F., Celaya, J., Vottero, A., Lafourcade, P., Martínez, R. y Villar, H.J., 1999. Los sistemas petroleros de la Cuenca del Golfo San Jorge: síntesis estructural, estratigráfica y geoquímica. En: *Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos*. Actas 4: 197–237. Mar del Plata.

Figari, E.G., Scasso, R.A., Cúneo, R.N. y Escapa, I., 2015. Estratigrafía y evolución geológica de la Cuenca de Cañadón Asfalto, Provincia del Chubut, Argentina. *Latin American journal of sedimentology and basin analysis*, 22: 135-169.

Fitzgerald, M.G., Mitchum, R.M., Uliana, M.A. y Biddle, K.T., 1990. Evolution of the San Jorge Basin, Argentina. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 74: 879-920.

Foix, N., Allard, J.O., Paredes, J.M. y Giacosa, R.E., 2012. Fluvial styles, palaeohydrology and modern analogues of an exhumed, Cretaceous fluvial system: Cerro Barcino Formation, Cañadon Asfalto basin, Argentina. *Cretaceous Research*, 34: 298-307.

Foix, N., Allard, J.O., Ferreira, M.L. y Atencio, M., 2020. Variaciones espacio-temporales en el registro sedimentario mesozoico, cuenca del Golfo San Jorge (Patagonia, Argentina): fuentes andinas vs. cratónicas, *Revista de Ciencias de la Tierra de América del Sur*, 98: 102464.

Genise, J.F., Melchor, R.N., Bellosi, E. S., González, M. G. y Krause, M., 2007. New insect pupation chambers (Pupichnia) from the Upper Cretaceous of Patagonia, Argentina. *Cretaceous Research*, 28: 545-559.

Ghosh, P., Sarkar, S. y Maulik, P., 2006. Sedimentology of a muddy alluvial deposit: Triassic Denwa Formation, India. *Sedimentary Geology*, 191: 3-36.

Gianechini, F.A. y de Valais, S. (2016). Trazas fósiles de bioerosión en huesos del terópodo sudamericano del Cretácico *Buitreraptor gonzalezorum* Makovicky, Apesteguía y Agnolín, 2005 (Deinonychosauria). *Biología Histórica*, 28: 533-549.

Gifford-Gonzalez, D., 1989. Ethnographic analogues for interpreting modified bones: some cases from East Africa. En: *Bone modification*. Orano: University of Maine Centre for the Study of the First Americans, p. 179-246.

González Riga, B.J., Lamanna, M.C., Ortiz David, L.D., Calvo, J.O., y Coria, J.P., 2016. A gigantic new dinosaur from Argentina and the evolution of the sauropod hind foot. *Scientific Reports*, 6: 1-15.

González Riga, B.J., Casal, G.A., Fiorillo, A.R. y Ortiz David, L.D. 2022. Taphonomy: Overview and New Perspectives Related to the Paleobiology of

Giants. En: *South American Sauropodomorph Dinosaurs*, Springer Earth System Sciences, p. 541-582.

Haynes, G., 1980. Evidence of carnivore gnawing on Pleistocene and Recent mammalian bones. *Paleobiology*, 6: 341–351.

Hechem, J.J., Homocv, J.F., y Figari, E.G., 1990. Estratigrafía del Chubutiano (Cretácico) en la Sierra de San Bernardo, cuenca del Golfo San Jorge, Argentina. En: *Congreso Geológico Argentino. Actas 11*: 173-176. San Juan.

Heinrich, W.D., 1999. The taphonomy of dinosaurs from the Upper Jurassic of Tendaguru (Tanzania) based on field sketches of the German tendaguru expedition (1909-1913). *Fossil Record*, 2: 25-61.

Hone, D.W.E. y Rauhut, O.W.M., 2010: Feeding behaviour and bone utilization by theropod dinosaurs. *Lethaia*, 43: 232–244.

Huguet, R., Cáceres, I., Díez, J.C. y Rosell, J., 1999. Estudio tafonómico y zooarqueológico de los restos óseos de macromamíferos de la unidad G-II de Galería (Sierra de Atapuerca). En: *Atapuerca Ocupaciones Humanas y Paleoeología del Yacimiento de Galería*, Junta de Castilla y León. Valladolid, 245-264.

Ibiricu, L.M., Martínez, R.D., Lamanna, M.C., Casal, G.A., Luna, M., Harris, J. y Lacovara, K.J., 2010. A medium sized Ornithopod (Dinosauria: Ornithischia) from the Upper Cretaceous Bajo Barreal Formation of Lago Colhué Huapi, Southern Chubut province, Argentina. *Annals of the Carnegie Museum*, 79: 39-50.

Ibiricu, L.M., Lamanna, M.C. y Lacovara, K.J., 2013. The influence of caudofemoral musculature on the titanosaurian (Saurischia: Sauropoda) tail skeleton: morphological and phylogenetic implications, *Historical Biology: An International Journal of Paleobiology*, 26: 454-471.

Ibiricu, L.M., Casal, G.A., Martínez, R.D., Luna, M. González Svoboda, J.E., Cerda, I., 2017. New materials of lithostrotian titanosaurs (Dinosauria:

Sauropoda) from the Upper Cretaceous of central Patagonia. *Cretaceous Research*, 73: 25–39.

Ibiricu, L.M., Casal, G.A., Martínez, R.D., Luna, M., Canale, J.I., Álvarez, B.N. y González Riga, B., 2019. A new ornithopod dinosaur (Dinosauria; Ornithischia) from the Late Cretaceous of central Patagonia. *Cretaceous Research*, 98: 276–291.

Ibiricu, L.M., Casal, G.A., Martínez, R.D., Alvarez, B.N. y Poropat, S.F., 2020. New materials and an overview of Cretaceous vertebrates from the Chubut Group of the Golfo San Jorge Basin, central Patagonia, Argentina, *Journal of South American Earth Sciences*, 98: 102460.

Ibiricu, L.M., Casal, G.A., Alvarez, B.N., De Sosa Tomas, A., Lamanna, M.C., Cruzado-Caballero, P., 2021. New hadrosaurid (Dinosauria: Ornithopoda) fossils from the uppermost Cretaceous of central Patagonia and the influence of paleoenvironment on South American hadrosaur distribution. *Journal of South American Earth Sciences*, 110: 103369.

Kaiser, T. M., 2000. Proposed fossil insect modification to fossil mammalian bone from Plio-Pleistocene hominid-bearing deposits of Laetoli (Northern Tanzania). *Annals of the Entomological Society of America*, 93: 693-700.

Lamanna, M., Martínez, R. y Smith, J., 2002. A definitive abelisaurid theropod dinosaur from the Early Late Cretaceous of Patagonia. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 22: 58–69.

Lamanna, M.C., Casal, G.A., Ibiricu, L.M. y Martínez, R.D., 2019. A new peirosaurid crocodyliform from the Upper Cretaceous Lago Colhué Huapi Formation of central Patagonia, Argentina, *Annals of the Carnegie Museum*, 85: 193–211.

Langford, R.P. y Chan, M.A., 1989. Fluvial–aeolian interactions: Part II. Ancient systems: *Sedimentology*, 36: 1037-1051.

Lesta, P. y Ferello, R., 1972. Región Extra-andina del Chubut y norte de Santa Cruz. En: Geología Regional Argentina: Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, 1: 601-654.

Lesta, P., Ferello, R. y Chebli, G., 1980. Chubut extraandino. En: Segundo Simposio de Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 2: 1307-1387.

Limarino, C.O. y López-Gamundí, O.R., 2021. Cuencas paleozoicas tardías de América del Sur: perspectivas y avances en la última década. Revista de Ciencias de la Tierra de América del Sur, 107: 103150.

Luna, M., Casal, G.A., Martínez, R.D., Lamanna, M.C., Ibiricu, L.M. e Ivany, E., 2003. La presencia de un Ornitópoda en el Miembro Superior de La Formación Bajo Barreal, Cretácico Superior (Campaniano-Maastrichtiano?) del Sur de Chubut. Ameghiniana, 40: p. 61R.

Lydekker, R., 1893. The dinosaurs of Patagonia. Anales del Museo de la Plata, Sección de Paleontología, 2: 1-14.

Marengo, L., 2003. Uso de analogías en tafonomía. Problemas del conocimiento en ingeniería y geología, Editorial Universitas Córdoba, 1: 19-32.

Mannion, P.D. y Otero, A., 2012. A reappraisal of the Late Cretaceous Argentinean saurópodo dinosaur *Argyrosaurus superbus*, with a description of a new titanosaur genus. Journal of Vertebrate Paleontology, 32: 614-638.

Martinelli, A. y Forasiepi, A., 2004. Late Cretaceous vertebrates from Bajo de Santa Rosa (Allen Formation), Río Negro province, Argentina, with the description of a new sauropod dinosaur (Titanosauridae). Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, Nueva Serie, 6: 257-305.

Martínez, R.D., Giménez, O., Rodríguez, J., Luna, M. y Lamanna, M.C., 2004. An articulated specimen of the basal titanosaurian (Dinosauria: Sauropoda) *Epachthosaurus sciuttoi* from the early Late Cretaceous Bajo Barreal Formation of Chubut province, Argentina. Journal of vertebrate Paleontology, 24: 107-120.

Mazumder, R., 2003. Sediment transport, aqueous bedform stability and morphodynamics under unidirectional current: a brief overview. *Journal of South African Earth Sciences*, 36: 1-14.

McHugh, J.B., Drumheller, S.K., Riedel, A., Kane, M., 2020. Decomposition of dinosaurian remains inferred by invertebrate traces on vertebrate bone reveal new insights into Late Jurassic ecology, decay, and climate in western Colorado. *PeerJ*, 8: p. e9510.

Meso, J.G., Baiano, M.A., Canale, J.I. y Salgado, L., 2017. Descripción y caracterización de la dentición de los dinosaurios terópodos megaraptos. En: Reunión de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina. *Actas 20*: 39. San Luis.

Meso, J.G., Valieri, R.J., Porfiri, J.D., Correa, S.A.S., Martinelli, A.G., Casal, G.A., Canudo, J.I., Poblete, F. y Dos Santos, D., 2021. Testing the persistence of Carcharodontosauridae (Theropoda) in the Upper Cretaceous of Patagonia based on dental evidence. *Cretaceous Research*, 125: 104875.

Miall, A.D., 1988. Reservoir heterogeneities in fluvial sandstones: lessons from outcrop studies. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 72: 682-697.

Miall, A.D., 1996. *The Geology of Fluvial Deposits*. Springer, Berlín. 1-582 p.

Miller, M. y Marino, J., 2019. New insights from the Neocomian basins in the West of Chubut and Santa Cruz provinces, Argentina. *Journal of South America Earth Sciences*, 96: p. 102295

Nilni, A.M., Casal, G.A., Valle, M.N., González Svoboda, E., Tiedemann, C., Ciapparelli, H., Ibiricu, L.M. y Liuz, M.M., 2018. Permineralización en dinosaurios de la Formación Lago Colhué Huapi (Cretácico superior), Grupo Chubut, Patagonia Argentina. En: *Jornadas de las Ciencias de la Tierra Dr. Eduardo Musacchio. Actas 6*: 13-14. Comodoro Rivadavia.

Njau, J.K. y Blumenschine, R.J., 2005. A diagnosis of crocodile feeding traces on larger mammal bone, with fossil examples from the Plio-Pleistocene Olduvai Basin, Tanzania. *Journal of Human Evolution*, 50: 142–162.

Njau, J. y Gilbert, H., 2016. Standardizing terms for crocodile-induced bite marks on bone surfaces in light of the frequent bone modification equifinality found to result from crocodile feeding behavior, stone tool modification, and trampling. *FOROST (Forensic Osteology) Occasional Publications*, 3: 1-13.

Noto, C.R., Main, D.J. y Drumheller, S.K., 2012. Feeding traces and paleobiology of a Cretaceous (Cenomanian) crocodyliform: example from the Woodbine Formation of Texas. *Palaios*, 27: 105-115.

Novas, F.E., 1998. *Megaraptor namunhuaiquii*, gen. et sp. nov., a large-clawed, Late Cretaceous theropod from Patagonia. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18: 4-9.

Oporto Romero, F.E., Casal, G.A., De Sosa Tomas, A., Vallati, P., Cortés, M., Penayo, L. y Frías, M.D., 2019. Sedimentología y tafonomía de la paleoflora registrada en la Formación Lago Colhué Huapi (Grupo Chubut, Cretácico superior), Cuenca del Golfo San Jorge. En: *Jornadas de las Ciencias de la Tierra Dr. Eduardo Musacchio. Actas 7*: 31. Comodoro Rivadavia.

Paredes, J.M., Foix, N., Colombo Piñol, F., Nillni, A., Allard, J.O. y Marquillas, R., 2007. Volcanic and climatic control on fluvial style in a high energy systems: the Lower Cretaceous Matasiete Formation, Golfo San Jorge basin, Argentina. *Sedimentary Geology*, 202: 96-123.

Paredes, J.M., Allard, J.O., Foix, N., Álvarez, B., Olazábal, S.X., 2014. Sedimentología y perfiles de rayos gamma de la Formación Pozo D-129 (Aptiano) en la Sierra de San Bernardo, Chubut. En: *Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Actas 9*: 455-479. Mendoza.

Paredes, J.M., Foix, N. y Allard, J.O., 2016. Sedimentology and alluvial architecture of the Bajo Barreal Formation (Upper Cretaceous) in the Golfo San Jorge Basin: Outcrop analogues of the richest oil-bearing fluvial succession in Argentina. *Marine and Petroleum Geology*, 72: 317-335.

Pereda-Suberbiola, X., Astibia, H., Murelaga, X., Elorza, J.J. y Gómez-Alday, J.J. 2000. Taphonomy of the Late Cretaceous dinosaur-bearing beds of the Laño Quarry (Iberian Peninsula). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 157: 247-275.

Pirrone, C.A., Buatois, L.A., y Bromley, R.G., 2014. Ichnotaxobases for Bioerosion Trace Fossils in Bones. *Journal of Paleontology*, 88: 195-203.

Polonio, I. y López-Martínez, N., 2000. Análisis tafonómico de los yacimientos de Somosaguas (Mioceno medio, Madrid). *Coloquios de Paleontología*, 51: 235– 265.

Porfiri, J.D., Diniz dos Santos, D. y Calvo, J.O., 2007. Nueva información sobre *Megaraptor namunhuaiquii* (Theropoda: Tetanurae), Patagonia: consideraciones sobre aspectos paleoecológicos. *Arquivos do Museu Nacional, Río de Janeiro*, 65: 545-550.

Porfiri, J.D. y Diniz dos Santos, D., 2014. El enigma de los megaraptores. Desde la patagonia. *Difundiendo saberes*, 11: 2-5.

Powell, J.E., 1986. Revisión de los Titanosaurios de América del Sur. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, 340 pp. Inédita.

Powell, J.E., 2003. Revision of South American titanosaurid dinosaurs: palaeobiological, palaeobiogeographical, and phylogenetic aspects. *Records of the Queen Victoria Museum*, 111: 1-173.

Ramos, A. y Sopeña, A., 1983. Gravel bars in low sinuosity streams (Permian and Triassic, central Spain). En: *Modern and ancient fluvial systems*. IAS Special Publication, 6: 301-312.

Retallack, G.J., 1988. Field recognition of paleosols. En: *Paleosols and weathering through geologic time: Principles and Applications*. Geological Society of America Special Paper, 216: 1-20.

Retallack, G.J., Dugas, D.P. y Bestland, E.A., 1990. Fossil soils and grasses of a middle Miocene East African grassland. *Science*, 247: 1325-1328.

Rivera-Sylva, H.E., Hone, D.W. y Dodson, P., 2012. Bite marks of a large theropod on an hadrosaur limb bone from Coahuila, Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 64: 157-161.

Roberts, E.M., Rogers, R.R. y Foreman, B.Z., 2007. Continental insect borings in dinosaur bone: examples from the Late Cretaceous of Madagascar and Utah. *Journal of Paleontology*, 81: 201-208.

Sánchez, M. y Gómez, J., 2005. Análisis estratigráfico del Subgrupo Río Colorado en el sector este del departamento Confluencia (Neuquén, Argentina). En: Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Actas 6: 21. Mar del Plata.

Schwimmer, D.R. y Harrell, S.D., 2010. Trace fossils from both ends of Deinosuchus: Late Cretaceous estuarine crocodylian bite marks and coprolites from West Georgia. *Geological Society of America, Abstracts*, 42: 104.

Sciutto, J.C., 1981. Geología del codo del Río Senguerr, Chubut, Argentina. En: Congreso Geológico Argentino. Actas 8: 203–219. San Luis.

Sciutto, J.C., Césari, O. y Iantanos, N., 2008. Hoja Geológica 4569-IV, Escalante, provincia del Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 351, Buenos Aires, 76 p.

Serrano-Brañas, C.I., Espinosa-Chávez, B. y Maccracken, S.A., 2018. Insect damage in dinosaur bones from the Cerro del Pueblo Formation (Late Cretaceous, Campanian) Coahuila, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 86: 353-365.

Shipman, P., 1981. Application of Scanning Electron Microscopy to Taphonomic Problems. En: *The Research Potential of Anthropological Museum Collections*, New York, New York Academy of Sciences, 376: 357-86.

Smith D.G., 1986. Anastomosing river deposits, sedimentation rates and basin subsidence, Magdalena River, northwestern Colombia, South America. *Sedimentary Geology*, 46: 177-196.

Smith, D.G., 1987. Meandering river point bar lithofacies models: modern and ancient examples compared. En: *Recent Development in Fluvial Sedimentology*, 39: 83–91.

Storey, B.C., Vaughan, A.P.M., Millar, I.L., 1996. Geodynamic evolution of the Antarctic Peninsula during Mesozoic times and its bearing on Weddell Sea history. En: Storey, B.C., King, E.C., Livermore, R.A. Eds., *Weddell Sea Tectonics and Gondwana Break-up*, 108: 87-103.

Tapia, A., 1919. Una mandíbula de Dinosaurio procedente de Patagonia. *Revista de la Sociedad Argentina de Ciencias Naturales*, 4: 369-370.

Teruggi, M.E. y Rossetto, H., 1963. Petrología del Chubutiano del codo del río Senguerr. *Boletín de Informaciones Petroleras*, 354: 18-35.

Tomassini, R.L., Montalvo, C.I., Manera, T. y Oliva, C., 2010. Estudio tafonómico de los mamíferos pleistocenos del yacimiento de Playa del Barco (Pehuen Co), provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana*, 47: 137–152.

Umazano, A.M., Bellosi, E.S., Visconti, G. y Melchor, R.N., 2008. Mechanism of aggradation in fluvial systems influenced by explosive volcanism: an example from the Upper Cretaceous Bajo Barreal Formation, San Jorge Basin, Argentina. *Sedimentary Geology*, 203: 213-228.

Umazano, A.M., Bellosi, E.S., Visconti, G. y Melchor, R.N., 2012. Detecting allocyclic signals in volcanoclastic fluvial successions: facies, architecture and stacking pattern from the Cretaceous of central Patagonia, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 40: 94-115.

Vallati, P., Casal G.A., Foix N., Allard J.O., De Sosa Tomas A. y Calo M., 2016. Palinomorfos del Cretácico tardío en la cuenca del Golfo San Jorge: Interés bioestratigráfico, paleobiogeográfico y paleoecológico. En: *Jornadas Geológicas de la Cuenca del Golfo San Jorge. Actas 2*: 98-99. Comodoro Rivadavia.

Vallati, P., De Sosa Tomas, A., Casal, G.A., Calo, M., 2017a. Salviniales from the Late Cretaceous of the Golfo San Jorge Basin. *Cretaceous Research*, 74: 45–55.

Vallati, P., De Sosa Tomas, A., Casal, G.A., Calo, M., 2017b. El Bloom de Azolla (Helecho Mosquito) en el Cretácico Tardío de la Cuenca del Golfo San Jorge. En: *Jornadas de las Ciencias de la Tierra Dr. Eduardo Musacchio. Actas 5: 77–78. Comodoro Rivadavia.*

Vallati, P., De Sosa Tomas, A. y Casal, G.A., 2018. Primer registro de un paleoincendio en el Maastrichtiano de la Cuenca del Golfo San Jorge. En: *Jornadas de las Ciencias de la Tierra Dr. Eduardo Musacchio. Actas 6: 51-52. Comodoro Rivadavia.*

Vallati, P., De Sosa Tomas, A. y Casal, G.A., 2019. A Maastrichtian terrestrial palaeoenvironment close to the K/Pg boundary in the Golfo San Jorge basin, Patagonia, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 97: 102401.

Voohries, M.R., 1969. Taphonomy and population dynamics of an early Pliocene vertebrate fauna, Knox County, Nebraska. *University of Wyoming Contributions to Geology Special Paper*, 1: 1–69.

Wilberg, E.W., Turner, A.H. y Brochu, C.A. 2019. Evolutionary structure and timing of major habitat shifts in Crocodylimorpha. *Scientific Report*, 9: 1-10.

## **AGRADECIMIENTOS**

En todo el proceso de estudiar en la Uni quiero agradecer a:

A mi familia, a mi papá mamá y hermano por acompañarme

A mis amigos, de la vida, de la uni,

A Leo Balaguer, Ana María Gallardo,

A Natalia Tula

A Andrés Quinteros, Un abrazo grande

Agradezco además a la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco

Para la confección de este trabajo quiero agradecer a:

Dr. Gabriel A. Casal, Dr. Lucio M. Ibiricu

Téc. Marcelo Luna

Luis y Ricardo Kruger propietarios de estancia La María

Dr. Nicolás Foix

Geólogo Francisco Oporto

Geólogo Sebastián Bueti

Geólogo JuanManuel Turra

A los jurados del trabajo