



**Naturalis**

Repositorio Institucional  
<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar>

Universidad Nacional de La Plata  
Facultad de Ciencias Naturales y Museo



# Modelos de preservación ósea diferencial en la cuenca fluvial Salado-Coronda (provincia de Santa Fe) : tafonomía regional en perspectiva arqueológica

**Galligani, Paula E.**

Doctora en Ciencias Naturales

Dirección: Barrientos, Gustavo

Facultad de Ciencias Naturales y Museo  
2019

Acceso en:  
<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/id/20200305001706>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons  
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional



**Naturalis**

Repositorio Institucional  
FCNyM - UNLP

# MODELOS DE PRESERVACIÓN ÓSEA DIFERENCIAL EN LA CUENCA FLUVIAL SALADO-CORONDA (PROVINCIA DE SANTA FE): TAFONOMÍA REGIONAL EN PERSPECTIVA ARQUEOLÓGICA

Paula E. Galligani



Tesis Doctoral



Universidad Nacional de La Plata  
Facultad de Ciencias Naturales y Museo



Universidad Nacional de La Plata  
Facultad de Ciencias Naturales y Museo

MODELOS DE PRESERVACIÓN ÓSEA DIFERENCIAL EN LA  
CUENCA FLUVIAL SALADO-CORONDA (PROVINCIA DE SANTA FE):  

---

TAFONOMÍA REGIONAL EN PERSPECTIVA ARQUEOLÓGICA

Paula E. Galligani

Tesis para optar por el título de Doctora en Ciencias Naturales

Director: Gustavo Barrientos

2019

## AGRADECIMIENTOS

Esta parte es la más difícil de escribir (siempre pasa que te olvidás de alguien y, desde ya, pido disculpas por eso) pero también es la más importante ya que, sin la ayuda y el apoyo de las personas e instituciones que me acompañaron durante estos años, no hubiera sido posible ni siquiera empezar a escribir estos agradecimientos.

Antes que nada quiero agradecer a mi director, Gustavo Barrientos, quien no dudó cuando firmamos “contrato” por estos 5 años, en los que su apoyo y formación fueron incondicionales. Gracias Gustavo, por tu doble tachado rojo a tiempo, por las salidas al campo en pleno verano en el Barri-Gol, por tus comentarios y aportes indispensables, por tu amabilidad (que ya sabés cuándo se demuestra) y por la confianza y el aliento desde el primer día.

Gracias a mis amigos, colegas y compañeros de equipo: Julieta Sartori y Fernando Balducci, quienes además de su total apoyo y confianza, fueron colaboradores indispensables en las campañas y trabajos de laboratorio. Juli, gracias por trabajar codo a codo en esta familia que es el GIAN, por tu aliento diario y también por los análisis realizados, que son parte de esta investigación. Fer, tu agradecimiento va aparte. Gracias también a Juan Scartascini por compartir la ofi, soportar que hablemos fuerte y no dejar de alentarme en este camino. A mis elfas favoritas, quienes se ganaron un lugar en el GIAN y en mi corazón: Maqui (la Pochi one), April (la más grossa, gracias por ser mi RAE), Flor (la Dobby japonesa) y Agus (la mamá de Ramón), quienes colaboraron con los análisis, las campañas, los mates y, sobre todo, no dejaron de animarme; gracias infinitas. ¡Las quiero <3!

A las amigas que me regaló la facu: Belén Pereyra y Lucia Iannelli, incondicionales desde el primer día (Belu, literalmente, fue desde el día uno). Gracias por el aguante mutuo, desde siempre. Sé que cuento con ustedes, que más allá de que la facultad nos haya encontrado, esta amistad trasciende sus muros y nos seguiremos acompañando en lo que viene. A todos mis compañeros y compañeras, con quienes compartí cursadas y tardes de estudio, gracias por haber transitado conmigo este camino antropológico.

Un “Gracias Totales” a aquella/os colegas y amiga/os que son el premio más grande que me dejó este doctorado: Natalia Morales, Gimena Devoto, Anabella Sfeir y Víctor Martínez. Naty, ¿qué decirte? Mi segundo hogar durante estos años, donde siempre me sentí como en casa. Gracias eternas a vos y a Leo por abrirme sus puertas incondicionalmente, casi sin conocerme: saben que sin ustedes no hubiera sido posible. Gracias por sacarme una sonrisa los días grises, por alimentarme con tus guisos inigualables, por compartir birras y por cantar y bailar hasta la madrugada para distender esos días en los que no te aguantás ni sola. Gime y Ana... las sumo a mi eterno agradecimiento, no me alcanzan las palabras. Saben que sólo llegué hasta acá porque las tenía a ustedes, ¿no? Sin su apoyo y sin la comprensión que sólo ustedes pudieron haberme brindado (lo dije una y mil veces), no hubiera llegado hasta acá. Gracias por estar siempre y por transitar juntas este camino que se convirtió en una de las etapas más lindas de mi carrera. Vic, el último pero no menos importante de este grupo de “doctorandos”, el famoso colombiano de Olavarría, al que conocí en mi primer curso de posgrado, que se bañaba con agua fría en ese crudo invierno de 2014 y que confundió un nabo con una batata: sos un grosso, Vic, ¡sabelo! Gracias por venir de campaña y aportar tu conocimiento, por alojarme en tu casa, por traerme la compu en la que estoy escribiendo estos agradecimientos y, sobre todo, por tu amistad incondicional. A los cuatro, no hace falta más que decirles que son indudablemente lo mejor que me deja este doctorado.

Gracias a María Rosario Feuillet Terzaghi (Museo Arqueológico de Santo Tomé-MAST), por las imágenes e información brindada del sitio FP y, sobre todo, por permitirme analizar los restos óseos humanos del sitio RSCII, con el cual comencé a descubrir la tafonomía. Y gracias también a todos aquellos que participaron de las campañas y los análisis de algunos de los sitios que hoy hacen a esta investigación, con quienes compartí experiencias inolvidables: Bele, Fran, Santi, Daro, Fabri, Fede, Fer, Emi, Meli, San y Bren.

Gracias a aquellos colegas con los que hemos compartido encuentros durante estos años. A Bárbara Mazza, Anahí Hernández y a todos los compañeros de los diversos cursos de posgrado, con quienes compartí hermosas experiencias. Ani, gracias, además, por tu colaboración con las identificaciones de AC1. A los mejores ingenieros que conozco: Fabián Torres, Gaspar Arrieta y José Portmann, compañeros que conocí cursando Edafo y con los que construimos una linda amistad. José, un gracias especial por tu colaboración con los trámites que hicieron que pueda estar trabajando en Esperanza. Al genio internacional Miguel Delgado, otro colombiano grosso, por las charlas entre mates, cervezas y sandwichitos de bondiola; gracias por el aliento y por compartir mis días en el museo. A Luciana Catella, con quien también coincidimos en el lugar de trabajo (y en varios happy hour). Gracias, Lu, por tu apoyo y por hacerme sentir muy cómoda siempre. Gracias a los compañeros y compañeras de congresos, quienes hacen de esos encuentros momentos únicos. Resulta complicado nombrarlos sin olvidar a alguno pero gracias a todos aquellos que no dejaron de brindarme palabras de aliento.

A aquellos profesionales que colaboraron con información o con la realización de los diferentes análisis específicos. A Carlos Ceruti, por su buena predisposición ante mis pedidos por mail y por sus comentarios, datos e información brindados. A Vivian Scheinsohn, Lorena L'Heureux, Adolfo Gil y Alfredo Ausilio, por su amabilidad en responder a mis consultas. A los técnicos/as de los microscopios en los que pasé algunas horas durante estos años: Patricia Sarmiento (FCNyM-UNLP), Pablo Díaz y Pablo Risso (IFIR-CONICET), gracias por su interés y eficacia para que fuera posible la realización de los estudios histológicos. A Jorge Postma, por aportar su conocimiento y su paciencia ante mis visitas y llamadas reiteradas. A Fiorela Celoria por, nuevamente, trasladar las muestras de suelo. A los encargados de las colecciones de los museos que tuve el gusto de visitar y relevar, por su colaboración y su buen recibimiento: Alejandro Kramarz (Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”, CABA), Gabriel Cocco (Museo Etnográfico y Colonial Juan de Garay, Santa Fe) y Fernando Roggero (Museo Municipal José Manuel Maciel, Coronda).

Gracias también a toda la gente de Esperanza, que nos recibió de la mejor manera desde el primer día. A Adriana Robledo y a todo el equipo de Cultura de la Municipalidad, por su buena predisposición y su colaboración en las campañas. Al colegio “San José”, por otorgarnos su permiso. A Franca Biondi y Evangelina Giuliette, por recibirnos en el “Museo de la Colonización”. A Fabián Brunas y Hugo Galimberti, por atendernos cada vez que quisimos ingresar al campo, aunque fuese domingo a la mañana: gracias a ambos por su buena onda. A Yolanda y Rita, de la Casa de Retiro “Santa Catalina”, quienes nos trataron siempre muy bien, haciendo que todos los del grupo nos sintamos como en casa. A Ariel Manera, por ponerse en contacto y colaborar desinteresadamente con la arqueología de la zona.

Un gracias muy grande a Lili, Pelu, Silvia y Susana, las chicas de la Fundación Arqueológica del Litoral. Gracias por su apoyo económico y su acompañamiento continuo, sin los cuales la realización de esta investigación hubiera sido insostenible.

A Claudio Ñañez y a toda la comunidad Corondá, por permitirnos trabajar en conjunto en pos del conocimiento de nuestros Pueblos Originarios. Gracias, Claudio, por compartir con nosotros tu sabiduría y por tu buena predisposición.

A las amigas que me regaló la danza, que fueron (y son) mi cable a tierra esos días largos y ojerosos. Gracias totales a “Mia” amisocia Agus, por ser parte de mi vida, por bancarme en todas y por su colaboración indispensable en la maquetación de esta tesis. A mis males del alma: a Denu, la más mala del condado (quien hasta el día de hoy le dice “palita” al cucharín) y a Karu, por tantos momentos compartidos a lo largo de estos años, ¡gracias por reírnos tanto! A todas las “chamchus” que compartieron este camino conmigo, ¿Quiénes, más que ustedes, comprendieron tanto mis ausencias durante estos años? Gracias por sacarme siempre una sonrisa, aunque llegue cansada a los ensayos, y por quererme así como soy, con mi “pechito colorado”.

A mis amiga/os de la vida, quienes de una u otra manera estuvieron ahí, ya sea para animarme, reírnos un rato o simplemente entendiendo mis ausencias. A Na, Geor, Elu, Ro: gracias por estar siempre, por apoyarme en cada etapa de mi carrera y también por regalarme a mis sobris del alma. A la/os de la “Promo 2005” que siguen ahí, presentes siempre, aunque sea molestando por Whatsapp: Gonza, Machi, Neri, Jesi y toda la banda. Neri, un gracias especial por alcanzarme el agua desmineralizada. A Marcos, porque fue la antropología la que nos encontró, a pesar de haber sido vecinos toda la vida: gracias por hacer de diciembre el mes más divertido del año.

A mi familia, que fue mi soporte y que no dudó ni por un segundo que iba a lograr esto. Gracias eternas a mi mamá, mi papá y mi tía (“Tati” para los amigos). No sólo me han ayudado en cuestiones prácticas y económicas sino que también me han alentado en cada decisión, confiando en mí y comprendiendo mis ausencias por viajar y mi mal humor cuando las cosas no iban bien. Gracias a mi familia extensa, a mis abuelos, tíos y primos, por entender que los quiero igual, sin importar la distancia. A mi tía Marina y a la familia que adopté: Elsa, Inés, Lisandro y mi hermoso sobri Enzo, gracias por acompañarme en este recorrido, su confianza y apoyo fueron muy importantes para mí. ¡Gracias totales!

Un profundo, especial y eterno agradecimiento a mi compañero de vida, Fer. Cielo, ¿qué puedo decirte que no sepas? Gracias por tu apoyo, tu aliento, tu Paciencia (con mayúsculas), por acompañarme en este camino que, gracias a la vida, compartimos juntos. Gracias por bancarme con mis viajes y por acompañarme a la terminal esas madrugadas de frío, por tu asesoramiento y por ser parte fundamental de esta investigación, por trabajar codo a codo en las campañas, por las correcciones de redacción y por tu ayuda con la impecable elaboración de las referencias bibliográficas. Pero, sobre todo, gracias por tu amor incondicional, en los días alegres y en aquellos no tanto, siempre encontrando el modo de hacerme reír. Sabés muy bien que la arqueología no sería lo mismo sin vos y que seguramente yo no hubiera llegado hasta acá. ¡Un Gracias y un Te Amo gigantes!

Casi llegando al final, gracias a dos seres que estuvieron acompañándome durante gran parte de este trayecto, que no están hoy físicamente pero que siempre estarán en mi corazón. A mi nona, por ser una de las personas más importantes de mi vida desde el momento 0 de mi existencia: hasta en el sanatorio estábamos la compu, ella y yo. Y a Benja, que se acostaba al lado del teclado y no me dejaba escribir. Los llevo siempre conmigo <3.

Por último, quiero mencionar que la realización de esta tesis fue posible gracias al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y a la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad de La Plata, que me brindaron el financiamiento y el lugar de trabajo, respectivamente, otorgándome la posibilidad de llevar a cabo mi doctorado.

## RESUMEN

**E**n este trabajo se presentan los resultados de los estudios tafonómicos realizados sobre restos óseos, tanto humanos como de otros mamíferos de gran tamaño, recuperados en diferentes sitios arqueológicos del centro-este de la provincia de Santa Fe (República Argentina), específicamente en ambientes vinculados con la cuenca del río Salado del Norte (CSDO), el río Coronda (CCDA) y la llanura aluvial del río Paraná (LLAP).

Uno de los problemas más característicos del registro arqueológico de esta región — correspondiente a diferentes momentos del Holoceno tardío, entre *ca.* 2300 y 350 años AP— es de naturaleza tafonómica, más precisamente diagenética. Los restos óseos presentan un alto grado de fragmentación y deterioro a nivel superficial y estructural que no permite, en muchos casos, la realización de estudios específicos. Bajo el supuesto de que el estado de preservación de los huesos recuperados en el área no depende de condiciones estrictamente locales sino de procesos diagenéticos universales (*i.e.* pérdida y alteración del colágeno, incremento de la porosidad, pérdida y alteración del

componente mineral), cuya manifestación está determinada por factores comunes a ciertas zonas con características ambientales precisas, la presente investigación se enfocó desde la perspectiva teórico-metodológica de la tafonomía regional, cuyo objetivo es el reconocimiento de espacios dentro de los cuales hay mayores posibilidades para la depositación, enterramiento y preservación de los huesos. De este modo, pues, este trabajo tiene como objetivo especificar las condiciones que producen tasas aceleradas de destrucción del registro óseo e identificar aquellas áreas dentro de las cuales el potencial de preservación de los huesos es equivalente, mediante el uso de mapas predictivos y descriptivos.

Se planteó, entonces, una investigación en tres etapas: la primera de ellas orientada a la construcción de modelos espaciales predictivos acerca del estado de preservación general de los huesos, a partir del análisis espacial de propiedades específicas de los suelos; la segunda, centrada en la caracterización de los conjuntos óseos analizados en cada sitio muestreado, en términos del estado de

preservación superficial y estructural de los mismos, a diferentes niveles (macro, micro y submicroestructural); la tercera, finalmente, dedicada a la evaluación — mediante el uso de la evidencia empírica obtenida de los estudios llevados a cabo en la segunda etapa— de los modelos predictivos generados, y a su eventual reformulación.

Para la construcción de los modelos espaciales predictivos se utilizaron sistemas de información geográfica (SIG) e información ambiental obtenida de diferentes fuentes —mapas de suelo del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y del Instituto Geográfico Nacional (IGN)— y a distintas escalas (1:50.000, 1:250.000 y 1:500.000). A partir de los mismos, se elaboraron mapas —a través de la combinación de atributos edafológicos y de uso de la tierra (v.g. textura, drenaje, características químicas) que influyen en los procesos diagenéticos sufridos por los huesos depositados en el suelo (v.g. pérdida y alteración del colágeno, incremento de la porosidad, pérdida y alteración del componente mineral)— que permitieron establecer zonas con diferentes expectativas de preservación ósea.

En una segunda instancia, se realizó una caracterización de los conjuntos óseos a través del análisis de distintas

variables tafonómicas, específicamente postdepositacionales, que afectaron a los huesos de forma superficial (v.g. marcas y huellas), macroscópica (v.g. fracturas, disolución química) y microscópica (v.g. bioerosión). Los análisis se realizaron sobre los restos óseos humanos y arqueofaunísticos, correspondientes a mamíferos medianos y grandes, recuperados en distintos sectores del área de estudio, los cuales provienen de intervenciones realizadas en la región por diversos investigadores —incluidos aquellos pertenecientes al grupo de investigación de la autora— y aficionados durante los últimos 100 años.

El conjunto de los resultados obtenidos permitió detectar diferencias zonales en los grados y tipos de alteración diagenética de los huesos, coincidentes con las predicciones de uno de los modelos espaciales generados. En este sentido, el grado relativamente alto de ajuste entre las observaciones empíricas realizadas y las predicciones del denominado modelo 2A, que distingue entre suelos corrosivos y benignos para la preservación ósea sobre la base de una cantidad limitada de variables pedológicas/edafológicas de amplia disponibilidad, abre nuevas perspectivas no sólo para los estudios arqueológicos regionales, sino también para el manejo de los recursos de interés patrimonial.



## ABSTRACT

This paper presents the results of taphonomic studies carried out on bone remains from both human and large mammals, recovered at different archaeological sites in the east-central portion of the Santa Fe province (Argentina), specifically in the basin of the Salado del Norte River (CSDO), the Coronda River (CCDA) and the Paraná River Alluvial Plain (LLAP).

One of the most prominent features of the regional archaeological record, which is of a late Holocene age (*ca.* 2300-350 radiocarbon years BP), is the high degree of bone fragmentation and physicochemical deterioration that does not allow, in many cases, the realization of different specific studies. Under the assumption that the preservation state of the bones recovered in the area does not depend on strictly local conditions but on universal diagenetic processes (*i.e.* loss and alteration of collagen, increase in porosity, loss and alteration of the mineral component), whose manifestation is determined by factors common to certain areas with precise environmental characteristics, this

research was addressed from the theoretical-methodological perspective of the regional taphonomy, whose objective is the recognition of the spaces within which there are greater possibilities of bone deposition, burial and preservation. In this connection, this dissertation is aimed at specifying the conditions that promote accelerated rates of bone destruction as well as at identifying and mapping zones with equal or different potential for bone preservation.

The research was designed in three stages: the first one, dedicated to the construction of predictive spatial models about bone preservation based on the spatial analysis of specific properties of soils; the second one, centered on the characterization of the different bone assemblages included in this study in the terms of the structural preservation of the tissues at different levels (macro, micro and submicro); and the third one, dedicated to the empirical evaluation of the predictive models and to their eventual reformulation.

For the construction of spatial models, geographic information systems (GIS) and environmental information from different

sources were used. Each predictive map was elaborated through the combination of soil attributes and current land-use patterns influencing bone diagenetic processes like collagen loss and alteration, porosity increase, and mineral dissolution. The characterization of bone assemblages was carried out through the analysis of different macroscopic, microscopic and chemical variables.

The obtained results allowed to detect zonal differences in the degrees and types of

diagenetic alteration of the bones, coinciding with the predictions of one of the spatial models previously developed. The relatively high degree of adjustment between the empirical observations and the predictions of the so-called model 2A, which distinguishes between corrosive and benign soils on the basis of a limited amount of pedological variables, opens new perspectives not only for regional archaeological studies, but also for the management of patrimonial resources.



## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	I
RESUMEN .....	V
ABSTRACT .....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	1
PARTE I. MARCO CONCEPTUAL .....	6
1  LA PERSPECTIVA TAFONÓMICA EN ARQUEOLOGÍA .....	7
1.1  Conceptualización .....	7
1.2  Etapas y procesos tafonómicos.....	8
1.3  Breve reseña de las investigaciones tafonómicas en Argentina.....	12
1.4  La tafonomía regional.....	13
2  INTRODUCCIÓN AL TEJIDO ÓSEO Y A SUS FORMAS DE ALTERACIÓN EN DEPÓSITOS ARQUEOLÓGICOS	15
2.1  Estructura física y química del hueso .....	15
2.2  Factores de preservación ósea .....	16
2.2.1  Intrínsecos .....	17
2.2.2  Extrínsecos .....	18
2.2.3  Dependientes de eventos o procesos ocurridos con anterioridad al enterramiento ..	20
2.3  Modelos de alteración diagenética .....	21
2.4  El estudio arqueológico de la alteración diagenética en restos óseos humanos y faunísticos	26
PARTE II. EL ÁREA DE ESTUDIO .....	28
3  CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES .....	29
3.1  Delimitación del área de estudio .....	29
3.2  Geomorfología.....	29
3.3  Clima .....	31

---

3.4  Hidrografía.....	32
3.5  Edafología.....	35
3.6  Biogeografía .....	37
4  RECONSTRUCCIONES PALEOAMBIENTALES .....	40
5  ANTECEDENTES DE LAS INVESTIGACIONES ARQUEOLÓGICAS EN EL ÁREA.....	42
<b>PARTE III. CONSTITUCIÓN DE LA MUESTRA.....</b>	<b>48</b>
6  SITIOS ARQUEOLÓGICOS EXCAVADOS PREVIAMENTE .....	49
6.1  Río Salado-Coronda II (RSCII).....	49
6.2  Familia Primón (FP) .....	54
6.3  Campo Cervi (CC).....	58
6.4  Las Tejas (LT).....	61
6.5  Los Bañados (LB).....	66
7  PROSPECCIONES Y EXCAVACIONES RECIENTES .....	69
7.1  Prospecciones .....	69
7.2  Excavaciones en Arroyo Cululú 1 (AC1) .....	74
8  COLECCIONES DE MUSEOS .....	84
8.1  “Hombre Fósil” de Esperanza (HF).....	84
8.2  Villa Georgina (VG) .....	85
<b>PARTE IV. MODELOS ESPACIALES PREDICTIVOS DE PRESERVACIÓN ÓSEA.....</b>	<b>90</b>
9  SIG, SUELOS Y PROBABILIDADES DE PRESERVACIÓN DE HUESOS A LARGO PLAZO.....	91
9.1  Sistemas de Información Geográfica (SIG) en arqueología .....	91
9.2  El suelo y su rol en la preservación ósea .....	92
10  MODELO PREDICTIVO 1 (MP1).....	95
10.1  Introducción .....	95
10.2  Materiales y métodos.....	96
10.3  Resultados y discusión.....	96
11  MODELO PREDICTIVO 2 (MP2).....	99
11.1  Introducción .....	99
11.2  Materiales y métodos.....	99
11.2.1  Fuentes de datos .....	99
11.2.2  Variables utilizadas.....	100
11.2.3  Procedimientos para la generación de mapas predictivos.....	107

---

11.3  Resultados y discusión.....	108
<b>PARTE V. ANÁLISIS DE VARIABLES TAFONÓMICAS SOBRE RESTOS ÓSEOS .....</b>	<b>113</b>
12  MODIFICACIONES SUPERFICIALES Y MACROESTRUCTURALES .....	114
12.1  Introducción.....	114
12.2  Materiales y métodos.....	114
12.2.1  Marcas de roedores .....	114
12.2.2  Marcas de raíces.....	115
12.2.3  Depositación química de MnO <sub>2</sub> y CaCO <sub>3</sub> .....	116
12.2.4  Hoyos de disolución química (HDQ).....	118
12.2.5  Craquelado .....	119
12.2.6  Fracturas óseas .....	119
12.2.7  Otras modificaciones y adherencias superficiales.....	121
12.2.8  Análisis estadísticos .....	123
12.3  Resultados y discusión.....	123
13  MODIFICACIONES MICROESTRUCTURALES .....	144
13.1  Bioerosión ósea.....	144
13.1.1  Introducción .....	144
13.1.2  Materiales y métodos .....	148
13.1.3  Resultados y discusión.....	153
14  CONTENIDO Y CALIDAD DEL COLÁGENO.....	162
14.1  Introducción.....	162
14.2  Materiales y métodos.....	162
14.3  Resultados y discusión.....	163
<b>PARTE VI. INTEGRACIÓN DE RESULTADOS Y PERSPECTIVAS.....</b>	<b>166</b>
15  DISCUSIÓN GENERAL .....	167
15.1  Tesis principal.....	167
15.2  Tesis subsidiaria.....	171
15.3  Hacia un modelo diagenético regional .....	175
16  CONSIDERACIONES FINALES.....	178
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>181</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.2-1. Esquema teórico de estadios, procesos y dominios tafonómicos.....	11
Figura 1.4-1. Representación esquemática de una región tafonómica y de los mapas derivados de su estudio.....	14
Figura 2.1-1. Niveles jerárquicos de la estructura ósea (tomada de Barrientos <i>et al.</i> 2016). ..	16
Figura 2.3-1. Modificaciones generadas por los diversos procesos tafonómicos, en las diferentes escalas estructurales del hueso.....	22
Figura 2.3-2. Tipos diagenéticos establecidos por Smith <i>et al.</i> 2007; los conectores indican la fortaleza de las relaciones entre los mismos. ....	23
Figura 2.3-3. Diagrama que indica la distribución del tamaño de la porosidad ósea en relación con cada tipo diagenético (modificado a partir de Smith <i>et al.</i> 2007). ....	24
Figura 2.3-4. Modelo de diagénesis, excluyendo la hidrólisis acelerada del colágeno (Tipo diagenético 2; Nielsen-Marsh <i>et al.</i> 2007).....	25
Figura 3.1-1. A) Delimitación del área de estudio; B) sectorización del área de estudio.....	30
Figura 3.2-1. Sectores del Sistema Eólico Pampeano (SEP). ....	31
Figura 3.2-2. Perfil esquemático representativo de la FPL (Faja Periférica de Loess) (modificado de Brunetto <i>et al.</i> 2017). ....	31
Figura 3.3-1. Mapa climático de la provincia de Santa Fe y localización del área de estudio en el mismo.....	32
Figura 3.4-1. Cuencas hídricas de la provincia de Santa Fe; fuente: servicio WMS ofrecido por la Infraestructura de Datos Espaciales de la provincia de Santa Fe (IDESF).....	33
Figura 3.4-2. Cuencas y sub-cuencas comprendidas en el área de estudio.....	34
Figura 3.5-1. Mapa de suelos de la provincia de Santa Fe, clasificado a nivel de Orden; fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).....	36
Figura 3.5-2. Mapa de suelos del área de estudio, clasificado a nivel de gran grupo; fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).....	36

Figura 3.6-1. A) Ecorregiones de la provincia de Santa Fe; fuente: Burkart <i>et al.</i> 1999; B) mapa de unidades de vegetación de la Argentina; fuente: Oyarzabal <i>et al.</i> 2018. En ambos mapas se indica la localización del área de estudio.....	38
Figura 5-1. Izquierda) Joaquín Frenguelli (1883-1958); fuente: Abad de Santillán (1971); derecha) Milcíades Alejo Vignati (1895-1978); fuente: Raffino (2006).....	42
Figura 5-2. Ornamentos zoomorfos hallados en el sitio Las Tejas, típicos de la cuenca del río Paraná; fuente: Serrano (1931). ....	43
Figura 5-3. Izquierda: Antonio Serrano (1899-1982); fuente: Bonomo 2012; derecha: Carlos Natalio Ceruti; fuente: Vitores <i>et al.</i> (2010). ....	44
Figura 6-1. Localización de los sitios arqueológicos excavados previamente en el área de estudio. ....	49
Figura 6.1-1. Izquierda) Localización del sitio Río Salado-Coronda II (RSCII) en el área de estudio; derecha) imagen satelital de la zona donde se emplaza el sitio. ....	50
Figura 6.1-2. Arriba) Planta del sitio RSCII; A) vista del sitio; B) vista del área de entierros (fotografías: M. R. Feuillet Terzaghi). ....	51
Figura 6.1-3. Planta del área de entierros del sitio RSCII, en la cual se encuentran diferenciadas las áreas ocupadas por entierros primarios, entierros secundarios y conjuntos discretos constituidos por dispersiones y acumulaciones secundarias de huesos humanos (tomada de Galligani 2013). ....	52
Figura 6.1-4. Imagen del perfil de suelo del sitio RSCII. ....	52
Figura 6.1-5. Modelo de distribución espacial de los valores de fósforo extraíble (Pe) en partes por millón (ppm), con indicación del perímetro calculado como límite del área de entierro sobre la base de 235 ppm de Pe y 235 ppm corregido (tomada de Galligani <i>et al.</i> 2019a)....	53
Figura 6.1-6. Planta del área de entierros del sitio RSCII indicando en color los rasgos seleccionados para el análisis tafonómico. ....	54
Figura 6.2-1. Izquierda) Localización del sitio arqueológico Familia Primón (FP), en el área de estudio; derecha) imagen satelital de la zona donde se emplazan los sectores del mismo.....	55
Figura 6.2-2. A y B) vistas de la excavación de FP1, en el año 2004, fotografías cedidas por M. R. Feuillet Terzaghi; C) vista de la excavación de FP2, en diciembre de 2013; D) vista de las cuadrículas excavadas en 2014 (FP3), fotografías tomadas de Balducci 2014. ....	55
Figura 6.2-3. Planta del área de entierros del sector FP1; se indican en rojo las orientaciones de los entierros primarios que pudieron ser delimitados. ....	57
Figura 6.2-4. Imagen del perfil de suelo del sitio FP. ....	58
Figura 6.3-1. Izquierda) Localización del sitio Campo Cervi (CC) en el área de estudio; derecha) imagen satelital de la zona donde se emplaza el sitio.....	59
Figura 6.3-2. A) Planta y B) fotografía del sitio CC (modificada de Galligani <i>et al.</i> 2015)....	60
Figura 6.3-3. Imagen del perfil de suelo del sitio CC. ....	61

- Figura 6.4-1. Izquierda) Localización del sitio Las Tejas (LT) en el área de estudio; derecha) imágenes satelitales de la isla homónima en períodos de bajante (arriba) y de crecida (abajo)..62
- Figura 6.4-2. Promedio mensual de las alturas del río Paraná medidas en la estación de Paraná (Entre Ríos) durante el período enero 1904 - agosto 2017; la línea horizontal anaranjada indica la altura a la que se inunda completamente el sitio LT (fuente: <http://fich.unl.edu.ar/cim/alturas-río-parana>).....62
- Figura 6.4-3. Imagen del conjunto óseo cubierto con ocre recuperado por el equipo de FUNDARQ en el sitio LT, en el año 1995 (FUNDARQ 1995). .....63
- Figura 6.4-4. A) vista del sitio LT, fotografías: J. Sartori; B) vista al riacho Las Tejas desde el sitio; C) planta del sitio LT, modificada de Sartori (2013).....64
- Figura 6.4-5. Imagen del perfil de suelo del sitio LT. ....65
- Figura 6.5-1. Izquierda) Localización del sitio Los Bañados (LB) en el área de estudio; derecha) imágenes satelitales del sitio en períodos de bajante (arriba) y de inundación (abajo). .....66
- Figura 6.5-2. Imágenes del sitio LB: A) vista hacia la laguna Coronda; B) materiales en superficie y semi-enterrados; fotografías: J. Sartori. ....67
- Figura 6.5-3. Promedio mensual de las alturas del río Paraná medidas en la estación de Paraná (Entre Ríos) durante el período enero 1904 - agosto 2017; la línea horizontal anaranjada indica la altura a la que se inunda completamente el sitio LB (fuente: <http://fich.unl.edu.ar/cim/alturas-río-parana>).....67
- Figura 7.1-1 A) Recorrido realizado en noviembre del año 2015; B) vista de la margen derecha del arroyo Cululú, a la altura del Puente de Hierro.....70
- Figura 7.1-2. A) Recorrido realizado en diciembre de 2015; B) Vista del arroyo Colastiné en el puente a la altura de San Carlos Centro; C) prospectando las márgenes del arroyo Colastiné.....70
- Figura 7.1-3. A) Vista del arroyo Colastiné en el puente 3 km al sur de Gessler, en diciembre de 2015; B) nivel de agua del arroyo a *ca.* 4 m. ....70
- Figura 7.1-4. A) Mapa original publicado por Castellanos (1924) de los hallazgos y perfiles realizados en ambas márgenes del río Salado y el arroyo Cululú (lugares indicados por números dentro de círculos y números solos, respectivamente); B) ubicación aproximada de los hallazgos referidos por Castellanos (1924) en un mapa actual de la zona (tomada de Galligani *et al.* 2016). ....71
- Figura 7.1-5. Recorridos realizados en enero (A) y diciembre (B) del año 2016 por la margen derecha del arroyo Cululú y el río Salado. ....71
- Figura 7.1-6. A) Vista del sitio LA1; B) hornito de tierra cocida hallado en el mismo.....72
- Figura 7.1-7. Perfiles realizados a la largo del arroyo Cululú y el río Salado por Castellanos (1924): A) perfil N° 5, Lam. IV-Fig 2; C) perfil N° 26, Lam V-Fig.2; y durante la realización de esta tesis: B) perfil del arroyo Cululú a la altura del sitio AC1; D-F) perfiles sobre el río Salado. ....73
- Figura 7.1-8. Localización de la toma de muestras de sedimento para análisis comparativos, en blanco muestras tomadas en septiembre y en amarillo en diciembre de 2018. ....74

Figura 7.2-1. Izquierda) Localización del sitio Arroyo Cululú 1 (AC1) en el área de estudio; derecha) imágenes satelitales de la zona donde se emplaza el sitio en período de inundación (arriba) y de sequía (abajo). .....	75
Figura 7.2-2. Vistas del sitio AC1 (izquierda) y de los materiales en superficie y semi-enterrados (derecha). .....	75
Figura 7.2-3. Planta del sitio AC1, localización de los hallazgos y esquema de los entierros humanos recuperados.....	76
Figura 7.2-4. Izquierda) Imágenes de la cuadrícula 1 del sitio AC1 durante su excavación; derecha) fotografía (arriba) y esquema (abajo) del entierro secundario hallado en la misma. 76	76
Figura 7.2-5. Representación de las partes esqueletarias de: A) entierro secundario (E1) y B) entierro secundario (E2), ambos hallados en el sitio AC1. ....	77
Figura 7.2-6. Izquierda) Esquema del entierro secundario (E2) hallado en la cuadrícula 2 del sitio AC1; derecha) fotografías del mismo. ....	79
Figura 7.2-7. Mandíbula del entierro 2 (C2), correspondiente a un individuo adulto femenino. 79	79
Figura 7.2-8. A) Imagen del ajuar funerario, constituido por un plato de cerámica y valvas de moluscos, que cubría el entierro del infante (E3) hallado en la cuadrícula 2 del sitio AC1; B) fotografía del entierro durante su excavación; C) reconstrucción esquemática en sus diferentes niveles, con la ubicación de los fragmentos cerámicos y la valva de <i>Diplodon</i> sp. ....	80
Figura 7.2-9. Representación de las partes esqueletarias del entierro del infante (E3). ....	81
Figura 7.2-10. Mandíbula del infante (E3, C2, sitio AC1) con detalle de las huellas de corte halladas. 82	82
Figura 7.2-11. Imágenes de los entierros 3 (A) y 1 (B), indicando el límite del sedimento oscuro que los contiene. ....	82
Figura 7.2-12. Imagen del perfil de suelo del sitio AC1. ....	83
Figura 8-1. Localización de los restos óseos humanos correspondientes a las colecciones de museos consultadas en el área de estudio. ....	84
Figura 8.1-1. Localización del perfil del hallazgo del Hombre Fósil de Esperanza (HF) en el mapa de Castellanos (1924). ....	86
Figura 8.1-2. Izquierda) Localización estimada de los restos pertenecientes a la colección Hombre Fósil (HF) en el área de estudio; derecha) imagen satelital de la zona donde se hallaron los restos mencionados. ....	86
Figura 8.1-3. Comparación de fotografías propias tomadas de la colección HF e imágenes publicadas en el trabajo de Vignati (1934). ....	87
Figura 8.2-1. Izquierda) Localización de los restos pertenecientes al entierro hallado en Villa Georgina (VG) en el área de estudio; derecha) imagen satelital de la zona donde se hallaron los restos mencionados. ....	88
Figura 8.2-2. Izquierda) Esquema del entierro hallado en Villa Georgina por los Lic. Ceruti y Cocco en 1995 (Ceruti 1995b). ....	88

Figura 10.1-1. Definición de las categorías de suelo de acuerdo a la preservación de los materiales enterrados (modificado de Kibblewhite <i>et al.</i> 2015). .....	96
Figura 10.3-1. Mapas finales de los suelos del área de acuerdo a la clasificación FAO (izquierda) y el tipo de preservación esperada para restos óseos (derecha). .....	97
Figura 11.2.2-1. Mapas de rangos de pH de los suelos del área: izquierda) horizonte A; derecha) horizonte B. ....	100
Figura 11.2.2-2 Mapa de contenido de calcio de los suelos del área. ....	101
Figura 11.2.2-3. Mapa de sodicidad de los suelos del área. ....	102
Figura 11.2.2-4. Mapa de los tipos de drenaje relevados en los suelos del área. ....	102
Figura 11.2.2-5. Mapa del porcentaje de materia orgánica (MO) contenido en los suelos del área. ....	103
Figura 11.2.2-6. Mapa de la composición textural de los suelos del área. ....	104
Figura 11.2.2-7. Mapa de clasificación de los suelos del área según su uso/cobertura. ....	106
Figura 11.2.3-1. Esquema de la conversión a <i>raster</i> realizada para los mapas generados en formato vectorial. ....	107
Figura 11.3-1. Mapas finales de cada una de las variables que actúan negativamente en relación a la preservación ósea: pH, calcio, sodicidad, drenaje, materia orgánica, textura y uso actual del suelo. ....	109
Figura 11.3-2. Modelo 2A, logrado a partir de la combinación de las cuatro variables correspondientes a suelos corrosivos ( <i>sensu</i> Nielsen-Marsh <i>et al.</i> 2007): A) especificación de las variables activas en cada uno de los polígonos; B) suma total de variables negativas. ...	110
Figura 11.3-3. Mapas logrados a partir de la combinación de todas las variables que actúan negativamente respecto de la preservación ósea: A) especificación de las variables activas en cada uno de los polígonos; B) suma total de variables negativas. ....	111
Figura 11.3-4. Modelo 2B, logrado a partir de la combinación de la totalidad de las variables negativas medidas en el suelo (Figura 11.3-3) adicionándose la capa de uso actual del suelo. ....	112
Figura 12.2.2-1. Ilustración esquemática de los tipos de marcas de raíces relevados: 1) patrón dendrítico; 2) marcas lineales sin remoción superficial; 3) marcas lineales con remoción superficial; 4) hoyos; 5) perforaciones. ....	116
Figura 12.2.3-1. Ilustración esquemática de los estadios de depositación química de $MnO_2$ . ....	117
Figura 12.2.4-1. Ejemplo de un estadio avanzado de hoyos de disolución química (HDQ). ....	118
Figura 12.2.5-1. Ilustración esquemática del efecto craquelado. ....	119
Figura 12.2.6-1. Variables morfológicas relevadas en las fracturas óseas: A) ángulo; B) filo; C) perfil; D) fragmentación de la diáfisis; E) circunferencia de la diáfisis. ....	122
Figura 12.3-1. Porcentajes de presencia de las variables tafonómicas analizadas sobre los huesos humanos; se diferencian las zonas por color: rojo= margen derecha del río Coronda (CCDA); verde= llanura aluvial del río Paraná (LLAP); celeste= cuenca del río Salado (CSDO). ....	124

Figura 12.3-2. Porcentajes de presencia de las variables tafonómicas analizadas sobre los restos arqueofaunísticos; se diferencian las zonas por color: rojo= margen derecha del río Coronda (CCDA); verde= llanura aluvial del río Paraná (LLAP); celeste= cuenca del río Salado (CSDO).....	124
Figura 12.3-4. Porcentajes de superficie afectada por marcas de raíces en los restos óseos humanos de cada uno de los sitios analizados: 1) 100%; 2) más del 50%; 3) menos del 50%; 4) ausencia.....	125
Figura 12.3-3. Porcentajes de presencia de marcas de raíces en los restos óseos analizados.	125
Figura 12.3-5. Marcas y efectos de raíces halladas en los restos óseos humanos analizados; A) tipo 1 (costilla del infante del sitio AC1 y pelvis del sitio FP); B) tipo 2 (hueso largo del sitio FP); C) tipo 3 (huesos largos del sitio FP); D) tipo 4 (huesos largos del sitio CC y cráneo del sitio FP); E) tipo 5 (huesos largos de los sitios FP y CC).....	126
Figura 12.3-6. Proporciones de los diferentes tipos de marcas de raíces en los restos óseos humanos con presencia de este rasgo, en cada uno de los sitios estudiados.....	127
Figura 12.3-7. Proporciones de los diferentes tipos de marcas de raíces en los restos óseos faunísticos con presencia de este rasgo, en cada uno de los sitios estudiados.....	127
Figura 12.3-8. Ejemplos de raíces de diferente tamaño aún adheridas a los restos óseos del sitio FP. .	128
Figura 12.3-9. Presencia de raíces de árboles directamente relacionados con los huesos, en tres de los sitios arqueológicos abordados, A-B) Familia Primón; C-D) Campo Cervi; E-F) Arroyo Cululú 1.....	129
Figura 12.3-10. Imágenes de depositación química de MnO <sub>2</sub> en huesos del sitio CC. ....	130
Figura 12.3-11. Estadios de depositación química de MnO <sub>2</sub> en los restos óseos humanos de cada uno de los sitios analizados. ....	130
Figura 12.3-12. Porcentajes de presencia de MnO <sub>2</sub> en los restos óseos analizados. ....	131
Figura 12.3-13. Porcentajes de presencia de CaCO <sub>3</sub> en los restos óseos analizados. ....	131
Figura 12.3-14. Imágenes de huesos humanos con depositación de CaCO <sub>3</sub> , correspondientes a la colección HF, localizada en la cuenca del río Salado. ....	132
Figura 12.3-15. Porcentajes de presencia de hoyos de disolución química (HDQ) en los restos óseos analizados.....	132
Figura 12.3-16. Porcentajes de los estadios de hoyos de disolución química relevados en los restos óseos humanos de cada uno de los sitios analizados. ....	134
Figura 12.3-17. Elementos con diferentes estadios de disolución química (HDQ): A) estadio 2 (húmero del sitio LB); B) estadio 3 (hueso largo del sitio CC); C) estadio 4 (hueso largo del sitio CC).....	134
Figura 12.3-18. Ejemplos de visualización del efecto craquelado en diferentes elementos: A) fémur del sitio FP en estadio 4; B) pelvis de la colección HF en estadio 2; C) cráneo del sitio FP en estadio 3. ....	135

- Figura 12.3-19. Porcentaje de la distribución de los estadios de craquelado en los restos humanos de los sitios analizados: 1) ausencia; 2) presencia de craquelado en algunas porciones del hueso pero la mayor parte de la superficie cortical permanece intacta; 3) la mayor parte de la superficie cortical ha sido afectada por craquelado pero aún no hay desprendimiento de tejido cortical; 4) toda la superficie se presenta craquelada, con pérdidas de porciones de tejido cortical.....136
- Figura 12.3-20. Frecuencias de ángulos y perfiles de fractura de cada uno de los sitios arqueológicos analizados. ....137
- Figura 12.3-21. Relación circunferencia-fragmentación de la diáfisis del total de las fracturas analizadas, para cada uno de los sitios arqueológicos. ....138
- Figura 12.3-22. Representación esquemática de los 3 tipos de fracturas halladas: completa oscura, de origen antiguo (izquierda); incompleta (centro); completa clara, de origen reciente (derecha); debajo se indica la gama de colores que se esperaría hallar para cada una de ellas, a partir del análisis de color RGB. ....139
- Figura 12.3-23. Distribución de las fracturas oscuras (O), intermedias (I) y claras (C), en cada uno de los sitios analizados, a partir del análisis de agrupamiento de medias K (tomada de Galligani 2017). ....140
- Figura 12.3-24. A) Depositación de óxido de hierro en una pelvis; B) sales en el extremo proximal de una tibia; C) marcas de pisoteo en una diáfisis de tibia; D) presencia de algas de color verdoso en un hueso de arqueofauna; todos correspondientes al sitio LB (LLAP).....141
- Figura 12.3-25. Arriba) *Limnoperna fortunei* adherida a un hueso largo del sitio LB; Abajo) imágenes de este bivalvo. ....142
- Figura 12.3-26. Falange con depositación de ocre color rojo y amarillo, perteneciente al sitio LTM (LLAP).....142
- Figura 12.3-27. Porcentajes de presencia de las variables tafonómicas agrupadas por zonas establecidas *ad hoc*: CCDA=Margen derecha del río Coronda; CSDO=Cuenca del río Salado; LLAP= Llanura Aluvial del río Paraná.....143
- Figura 13.1.1-1. Representación esquemática de los tres tipos de destrucciones focales microscópicas no Wedl (DFMNW): 1) lineal longitudinal, 2) florecida y 3) laminada (tomada de Galligani *et al.* 2019b).....145
- Figura 13.1.1-2. Representación de una DFMNW de tipo florecida, donde se aprecia la porosidad esponjiforme submicrónica característica del ataque bacteriano (tomada de Galligani *et al.* 2019b) .....146
- Figura 13.1.2-1. Pasos seguidos para el corte, limpieza y observación de las muestras óseas en el MEB (modificada de Morales *et al.* 2018b).....151
- Figura 13.1.2-2. Variables utilizadas para calcular el Índice de Preservación Macroestructural (IPM): A) craquelado; B) hoyos de disolución química (HDQ); C) fracturas/fisuras (F/F); D) pérdida de resistencia a la tracción (PRT) (tomada de Galligani *et al.* 2019b) .....152

- Figura 13.1.3-1. Ejemplos de imágenes obtenidas con los diferentes microscopios utilizados para el análisis: A) *Philips XL 30* (Museo Argentino de Ciencias Naturales; Buenos Aires); B) *Leitz AMR 1000* (Instituto de Física Rosario; Rosario); C) *FEI Quanta 200* (Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido, Instituto de Física Rosario; Rosario); D) *Jeol JSM-6360LV* (Servicio de Microscopía Electrónica de Barrido, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata; La Plata). .....154
- Figura 13.1.3-2. Ejemplos de los extremos del índice histológico hallados en las muestras analizadas: A-C = muy buena preservación (IHO= 4); A) FP-N°17, MEB: *FEI Quanta 200*; B) LT-N°7, MEB: *FEI Quanta 200*; C) RSCII-N°27, MEB: *Philips XL 30*; E-F = muy mala preservación (IHO= 0); D) AC1-N°21, MEB: *FEI Quanta 200*; E) CC-N°4, MEB: *Leitz AMR 1000*; F) RSCII-N°26, MEB: *Philips XL 30*. .....156
- Figura 13.1.3-3. Distribución de frecuencias de los valores del IHO, discriminadas por categorías *ad hoc*. .....157
- Figura 13.1.3-4. Ejemplos de bioerosión: A) micrografía que muestra los tres tipos de DFMNW: (1) lineal longitudinal, (2) florecida, (3) lamelada; también se observan huecos vacíos entorno a los canales de Havers (FP-N°17, MEB: *FEI Quanta 200*); B) túneles con morfología y orientación atípicas (flechas) (FP-N°17, MEB: *Leitz AMR 1000*) (tomada de Galligani *et al.* 2019b). .....157
- Figura 13.1.3-5. Ejemplos de microfisuras diagenéticas: A) radial, que une los bordes de los osteones secundarios (LT-N°7); B) radial, desde el canal de Havers hacia el exterior (AC1-N°22); C) circunferencial (FP-N°17); MEB: *FEI Quanta 200*. .....158
- Figura 13.1.3-6. Estructuras fúngicas: A) LB-N°13, MEB: *Leitz AMR 1000*; B) RSCII-N°27, MEB: *Jeol JSM-6360LV*; C) RSCII-N°25, MEB: *FEI Quanta 200*; D) RSCII-N°27, MEB: *FEI Quanta 200*. .....159
- Figura 13.1.3-7. Distribución de los valores del IHO en las muestras humanas (izquierda) y faunísticas (derecha) en cada uno de los sitios analizados. ....159
- Figura 13.1.3-8. Gráfico bivariado de las dos primeras coordenadas resultantes de un análisis de escalamiento multidimensional no métrico, relacionando las seis variables ordinales (el IHO y las cinco variables que describen la preservación macroestructural). MEBP = macroestructura bien preservada; MEMP = macroestructura mal preservada; HMP = histología mal preservada; HBP = histología bien preservada; CCDA = margen derecho del río Coronda; LLAP = llanura aluvial del río Paraná; CSDO = cuenca del río Salado (modificada de Galligani *et al.* 2019b). .....160
- Figura 14.3-1. A) Relación entre contenido de C (%) y colágeno (%); B) relación entre contenido de colágeno (%) y razón C/N; C) relación entre la razón C/N y  $\delta^{13}C$ ; D) relación entre contenido de C (%) y razón C/N (van Klinken 1999). Se indica con estrellas la ubicación de los valores obtenidos de las muestras propias analizadas: AC1 (roja), FP (celeste), LB (verde) y LT (violeta). .....164
- Figura 15.1-1. Resultado del análisis de medias k (*k-means*) efectuado sobre los valores porcentuales de representación de las cuatro variables de alteración diagenética macroscópicas analizadas (M.Ra = marcas de raíces, HDQ = hoyos de disolución química; craq = craquelado; M.Ro = marcas de roedores). .....168

- Figura 15.1-2. A y B, diagramas de dispersión de las coordenadas resultantes del análisis de escalamiento multidimensional no métrico (índice de similitud Manhattan, sistema de coordenadas tridimensional; Borg y Groenen 2005) realizado a partir de los valores porcentuales de representación de las cuatro variables de alteración diagenética macroscópicas analizadas (marcas de raíces, hoyos de disolución química, craquelado y marcas de roedores). Las líneas que conectan los puntos correspondientes a cada sitio representan el árbol de expansión mínima (*minimum spanning tree*). En A, la franja gris corresponde a un área de superposición de zonas ambientales en el espacio bivariado.....169
- Figura 15.1-3. Relación entre la Coordenada 1 del escalamiento multidimensional y el %CaCO<sub>3</sub> depositado sobre los huesos. La franja de coloración más oscura corresponde a un área de superposición de zonas ambientales en el espacio bivariado.....169
- Figura 15.1-4. Relación entre la Coordenada 1 del escalamiento multidimensional y el contenido de colágeno de los huesos. ....170
- Figura 15.1-5. Relación entre la Coordenada 1 del escalamiento multidimensional y el ordenamiento establecido a partir de la mediana del IHO calculada para cada sitio. La franja de coloración más oscura corresponde a un área de superposición de zonas ambientales en el espacio bivariado. ....170
- Figura 15.2-2. Mapas generados por interpolación a partir de los valores porcentuales de cada variable analizada. A la izquierda de la línea de puntos se muestran las variables que implican daño a los huesos (marcas de roedores, marcas de raíces, hoyos de disolución química y craquelado) y, a la derecha, aquellas que registran condiciones del entorno (CaCO<sub>3</sub> y MnO<sub>2</sub>). ....173
- Figura 15.2-3. Mapas generados por interpolación a partir de A) los datos de la Coordenada 1 del análisis de escalamiento multidimensional no métrico realizado en base a las variables de preservación macroestructural B) la mediana del IHO para cada sitio estudiado. ....174
- Figura 15.3-1. Modelo de diagénesis expuesto en el Apartado 2.3 (Figura 2.3-4), en el cual se resaltan en verde los factores y procesos que habrían determinado el estado de preservación de los restos óseos recuperados en los diferentes sitios y zonas del área de estudio.....175

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1. Esquema de las oscilaciones climáticas acontecidas durante el Holoceno (modificado de Balducci 2014). .....	41
Tabla 6.1-1. NME de los restos humanos del sitio RSCII seleccionados para el análisis. ....	54
Tabla 6.2-1. NISP y NME de los restos humanos del sitio FP. ....	59
Tabla 6.3-1. NISP y NME de los restos humanos del sitio CC. ....	60
Tabla 6.4-1. NISP y NME de los restos humanos hallados en el sitio LT en la campaña de 1995, alojados en el Museo Municipal José Manuel Maciel (colección LTM, Museo Municipal José Manuel Maciel, Coronda, Santa Fe). ....	64
Tabla 6.4-2. NISP y NME de los restos humanos del sitio LT recuperados en el año 2012. ....	65
Tabla 6.5-1. NISP y NME de los restos humanos del sitio LB. ....	68
Tabla 7.1-1. Comparación de los valores de pH obtenidos a partir de mediciones propias y de los datos brindados por los mapas de suelo del INTA de la provincia de Santa Fe (escala 1:50.000); se comparan también las clasificaciones a las que se llegó desde las dos fuentes de datos, resaltándose en amarillo las disidencias. ....	74
Tabla 7.2-1. NISP y NME de los restos que componen el entierro secundario hallado en la cuadrícula 1 (E1) del sitio AC1. ....	77
Tabla 7.2-2. NISP y NME de los restos que componen el entierro secundario adulto (E2) hallado en la cuadrícula 2 del sitio AC1. ....	78
Tabla 7.2-3. NISP y NME de los restos que componen el entierro del infante (E3) hallado en la cuadrícula 2 del sitio AC1. ....	81
Tabla 7.2-4. Elementos humanos del sitio AC1 sobre los que se analizaron las variables tafonómicas. ....	83
Tabla 8.1-1. Elementos óseos pertenecientes a la colección HF, alojada en el Museo Argentino de Ciencias Naturales (CABA). ....	85
Tabla 8.2-1. NISP y NME de la colección VG, alojada en el Museo Etnográfico y Colonial Juan de Garay (Santa Fe). ....	89

Tabla 10.2-1. Conversión de los suelos del sistema USDA a la clasificación FAO (Fadda 2005; Rozas López 2010). .....	97
Tabla 12.3-1. Frecuencias y porcentajes de presencia de cada una de las variables tafonómicas analizadas sobre los restos óseos humanos; HDQ = Hoyos de disolución química. ....	124
Tabla 12.3-2. Frecuencias y porcentajes de presencia de cada una de las variables tafonómicas analizadas sobre los restos arqueofaunísticos; HDQ = hoyos de disolución química. ....	124
Tabla 12.3-3. Resultados de las variables morfológicas relevadas en las fracturas de los huesos largos analizados. ....	137
Tabla 12.3-4. Comparaciones múltiples de las frecuencias de cada variable entre zonas ambientales: M.Ro = Marcas de roedores; M.Ra = Marcas de raíces; HDQ = Hoyos de disolución química; CRAQ = Craquelado; CCDA = Margen derecha del río Coronda; CSDO = Cuenca del río Salado; LLAP = Llanura Aluvial del río Paraná (prueba de Kruskal-Wallis y análisis <i>post-hoc</i> basado en comparaciones múltiples a partir de la suma de rangos).....	143
Tabla 13.1.2-1. Muestras seleccionadas para el análisis histológico: N° de identificación, sitio, determinación taxonómica y anatómica, tipo de entierro en el caso de las muestras humanas y MEBs utilizados para las observaciones.....	149
Tabla 13.1.2-2. Valores del Índice Histológico de Oxford (IHO) (Hedges <i>et al.</i> 1995). ....	152
Tabla 13.1.3-1. Resultados obtenidos de las variables medidas en las muestras óseas: (IPM) Índice de preservación macroestructural; (IHO) Índice Histológico de Oxford; (HDQ) Hoyos de Disolución Química; (CRAQ.) craquelado; (F/F) presencia de fracturas/fisuras; (F) friabilidad; (PRT) pérdida de resistencia a la tracción.....	155
Tabla 14.3-1. Resultados obtenidos de las diferentes muestras enviadas para la realización de análisis de isótopos inestables ( $^{14}\text{C}$ ) y estables ( $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ ).....	163
Tabla 15.2-1. Comparación de las probabilidades de preservación ósea de acuerdo a cada uno de los modelos generados y valores empíricos obtenidos de los análisis realizados (Coordenada 1, mediana del IHO. % de colágeno, razón C/N y estado de preservación de cada conjunto de acuerdo a los resultados obtenidos). ....	174



# INTRODUCCIÓN

---

Los restos óseos, tanto humanos como faunísticos, recuperados en diferentes sitios del centro-este de la provincia de Santa Fe (Argentina) —los cuales corresponden a diferentes momentos del Holoceno tardío, entre *ca.* 2300 y 350 años AP— presentan un alto grado de fragmentación y deterioro a nivel superficial y estructural, lo cual constituye una característica sobresaliente del registro arqueológico regional (Feuillet Terzaghi 2009; Galligani 2013; Galligani *et al.* 2016; Sartori 2013). Con cierta confianza puede decirse, pues, que uno de los problemas más básicos y acuciantes de la arqueología de esta región es de naturaleza tafonómica (*sensu* Behrensmeyer y Kidwell 1985) y, más precisamente, diagenética (*sensu* Lawrence 1968, 1971; Müller 1951, 1963). En la medida en que un gran número de inferencias acerca de diferentes aspectos de la organización de las poblaciones humanas prehistóricas depende de la adecuada observación y análisis de restos óseos humanos y faunísticos, resulta relevante obtener información sobre las condiciones que promueven, a largo plazo y en diferentes escalas espaciales, la conservación, deterioro

o destrucción de los mismos. En este sentido, la perspectiva teórico-metodológica de la tafonomía regional parece apropiada para enfrentar este problema, dado que uno de sus objetivos principales es el de posibilitar el reconocimiento de espacios dentro de los cuales “...hay mayores posibilidades para la depositación, enterramiento, y preservación de huesos” (Borrero 1988: 9).

A lo largo de los últimos 30 años, la tafonomía regional —al adoptar un enfoque actualístico basado en la observación naturalista (Marean 1995)—, ha tendido a centrarse en el estudio de las condiciones de depositación, modificación subaérea y enterramiento de los huesos (*i.e.* procesos bioestratinómicos; *sensu* Lawrence 1968, 1971; Müller 1951, 1963), más que en las de su preservación a largo plazo en los depósitos arqueológicos. Esto explica, en parte, que la aplicación de esta perspectiva haya estado restringida mayormente a zonas áridas o semiáridas (*v.g.* Patagonia continental extraandina, área andina del sur de Mendoza, puna meridional; ver, entre otros, Borella 2004; Borrazo 2011; Borrero 2000, 2001; Cruz 2003; Mondini 1995, 2002,

2003, 2012; Muñoz y Cruz 2014; Muñoz y Savanti 1998; Otaola 2012), en las cuales los ambientes del presente, aunque modificados de diferente modo, guardan alguna conexión —en términos ecológicos— con aquellos del pasado. En áreas o regiones donde el grado de similitud entre el ambiente y la ecología del pasado y del presente es muy bajo, como la Región Pampeana —una región altamente impactada por procesos sociales (urbanización) y productivos (explotación agrícola y ganadera) ocurridos, particularmente, durante los últimos 200 años (Biasatti *et al.* 2016)—, una perspectiva tafonómica regional tiene que centrarse, casi necesariamente, en el estudio de procesos postdeposicionales tales como los diagenéticos (Gutiérrez 2006: 203). Esto es así porque variables claves para el estudio de procesos de depositación y enterramiento, tales como la disponibilidad de osamentas, la densidad relativa de las especies de herbívoros y carnívoros (activos y carroñeros) presentes, el rango de preferencias alimenticias de los carnívoros, la estructura de la comunidad, las tasas de sedimentación en diferentes ambientes, etc., no pueden ser observadas en la actualidad en la región y no se conoce, con exactitud, cuáles podrían ser los ambientes análogos contemporáneos más apropiados para su observación (Barrientos 1991).

Teniendo en cuenta lo arriba mencionado, el propósito principal de este trabajo es el de especificar las condiciones que producen tasas aceleradas de destrucción del registro óseo a escala regional, así como el de identificar y mapear aquellas áreas dentro

de las cuales el potencial de preservación de los huesos es equivalente. Esto último se encuentra en consonancia con el segundo gran objetivo de la tafonomía regional, tal como fue concebida originalmente por Borrero (1988: 10), que es el de ser capaces de “... dibujar mapas (para determinados bloques espacio-tiempo) de zonas de factibilidad de determinadas distorsiones”. Para cumplir con estos objetivos, la presente investigación se planteó en tres etapas: la primera de ellas orientada a la construcción de modelos espaciales predictivos —basados en el estudio combinado de variables ambientales relevantes para la preservación ósea—; la segunda, centrada en la caracterización de los conjuntos óseos analizados en cada sitio muestreado, en términos del estado de preservación de los huesos desde un punto de vista de su superficie y estructura a diferentes niveles (macro, micro y submicroestructural; Rho *et al.* 1998; Rogel *et al.* 2008); la tercera, finalmente, dedicada a la evaluación —mediante el uso de evidencia empírica— de los modelos predictivos generados y a su eventual reformulación.

### *Tesis*

La principal tesis a sostener en este trabajo es que, en el centro-este de la provincia de Santa Fe, el estado de preservación superficial y estructural de los restos óseos de mamíferos de gran tamaño (clases IV y V de McPhee 2009; *i.e.* >10 kg; *v.g.* carpincho, cérvidos, guanaco, humanos; *cf.* Sartori 2013) no depende de condiciones estrictamente locales sino de procesos diagenéticos universales (pérdida y alteración

del colágeno, incremento de la porosidad, pérdida y alteración del componente mineral; Kendall *et al.* 2018; Nielsen-Marsh *et al.* 2007; Smith *et al.* 2007), cuya manifestación está determinada por factores comunes a ciertas zonas con características pedológicas (Nielsen-Marsh *et al.* 2007) e hidrológicas (Hedges y Millard 1995) precisas. La condición de verdad de esta proposición estaría dada por la existencia de un patrón discernible dentro de la diversidad de estados de preservación a escala regional, uno que vinculase determinados grados y tipos de alteración diagenética con zonas definidas por las características predominantes de los ambientes de enterramiento que ellas proveen.

Una tesis subsidiaria es que, a partir del análisis espacial de propiedades específicas de los suelos (*v.g.* textura, drenaje, características químicas), es posible generar modelos predictivos acerca del estado de preservación general de los restos óseos depositados en diferentes zonas del área de estudio y que tales modelos pueden ser puestos a prueba con evidencia empírica procedente del análisis de los conjuntos óseos recuperados (y recuperables) en la región.

Las ideas expresadas precedentemente constituyen el eje organizador del trabajo, tanto en cuanto a las decisiones y pasos metodológicos adoptados, como a la ordenación del manuscrito, cuya estructura se detalla en el siguiente apartado de esta Introducción.

### *Organización del trabajo*

El presente trabajo se encuentra organizado en seis partes y dieciséis capítulos. En la primera parte (caps. 1 y 2), se desarrollan los marcos teóricos y conceptuales sobre los que se basa esta investigación; en el primero (cap. 1) se discute —desde la arqueología— el concepto de tafonomía, entendida como una disciplina que estudia la tensión constante entre procesos que promueven, a través del tiempo, sea la preservación, sea la destrucción de los restos óseos, y que permite, por lo tanto, comprender los procesos que estructuran el registro arqueológico, tanto a nivel local como regional. También se realiza una reseña de las investigaciones tafonómicas en Argentina, prestando especial atención a la tafonomía regional. En el segundo (cap. 2) se abordan cuestiones vinculadas específicamente con el concepto de diagénesis ósea, se describe la estructura física y química del hueso y luego se enumeran y detallan los factores que intervienen en su preservación. Asimismo, se describen los modelos de alteración diagenética y las formas de abordar su estudio sobre restos óseos arqueológicos.

En la segunda parte (caps. 3-5) se delimita el área de estudio —la cual se enmarca en las concesiones otorgadas por el Ministerio de Innovación y Cultura de la provincia de Santa Fe (Ress. 807-2013 y 624-2015) — y se describen sus características ambientales y paleoambientales, las cuales permiten lograr una primera aproximación al contexto de depositación de los sitios y restos arqueológicos aquí estudiados. Asimismo, en el Capítulo 5 se realiza una síntesis de

antecedentes de investigaciones llevadas a cabo en la zona, desde comienzos del siglo XX hasta la actualidad, en vinculación con el desarrollo de la arqueología del Nordeste Argentino.

La tercera parte (caps. 6-8) está destinada a la descripción de los sitios y colecciones arqueológicas que fueron objeto de análisis. El Capítulo 6 contiene la descripción de los sitios arqueológicos excavados previamente por el equipo de investigación; en el Capítulo 7 se detallan las prospecciones llevadas a cabo en el área de estudio y la localización y excavación del sitio arqueológico hallado durante la realización de esta investigación: Arroyo Cululú 1 (AC1). Por último, en el Capítulo 8 se describen las colecciones de museo analizadas, las cuales son asignables a yacimientos arqueológicos ubicados en la zona abordada. En cada caso, se especifican qué elementos fueron seleccionados para los análisis posteriores.

En la cuarta parte (caps. 9-11) se exponen los modelos predictivos sobre los que se basa esta investigación. En el Capítulo 9 se

realiza una introducción acerca del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en arqueología y se desarrolla una síntesis de los estudios del suelo en vinculación con la preservación del registro arqueológico. En los dos capítulos siguientes (10 y 11), se especifican las metodologías específicas y los resultados obtenidos de cada uno de los modelos/mapas predictivos realizados.

En la quinta parte (caps. 12-14) se describen las metodologías —y se discuten los resultados obtenidos— de las diferentes variables superficiales y macroscópicas (cap. 12), microscópicas (cap. 13) y químicas (cap. 14) relevadas sobre los restos óseos humanos y faunísticos descriptos en la tercera parte.

Finalmente, en la sexta parte (caps. 15 y 16), se integran y discuten los datos obtenidos, con el objetivo de realizar una síntesis de los resultados parciales y evaluar los modelos de preservación propuestos en los capítulos 10 y 11 de este trabajo, al tiempo que se identifican los problemas que deberán ser abordados a futuro en el área de estudio.



# PARTE I

Marco Conceptual



# 1 | LA PERSPECTIVA TAFONÓMICA EN ARQUEOLOGÍA

## 1.1 | Conceptualización

El término “tafonomía” deriva de los vocablos griegos *taphos* y *nomos*, que significan, respectivamente, “enterramiento” y “ley”. Fue propuesto, inicialmente, por el paleontólogo ruso Iván Antónovich Yefrémov (transliterado al español y a otros idiomas como Efremov) para definir tanto un campo de estudio como un método, orientados a proveer conocimiento, en todos sus detalles, acerca del paso de los restos orgánicos desde la biósfera a la litósfera (Efremov 1940: 85). En tanto campo de estudio vinculado con la paleontología y con la geología (Efremov 1940: 93), la tafonomía constituye una disciplina histórica —*i.e.* orientada a explicar fenómenos naturales en términos de causas que operaron en el pasado (Cleland 2002) — y, como tal, encuentra su fundamento en dos presupuestos filosóficos relacionados, que se remontan al siglo XVIII: el actualismo —que permite explicar los fenómenos del pasado mediante procesos observables hoy (Hutton 1788)— y el uniformitarismo —que afirma que tales procesos ocurrieron con la misma intensidad que se observa en el presente (Hutton 1788;

Lyell 1830)— (Marengo 2003).

El uniformitarismo —concepto sin el cual la idea misma de obtener un acceso cognoscitivo al pasado sería impensable— establece que, al menos en términos de sus propiedades fundamentales, el pasado fue como el presente (Binford 1981: 27). En virtud de este principio, el estudio sistemático de las condiciones, factores y procesos que tienen lugar en el mundo actual (actualismo) proporciona medios inferenciales adecuados —dentro de ciertos límites— para elaborar proposiciones verosímiles acerca de eventos y procesos ocurridos en el pasado (*i.e.* investigaciones de alcance medio, en el sentido de Binford 1981: 21-30).

Muchas de estas inferencias involucran argumentos construidos mediante el recurso del razonamiento analógico, a través del cual se establece una comparación entre dos o más entidades, o relaciones entre entidades, con el fin de posibilitar la comprensión de, al menos, una de ellas (Gentner 1983: 157-158). La tafonomía, pues, parte de la premisa de que el conocimiento de los mecanismos de formación de los conjuntos óseos actuales permite realizar inferencias más sólidas

acerca de los procesos que condujeron, bajo circunstancias similares, a la formación de los conjuntos óseos observables a nivel del registro paleontológico o arqueológico.

En el campo de la arqueología, el interés por la tafonomía fue creciendo hacia comienzos de la década de 1980, en el contexto del estudio de los procesos de formación del registro, el cual comenzó a ser un tema no muy popular pero sí recurrente desde, por lo menos, mediados del siglo XX (Lucas 2012; Shott 2006). A partir de ese momento, la tafonomía comienza a ser entendida no sólo como el estudio de los procesos de enterramiento, sino también de aquellos que conducen a la preservación o destrucción de los restos orgánicos, los cuales no sólo eliminan cierta información del registro sino que también agregan otra nueva (Behrensmeyer y Kidwell 1985: 1). De esta forma, la tafonomía se adoptó como una herramienta esencial en los trabajos zooarqueológicos (v.g. Lyman 1987, 1994) y, más tardíamente, en los estudios bioarqueológicos y forenses (v.g. Duda 2009; Haglund y Sorg 1997; Ortiz López 2011; Pokines y Symes 2014; White y Folkens 2005).

En arqueología se entiende por procesos tafonómicos, generalmente, a todas las transformaciones que sufren los huesos —y las relaciones espaciales entre los mismos— ocurridas desde la muerte del organismo hasta el momento de su recuperación (Gutiérrez 2004, 2006). Tales transformaciones incluyen a las denominadas bioestratinómicas, predeposicionales o, más correctamente, pre-entierro (v.g. desarticulación, fragmentación,

transporte, reorientación, meteorización) y a las diagenéticas, postdeposicionales o, con mayor exactitud, post-entierro (i.e. cambios físicos y/o químicos tales como descomposición, cementación, disolución o deformación) (Lawrence 1968, 1971; Müller 1951, 1963; ver discusión en Olson 1980). Cabe señalar, sin embargo, que en la actualidad la noción de tafonomía tiende a extenderse más allá del estudio de los procesos de acumulación y enterramiento de los restos orgánicos, aspirando a constituirse en un campo más comprehensivo, orientado al conocimiento de la historia pre y post-entierro de todos los componentes materiales del registro arqueológico (i.e. “tafonomía irrestricta”, en el sentido de Borrero 2011: 269).

## 1.2 | Etapas y procesos tafonómicos

Con el objetivo de comprender los procesos de formación de sitios arqueológicos, diversos autores han propuesto estadios y procesos por los cuales pasa un conjunto óseo con posterioridad a la muerte de los organismos implicados, hasta que se recupera y analiza por la acción de los arqueólogos. En este sentido, Klein y Cruz-Urbe (1984) sintetizan las propuestas de Clark y Kietzke (1967) y Meadow (1980) y establecen 5 estadios:

- ▶ conjunto vivo (CV) (*life assemblage*), hace referencia a la comunidad viva de animales, en sus proporciones naturales;
- ▶ conjunto muerto (CM) (*death assemblage*), se refiere a los cuerpos u osamentas que están disponibles para la recolección, para carnívoros o cualquier otro agente;

► conjunto depositado (CD) (*deposited assemblage*), son las osamentas o porciones de osamentas que permanecen en un sitio;

► conjunto fósil (CF) (*fossil assemblage*), corresponde a las partes de aquellas osamentas que sobreviven hasta la excavación;

► muestra arqueológica (MA) (*sample assemblage*), es la parte del CF que es excavada o recolectada.

Estos autores son escépticos acerca de la posibilidad de inferir las propiedades de los diferentes conjuntos que preceden, temporalmente, al CF, discutiendo sin embargo dos vías complementarias para acceder a dicho conocimiento: a) una basada en comparaciones controladas y b) otra basada en observaciones tafonómicas de naturaleza actualística, del tipo de las reseñadas en el anterior apartado. Las comparaciones controladas consisten en la evaluación de múltiples CFs en los cuales al menos dos de los factores de formación puedan mantenerse constantes, atribuyendo cualquier diferencia a un tercer factor, *v.g.* historia postdeposicional, agente recolector o ambiente del pasado, según sea el caso (para una opinión crítica acerca de este procedimiento, ver Lyman 1982: 347-349; para una crítica general a estudios comparativos formales de restos arqueológicos, ver Binford 1980: 4-5). La vía tafonómica, de acuerdo con Klein y Cruz-Uribe (1984: 8-10), posee la ventaja, sobre las comparaciones controladas, de permitir poner a prueba hipótesis causales, aunque su utilidad se ve reducida, entre otros factores, por la escala temporal de

las observaciones actualísticas y por la analogía, no garantizada, entre determinados contextos ambientales o ecológicos actuales y aquellos en los cuales se conformaron los conjuntos fósiles en el pasado.

Hesse y Wapnish (1985), por su parte, identifican siete procesos diferentes que actúan sobre un conjunto óseo en distintos momentos de su trayectoria tafonómica, desde el CV (conjunto vivo) hasta la MA (muestra arqueológica), cada uno de los cuales distorsiona la información previa y es factible o no de ser “controlado” por los arqueólogos. Estos procesos son:

► bióticos (*biotic*), corresponden al período anterior a la muerte y se refieren a las condiciones naturales que influyen en los organismos durante su vida (*v.g.* sexo, peso, edad), aunque pueden incluir la actividad humana en los casos en que hay una producción animal;

► tanáticos (*thanatic*), son aquellos que se producen entre la muerte del organismo y la depositación de sus restos; en este proceso intervienen variables culturales como los patrones de matanza y consumo (Mengoni Goñalons 1988b);

► pertotáticos (*perthotaxic*), refieren a los que influyen en los huesos desde su depositación hasta su enterramiento —*i.e.* modificación y/o destrucción de elementos mediante la exposición a agentes postdeposicionales—; se destacan variables como la meteorización, la desarticulación y fracturación de elementos por acción de raíces, roedores y carnívoros, entre otras;

► táficos (*taphic*), son análogos a los

procesos diagenéticos (ver más abajo); Mengoni Goñalons (1988b: 77) los denomina directamente procesos tafonómicos, ya que son aquellos que refieren específicamente a los factores que intervienen en el enterramiento de los materiales, o sea, el paso de éstos de la biósfera a la litósfera.

► anatóxicos (*anataxic*), hacen referencia a los procesos de reexposición de los huesos por acción fluvial, eólica, pisoteo, actividad de animales cavadores y remociones de sedimento por parte del hombre (Mengoni Goñalons 1988b).

► sulégicos (*sullegic*), corresponden a las actividades arqueológicas (v.g. métodos de excavación, decisiones de muestreo); en este punto, las técnicas de recuperación elegidas determinan la naturaleza del material recuperado.

► tréficos (*trephic*), son aquellos vinculados al acondicionamiento de las muestras, la curaduría y el posterior análisis; es aquí donde influyen cuestiones como la experiencia en el trabajo arqueológico con muestras con diferentes estados de preservación y donde se debe prestar especial atención, ya que el grado de identificabilidad taxonómica y anatómica de una muestra determina, en gran medida, la escala de comparación entre diferentes conjuntos (Mengoni Goñalons 1988b).

En la Figura 1.2-1 se esquematizan las clasificaciones desarrolladas. En síntesis, un conjunto vivo (CV) está atravesado por procesos bióticos y forma parte de, lo que podemos denominar, dominio bioecológico. Una vez que se produce la muerte (CM),

median los procesos tanáticos hasta que se produce la depositación del conjunto (CD), momento a partir del cual comienzan a actuar los procesos peritóficos, tóficos y anatóxicos, que se dividen en los dominios bioestratinómico (i.e. los procesos que tuvieron lugar desde la muerte del organismo hasta su enterramiento; Lawrence 1968, 1971; Müller 1951, 1963) y diagenético (i.e. los procesos sufridos por los organismos una vez enterrados, hasta su descubrimiento; Lawrence 1968, 1971; Müller 1951, 1963). Los agentes y procesos que intervienen en estas etapas determinarán la composición de lo que se denomina CF, el cual vamos a conocer a partir de la MA, luego de que medien los procesos sulégicos y tréficos. Éstos últimos dependen, casi exclusivamente, de las tareas arqueológicas y museológicas, por lo que se incluyen en un dominio que podemos llamar arqueológico (Figura 1.2-1).

En el caso de los conjuntos bioarqueológicos, que se constituyen a partir de un conjunto de prácticas intencionales orientadas a tratar los cuerpos de los muertos de maneras específicas, social y culturalmente pautadas (i.e. prácticas mortuorias; Bartel 1982; Binford 1971; Brown 1995; Trinkaus 1995; Weiss-Krejci 2011), aquellos agentes responsables del pasaje de los cuerpos desde la biósfera a la litósfera —en el sentido de Efremov (1940)— son, en la mayor parte de los casos, otros humanos. Las dos formas básicas de entierros —primarios y secundarios (*sensu* Ubelaker 1982)—, poseen consecuencias diferentes respecto de la historia tafonómica pre y post-entierro de los restos.

En lo que refiere a los entierros primarios, que consisten en la depositación del cadáver sin que medie un tiempo significativo entre la muerte del individuo y su enterramiento y sin que exista un procesamiento complejo del cuerpo más allá de su eventual limpieza y acondicionamiento (v.g. vestido, colocación en un contenedor específico; Bartel 1982, Carr 1995, Sprague 2005, Ubelaker 1982, Weiss-Krejci 2011), la historia tafonómica comienza con los procesos diagenéticos (i.e. procesos táficos y anatáxicos). En cambio, si se trata de entierros secundarios, el cuerpo se esqueletiza y desarticula por diferentes medios de manera previa a su entierro final

(Schroeder 2001; Sprague 2005; Ubelaker 1982), por lo que puede reconocerse, además, una etapa dominada por procesos peritáxicos correspondientes al dominio bioestratinómico. En efecto, los entierros secundarios implican un tratamiento complejo de los cadáveres ya que, además de la existencia de una cantidad de tiempo variable entre la muerte y la depositación final de los restos, se suma el eventual transporte de los mismos (Dunham *et al.* 2003; Schroeder 2001; Sprague 2005; Ubelaker 1974, 1982). En los entierros secundarios, los restos óseos ingresan a los depósitos sedimentarios en su mayor parte ya desprovistos de otros tejidos,

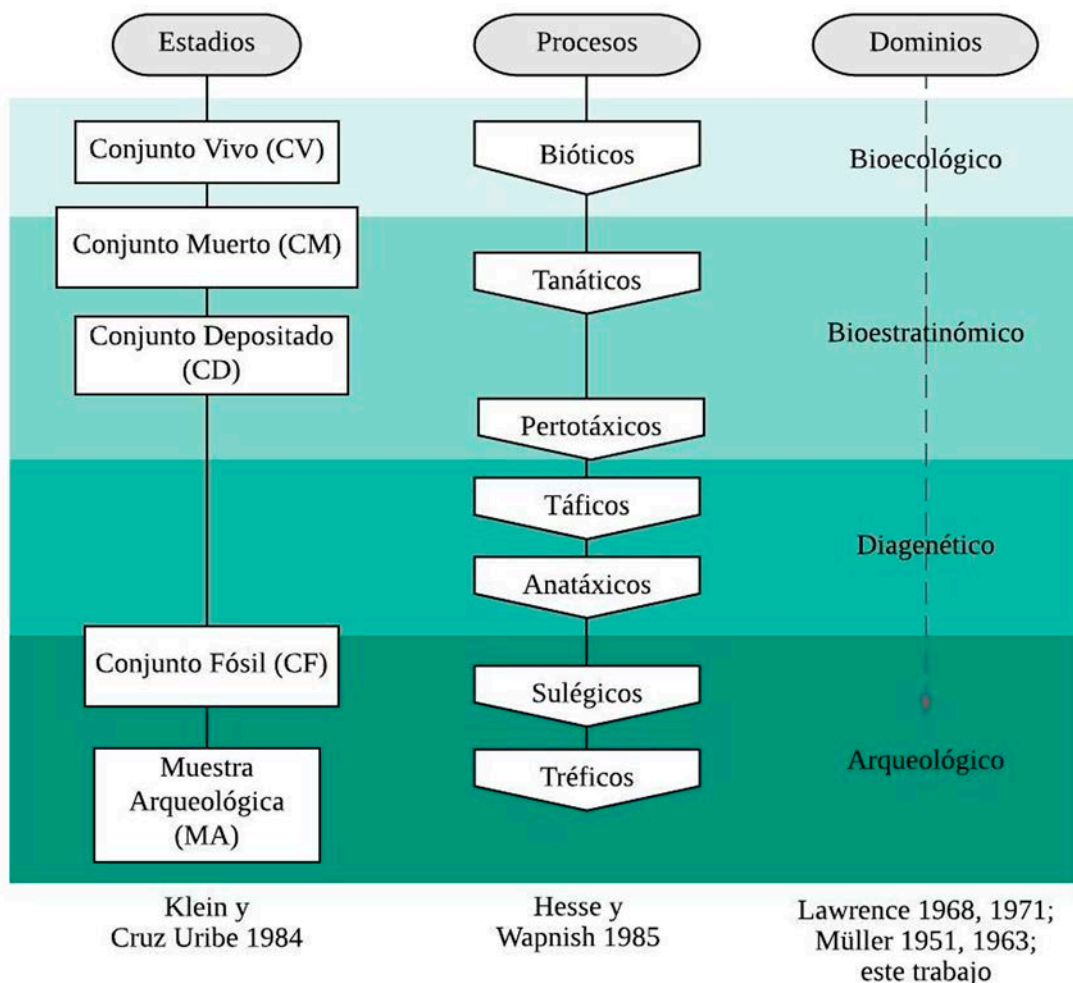


Figura 1.2-1. Esquema teórico de estadios, procesos y dominios tafonómicos.

debido a que las etapas previas de la práctica involucran un proceso de esqueletización. Dicho proceso puede ser activo o pasivo, es decir, puede ocurrir mediante la acción directa sobre el cuerpo o sus restos —a través de la utilización de medios mecánicos (v.g. artefactos cortantes)—, o naturalmente en el contexto de depositación primario, ya sea subsuperficialmente o por la exposición del cadáver a los agentes ambientales de superficie.

En aquellos cementerios mantenidos durante generaciones por un determinado grupo, uno de los principales agentes que influyen en la preservación —que corresponde a los procesos anatóxicos (dominio diagenético)— es la actividad de inhumación recurrente. En efecto, la apertura y reapertura del área de entierro con el fin de depositar nuevos cuerpos tiene el potencial, particularmente en casos de deficiente o nula señalización de las tumbas, de alterar de diversas formas —v.g. a través de la rotura, sustracción, dispersión o reordenamiento de partes esqueletarias y su exposición a los agentes y procesos de superficie (v.g. meteorización)— a los entierros primarios o secundarios previamente depositados. De esta manera, la actividad humana en estos casos constituye un caso particular de “bioturbación” (Richter 1952; ver, entre otros, Johnson 2002; Kristensen *et al.* 2012).

### **1.3| Breve reseña de las investigaciones tafonómicas en Argentina**

En Argentina, la mayor parte de los trabajos de orientación tafonómica se han focalizado en el registro faunístico,

tanto desde una perspectiva observacional (arqueológica y actualística) como experimental. Si bien existen antecedentes previos (v.g. Mendonça *et al.* 1984-1985), un punto clave para el desarrollo de este campo de investigación en nuestro país fue el seminario “*De Procesos, Contextos y Otros Huesos. Análisis Faunísticos de Vertebrados e Invertebrados de los Sitios Arqueológicos*”, llevado a cabo en Buenos Aires en junio de 1988 (Haber y Ratto 1988). En el mismo, se sentaron las bases para el desarrollo de diversas líneas de investigación, algunas de las cuales continuaron profundizándose hasta la actualidad: la tafonomía regional (Borrero 1988), identificación de efectos tafonómicos en restos arqueológicos (Mengoni Goñalons 1988a; Politis y Madrid 1988; Silveira y Fernández 1988) y observaciones actualísticas y experimentales (Borrero 1988; Lanata 1988; Silveira y Fernández 1988).

A partir de la década de 1990, los estudios tafonómicos comienzan a ser cada vez más habituales en los estudios zooarqueológicos y, posteriormente, también en los estudios bioarqueológicos. Entre los estudios de interés tafonómico que abordan el registro óseo humano, particularmente en el contexto de cazadores-recolectores, se destacan principalmente los llevados a cabo en Tierra del Fuego-Patagonia y la Región Pampeana (v.g. Acosta 1997; Barrientos 1997, 2000; Barrientos y Gutiérrez 1996; Barrientos *et al.* 2002, 2007; Borella *et al.* 2007; Gabrielloni 2012; González 2007, 2008, 2009, 2013, 2014; Goñi *et al.* 2002; Gordon 2009; Guichón *et al.* 2000; Martín 2004;

Mendonça *et al.* 1984-1985; Rizzo 2017; Santiago *et al.* 2011; Zangrando *et al.* 2004). Recientemente se han llevado a cabo trabajos en Sierras Centrales (*v.g.* Tavarone *et al.* 2016) y el Noroeste (*v.g.* González Baroni *et al.* 2017). En la provincia de Santa Fe, como en otras regiones, los estudios tafonómicos han estado centrados en el estudio de muestras zooarqueológicas procedentes de ambientes lagunares y ribereños (*v.g.* Barboza 2014; Cornaglia Fernández 2009, 2012; Sartori 2008, 2013), existiendo escasos antecedentes de estudios tafonómicos sobre restos óseos humanos (Ayuso *et al.* 2006; Gabrielloni 2012; Galligani 2013; Galligani *et al.* 2016, 2019a, 2019b) y otros materiales arqueológicos, como la cerámica (Galligani *et al.* 2018).

#### 1.4 | La tafonomía regional

Los estudios tafonómicos pueden abarcar diferentes escalas, desde la local o de sitio —mayoritariamente adoptada en arqueología (ver Galligani y Barrientos 2016)— hasta la regional. Esta última fue abordada por Borrero (1988), quien plantea la necesidad de desarrollar una tafonomía regional en la que sea posible complementar el “sitio tafonómico”, como unidad básica de análisis, con la “región tafonómica” (*i.e.* un espacio amplio donde se pueden identificar sectores con probabilidades diferenciales de depositación, enterramiento y preservación de huesos; Borrero 1988: 9). Un enfoque tafonómico regional debe combinar información proveniente de diferentes escalas espaciales, desde las más pequeñas (*v.g.* la observación de la dispersión de una osamenta o de un

conjunto de ellas en un punto particular del espacio) hasta las más grandes (*v.g.* el seguimiento longitudinal de osamentas ubicadas en diferentes sectores de un paisaje jerarquizado o estratificado), para lograr una mayor comprensión de las interacciones entre los diversos agentes que intervienen en la preservación diferencial del material óseo depositado (Otaola 2012). A su vez, para evaluar los procesos de enterramiento, preservación o destrucción de las osamentas y sus implicancias para el registro arqueológico, los estudios tafonómicos requieren de observaciones continuadas y el seguimientos a lo largo de varios años (Borrero 2001; Otaola 2012). Un objetivo último de la tafonomía regional, tal como fuera ésta concebida por Borrero (1988: 10) es la integración de la información recuperada en cada una de las escalas mencionadas, en mapas —válidos para determinados bloques espacio-tiempo— que permitan visualizar las diferentes zonas de factibilidad de determinados procesos y de determinadas distorsiones (Figura 1.4-1) . Sin embargo este objetivo, aunque importante, rara vez ha sido cumplido (Morales *et al.* 2018a).

En Argentina, la perspectiva tafonómica regional fue aplicada por diferentes autores, principalmente en la Pampa Húmeda bonaerense, Patagonia, Tierra del Fuego y el sur de Mendoza (*v.g.* Barrientos 1991; Borella 2004; Borrazzo 2011; Borrero 2000, 2001; Catella 2014; Mondini 2003, 2012; Morales *et al.* 2012; Otaola 2012). Sin embargo, y a pesar del significativo potencial de este tipo de estudios, no han sido desarrollados aun en forma extensiva en diferentes

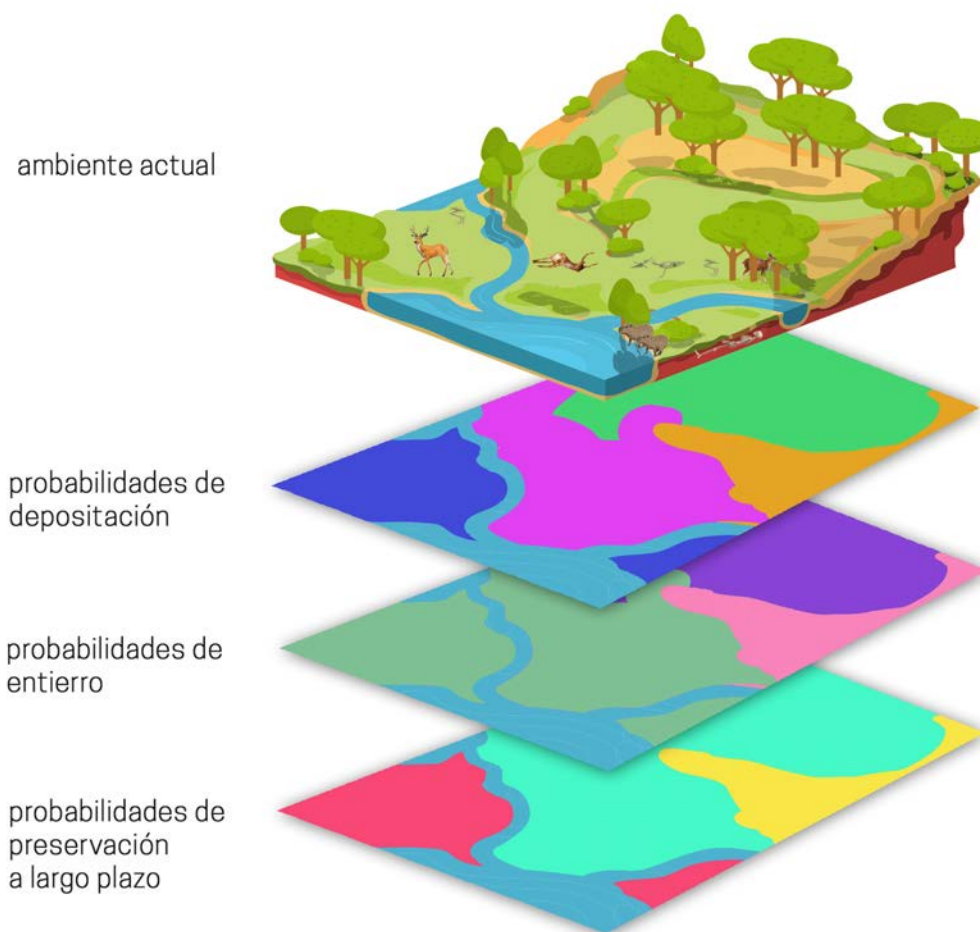


Figura 1.4-1. Representación esquemática de una región tafonómica y de los mapas derivados de su estudio.

regiones, no hallándose antecedentes en el Nordeste Argentino (NEA). En este sentido, y considerando que el área de estudio se conforma por ambientes muy impactados por actividades antrópicas actuales (v.g. urbanización, explotación agrícola-ganadera), en esta tesis proponemos aplicar los lineamientos de la tafonomía regional para evaluar los procesos de preservación que actúan específicamente durante la etapa

de diagénesis. A través de la construcción de modelos espaciales elaborados a partir de información ambiental previa, se espera establecer zonas con mayor o menor probabilidad de preservación de restos óseos a largo plazo y luego contrastar las predicciones de dichos modelos con datos derivados del estudio de conjuntos óseos procedentes de sitios o localidades arqueológicos del área de estudio.



## 2 | INTRODUCCIÓN AL TEJIDO ÓSEO Y A SUS FORMAS DE ALTERACIÓN EN DEPÓSITOS ARQUEOLÓGICOS

### 2.1 | Estructura física y química del hueso

El hueso es una estructura jerárquica multiescalar compleja, compuesta por una fase mineral y una fase orgánica, la primera es la que le otorga rigidez y dureza, mientras que la segunda es la que le brinda elasticidad y resistencia (Collins *et al.* 2002; Jans 2005; Mays 1998; Rho *et al.* 1998; Turner-Walker 2008; Weiner 2010). La fase orgánica contiene, principalmente, colágeno tipo I (90%), presente en forma de cadenas helicoidales triples de aminoácidos, agrupándose los restantes componentes de esta fase en lo que se denominan proteínas no colágenas (v.g. osteocalcina, osteopontina, osteonectina; Welsch y Sobotta 2008). La fase mineral, por su parte, se compone de pequeños cristales en forma de placa de una variante carbonatada de hidroxiapatita (Nielsen-Marsh *et al.* 2000), cuya gran superficie en relación con su pequeño volumen la hacen una sustancia muy reactiva (Ecker 1989).

Siguiendo los niveles propuestos por Rho *et al.* (1998), los elementos constitutivos del hueso, ordenados desde lo más pequeño a lo más grande, se detallan a continuación (Figura 2.1-1):

► *nivel nanoestructural*, las moléculas en forma de triple hélice de colágeno se asocian íntimamente con los cristales de hidroxiapatita, que se disponen entre las mismas y componen el soporte estructural de los huesos;

► *nivel sub-microestructural*, las fibras de colágeno se disponen en capas cilíndricas superpuestas, denominadas lamelas, en el centro de las cuales existe un conducto, el canal de Havers, por el cual pasan los vasos sanguíneos y fibras nerviosas; a su vez, se encuentran espacios llamados lagunas u osteoplastos, cada uno de los cuales contiene una célula ósea u osteocito que emite prolongaciones citoplasmáticas que atraviesan las lamelas a través de una red de microcanales, denominados canalículos, los cuales, a su vez, comunican a las lagunas entre sí y a éstas con el canal de Havers; por otra parte, se hallan los conductos de Volkmann, que son túneles que atraviesan perpendicularmente el eje longitudinal del hueso, a través de los cuales pasan los vasos sanguíneos y nervios desde la superficie perióstica y endóstica hasta el canal de Havers; por último, entre los osteones se

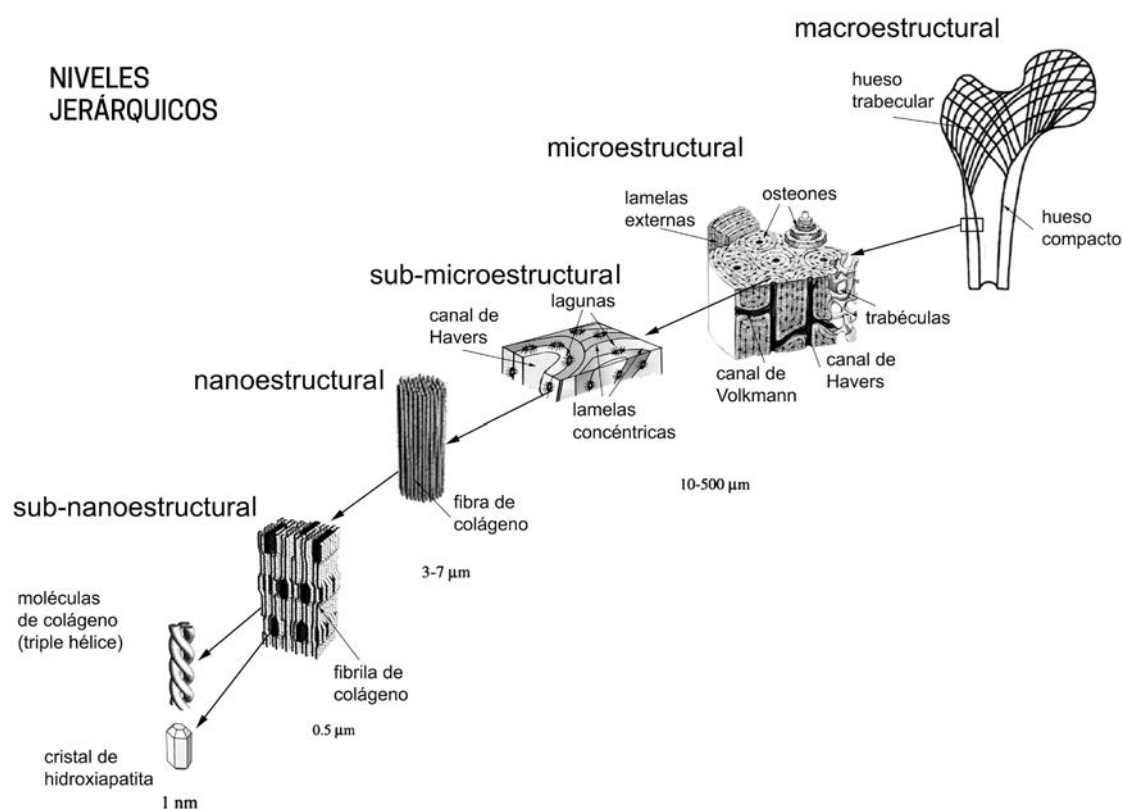


Figura 2.1-1. Niveles jerárquicos de la estructura ósea (tomada de Barrientos *et al.* 2016).

encuentran laminillas intersticiales que corresponden a sistemas similares antiguos que sufrieron un remodelado óseo (Ross y Pawlina 2008);

► *nivel microestructural*, corresponde a lo que se denomina osteón o sistema de Havers, que es el conjunto conformado por las lamelas concéntricas, las lagunas, los canalículos y el canal de Havers. Éste es la unidad fundamental del hueso (Weiner 2010).

► *nivel macroestructural*, a este nivel, el tejido óseo se clasifica en compacto —que corresponde a la capa que forma la superficie externa del hueso— y esponjoso o trabecular —compuesto por una malla de aspecto esponjoso formada por trabéculas, que conforma la parte interna del hueso—; por

fuera, excepto en los lugares de articulación con otros huesos, existe un revestimiento conformado por un tejido conjuntivo denso, que se denomina periostio; a su vez, las cavidades óseas están cubiertas de una capa de tejido que contiene células osteoprogenitoras, que se llama endostio (Ross y Pawlina 2008).

## 2.2| Factores de preservación ósea

Durante el período de enterramiento, los huesos entran en contacto con sedimentos, suelos y con el agua en ellos contenida (Kendall *et al.* 2018; Reiche *et al.* 2003). En tales entornos, los huesos experimentan un conjunto de cambios físicos y químicos (v.g. disolución parcial o completa, bioerosión, precipitación, recristalización, captación

de iones por sorción y difusión, hidrólisis, repolimerización) que reciben el nombre colectivo de alteraciones o modificaciones diagenéticas (ver discusión en Kendall *et al.* 2018). El tipo y grado de expresión de estas alteraciones depende de factores intrínsecos (*i.e.* aquellos que son una función del propio material óseo), extrínsecos (*i.e.* aquellos relacionados con el entorno de depositación) (Henderson 1987; Linse 1992; Von Endt y Ortner 1984; Wheeler y Jones 1989), así como de factores dependientes de eventos o procesos ocurridos con anterioridad al enterramiento (Kendall *et al.* 2018). A continuación, se detallan los principales factores correspondientes a cada una de estas categorías.

### 2.2.1 | Intrínsecos

La naturaleza del hueso y la propia complejidad de su estructura afectan a sus probabilidades de preservación en diferentes entornos (Henderson 1987; Manifold 2012). Los factores intrínsecos básicos son porosidad, densidad, forma, tamaño y propiedades químicas del hueso. Éstos son, a su vez, dependientes de un conjunto de otros factores que tienen que ver con el estado del organismo con anterioridad a la muerte, tales como el sexo, la edad, el estado de salud y nutrición del individuo. Por ejemplo, huesos de individuos juveniles están más mineralizados, ya que el calcio se pierde con la edad, haciendo que su contenido varíe entre un 35% y un 65% de acuerdo con el sexo y el estado metabólico (Simkiss 1967 en Nicholson 1996). Asimismo, la edad y el sexo influyen sobre el tamaño y las propiedades

estructurales del hueso (*v.g.* densidad), lo que ocasiona un sesgo de preservación potencial en las muestras esqueléticas a favor de individuos adultos masculinos (Bello *et al.* 2006). Por otro lado, las enfermedades metabólicas (*v.g.* osteoporosis, escorbuto), aumentan la porosidad de los huesos y disminuyen su mineralización, volviéndolos más vulnerables a la degradación. Si el hueso sufrió algún trauma como resultado de un golpe o una enfermedad infecciosa, la tasa de preservación también disminuye, ya que esa alteración en la estructura ósea facilita el ingreso de los microorganismos (Henderson 1987; Manifold 2012; Mays 1998; Pinhasi y Bourbou 2008).

La forma del hueso es importante sobre todo en lo que refiere a los cambios físicos y mecánicos que lo afectan. Por ejemplo, el cráneo es más susceptible a la deformación y el aplastamiento por la misma presión de los sedimentos y a romperse durante los procesos sulégicos y tréficos (Henderson 1987). Por otro lado, la estructura de los poros influye en el área de superficie disponible para reacciones de solución sólida, determina la velocidad a la que el agua subterránea puede fluir a través del hueso y, por tanto, la velocidad de disolución del hueso (Hedges y Millard 1995). Aquellos huesos menos densos y con una alta proporción de material esponjoso —como el esternón, las vértebras, las costillas y las epífisis— son más vulnerables a la destrucción, mientras que aquellos con una alta proporción de hueso cortical —como el cráneo, la mandíbula y los huesos largos— parecen menos afectados (Chaplin 1971; Mays 1992; Manifold 2012; Von Endt y Ortner 1984).

### 2.2.2 | Extrínsecos

- *Tipo de suelo*

El suelo se constituye en el “contenedor” de los restos arqueológicos, por lo que sus características influyen directa —e indirectamente— en la preservación. Algunos estudios han demostrado que la actividad bacteriana, y por lo tanto la descomposición, se produce con mayor rapidez en suelos con pastura, los cuales contienen mayor humedad y un pH que permite que se alojen mayor cantidad de microorganismos (Hayman y Oxenham 2016). La textura de un suelo afecta el contenido de agua, el régimen de drenaje y la disponibilidad de oxígeno, factores que influyen en la preservación ósea (Nicholson 1996); en los ambientes muy secos, así como en los extremadamente húmedos, la descomposición es más lenta (Galloway 1997; Galloway *et al.* 1989; Swift *et al.* 1979). A su vez, los procesos erosivos que sufre el suelo pueden alterar la profundidad de los entierros y aumentar o disminuir la presión de sedimentos, lo que puede traducirse en fracturas y deformaciones en los huesos (Henderson 1987). Por último, los elementos químicos contenidos en el sedimento (*v.g.* sales, sodio, carbonatos), también interactúan con los restos óseos, favoreciendo o perjudicando su conservación.

- *pH del sedimento*

El pH es la medida de la reacción del suelo, que consiste en la actividad del hidrógeno ( $H^+$ ) presente en la solución del mismo. Esta propiedad influye en todos

los procesos físicos, químicos y biológicos y se mide a través del logaritmo negativo de la concentración del ion de Hidrógeno (Conti 2000). Si bien algunos estudios han señalado que el pH del suelo, considerado aisladamente, no es el mayor determinante en la conservación de los huesos (Nicholson 1996), se ha probado que este factor incide de diversas maneras en su preservación (Gordon y Buikstra 1981; Lyman 1994; Nicholson 1996; Watson 1967). Se ha observado una correlación negativa significativa entre el pH del suelo y el grado de destrucción de los huesos, el cual aumenta a medida que el pH decrece (Gordon y Buikstra 1981). Esto se debe a que el valor de pH influye en el rango y los tipos de microorganismos disponibles en el ambiente. Aunque éstos son capaces de sobrevivir en una amplia variedad de ambientes (Gray y Williams 1971), su crecimiento activo se produce dentro de un rango específico de pH, principalmente debido a la interacción competitiva entre grupos de organismos (Teuscher y Adler 1960). Por otra parte, el pH del suelo juega un rol importante en la disolución de la fracción mineral del hueso. Mientras que, en el cuerpo, el mineral óseo se encuentra dentro de un sistema relativamente cerrado y está rodeado por fluidos que tienen un pH estrictamente controlado, el suelo representa un sistema abierto, generalmente no saturado en iones de calcio y fosfato, haciendo que el mineral de los huesos se vuelva vulnerable a la disolución en agua. En suelos ácidos y con bajo contenido de calcio y fósforo, los protones del sedimento reemplazan a los iones de calcio por la hidroxiapatita,

haciendo que la degradación ocurra más rápido (Turner-Walker 2008).

- *Drenaje y régimen hidrológico*

El agua puede entrar y moverse a través del hueso de la misma manera que lo hace en el suelo. Las fluctuaciones en el nivel del agua subterránea causan, por ejemplo, cambios en las condiciones de oxidación/reducción que pueden provocar una rápida degradación (Historic England 2016). Específicamente, la principal acción del agua sobre los huesos es su intervención en la disolución y la consiguiente lixiviación del componente mineral del hueso (Henderson 1987; Nielsen-Marsh *et al.* 2000). Hedges y Millard (1995) describen tres tipos de regímenes hidrológicos que afectan en forma diferencial a los huesos: difusión (condiciones de saturación), flujo (movimiento continuo de agua) y recarga (ciclo mojado-seco). En la difusión, las condiciones de humedad son permanentes y no hay tránsito neto de agua a través del hueso, por lo que las probabilidades de preservación a largo plazo son altas. En el régimen de flujo, en cambio, el tránsito permanente de agua a través del hueso puede producir una disolución rápida y repentina de la fracción inorgánica. En la recarga, finalmente, el hueso estaría sometido a cambiantes condiciones de humedad (v.g. en zonas áridas o semiáridas), que provocan una disolución mineral a alta velocidad (Hedges y Millard 1995). Sin embargo, estudios posteriores sugieren que este último no sería un mecanismo de disolución significativo, estando implicado —en los

casos más severos de desmineralización de especímenes arqueológicos— el régimen de flujo (Pike *et al.* 2001).

- *Temperatura*

La temperatura regula los procesos de descomposición y la actividad microbiana (Biederbeck y Campbell 1973; Tibbett y Carter 2008). Los aumentos en la misma se asocian con una mayor velocidad de descomposición, mientras que temperaturas más frías la ralentizan, debido a la inhibición de la actividad de microorganismos (Surabian 2012; Vass *et al.* 1992). La temperatura varía con la latitud, la estación y la profundidad del entierro (Henderson 1987), al punto tal que los cadáveres enterrados en estaciones cálidas se descomponen más rápidamente que aquellos que son depositados en estaciones frías (Breitmeir *et al.* 2005 en Hayman y Oxenham 2016). Asimismo, los restos esqueléticos se degradan mucho más rápidamente en los trópicos que en las zonas templadas, los cuales —a su vez— se degradan más rápidamente que los que están cerca del círculo ártico (Kendall *et al.* 2018).

- *Oxígeno*

La disponibilidad de oxígeno determina las poblaciones de organismos disponibles que intervienen en los procesos de descomposición. Cuando existen condiciones reductoras (*i.e.* privadas de oxígeno) los microorganismos que dominan son anaerobios, los cuales son descomponedores menos eficientes que los aerobios (Swift *et al.* 1979 en Tibbett y Carter 2008). A su vez, las condiciones reductoras

también pueden promover la formación de adipocere, que ralentiza significativamente la descomposición (Tibbett y Carter 2008). Más allá de su rol en la descomposición —principalmente en la degradación de los tejidos blandos (Henderson 1987)—, el oxígeno es el principal agente oxidante del sistema suelo. Muchos elementos del medio edáfico poseen la capacidad de oxidarse o reducirse de acuerdo a las condiciones ambientales (*i.e.* los suelos aireados tienden a la oxidación y los hidromorfos a la reducción). El potencial redox de un suelo (*i.e.* su capacidad de oxidación) se denomina Eh; en los procesos de óxido reducción intervienen los minerales presentes en el sistema, entre ellos el manganeso (Mn) y el hierro (Fe), los cuales pueden ingresar a la estructura ósea e interactuar con los componentes minerales y orgánicos del hueso, hasta teñirlo de color negro y marrón rojizo, respectivamente (*cf.* Kendall *et al.* 2018).

- *Flora y fauna (bioturbación)*

El término bioturbación, si bien alude a las alteraciones causadas por la actividad biológica de diferentes organismos en el suelo o en estructuras sedimentarias terrestres y marinas (Darwin 1881; Johnson 2002; Kristensen *et al.* 2012), puede utilizarse en arqueología para referirse a las alteraciones producidas por los mismos agentes, sobre los materiales enterrados. Tanto los microorganismos —que afectan principalmente la histología— como los macroorganismos —raíces y fauna como insectos, moluscos y mamíferos—

desempeñan un papel importante en la preservación del hueso, de forma directa e indirecta (Henderson 1987). En este sentido, la fitoturbación (*cf.* Richter 1952) puede afectar los depósitos de manera física —produciendo la fragmentación y/o dispersión espacial de los huesos— y química, ya que las raíces secretan ácidos húmicos que pueden producir grabados y marcas (Schiffer 1987). Por su parte, la zooturbación (*cf.* Richter 1952) puede provocar la desarticulación y la dispersión horizontal y vertical de los materiales (Henderson 1987) y también producir patrones reconocibles de marcas en los huesos.

### 2.2.3| Dependientes de eventos o procesos ocurridos con anterioridad al enterramiento

En la preservación ósea juegan un rol importante ciertos factores que dependen de eventos y procesos ocurridos entre la muerte de un organismo y el enterramiento de sus restos, es decir durante la fase bioestratinómica de su historia tafonómica. Entre tales factores se encuentran el grado de articulación anatómica de los elementos y su grado de esqueletización. Se ha propuesto que, en un cadáver completo, la preservación de los huesos es diferencial en relación con su posición en el esqueleto (Hanson y Buikstra 1987; Manifold 2012), debido a que la invasión inicial, el crecimiento y la propagación de los microorganismos a través del tejido óseo (bioerosión) depende de su proximidad con la zona toracoabdominal, donde habitan bacterias endógenas procedentes de los tractos respiratorio y gastrointestinal (Booth 2016; Jans *et al.*

2004; White y Booth 2014). Asimismo, se ha sugerido que existen diferencias en las probabilidades de preservación — en relación con determinados factores diagenéticos— de huesos correspondientes a cadáveres intactos (principalmente entierros humanos primarios) y de cuerpos desarticulados/procesados (restos faunísticos y determinadas formas de entierros humanos secundarios), principalmente debidas a que los últimos carecen de una fuente endógena de bacterias que influyan en su historia diagenética temprana (Jans *et al.* 2004). En esta instancia, la acción antrópica tiene una gran incidencia, ya que el ser humano determina no sólo qué es enterrado, sino dónde y cómo. Específicamente en el caso de los entierros humanos, los modos de inhumación, los tratamientos previos a la misma y la profundidad del entierro, son factores que influyen en los procesos posteriores (Henderson 1987; Janaway 1987).

### 2.3 | Modelos de alteración diagenética

Los huesos de origen arqueológico registran, en su superficie y estructura, las huellas resultantes de la acción de diferentes agentes y procesos operantes a nivel de los depósitos sedimentarios y a lo largo de la totalidad de la fase diagenética de la historia tafonómica de un conjunto. Un agente tafonómico es la causa física y/o química inmediata que produce una modificación en los huesos (*cf.* Gifford-Gonzalez 1991; Lyman 1994) (*v.g.* roedores, raíces, microorganismos, aguas meteóricas, ácidos orgánicos, sales minerales). La acción

dinámica de uno o más agentes se denomina proceso tafonómico (*v.g.* meteorización, abrasión, bioerosión bacteriana, disolución química), el cual genera un efecto o rastro que es el resultado estático de ese proceso (Lyman 1994) (*v.g.* huellas, marcas, fisuras, fracturas, cavitaciones, tinción). Los diversos procesos tafonómicos afectan a los restos óseos de manera más o menos extensiva, produciendo modificaciones a diferentes niveles escalares, desde el macro al subnanoestructural (Figura 2.3-1). En este contexto, las modificaciones ocurridas en los niveles inferiores (*v.g.* degradación química del colágeno) pueden ser la condición antecedente de modificaciones visibles en niveles superiores (*v.g.* fracturas) (Johnson 1985; Shipman 1981), al tiempo que modificaciones en los niveles superiores (*v.g.* fisuras, fracturas) pueden habilitar o acelerar la ocurrencia de modificaciones en niveles inferiores, por ejemplo al variar la relación superficie/volumen de las partículas o fragmentos y aumentar, así, su susceptibilidad a reacciones químicas que afectan a los componentes más básicos del hueso (*v.g.* hidroxiapatita; Boaks *et al.* 2014; Kendall *et al.* 2018; Smith *et al.* 2007; Trueman *et al.* 2004). No obstante esto, es un hecho ampliamente aceptado que no existe una relación estrecha entre alteraciones a nivel macro estructural y aquellas operantes a menores niveles (*v.g.* Jans *et al.* 2002; Hanson y Buickstra 1987; Nicholson 1998) y que son los cambios en los niveles más bajos los responsables en la capacidad de respuesta del hueso a los diferentes factores del suelo. Como consecuencia de ello, la mayor parte

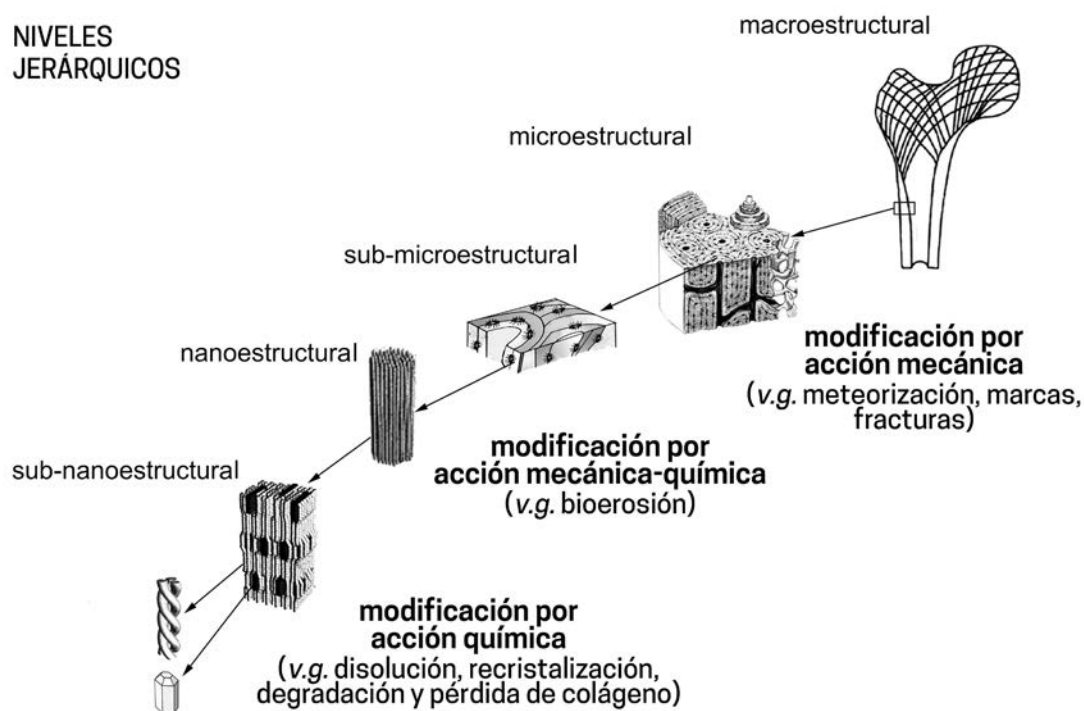


Figura 2.3-1. Modificaciones generadas por los diversos procesos tafonómicos, en las diferentes escalas estructurales del hueso.

de los trabajos centrados en el problema de la diagénesis ósea abordan el problema atendiendo, directa o indirectamente, a los niveles estructurales más básicos (*i.e.* sub-nano a microestructural; *v.g.* Berna *et al.* 2004; Bocherens *et al.* 1997; Collins *et al.* 1995, 2002; Gutiérrez 2001; Hedges 2002; Hedges *et al.* 1995, 2007; Kendall *et al.* 2018; Nielsen-Marsh y Hedges 2000; Pike *et al.* 2001; Smith *et al.* 2007).

En este contexto, se han definido una serie de parámetros diagenéticos, entendidos como aspectos individuales medibles en una muestra ósea, que reflejan el grado de diagénesis que el hueso ha experimentado a lo largo de su historia tafonómica (Hedges *et al.* 1995: 201). Entre los más ampliamente usados se encuentran el índice histológico (IH), que mide el grado de ataque microbiano (bioerosión); el índice de cristalinidad, que

mide el aumento general de la cristalinidad a nivel de la fase mineral, caracterizado por un tamaño de cristal más grande, con menos defectos y menos tensión; el contenido de proteína, que mide la degradación y pérdida del colágeno óseo; la distribución de tamaños de los poros, que mide el incremento de la porosidad en diferentes escalas de tamaño (*v.g.* Gutiérrez 2001; Hedges *et al.* 1995; Kars y Kars 2002; Nielsen-Marsh *et al.* 2000, 2007; Smith *et al.* 2007).

Estudios llevados a cabo en la franja templada de Europa, basados en el análisis conjunto de múltiples parámetros diagenéticos ( $n=10$ , estudiados en materiales de 32 sitios, *ca.* 65°-38° N, 6000-200 años AP), indican que la cantidad de “tipos diagenéticos” es notoriamente reducida, no específica de ningún sitio en particular, pudiéndose identificar con claridad sólo

cuatro variantes: a) buena preservación; b) hidrólisis acelerada del colágeno; c) disolución catastrófica y d) ataque microbiano (Smith *et al.* 2007: 1489; ver, asimismo, Hedges *et al.* 1995: 208) (Figura 2.3-2).

Los mayores vínculos entre estas diferentes clases de diagénesis se dan entre el ataque microbiano y la disolución catastrófica, lo cual se manifiesta en una mayor superposición de casos en el espacio multivariado (análisis de componentes principales, Smith *et al.* 2007: 1489). El principal aspecto en común entre estas dos formas de diagénesis es el aumento de la porosidad en el segmento intermedio de la distribución de tamaño de los poros (Figura 2.3-3). En el caso de los huesos atacados por microorganismos (principalmente bacterias), este aumento de la porosidad permite una mayor interacción con el agua del suelo y, por lo tanto, una aceleración de la disolución mineral. A su vez, la disolución aumenta

la porosidad del hueso y, cuanto mayor es ésta, mayor es la velocidad de disolución, lo que conduce a una pérdida catastrófica de mineral (circuito de retroalimentación positiva) (Pike *et al.* 2001).

Tanto la disolución mineral catastrófica como el ataque microbiano tienen como consecuencia la degradación y pérdida de colágeno (Smith *et al.* 2007), debido a que este proceso obedece a causas tanto biológicas (ataque enzimático) como químicas (hidrólisis) (Collins *et al.* 1995; Smith 2002). En general, la tasa de degradación de la proteína en el hueso es lenta (Dobberstein *et al.* 2009) porque el mineral mantiene unidos a los componentes de la matriz (complejo colágeno-apatita), lo que le confiere estabilidad y evita la expansión de la triple hélice de colágeno, que es un requisito previo para el colapso de la fibrilla (Buckley *et al.* 2008). El colágeno es una proteína unida por enlaces peptídicos, y los enlaces peptídicos pueden descomponerse por hidrólisis

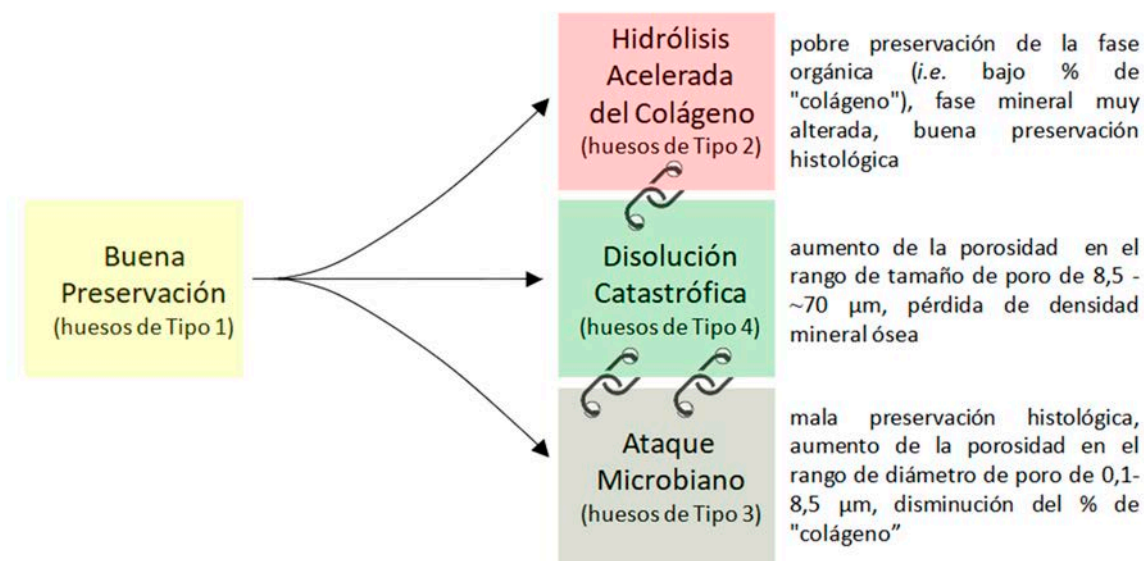


Figura 2.3-2. Tipos diagenéticos establecidos por Smith *et al.* 2007; los conectores indican la fortaleza de las relaciones entre los mismos.

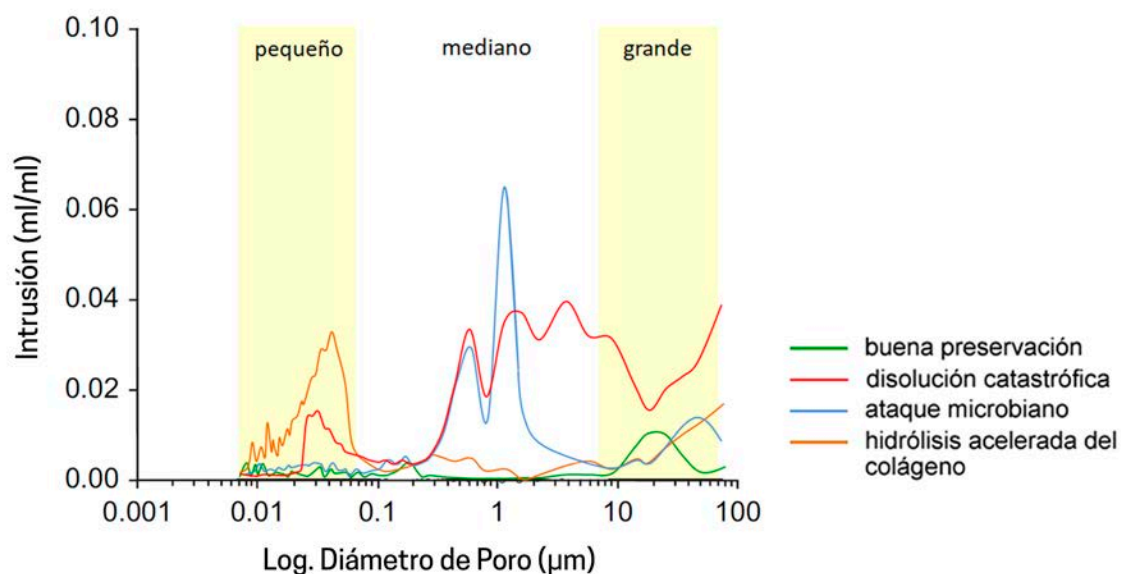


Figura 2.3-3. Diagrama que indica la distribución del tamaño de la porosidad ósea en relación con cada tipo diagenético (modificado a partir de Smith *et al.* 2007).

(Collins *et al.* 1995; Smith 2002). La tasa de hidrólisis depende, principalmente, de la temperatura (Ortner *et al.* 1972; Von Endt y Ortner 1984); el empaquetamiento que estabiliza a las fibrillas de colágeno también aumenta la sensibilidad a la temperatura de degradación, por lo que la tasa de descomposición del colágeno será mucho más rápida en un ambiente megatermal (*i.e.* con clima húmedo subtropical o tropical, con una temperatura media  $> 20$  °C) que en uno más frío (Buckley *et al.* 2008). Las condiciones del suelo (acidez o alcalinidad extrema) pueden, también, exacerbar los efectos de la hidrólisis (Collins *et al.* 1995; Smith 2002). La pérdida biológica del colágeno mineralizado de la matriz del hueso ocurre debido a las propiedades de las colagenasas aportadas por los diversos microorganismos que atacan el hueso (Child 1995a, 1995b; Marchiafava *et al.* 1974). Debido a que el tamaño relativamente grande

de los microbios y las colagenasas no permite que éstos penetren en los poros del complejo colágeno-apatita, una condición necesaria para que accionen sobre la triple hélice del colágeno es la eliminación del mineral óseo, tal como ocurre durante los procesos de reabsorción (Child 1995a, 1995b; Hedges 2002; Marchiafava *et al.* 1974; Nielsen-Marsh *et al.* 2000; Turner-Walker 1993).

Un estudio orientado a investigar la influencia de la química del suelo en la preservación ósea, llevado a cabo sobre la misma muestra referida anteriormente, sugiere que la química del suelo afecta de manera significativa a sólo un tipo diagenético, el de la pérdida mineral o disolución mineral catastrófica (Nielsen-Marsh *et al.* 2007). En suelos definidos como “corrosivos” (*i.e.* con bajos niveles de pH y materia orgánica, buen drenaje y ausencia de roca calcárea), con independencia del modo de ingreso de los huesos, la preservación

resulta poco probable a largo plazo. En efecto, se ha demostrado que la pérdida de mineral óseo se acelera con valores bajos de pH, lo que finalmente conduce a un aumento de la descomposición del colágeno óseo (High *et al.* 2015). Por el contrario, en los suelos “benignos” (*i.e.* con pH neutro a básico, con alto contenido de materia orgánica y cationes de calcio y baja acidez intercambiable), la preservación está influida netamente por los procesos tafonómicos pre-entierro (Nielsen-Marsh *et al.* 2007). En el caso de los humanos —cuyos huesos ingresan a los depósitos sedimentarios usualmente formando parte de cadáveres completos (entierros primarios)—, la preservación a largo plazo es improbable como consecuencia de su

alta exposición al ataque microbiano y a sus efectos digenéticos arriba mencionados (*i.e.* incremento de la porosidad y consecuente aumento de la velocidad de disolución mineral y pérdida de colágeno) (Pike *et al.* 2001).

Si se excluye a la hidrólisis acelerada del colágeno, cuyos mecanismos de control no se comprenden aun de manera adecuada (Nielsen-Marsh *et al.* 2007: 1528), un modelo básico de diagénesis ósea que sintetiza las principales relaciones arriba mencionadas, se encuentra representado en la Figura 2.3-4. Este modelo constituye la base interpretativa a partir de la cual se evaluarán las modificaciones diagenéticas relevadas en este estudio.

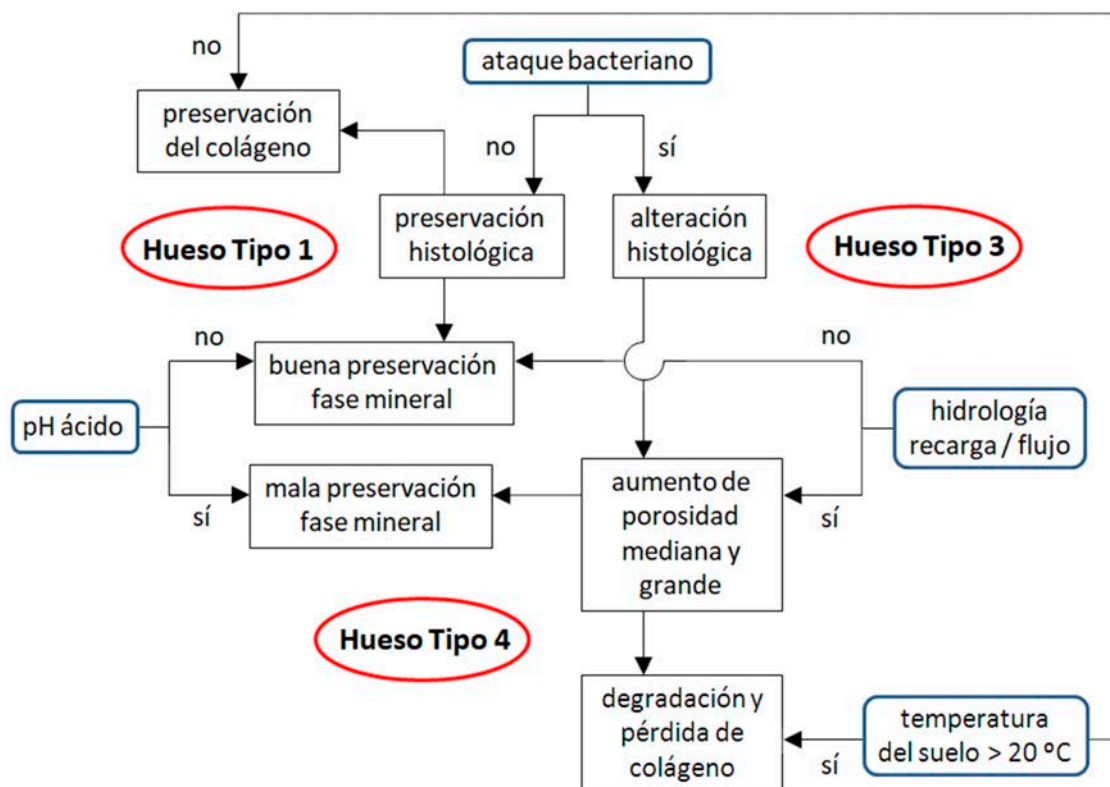


Figura 2.3-4. Modelo de diagénesis, excluyendo la hidrólisis acelerada del colágeno (Tipo diagenético 2; Nielsen-Marsh *et al.* 2007).

## 2.4| El estudio arqueológico de la alteración diagenética en restos óseos humanos y faunísticos

En un artículo ya clásico, C. Marean (1995) distingue las diferentes vías y modalidades que podrían adoptar las investigaciones tafonómicas: a) actualística (naturalista y experimental) y b) comparativa. En un estudio actualístico naturalista (*i.e.* desarrollado en el presente y en un entorno natural), el analista —que no manipula intencionalmente los parámetros que describen el sistema— observa tanto el proceso como el efecto resultante (definidos éstos en los términos de Gifford-González 1991 y Lyman 1994, 2008, ver apartado 2.3), por lo que no habría duda —según Marean (1995: 65)— acerca de la relación entre un efecto o rastro y su agente causal. En un estudio actualístico experimental (*i.e.* uno basado en la observación, en entornos naturales, de procesos actuales análogos a aquellos que se piensa operaron en el pasado), el analista observa las relaciones entre el efecto o rastro y la totalidad de los factores implicados en el proceso, en un entorno controlado y con total libertad de manipular los parámetros que describen el sistema (Marean 1995: 65-66). El método comparativo (*v.g.* Klein y Cruz-Urbe 1984), por otra parte, operaría de manera muy distinta. Los modelos explicativos derivados de la aplicación de esta perspectiva serían puramente inferenciales, en la medida en que la mera comparación entre elementos o conjuntos no permitiría observar las relaciones entre un efecto y su agente causal; en este sentido, los resultados de los estudios comparativos

podrían ser considerados como argumentos basados en evidencia circunstancial y, por lo tanto, no constituirían una fuente segura de conocimiento arqueológico (Marean 1995: 66). La distinción arriba referida, conduce a Marean (1995: 66) a plantear una estructura de investigación ideal, en la cual los estudios comparativos permitirían generar hipótesis sobre los vínculos entre un efecto o rastro y su agente causal, que serían puestas a prueba mediante un estudio naturalista, primero, y un estudio experimental, después, en este último caso para refinar aún más la comprensión acerca del vínculo propuesto entre efecto y agente tafonómicos.

El análisis y la propuesta de Marean adolecen de ciertos problemas conceptuales, algunos de los cuales ya han sido señalados por otros autores (*v.g.* supuesta “asimetría” en cuanto a la certidumbre de la relación causa-efecto entre las vías metodológicas actualista y comparativa; Gutiérrez 2004: 29-32). En efecto, incluso bajo situaciones experimentales estrictas, el proceso que conduce a la formación de un determinado efecto nunca es “observado” —al menos no en el sentido implicado por Marean (1995: 65)— sino siempre inferido (*v.g.* Deaton 2009; Heckman y Smith 1995; Shadish *et al.* 2002; *cf.* Imai *et al.* 2013), debido a lo cual no es posible establecer una división tajante entre vías de investigación tafonómica en relación con sus productos, definidos éstos en términos de conocimiento causal. Por otro lado, resulta claro que no todos los problemas de interés tafonómico son susceptibles de ser abordados por cualquiera de las dos vías propuestas, por lo que no serían opcionales

tal como lo plantea Marean (1995: 65).

La vía actualística, ya sea en su modalidad naturalista o experimental, permite aproximarse más a los procesos actuantes en la fase bioestratinómica o pre-entierro de un conjunto, que a los operantes en la fase diagenética o post-entierro. La razón de esto es que, usualmente, los primeros ocurren en un medio asequible a la observación y en una escala temporal abarcable por la experiencia humana, mientras que los segundos ocurren, típicamente, bajo tierra y en una escala de tiempo mayor, del orden de cientos o miles de años, por lo que no resultan observables de manera directa ni fácilmente replicables de forma experimental (Andrews 1995; Behrensmeyer *et al.* 2000; Briggs y McMahon 2016; Denys 2002).

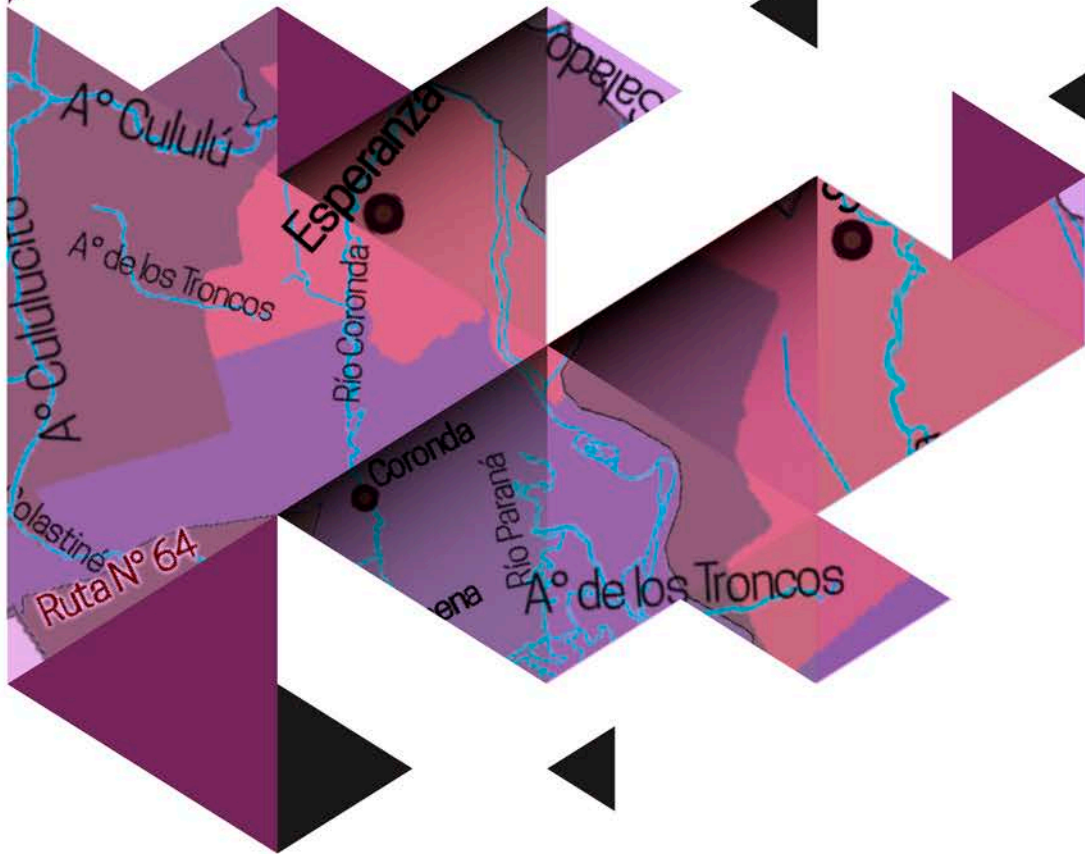
De una manera más realista, puede decirse que los estudios arqueológicos acerca de procesos de alteración diagenética de huesos humanos y faunísticos generalmente adoptan la forma de estudios comparativos dentro y entre conjuntos, basados en a) la observación sistemática de uno o más parámetros, b) la comparación estadística, c) la identificación de patrones configurativos y

asociativos y d) su explicación provisional a partir del conocimiento, también transitorio (en el sentido de no definitivo), adquirido por vías observacionales, experimentales o de cualquier otro tipo, acerca de relaciones causales entre determinados agentes y determinados efectos en determinados contextos. En este marco, las interpretaciones de casos específicos cambian, o pueden cambiar, en función de la obtención de un mejor conocimiento acerca de las relaciones causales implicadas en los procesos bajo estudio o, también, a partir de la acumulación de inconsistencias en la explicación más aceptada de un determinado fenómeno, sobre todo cuando se amplía la casuística abarcando una creciente diversidad de contextos. La investigación en la que se basa el presente trabajo se ajusta, en términos generales, a la descripción precedente, incorporando además un componente predictivo en un marco explícitamente espacial, por lo que adopta un enfoque centrado en la puesta a prueba de hipótesis de preservación diferencial en función de determinados aspectos de la variación ambiental, particularmente de tipo edáfico/pedológico.



# PARTE II

## El Área de Estudio



## 3 | CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

### 3.1 | Delimitación del área de estudio

El área de estudio abordada en este trabajo, correspondiente a la cuenca media del río Paraná y a la cuenca inferior del río Salado del Norte (en adelante, río Salado), se ubica en el centro-este de la provincia de Santa Fe, abarcando un total de 5900 km<sup>2</sup>, distribuidos entre los departamentos Las Colonias, San Jerónimo y La Capital. La prácticamente ausencia de rasgos fisiográficos, más allá de la hidrografía, hace que su delimitación se base, en gran medida, en elementos arbitrarios como los que componen la red caminera del lugar. De este modo, los contornos del área están dados: al este, por la margen derecha del río Salado, hasta la confluencia con el río Paraná, continuándose hacia el sur por este río, siguiendo el límite que lo separa de la provincia de Entre Ríos (que coincide con la línea de navegación del río Paraná), hasta una pronunciada curva en forma de herradura a la altura de Las Cuevas (Entre Ríos); al sur, por una línea imaginaria que va entre la curva del río Paraná mencionada anteriormente y la localidad de Monje; al oeste, por la Au. Rosario-Santa Fe entre

la localidad de Monje y la Ruta Provincial N° 64, continuándose por esta ruta hasta su intersección con la Ruta Provincial N° 10 en la localidad de López y, de allí, siguiendo esta última vía hasta su intersección con la Ruta Provincial N° 62; al norte, finalmente, por la Ruta Provincial N° 62, hasta la margen derecha del río Salado (Figura 3.1-1A).

Para organizar los sitios arqueológicos abordados, se dividió el área de estudio en 4 sectores (Figura 3.1-1B):

- ▶ cuenca del río Salado (CSDO);
- ▶ cuenca del arroyo Colastiné (CCNE);
- ▶ sector continental situado sobre la margen derecha del río Coronda (CCDA)
- ▶ llanura aluvial del río Paraná (LLAP).

### 3.2 | Geomorfología

En la provincia de Santa Fe existen formaciones geológicas fluviales, marinas, eólicas y palustres o de pantano (Iriondo 2012). A escala amplia, la provincia forma parte de la gran llanura Chaco-Pampeana (≈700.000 km<sup>2</sup>, entre aproximadamente 16° y 40° de latitud sur). Esta llanura se ubica a

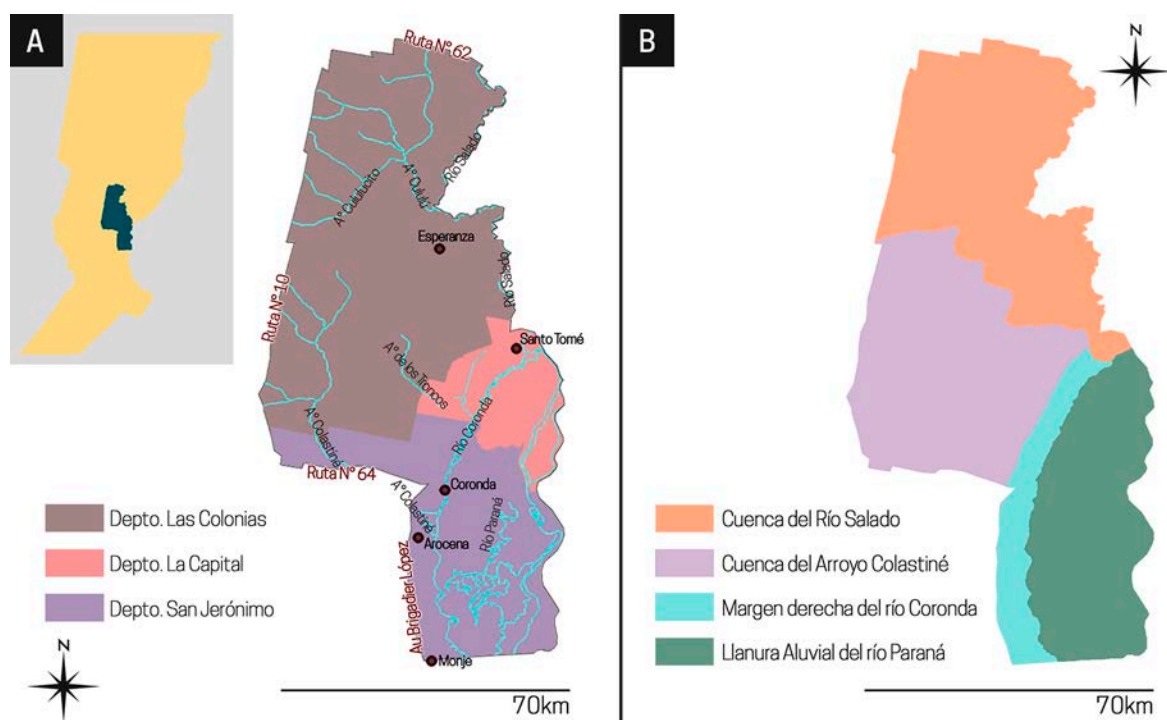


Figura 3.1-1. A) Delimitación del área de estudio; B) sectorización del área de estudio.

una escasa altitud sobre el nivel del mar y no presenta grandes accidentes geográficos, con excepción de los hidrológicos. Se trata de una “llanura de acumulación” (Iriondo 1987, 2012), formada por sedimentos cuaternarios, depositados sobre formaciones terciarias continentales y marinas.

En Santa Fe, la llanura Chaco-Pampeana se encuentra dividida en dos grandes zonas bien diferenciadas, cuyo límite está constituido por la falla Tostado-Selva y el área elevada del Bloque San Guillermo: la baja llanura chaqueña al norte y la relativamente elevada llanura pampeana, al sur (Giraut *et al.* 2007; Kröhling y Brunetto 2013). Dentro de la llanura pampeana, el área de estudio se ubica específicamente en lo que se denomina “Pampa Norte”, cuyo límite septentrional está marcado por una línea diagonal aproximadamente marcada por el río Salado —que la separa del Chaco austral— y, hacia el sur, se extiende hasta

una línea en la misma dirección, establecida entre las localidades de La Plata–Junín–Venado Tuerto–Villa María (Iriondo 1994).

Esta zona fue cubierta por un conjunto de sedimentos que conforman el Sistema Geomorfológico Eólico Pampeano (SEP) (Iriondo 1990; Iriondo y Kröhling 1995), que fueron depositados por el viento durante la última glaciación pleistocénica y, posteriormente, retrabajados durante las fases climáticas sucesivas (Kröhling y Brunetto 2013). El SEP se habría iniciado entre 33.000 y 28.000 años AP, con un máximo de depositación entre 22.000 y 18.000 años AP, durante el Último Máximo Glacial (UMG). Se compone de dos sistemas: el Mar de Arena (MAP) —conformado por arenas muy finas y finas limosas—, en la región central del país, y de una Faja Periférica de Loess (FPL), con 250 a 300 km de ancho y 2000 km de longitud, al noreste del MAP, que coincide con el área de estudio (Figura 3.2-1).

Este loess está constituido por un depósito eólico fino, mezcla de limo, arena muy fina y arcilla, con espesores de 2 a 5 m, y conforma el material parental de los suelos más fértiles (Iriondo y Kröhling 1995); recibe el nombre de Formación Tezanos Pinto (Iriondo 1980). Esta formación está cubierta, en forma de manto continuo, por la Formación San Guillermo, la cual se compone de limo grueso eólico, con escasas proporciones de arena y arcilla de color gris parduzco a grisáceo en seco y negro parduzco en húmedo. Con una textura migajosa y una estructura de prismas aplanados, dispuestos en forma vertical; su potencia típica es de 30 cm alcanzando, en algunos perfiles, un máximo de 55 cm (Iriondo y Kröhling 1995) (Figura 3.2-2).

### 3.3| Clima

El clima actual de la provincia de Santa Fe es subtropical húmedo, con un gradiente de temperaturas de norte a sur que va desde cerca de 20 °C de temperatura media anual en el límite con la provincia del Chaco, hasta 16,5 °C en el sur (Iriondo 2012). Debido a que el relieve no cuenta con particularidades importantes y se produce una libre circulación de aire, lo que determina el clima es la gran extensión latitudinal y el sistema superficial suelo-vegetación (SPANP 1997).

Se distinguen tres franjas climáticas: subtropical, subtropical con estación seca y templado-húmeda. La primera, se sitúa al este de la isohieta de los 1000 mm y al norte de los 31° sur y se caracteriza por abundantes precipitaciones y una escasa variación térmica anual. La segunda se localiza al oeste de la mencionada isohieta y al norte

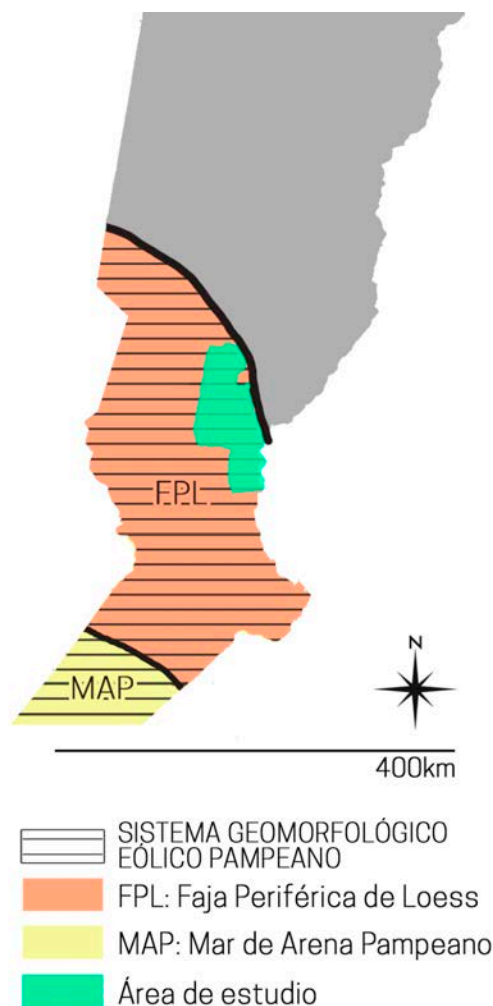


Figura 3.2-1. Sectores del Sistema Eólico Pampeano (SEP).

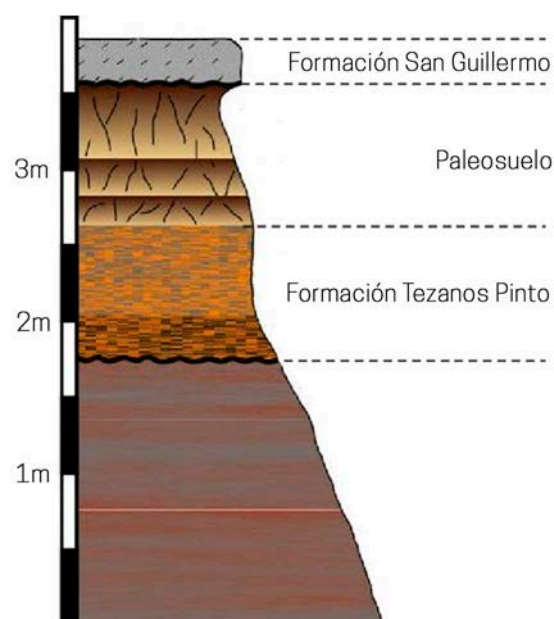


Figura 3.2-2. Perfil esquemático representativo de la FPL (Faja Periférica de Loess) (modificado de Brunetto *et al.* 2017).

del paralelo 31° sur y presenta una mayor amplitud térmica, con inviernos que pueden producir un déficit en el balance hídrico estacional. La tercera se sitúa debajo del paralelo de los 31° sur, con precipitaciones anuales superiores a 800 mm y ausencia de estaciones fuertemente diferenciadas (SPANP 1997) (Figura 3.3-1). La totalidad del área de estudio se encuentra incluida dentro de la franja climática templado-húmeda.

De acuerdo con Paoli (2004), se desarrolla una transición desde un clima sub-húmedo en las zonas oriental y central a semiárido en el límite occidental. Este gradiente se modificó

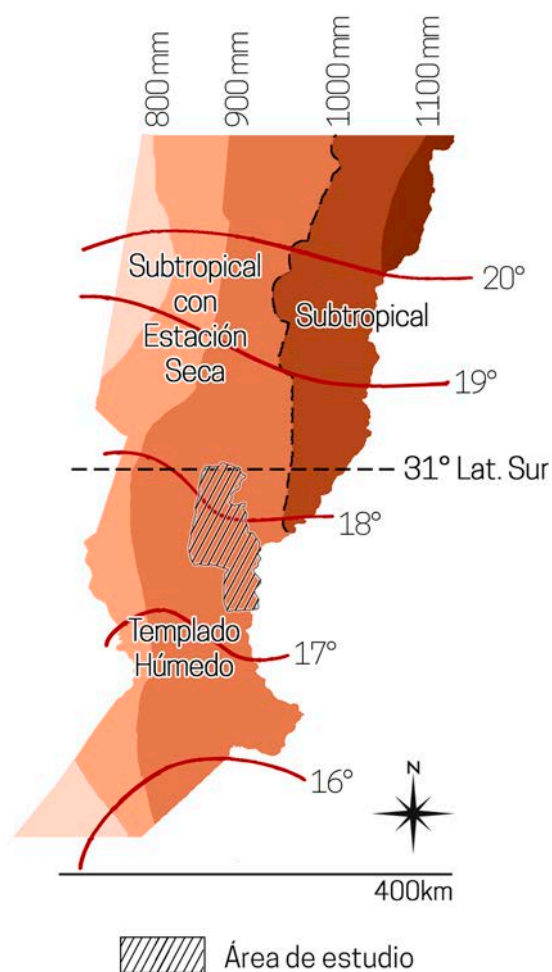


Figura 3.3-1. Mapa climático de la provincia de Santa Fe y localización del área de estudio en el mismo.

en las últimas décadas, pasando de 800-1100 mm en el período 1941/1970 a 900-1200 mm en el período 1971/2000. Además, las lluvias se caracterizan por presentar una importante irregularidad temporal, dando lugar a la alternancia de períodos secos (v.g. durante las décadas del 1940-1950) y normales y húmedos, a partir de 1970 (Paoli 2004).

### 3.4| Hidrografía

Desde el punto de vista hidrográfico, en la provincia de Santa Fe se destacan los ríos Paraná, Salado, Coronda y Carcarañá, y el sistema de Bajos Submeridionales, con cañadas orientadas de norte a sur sometidas a los pulsos de sequía e inundación provocados por el régimen pluvial de la zona (Giraut *et al.* 2007).

Si bien los límites de las cuencas hídricas no son evidentes debido a que toda la provincia forma parte de la gran “llanura de acumulación Chaco-Pampeana”, las mismas se pueden definir mediante estudios detallados (Iriondo 2012) (Figura 3.4-1).

La red de drenaje constituida por las diferentes cuencas distingue tres sectores:

- ▶ uno nivelado entre el río Salado y el río Carcarañá;
- ▶ otro ligeramente ondulado, surcado por abundantes ríos y arroyos de orientación suroeste-noreste que desaguan en el río Paraná, que se extiende desde el río Carcarañá hasta el arroyo del Medio;
- ▶ un sector más bajo, que abarca el suroeste de la provincia, caracterizado por un drenaje deficiente y la presencia de lagunas y bañados (v.g. La Picasa, Melincué) (Giraut *et al.* 2007).

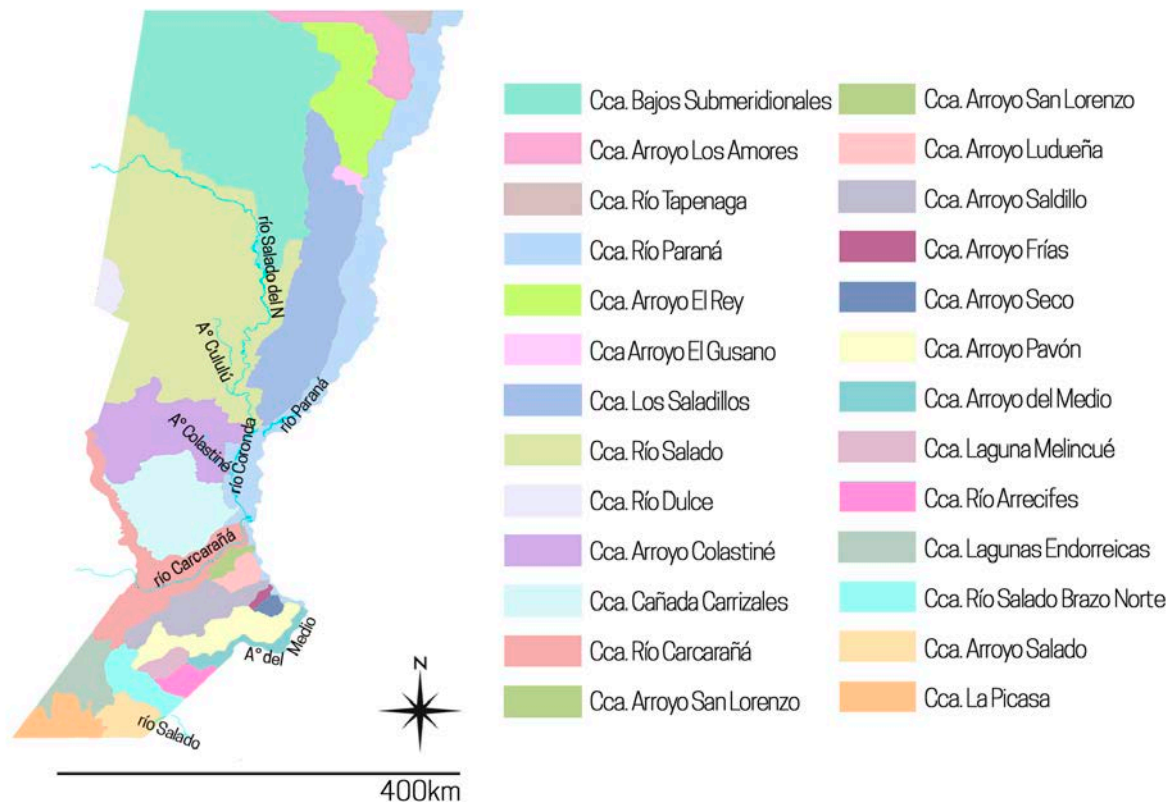


Figura 3.4-1. Cuencas hídricas de la provincia de Santa Fe; fuente: servicio WMS ofrecido por la Infraestructura de Datos Espaciales de la provincia de Santa Fe (IDESF).

Específicamente, la zona de estudio se halla vinculada con la dinámica de los ríos Salado, Coronda y Paraná, los arroyos Cululú y Colastiné, y sus correspondientes cuencas (Figura 3.4-2).

El río Paraná, vía navegable de mayor jerarquía, escurre en su cuenca media (Iriondo *et al.* 2007) a lo largo de un relieve tectónico de gran amplitud, determinando dos tramos con comportamientos diferenciados:

► el tramo septentrional (desde la localidad de Coronda hacia el norte), con su cauce principal recostado sobre la ribera mesopotámica, se abre al oeste con gran número de brazos y construye un gran número de islas, deprimiéndose en correspondencia con la llanura chaqueña;

► el tramo austral (desde Coronda hacia el sur), se levanta paulatinamente formando una abrupta barranca que acompaña a la Pampa Ondulada; el curso principal corre al pie de la barranca y permite la instalación de importantes puertos desde San Lorenzo hasta Villa Constitución, incluyéndose el de Rosario (Giraut *et al.* 2007).

El río Salado, por su parte, es un afluente del río Paraná. Nace en el borde de la Puna en la Provincia de Salta (denominado allí Pasaje o Juramento), siendo en parte intermitente a lo largo de su extenso recorrido pero retomando, en Santa Fe, un flujo constante. Desde el ingreso al territorio santafesino, el río discurre en dirección NO-SE y amplía su cauce después de recibir las

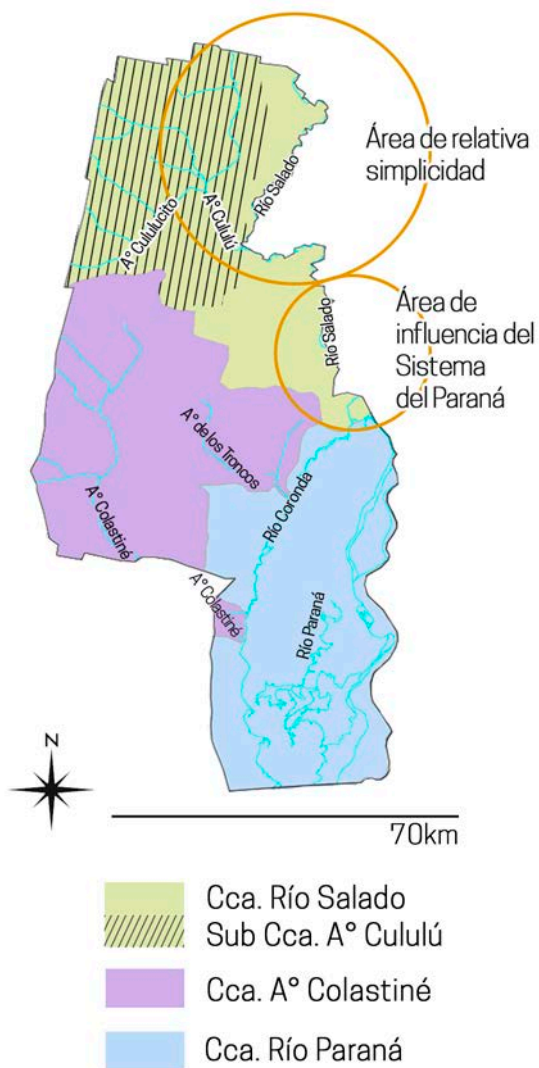


Figura 3.4-2. Cuencas y sub-cuencas comprendidas en el área de estudio.

aguas del río Calchaquí (río del Sur), el cual drena las aguas provenientes de los Bajos Submeridionales (Bacchiega *et al.* 2003; Giraut *et al.* 2007). A partir de este punto, el cauce fluye en dirección N-S hasta su desembocadura en el sistema del Paraná, recibiendo aportes de diversas subcuencas, principalmente la del arroyo Cululú (Paoli 2004).

La dinámica hídrica de los últimos tramos del río Salado se divide en tres áreas y una zona de transición, dos de las cuales tienen incidencia directa en el área de estudio

y serán las únicas que se mencionarán a continuación:

- ▶ área de relativa simplicidad, el río presenta un esquema de funcionamiento relativamente simple, desarrollando un cauce —y su respectivo valle— con contornos bien definidos; durante este tramo, el Salado recibe los aportes del Arroyo Cululú y el comportamiento está dominado por las características de esta subcuenca (ver más abajo);

- ▶ área de Influencia del Sistema del Paraná, está directamente influenciada por la actividad propia del río Paraná y su llanura aluvial, lo que hace que el río presente comportamientos no vinculados exclusivamente con su propia dinámica; en este tramo, el Salado no pierde energía morfogenética, sino que la disipa erosionando las márgenes y prolongando su recorrido en el río Coronada, el cual forma parte del sistema del río Paraná (Bacchiega *et al.* 2003); en su desembocadura, su corriente se vuelve lenta, generándose meandros en un valle muy amplio (Giraut *et al.* 2007) (Figura 3.4-2).

En cuanto al caudal medio anual del río Salado, a la altura de la Ruta Provincial N° 70 es de 133,7 m<sup>3</sup>/s para toda la serie disponible (1954-2002), pero aumenta a 176,4 m<sup>3</sup>/s si se toma la serie más reciente (1971-2002). Si se produce una superposición del paso de una onda de crecida aportada por el Calchaquí y lluvias intensas en la zona, se generan bruscas crecidas. A partir de la década de 1970 se puede visualizar la aparición de picos de crecidas muy importantes. Así, en

el año 2003 ocurrieron lluvias elevadas en coincidencia con una situación caracterizada por la saturación de la cuenca inferior del río Salado, producto de las precipitaciones ocurridas en los meses previos (Paoli 2004). Este estado originó la inundación de amplias zonas, sobre todo en la ciudad de Santa Fe.

Dentro de la cuenca fluvial del río Salado, de vital importancia para el área es la subcuenca del arroyo Cululú, la cual constituye la más grande de las subcuencas del Salado y es la de mayor importancia en su tramo inferior (Bacchiega *et al.* 2003) (Figura 3.4-2). La misma mide unos 130 km de longitud O-E y 100 km de ancho y ocupa una superficie de 6834 km<sup>2</sup>. Es una típica cuenca de llanura, con divisorias amplias y una red hidrográfica formada por cañadas interconectadas subparalelas que se integran, hacia el este, a la red fluvial. Su dinámica hídrica actual está dominada por factores climáticos y geológicos, estos últimos principalmente estructurales —con una asimetría escalonada topográficamente, resultado de la subsidencia tectónica que genera el peso de las rocas levantadas de las Sierras de Córdoba— (Dávila *et al.* 2010; Kröhling y Brunetto 2013).

En áreas de llanura —tales como las de la cuenca inferior del río Salado— la capacidad para absorber cambios producidos por el hombre es menor. En este sentido, las obras de infraestructura como canales artificiales para drenar zonas relativamente bajas o redes viales y ferroviarias, influyen sobre el escurrimiento e impactan hidrológicamente sobre las diferentes cuencas. La subcuenca del arroyo Cululú es una de las que posee

mayor capacidad para producir picos de crecidas de gran magnitud; en ella, los impactos antrópicos provocan cambios sustanciales tanto en el volumen de los caudales máximos como en el tiempo de llegada de las ondas de crecida del río Salado (Bacchiega *et al.* 2003).

### 3.5| Edafología

Según la taxonomía de suelos de la USDA (Soil Survey Staff 2006), en la provincia de Santa Fe predominan los suelos de orden Molisol, seguidos de los Alfisol, hacia el norte, y los Entisol en zonas vinculadas con el río Paraná (Figura 3.5-1, escala 1:500.000).

En el área abordada se hallan presentes los órdenes Molisol y Alfisol, registrándose cuatro subórdenes —Albol, Udol, Udalf y Acualf— y una gran variedad de grandes grupos: Argiudol, Argialbol, Natralbol, Hapludalf, Albacualf y Natracualf (Figura 3.5-2, escala 1:50.000).

El orden Molisol, predominante en el área, agrupa suelos oscuros, con una cobertura vegetal integrada fundamentalmente por gramíneas, y que poseen un epipedón mólico característico y una estructura granular o migajosa, que facilita el movimiento del agua y el aire. En la zona está representado por los subórdenes Udol y Albol. Los primeros son característicos de regímenes húmedos y los segundos pueden presentar déficit de humedad en alguna época del año aunque, en general, presentan un horizonte argílico y un gran contenido de humus, que los vuelve aptos para casi todo tipo de cultivos. A diferencia de los alfisoles —el otro orden presente— su contenido de materia orgánica

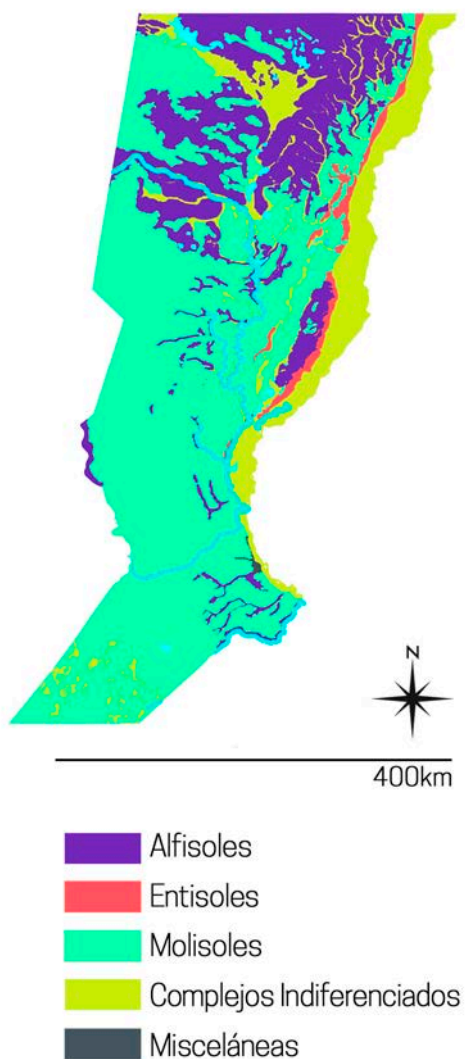


Figura 3.5-1. Mapa de suelos de la provincia de Santa Fe, clasificado a nivel de Orden; fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

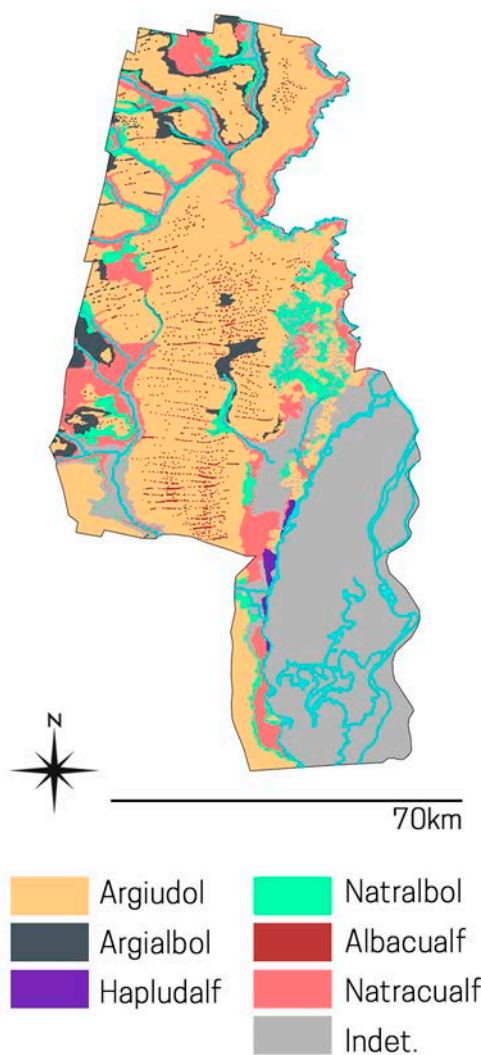


Figura 3.5-2. Mapa de suelos del área de estudio, clasificado a nivel de gran grupo; fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

es mayor, además de que generalmente presentan una acumulación de carbonato de calcio en profundidad (Conti 2000).

Los alfisoles, por su parte, se caracterizan por presentar un horizonte subsuperficial de enriquecimiento secundario de arcillas, asociado con un horizonte superficial claro, pobre en materia orgánica o de poco espesor. Los suelos del área pertenecientes a los subórdenes Udalf y Acualf, están vinculados a regímenes de humedad y, específicamente los segundos, a condiciones de saturación de

agua por períodos prolongados, asociados a una capa freática fluctuante y cercana a la superficie. Generalmente, se ubican en áreas planas y, en el caso de los Acualf, pueden ser también encharcables, dado el escaso escurrimiento superficial (Conti 2000).

La llanura aluvial del río Paraná — zona de planicies sometidas a procesos fluviales (Taller Ecologista 2010)— presenta una marcada heterogeneidad en los suelos, debido, entre otros factores, a las fluctuaciones de la oferta de agua y

la recurrencia periódica de inundación y sequía. Los suelos muestran un desarrollo incipiente y, en oposición a los de tierra firme, la diferenciación de horizontes es menos clara; están constituidos por complejos de capas depositadas y redepositadas por el río (Marchetti *et al.* 2013; Taller Ecologista 2010). Si bien no pueden ser asignados a un orden específico —en los mapas de suelo son atribuidos a complejos indeterminados— un estudio realizado por Orellana y Bertoldi de Pomar (1969) destaca un conjunto de rasgos que caracterizan a los mismos, específicamente la presencia de horizontes orgánicos enterrados, de diferente espesor y a profundidades variables, la alternancia de capas con texturas gruesas y finas, en las cuales el limo es la fracción predominante, y la abundancia de hierro, elemento que es aportado periódicamente por el río (Orellana y Bertoldi de Pomar 1969: 422). De manera general, estos autores asignan estos suelos al grupo de los entisoles y, dentro de éste, a los subgrupos fluventes (en albardones) y acuentes (en las zonas más bajas como bañados y lagunas).

### 3.6| Biogeografía

Biogeográficamente, la zona de estudio se inserta dentro de las ecorregiones del Espinal y Delta e Islas del Paraná (*sensu* Burkart *et al.* 1999) (Figura 3.6-1A). En la provincia de Santa Fe, la ecorregión del Espinal se define como un área transicional entre las llanuras templadas pampeanas y las planicies subtropicales chaqueñas (SPANP 1997). Gran parte del Espinal se encuentra altamente modificado por la acción antrópica

—principalmente actividades agrícolas y urbanización—, por lo que su superficie se ha visto reducida drásticamente en las últimas décadas (Arturi 2005). El paisaje que lo caracteriza es de llanura plana a suavemente ondulada, ocupada por sabanas, bosques bajos y pastizales (Burkart *et al.* 1999) aunque, debido a su carácter transicional, es posible observar diversidad de ambientes en su composición (Arturi 2005).

De acuerdo con el nuevo mapa de unidades de vegetación de la Argentina (Oyarzabal *et al.* 2018), la zona se ubica en parte dentro de la provincia fitogeográfica del Espinal —mayormente en el distrito Espinillar y la porción oeste en el del Algarrobal (del Algarrobo según Cabrera 1971)— y en parte en la provincia paranaense, unidad Valle del Paraná (Figura 3.6-1B). El distrito del Espinillar y la porción este del distrito del Algarrobal están dominados por bosques de algarrobo (*Prosopis* sp.) y espinillo (*Acacia caven*), que se hallan mayormente en las cercanías del curso del río Salado, acompañados de árboles y arbustos tales como el tala (*Celtis* sp.), el chañar (*Geoffroea decorticans*), el curupí (*Sapium haemospermum*), el sauce criollo (*Salix humboldtiana*), el cina cina (*Parkinsonia aculeata*) y el duraznillo blanco (*Solanum glaucophyllum*), a la vez que hierbas, dentro de las cuales predominan flechillas (*Stipa* sp.) y *Paspalum* sp. (Cabrera 1971; Oyarzabal *et al.* 2018; SPANP 1997). Además, el distrito del Espinillar contiene una sabana abierta con una matriz de gramíneas megatérmicas (v.g. *Leptochloa chloridiformis*), típica de lomadas con suelos profundos, y pastizales

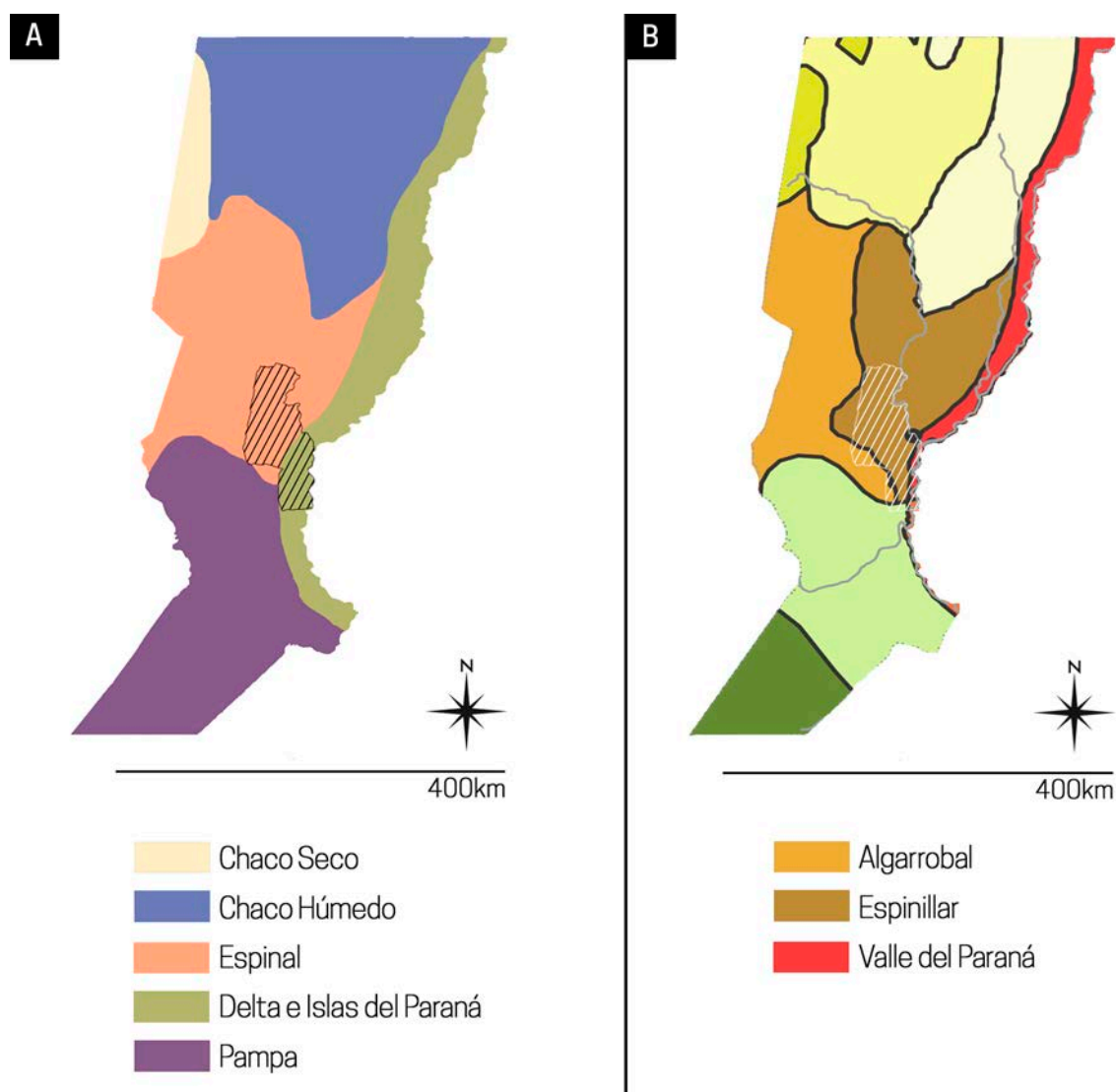


Figura 3.6-1. A) Ecorregiones de la provincia de Santa Fe; fuente: Burkart *et al.* 1999; B) mapa de unidades de vegetación de la Argentina; fuente: Oyarzabal *et al.* 2018. En ambos mapas se indica la localización del área de estudio.

altos de gramíneas fasciculadas (*Coleataenia prionitis*, *Spartina spartinae*), en posiciones topográficas bajas sujetas a anegamientos periódicos y comunidades de halófitas sobre suelos salobres (Oyarzabal *et al.* 2018).

En cuanto a la región biogeográfica Delta e Islas del Paraná provincia fitogeográfica Valle del Paraná según la clasificación fitogeográfica de Oyarzabal *et al.* 2018 se caracteriza por presentar un paisaje de islas bajas e inundables, con un ambiente húmedo que permite la presencia de comunidades

y especies típicas de las ecorregiones subtropicales húmedas del noreste del país (Burkart *et al.* 1999). La vegetación está conformada por bosques —principalmente de sauce criollo (*Salix humboldtiana*), alisos (*Tessaria* sp.), ceibo (*Erythrina crista-galli*), curupí (*Sapium haemospermum*)— y arbustales —de espinillo (*Acacia caven*), chilcas (*Baccharis* sp.), rama negra (*Conyza bonariensis*), duraznillo negro (*Cestrum parqui*) y sarandíes (*Cephalanthus* sp.)— en delgadas franjas sobre los albardones

arenosos de reciente formación (Oyarzabal *et al.* 2018). A su vez, hacia el interior de las islas, se hallan pajonales y pastizales de cortadera (*Cortaderia selloana*), totora y espadaña (*Typha* sp.), carrizos (*Panicum* sp.) y canutillos (*Paspalum* sp.), pirí (*Cyperus* sp.) y otras gramíneas y ciperáceas (v.g. *Coleataenia prionitis*, *Hymenachne grumosa*), que ocupan planicies que permaneces gran parte del año inundadas (i.e. bañados) (Oyarzabal *et al.* 2018). Por último, se encuentran comunidades hidrófilas y acuáticas (v.g. camalotes [*Eichhornia* sp.], juncos [*Schoenoplectus* sp.], irupé [*Victoria cruziana*]), que ocupan cuerpos de agua permanentes entre los albardones y bañados, sobre la ribera de los ríos y canales, así como en las lagunas del interior de las islas (Burkart *et al.* 1999; Oyarzabal *et al.* 2018).

Zoogeográficamente, la zona de estudio pertenece a la Región Neotropical, subregión Guayano-Brasileña (Ringuelet 1961), la cual engloba a los dominios subtropical y pampásico. En consecuencia, posee especies pampeanas típicas —que se corresponden con las de la ecorregión del Espinal— tales como el zorro de las pampas (*Lycalopex gymnocercus*), la vizcacha pampeana (*Lagostomus maximus*), el zorrino (*Conepatus chinga*), la comadreja (*Didelphis albiventris*), el venado de las

pampas (*ozotoceros bezoarticus*), el puma (*Puma concolor*) y cuis (*Cavia aperea*), y también especies del distrito mesopotámico, que son las que pertenecen a la ecorregión del Delta e Islas del Paraná. Esta última es muy rica faunísticamente, hallándose gran variedad de aves acuáticas, reptiles como el lagarto overo (*Tupinambis merinae*) y el yacaré (*Caiman* sp.), y mamíferos como coipo (*Myocastor coypus*), carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*), ciervo de los pantanos (*Blastocerus dichotomus*), lobito de río (*Lontra longicaudis*), entre otros. Por último, se destaca la importancia de la ictiofauna, con representantes típicos como el dorado (*Salminus* sp.), el surubí (*Pseudoplatystoma* sp.), el pacú (*Piaractus mesopotamicus*), la boga (*Megaleporinus obtusidens*), el sábalo (*Prochilodus lineatus*), entre otros peces (Burkart *et al.* 1999).

En la actualidad, de la flora y fauna autóctonas sólo quedan relictos, que se entremezclan con un ambiente muy antropizado, con gran presencia de vegetación y fauna introducidas. Incluso el complejo isleño del río Paraná, que comprende ambientes muy complejos, dinámicos y estacionales, presenta también aptitudes para la ganadería de campo natural, por lo que las islas y albardones son ocupados actualmente por ganado, principalmente vacuno (Giunta 2005).



## 4 | RECONSTRUCCIONES PALEOAMBIENTALES

**E**n el actual territorio argentino, durante el Pleistoceno inferior, los ríos Paraná y Uruguay depositaron grandes cantidades de arenas muy maduras y bien seleccionadas, cuya madurez mineralógica sugiere condiciones de temperaturas altas y un clima húmedo. En el Pleistoceno medio, el clima fue seco, y en el superior sobrevino nuevamente un largo periodo húmedo, durante el cual predominó la erosión al sur de Entre Ríos y oeste de Santa Fe, formándose las actuales redes hidrográficas (Vincenti 2013).

Hace entre 36.000 y 16.000 años AP, durante el Último Máximo Glacial, se habría depositado el miembro inferior de lo que hoy se conoce como Formación Tezanos Pinto (Kröhling 1998), mientras que el miembro superior se acumuló durante un período seco y frío, en el Pleistoceno tardío (entre 14.000 y 8500 años AP), provocando el desarrollo de campos de dunas y mantos de loess (Iriondo 2007). A este lapso, le siguió un calentamiento global del clima que se denomina *Optimum Climaticum* o *Hypsithermal*, el cual duró desde el 8500 hasta el 3500 AP, con un clima cálido y

húmedo, subtropical y tropical. Su comienzo produjo, además, la extinción de los últimos representantes de la megafauna pleistocena y, durante el mismo, ocurrió el poblamiento humano generalizado de la región pampeana y áreas vecinas (Iriondo y Kröhling 1995; Politis 2008; Politis *et al.* 2004) (Tabla 4-1).

Durante el Holoceno tardío sobrevino un período seco semiárido, que se extendió desde el 3500 hasta el 1400 AP (Iriondo y Kröhling 1995). Con temperaturas similares a las actuales y escasa cobertura vegetal (Andriulo *et al.* 2002), este lapso se caracteriza por la depositación de la Fm. San Guillermo, el desarrollo de hoyadas de deflación, dunas de arcilla y cristales de yeso (Iriondo 1987). La acción del viento habría causado la erosión de los sedimentos superficiales existentes y de los suelos, así como también la depositación del material erosionado en una extensa capa de arena y sedimento, generando una carpeta de limo eólico de 20 a 40 cm de espesor sobre el paisaje y formando hoyas de deflación circulares y elípticas (Iriondo 2010).

Entre los 1400 y los 800 años AP, diferentes líneas de evidencia de tipo

Período	Rango temporal (años AP)	Denominación del período	Condiciones Climáticas	Formación depositada
Holoceno Temprano	14.000-8500	Retiro de la última glaciación	Clima frío y seco	Tezanos Pinto
Holoceno Medio	8500-3500	Optimum Climaticum o Hypsithermal	Calentamiento global con predominancia de un clima cálido y húmedo, subtropical y tropical	San Guillermo
	3500-1400		Período seco y semiárido con escasa cobertura vegetal	
Holoceno Tardío	1400-700	Húmedo Máximo Medieval	Clima tropical/húmedo, con condiciones más húmedas y cálidas que las actuales	
	600-100	Pequeña Edad de Hielo	Período de enfriamiento y sequía.	
		Actualidad	Condiciones actuales, más cálidas y húmedas	

Tabla 4-1. Esquema de las oscilaciones climáticas acontecidas durante el Holoceno (modificado de Balducci 2014).

pedológico, faunístico y geológico indican que aumentó nuevamente la humedad, estableciéndose un clima tropical/húmedo de régimen údico, con ascenso del nivel freático y con condiciones más húmedas y cálidas que las actuales, período que se denomina Húmedo Máximo Medieval (Iriondo 2010). Sin embargo, diversos trabajos geomorfológicos, hidrológicos y palinológicos realizados en la región señalan que este período se habría desarrollado más tardíamente, aproximadamente desde los 1000 años AP hasta el siglo XV, caracterizado por condiciones subhúmedas/templadas, con inviernos más moderados que los actuales, mayores precipitaciones y gran excedente hídrico (Balducci 2014; Balducci *et al.* 2017; Carignano 1999; Pardiñas 1999; Piovano *et al.* 2004,

2009; Prevosti *et al.* 2004; Tonni 2006).

Seguidamente, en concordancia con el período histórico colonial (entre los 600 y los 100 años AP), ocurrió un período de enfriamiento y sequía, denominado Pequeña Edad de Hielo. Se produjeron avances de los glaciares en la Cordillera y condiciones de aridez en las tierras bajas (Iriondo y Kröhling 1995). Ese período de cierto enfriamiento no se produjo en todo el territorio argentino de manera homogénea ni simultánea, sino que ocurrió con mayor énfasis en gran parte de la llanura pampeana y en la provincia de San Luis (Vincenti 2013). Por último, hacia el 1800 AD, comienza la etapa actual, con condiciones climáticas más cálidas y húmedas (Vincenti 2013), período en el cual ocurre la gran expansión de las actividades agropecuarias en la región.



## 5 | ANTECEDENTES DE LAS INVESTIGACIONES ARQUEOLÓGICAS EN EL ÁREA

Los primeros estudios arqueológicos realizados específicamente en el área de estudio se localizaron en la zona de confluencia del río Salado con el arroyo Cululú, y se remontan a los inicios del siglo XX (v.g. Castellanos 1922, 1924; Frenguelli 1920, 1932; Vignati 1923, 1931, 1934) (Figura 5-1). En ese entonces, las investigaciones estuvieron enmarcadas dentro de una de las controversias más significativas de la época: la posible antigüedad pleistocénica, o incluso terciaria, de una serie de restos humanos recuperados en distintos lugares del territorio argentino. De este modo, la principal atención estuvo enfocada en la descripción detallada de los restos “fósiles” humanos estratigráficamente asociados con fauna extinta y que dieron lugar a denominaciones tales como el “Hombre fósil del arroyo Cululú” o el “Hombre fósil de Esperanza” (Vignati 1923, 1931).

Los diferentes restos humanos hallados fueron objeto de mediciones específicas y comparaciones con casos procedentes de otras áreas de la Región Pampeana (v.g. Fontezuelas, Samborombón, Baradero) (Castellanos 1924, 1929; Vignati 1923,

1934). No obstante, Frenguelli (1932: 97) reinterpreta la estratigrafía de los perfiles estudiados y atribuye el supuesto estado de “fosilización” observable en los elementos a cuestiones diagenéticas, producto del intercambio del hueso con el carbonato de calcio presente en el sedimento. Según el autor, este proceso fue el responsable de que los materiales presenten características similares a las de horizontes inferiores, prestándose a confusión y haciendo que se les otorgue mayor antigüedad que la real.

Respecto de esta problemática, Ceruti (1995a), a partir de la revisión de los trabajos pioneros y de nuevos hallazgos en la zona (Ceruti 1988, 1995b), corrobora la



Figura 5-1. Izquierda) Joaquín Frenguelli (1883-1958); fuente: Abad de Santillán (1971); derecha) Milcíades Alejo Vignati (1895-1978); fuente: Raffino (2006).

observación realizada por Frenguelli (1932), reafirmando que la mineralización de los huesos —que les daba una apariencia antigua a los mismos— se debe probablemente a procesos tafonómicos, y que su posición estratigráfica —con profundidades similares a las de la fauna extinta— se vincula con la práctica cultural de enterrar a los muertos. Por lo tanto, considera que no puede establecerse una asociación fehaciente entre ellos, descartando el presunto carácter fósil de los restos humanos y su supuesta antigüedad pleistocénica, reasignándolos a la “Entidad Cultural Esperanza” (Ceruti 1995a) (ver más abajo).

Desde principios del siglo XX, las investigaciones en toda la región del Nordeste Argentino (NEA) estuvieron fuertemente influenciadas por la tradición histórico-cultural. En ese entonces, el objetivo estuvo puesto en la descripción detallada de los materiales arqueológicos (principalmente de los tiestos cerámicos), las comparaciones entre los mismos y el hallazgo de semejanzas que permitieran configurar un sistema cronológico regional y una descripción de las culturas arqueológicas correspondientes a cada zona (Galligani 2013). Uno de los autores más representativos fue Serrano (1931, 1933, 1954, 1972), quien planteó una clasificación cultural basándose en la existencia de la llamada Cultura Básica del Litoral, a partir de la cual se habría generado un proceso de diversificación, que originó el desarrollo de culturas locales bien definidas.

El esquema cronológico planteado por el autor para la región del litoral comienza con un Período de Cazadores Precerámicos

(10.000-3000 AP), seguido por un Período Temprano (3000-1000 BP) en el que se genera aquella Cultura Básica o entrerriana, caracterizada con alfarerías de escaso desarrollo, y un Período Tardío, representado por los Chaná-Timbú (Serrano 1931, 1933, 1954, 1972) (Figuras 5-2 y 5-3). Uno de los sitios más relevantes localizados por el autor es Las Tejas (Serrano 1923), el cual se ubica en la laguna Coronda y es adjudicado a la Cultura Básica del Litoral. Este sitio fue relocalizado en el año 2012 (Sartori 2013, 2015) y será abordado en esta tesis.

En las décadas siguientes, aparecen diversos trabajos que se mantienen dentro de esta línea de investigación. Entre ellos se pueden mencionar los escritos de Larguía de Cruzeilles (1936) e Iribarne (1937), en los cuales se efectúan descripciones detalladas de forma, decoración y tecnología de gran cantidad de materiales cerámicos —mayormente vasijas completas o semi completas— recuperadas en zonas vinculadas con el río Coronda y que, por sus características, fueron asignados a la Cultura del Litoral. También es de destacar



Figura 5-2. Ornamentos zoomorfs hallados en el sitio Las Tejas, típicos de la cuenca del río Paraná; fuente: Serrano (1931).



Figura 5-3. Izquierda: Antonio Serrano (1899-1982); fuente: Bonomo 2012; derecha: Carlos Natalio Ceruti; fuente: Vitores *et al.* (2010).

la localización, hacia la década de 1940, del sitio Pajas Blancas (Badano 1940) en una isla emplazada en la laguna Coronda. En el mismo se recuperaron, en ese momento, vasijas cerámicas completas y una urna funeraria decorada con pintura roja sobre fondo blanco, que Bonomo *et al.* (2010) asignan a la cultura guaraní.

Luego de varias décadas sin trabajos arqueológicos en la zona, se registra, en 1975, la primera investigación sistemática realizada por Astiz *et al.* (1975). Estas investigadoras localizaron un sitio arqueológico en 1968-69, al norte de la ciudad de Coronda, sobre la margen derecha del río homónimo, entre la desembocadura de los arroyos Bragado y Matadero. En este sitio se hallaron fragmentos de cerámica en superficie, con efectos de rodamiento, consecuencia del movimiento producido por la acción fluvial (Astiz *et al.* 1975).

A partir de la década de 1980, Ceruti revisa las investigaciones de Serrano (1931, 1933, 1954, 1972), retoma algunos de sus planteos y propone la categoría de Tipo o Entidad Cultural (Ceruti 1986). Este concepto vincula la cultura material con las condiciones ambientales, haciendo énfasis en el hecho de que aquellas Entidades se

conformaban a medida que se adaptaban al medio. De este modo, Ceruti (1986, 2003) expresa que, durante el último episodio árido del Holoceno (entre 3000 y 1000 AP), el centro de la actual provincia de Santa Fe habría sido ocupada por poblaciones con dos modalidades culturales distintas: El Tipo Cultural Esperanza y El Tipo Cultural Goya-Malabrigo.

La Entidad Cultural Esperanza se habría desarrollado en el centro santafesino y correspondería a grupos cazadores-recolectores pedestres, conformados por pocos individuos, adaptados a distintos ambientes —principalmente de tipo estepario— que se desplazaban estacionalmente por un amplio territorio que comprendía desde la margen derecha del río Paraná hasta las Sierras Cordobesas (Ceruti 1986). La subsistencia habría estado basada en un equilibrio entre caza y recolección, a lo que se sumaba la pesca cuando permanecían cerca del río Paraná y sus riachos, principalmente en el invierno. En verano, en cambio, migrarían a las serranías cordobesas o puntanas a explotar algarrobales (Ceruti 2000, 2006).

Los sitios arqueológicos pertenecientes a esta Entidad se hallan, mayormente, en la cuenca del Salado —en yacimientos superficiales o poco profundos, ubicados en tierras altas o en albardones del río o sus afluentes— y en la cuenca del Saladillo Amargo, en lunetas de arcillas, en las márgenes de lagunas como del Cristal, Larga, Redonda, del Plata y del Platero. La cronología probable para esta entidad abarcaría desde los 3000 años AP hasta el

contacto europeo, recibiendo —hacia el 1000 AP—elementos de Goya-Malabrigo, como los apéndices zoomorfos (Ceruti 1991, 1992, 2000, 2006).

Entre las características salientes de la Entidad Esperanza se halla la presencia de los “hornitos de tierra cocida” o “botijas”, cuya naturaleza y funcionalidad ha sido foco de discusión (ver Castellanos 1926; Ceruti 1999; Cornero *et al.* 2013; Frenguelli 1920, 1941; Vignati 1928). Otro aspecto característico es el instrumental lítico, el cual destaca por su especificidad y la técnica de elaboración. Éste se compone de puntas líticas pedunculadas y con aletas, piedras de boleadoras y otros artefactos escasos, como raspadores y afiladores. El material utilizado provendría de diferentes zonas tales como las costas del río Paraná (xilópalo, arenisca cuarcítica, ocre), del río Uruguay (cuarcita y calcedonia) y de las sierras pampeanas (basalto, cuarzo, anfibolita) (Ceruti 1991, 2000). Respecto de la alfarería, ésta se caracterizaría por ser fundamentalmente lisa, aunque se pueden hallar tiestos con guardas incisas, con pintura roja y, en menor frecuencia, con apéndices zoomorfos (loro, pecarí, carpincho y guanaco). Entre las técnicas decorativas predominantes se hallan el surco rítmico, de línea, punteada, unguiculada, con impresión de redes y, en menor cantidad, de cestería (Ceruti 1991; Rodríguez y Ceruti 1999).

Por último, en relación con el registro óseo, si bien no se han efectuado análisis específicos de los restos faunísticos, Ceruti sí realiza una determinación taxonómica, en la cual menciona que se hallan especies

tanto del ambiente pampásico como del paranaense (v.g. peces siluriformes, aves, edentados, cérvidos, guanaco y nutria) (Ceruti 1991; Rodríguez y Ceruti 1999). Estos *taxa* viven actualmente en la zona, con excepción del guanaco —especie indicadora de condiciones de mayor aridez—, lo cual sugiere que las condiciones de humedad actuales se habrían instalado en la zona recientemente (Ceruti 1991, 1992). La presencia de entierros humanos es escasa en los sitios vinculados con esta Entidad, y se caracterizaría por entierros superficiales y fragmentarios (Ceruti 1991, 1992).

Por otra parte, la Entidad Cultural Goya-Malabrigo, o Cultura de los Ribereños Plásticos (*sensu* Serrano 1931), hace referencia a poblaciones cazadoras-pescadoras altamente adaptadas al ambiente de las islas y costas bajas del río Paraná, que complementaban su subsistencia con la recolección, dependiendo del lugar de residencia (Ceruti 1988). Ocuparon geoformas sobreelevadas, siempre en relación directa con el cauce principal de este río o el curso inferior y medio de sus afluentes: dunas disipadas, albardones, islas maduras de la planicie aluvial, terrazas fluviales (Ceruti y González 2007).

Esta unidad se caracteriza por una serie de aspectos morfológicos y estilísticos específicos de la alfarería, como la predominancia de los fragmentos lisos por sobre los decorados, el uso de tiesto molido como antiplástico, la presencia de apéndices zoomorfos y “campanas” o alfarería gruesa (*sensu* Gasparý 1950), montículos o cerritos y la incisión de surco rítmico como técnica

decorativa preponderante (Ceruti 2003).

Presenta un instrumental lítico escaso y poco elaborado, mayormente raspadores, raederas y cuchillos elaborados en calcedonia o cuarcita (Formación Ituzaingó o río Uruguay), también boleadoras y pulidores en arenisca. Se caracteriza por la elaboración de instrumental óseo, como perforadores y anzuelos en espinas de peces o huesos de coipo. Entre los restos faunísticos predominan las especies acuáticas, mayormente peces, ciervo de los pantanos y coipo y respecto de las prácticas mortuorias, se hallan entierros primarios y secundarios (paquetes funerarios) (Ceruti 1992, 2003; Ceruti y González 2007).

A mediados de la década de 1990 se comienza a producir una transición teórica-metodológica en la arqueología del NEA, incorporándose los enfoques procesuales y ecológicos que habían surgido en Norteamérica pero manteniéndose algunas líneas de los modelos más tradicionales (v.g. Cornero y Cocco 1994; Escudero y Letieri 1995). Este momento, denominado “zona de transición teórica” (Escudero *et al.* 2011) se va a extender algunos años y hacia fines de los ‘90 comienzan a aparecer trabajos que se alejan completamente de los modelos tradicionales y en los cuales se enfatiza la base empírica arqueológica (ver discusión en Escudero *et al.* 2011).

En el año 2003, comienza a ejecutarse el proyecto “El registro arqueológico del uso del espacio en la cuenca inferior del río Salado y superior del río Coronda”, dirigido por la Dra. Rosario Feuillet Terzaghi, en el marco del cual se comenzaron a realizar

prospecciones en el área, con el objetivo de relocalizar y localizar nuevos sitios arqueológicos (Feuillet Terzaghi y Escudero 2009). De este modo, se inician una serie de investigaciones sistemáticas que ampliaron y diversificaron los temas de investigación, y cuyo foco deja de estar puesto en la descripción y la asociación de los sitios arqueológicos a Tipos Culturales y comienza a centrarse en el estudio de la adaptación al medio.

El mismo año se produce el hallazgo del sitio Río Salado-Coronda I, en la ciudad de Santo Tomé, barrio Villa Adelina Este, donde se recuperaron materiales cerámicos, restos faunísticos y escasos instrumentos líticos (Feuillet Terzaghi 2009; Sartori 2008; Sartori y Feuillet Terzaghi 2007). Es a 200 m del mismo, en el año 2007, donde se halló un área de entierros múltiples que se denominó sitio Río Salado Coronda II, el cual es abordado en esta tesis (ver más abajo).

En el año 2004 fue hallada y excavada el área de entierros correspondiente al sitio Familia Primón, en la ciudad de Coronda (Cocco *et al.* 2009; Feuillet Terzaghi 2009; Feuillet Terzaghi *et al.* 2007; Sartori 2013) sitio que también es trabajado en esta tesis. Si bien durante una década no se volvieron a realizar trabajos arqueológicos en el mismo, una década después —en los años 2013 y 2014— se llevaron a cabo nuevas excavaciones sistemáticas, registrándose concentraciones de materiales cerámicos y faunísticos en otros dos sectores, relativamente cercanos al área de entierros. Estos nuevos trabajos se realizaron en el marco del proyecto “Variabilidad del

registro arqueofaunístico en la cuenca media e inferior del río Coronda (Margen derecha, provincia de Santa Fe)”, dirigido por la Dra. Julieta Sartori, a partir del cual se hallaron nuevos sitios en el área de la laguna Coronda: Campo Cervi, Los Bañados y Las Conchas (Sartori 2013), dos de los cuales también son abordados en esta tesis (CC y LB).

En los últimos años se comenzó a gestar un cambio en la arqueología del NEA, aunque no generalizado, que tiende a volver a poner el foco en la identificación, descripción y vinculación de los sitios arqueológicos con Entidades Culturales/Arqueológicas, particularmente Goya-Malabrigo (*sensu*

Ceruti 1993, 2003; González 1977) y Guaraní (*sensu* Serrano 1972), en el marco del estudio de procesos de dispersión y etnogénesis (ver Politis y Bonomo 2012, 2018).

A la vez, se diversificaron los equipos y las líneas de investigación, comenzando a realizarse estudios específicos —a través de distintos indicadores como isótopos estables, restos arqueobotánicos, entre otros (v.g. Balducci *et al.* 2017; Cocco *et al.* 2010; Colobig *et al.* 2016; Cornero *et al.* 2008; Ottalagano y Loponte 2017; Píccoli y Barboza 2016)— y a integrar al NEA en discusiones más amplias, vinculadas con otras regiones del país.



# PARTE III

## Constitución de la Muestra



## 6 | SITIOS ARQUEOLÓGICOS EXCAVADOS PREVIAMENTE

Los sitios arqueológicos abordados en este trabajo, que fueron excavados previamente por diferentes equipos de investigación durante los últimos 15 años, son cinco: tres ubicados sobre la margen derecha del río Coronda (Río Salado-Coronda II [RSCII], Familia Primón [FP] y Campo Cervi [CC]) y dos en la llanura aluvial del río Paraná (Las Tejas [LT] y Los Bañados [LB]) (Figura 6-1).

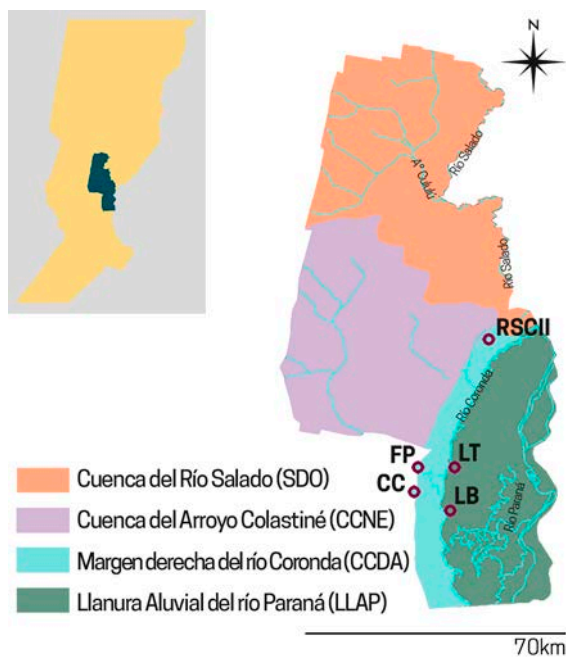


Figura 6-1. Localización de los sitios arqueológicos excavados previamente en el área de estudio.

### 6.1 | Río Salado-Coronda II (RSCII)

El sitio RSCII se encuentra localizado en el área urbana de la localidad de Santo Tomé, a aproximadamente 300 m de la margen derecha del río Coronda (Figura 6.1-1). Es un sitio extenso, en el cual se han detectado restos arqueológicos en diferentes sectores de ocupación, cuya formación no fue, probablemente, sincrónica en todos los casos (Feuillet Terzaghi 2009; Sartori 2013). Fue detectado en marzo de 2007, luego de las intensas lluvias que provocaron la inundación de una parte de la ciudad y el escurrimiento de las aguas a través de la calzada de tierra con pendiente hacia el río, debajo de la cual se hallaron los restos óseos. Su exposición, por el lavado del horizonte superficial del terreno, fue lo que permitió su localización (Feuillet Terzaghi 2009) (Figura 6.1-2).

En sucesivas campañas —realizadas por el equipo de la Dra. Rosario Feuillet Terzaghi— se excavaron 24 m<sup>2</sup>, distribuidos en 6 cuadrículas de 2x2 m con orientación norte (Figura 6.1-2). Durante las excavaciones se identificaron 35 conjuntos óseos o rasgos, 11 de los cuales corresponden

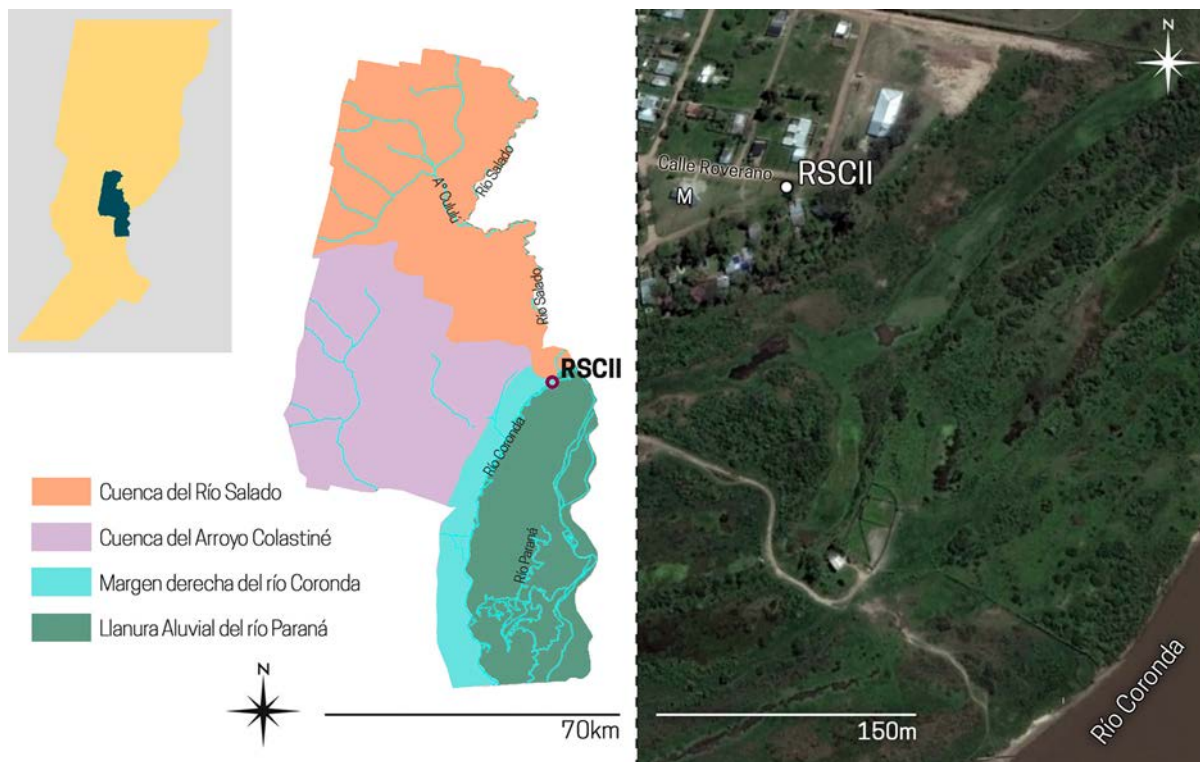


Figura 6.1-1. Izquierda) Localización del sitio Río Salado-Coronda II (RSCII) en el área de estudio; derecha) imagen satelital de la zona donde se emplaza el sitio.

a entierros primarios y secundarios claramente identificables; 4, a probables entierros secundarios; y 19, a agrupaciones espacialmente discretas de restos óseos que no presentaban un orden claramente discernible (indeterminados) (Figura 6.1-3) (Feuillet Terzaghi y Deluca 2011; Galligani 2013). Cabe señalar que no fue extraída la totalidad de los restos humanos registrados, ya que un conjunto de rasgos —que conforman la base del museo de sitio que forma parte del Museo Arqueológico de Santo Tomé (MAST), inaugurado en mayo de 2013— fueron preservados *in situ*.

Los restos óseos provienen de un único nivel, cuyo espesor máximo es de 0,20 m, situado casi inmediatamente por debajo de la superficie actual del terreno (Feuillet Terzaghi 2009). Los entierros primarios poseían una orientación media en sentido

SSO ( $-141,6^\circ \pm 13,5^\circ$ ). Siete de estos entierros estaban en posición decúbito dorsal extendida, uno en posición decúbito ventral extendida y uno, muy flexionado, en posición decúbito lateral izquierda. Los entierros secundarios se encontraban también dispuestos, mayoritariamente, siguiendo una orientación NNE-SSO (considerando el alineamiento de los huesos largos), aunque dos de ellos presentaban orientaciones con dirección NNO-SSE y NO-SE, respectivamente (Galligani 2013; Galligani *et al.* 2016).

Sobre la base de tres dataciones radiocarbónicas (AMS) obtenidas a partir de dientes humanos (colágeno de dentina) procedentes de diferentes rasgos, la cronología de los entierros pudo ser establecida entre *ca.* 1500 y 1000 años  $^{14}\text{C}$  AP (Galligani 2013; Sartori 2008, 2013).

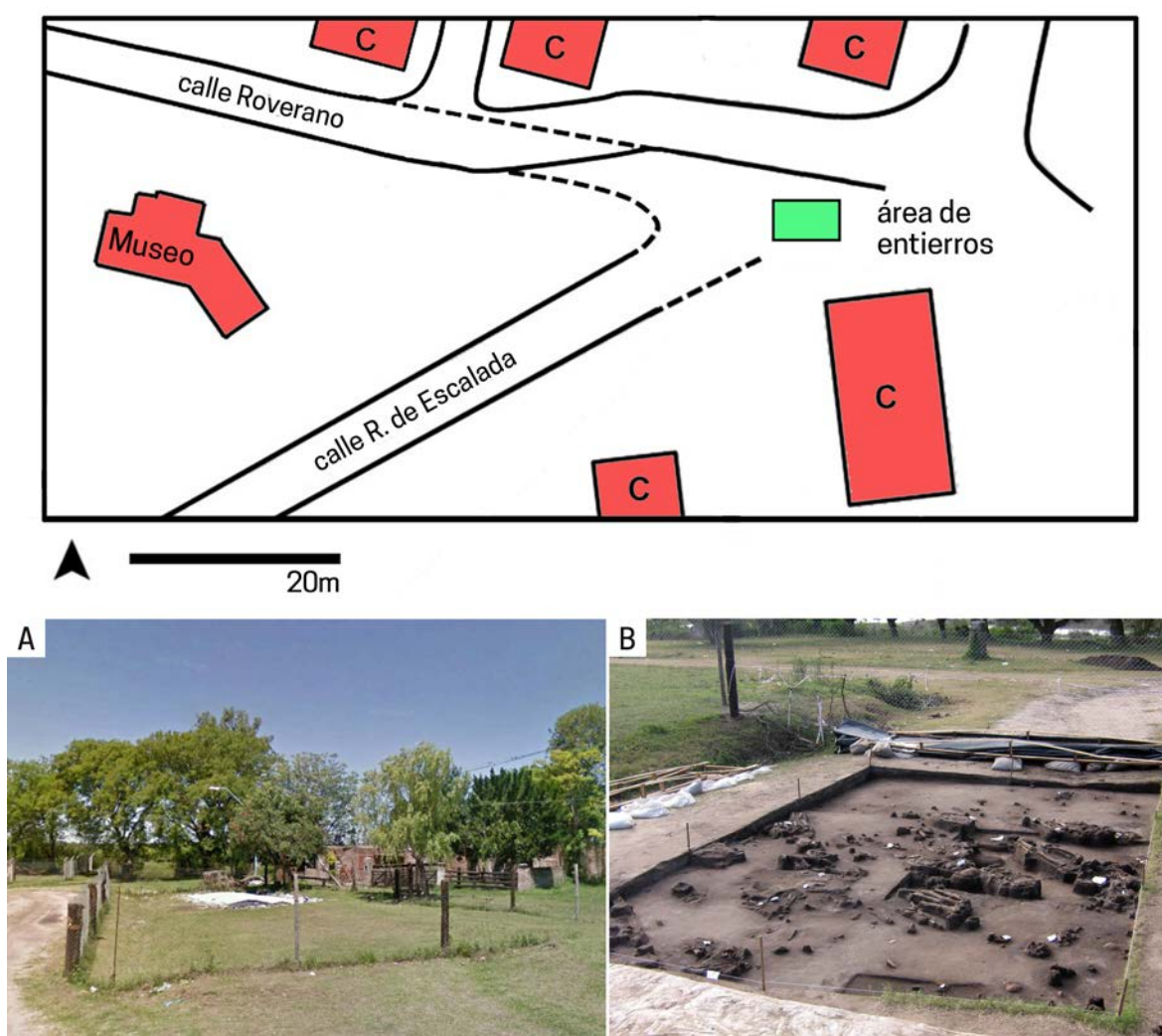


Figura 6.1-2. Arriba) Planta del sitio RSCII; A) vista del sitio; B) vista del área de entierros (fotografías: M. R. Feuillet Terzaghi).

En la misma área se recuperaron restos faunísticos, escasos artefactos líticos y fragmentos de contenedores cerámicos, además de una ofrenda funeraria compuesta por una vasija cerámica colocada boca abajo y con valvas de *Diplodon* sp. en su interior (Feuillet Terzaghi 2009).

En el año 2012, antes del comienzo de la construcción del MAST, se realizaron sondeos en el lugar donde se halla actualmente el mismo. En total, se llevaron a cabo 37 sondeos, de 1 m<sup>2</sup>, en los que se hallaron gran cantidad de materiales cerámicos y

faunísticos, aunque no restos óseos humanos (Sartori 2013). Asimismo, hacia el norte, a aproximadamente 40 m del área excavada, se recuperó un entierro individual flexionado, en posición de decúbito ventrolateral derecho, situado a mayor profundidad que el resto (2,35 m respecto del nivel 0).

De acuerdo con un estudio edafológico realizado en el sitio por J. Postma (2013), el suelo corresponde al orden Entisol, el cual carece de desarrollo de horizontes pedogenéticos, diferenciándose en él un horizonte superficial (A), que continúa

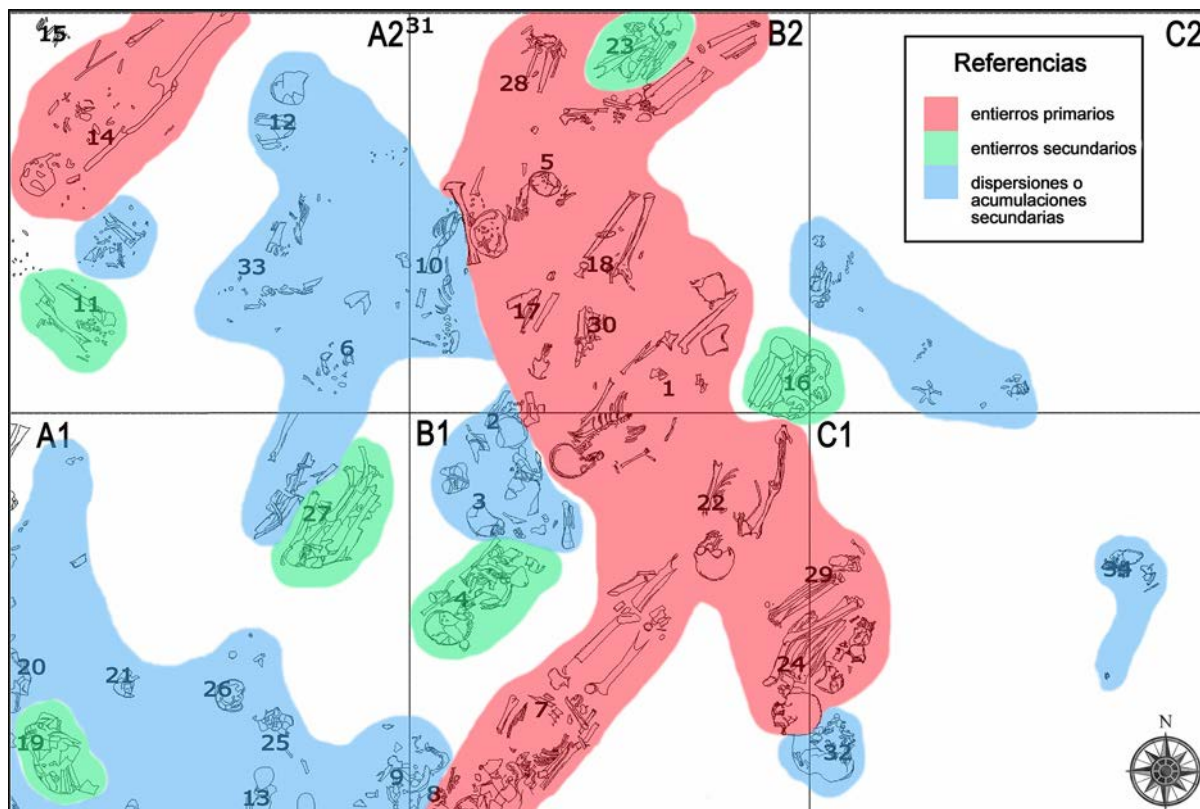


Figura 6.1-3. Planta del área de entierros del sitio RSCII, en la cual se encuentran diferenciadas las áreas ocupadas por entierros primarios, entierros secundarios y conjuntos discretos constituidos por dispersiones y acumulaciones secundarias de huesos humanos (tomada de Galligani 2013).

directamente con un horizonte C, de textura franco-arenosa con escasas lamelas de arcilla (INTA-MAG 1981) (Figura 6.1-4). La ausencia de horizonte B se debe, en gran parte, al escaso tiempo transcurrido desde la acumulación de los materiales parentales, los cuales provendrían, en su mayoría, de aluviones antiguos del río Paraná que posteriormente sufrieron remodelación eólica (INTA-MAG 1981; Postma 2013). Dentro del orden Entisol, el suelo pertenece al gran grupo Udipsament (Soil Survey Staff 2006) que presenta un componente arenoso muy marcado, el cual le confiere un alto grado de permeabilidad (Galligani *et al.* 2019a; Postma 2013). Con respecto a la ubicación de los entierros, es probable que los mismos hayan estado alojados en



Figura 6.1-4. Imagen del perfil de suelo del sitio RSCII.

alguno de los subhorizontes C del suelo, ya que el horizonte superficial fue eliminado por la apertura de la calzada en donde fueron localizados los primeros restos y, posteriormente, por la erosión hídrica que los expuso en superficie (Galligani 2013).

Los análisis químicos realizados sobre sedimentos del sitio (fósforo extraíble, Pe), tanto del área de entierros como alrededor de la misma, indican una concentración diferencial de fósforo, información que permite estimar una extensión probable del sitio cercana a una hectárea, con un área de cementerio de más de 200 m<sup>2</sup> (Figura 6.1-5; ver discusión en Galligani *et al.* 2019a). Todas estas evidencias indican una probablemente larga y compleja historia ocupacional del sitio, en la que el área de entierros representaría sólo una de las diferentes áreas de actividad generadas en

el lugar a través del tiempo (Galligani *et al.* 2019a).

Específicamente sobre tafonomía se han realizado diversos análisis sobre los entierros humanos (Galligani 2013; Galligani *et al.* 2016) y sobre su contexto de depositación (Galligani *et al.* 2019a), resultados que serán retomados y ampliados en este trabajo. En total, los análisis se llevaron a cabo sobre seis entierros humanos que corresponden a cuatro primarios extendidos, uno primario muy flexionado y un entierro secundario (Figura 6.1-6). De los mismos, sólo los huesos largos permitieron la correcta observación de las diferentes variables relevadas (Tabla 6.1-1). En cuanto al registro arqueofaunístico del área de entierros, no se hallaron restos correspondientes a Mammalia grande o mediana que superaran los 5 cm, por lo que no fueron analizados.

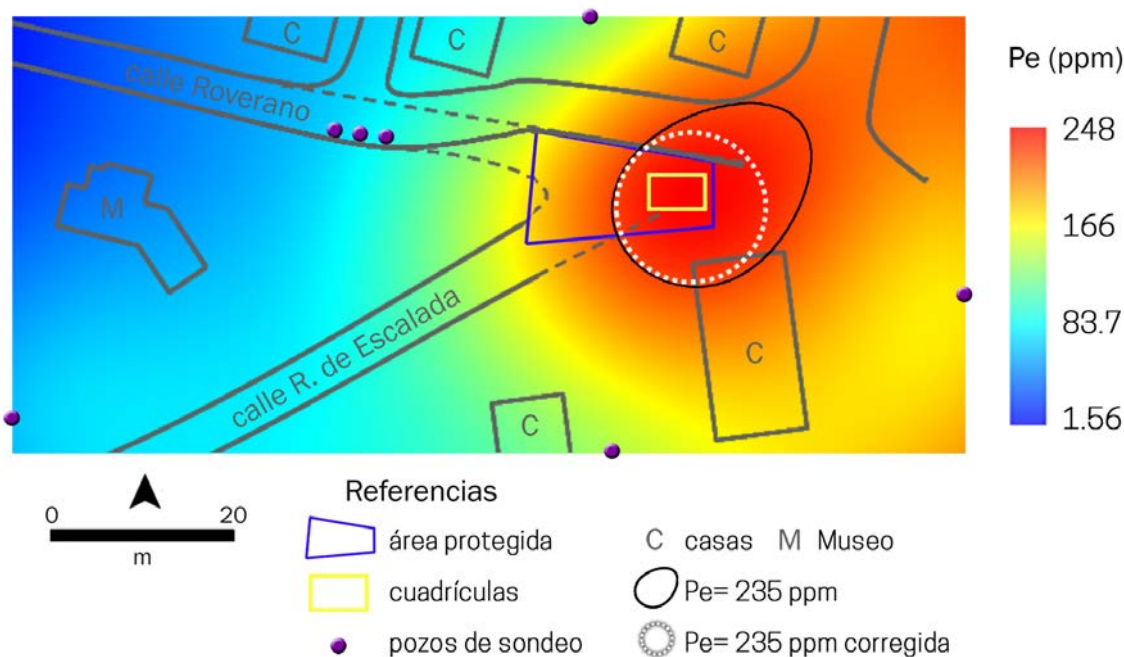


Figura 6.1-5. Modelo de distribución espacial de los valores de fósforo extraíble (Pe) en partes por millón (ppm), con indicación del perímetro calculado como límite del área de entierro sobre la base de 235 ppm de Pe y 235 ppm corregido (tomada de Galligani *et al.* 2019a).

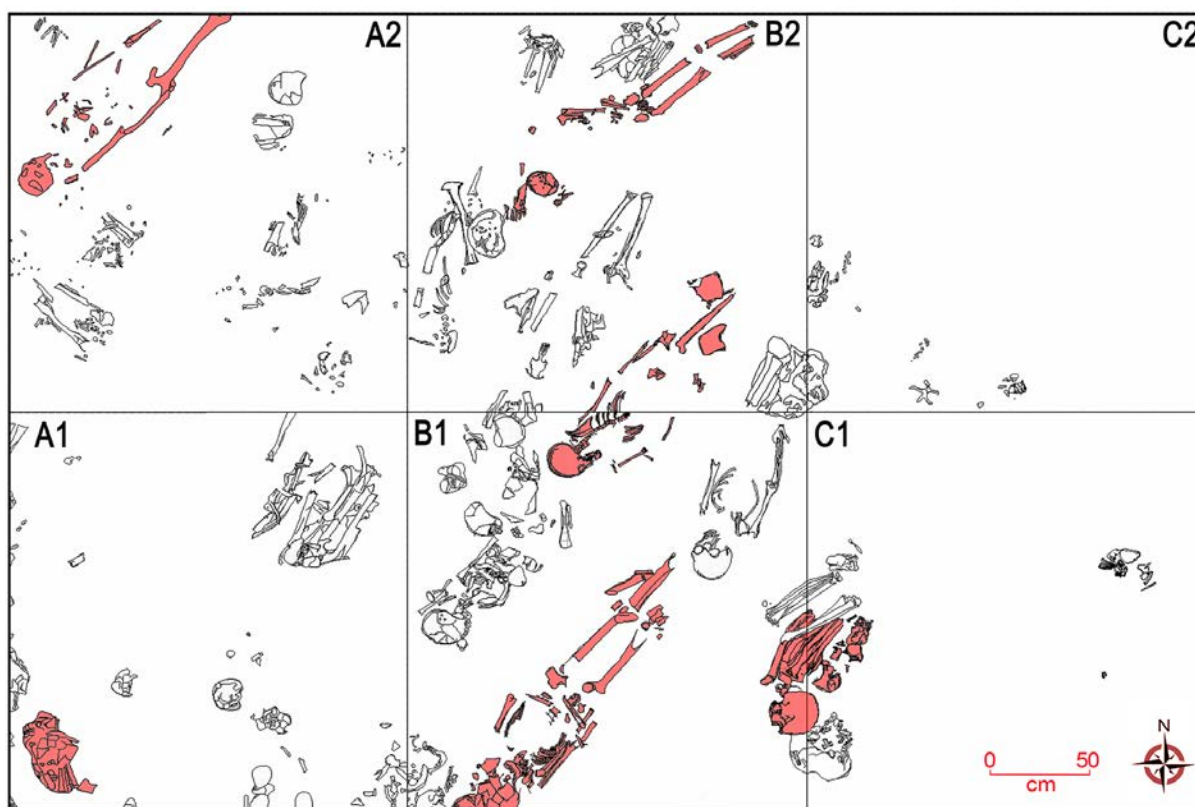


Figura 6.1-6. Planta del área de entierros del sitio RSCII indicando en color los rasgos seleccionados para el análisis tafonómico.

Unidad Anatómica	Derecha	Izquierda	Indet.
	NME	NME	NME
Húmero	4	5	0
Cúbito	5	5	0
Radio	4	5	2
Fémur	3	4	4
Tibia	4	3	-
Peroné	2	2	3

Tabla 6.1-1. NME de los restos humanos del sitio RSCII seleccionados para el análisis.

## 6.2 | Familia Primón (FP)

El sitio FP se ubica al sur de la ciudad de Coronda (departamento San Jerónimo), a escasos metros de la margen derecha del río homónimo, componiéndose, hasta el momento, de tres sectores (Figura 6.2-1). La primera intervención en el mismo (FP1) fue realizada por el equipo del Lic. G. Cocco,

en el año 2004, durante la remodelación del patio de una vivienda particular del barrio Basualdo (Figuras 6.2-1 y 6.2-2AB). Se trazaron 8 cuadrículas de 2x2 m, las cuales fueron excavadas sistemáticamente en niveles artificiales de 5 cm, entre 0,3 y 1 m de profundidad real. De ellas se recuperaron entierros humanos, uno de los cuales se hallaba asociado a una ofrenda funeraria compuesta por valvas de moluscos. También se hallaron fragmentos cerámicos, líticos y restos óseos faunísticos (Feuillet Terzaghi *et al.* 2007; Feuillet Terzaghi 2009).

Luego de la identificación anatómica de los restos óseos recuperados y del análisis espacial mediante SIG, se pudieron identificar 6 entierros primarios —4 con orientación NE-SO y 2 con orientación

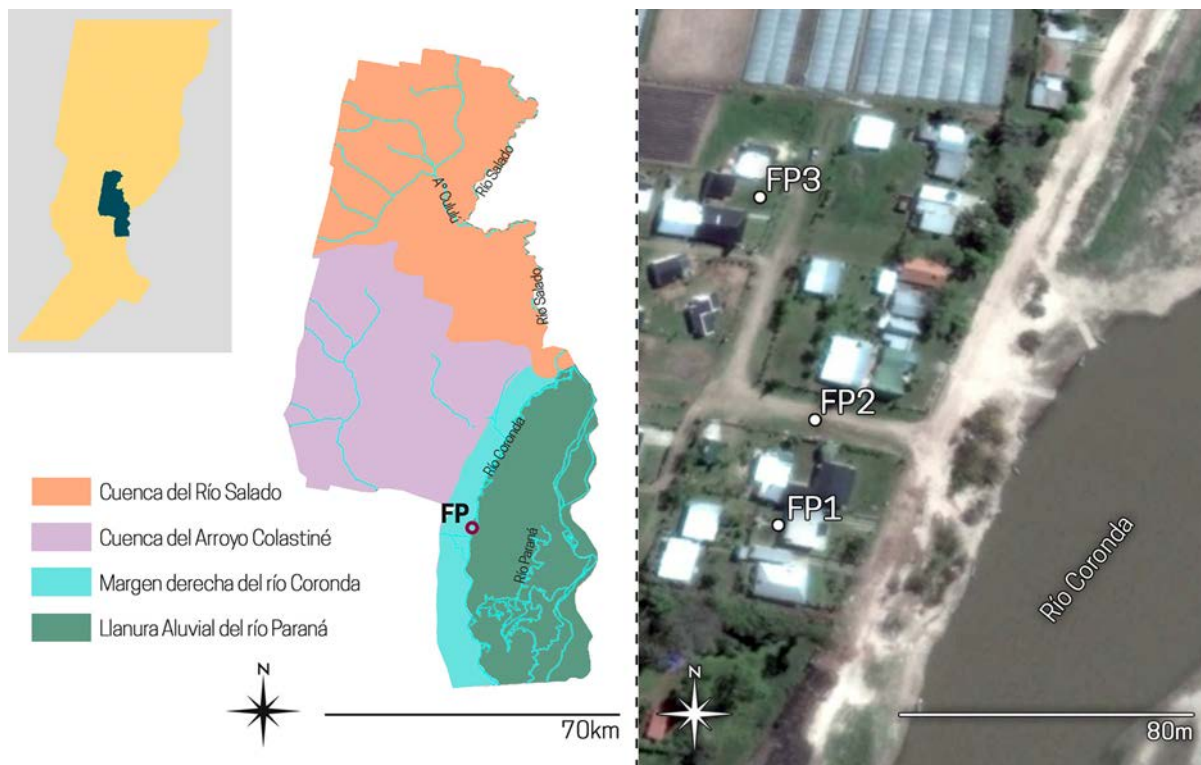


Figura 6.2-1. Izquierda) Localización del sitio arqueológico Familia Primón (FP), en el área de estudio; derecha) imagen satelital de la zona donde se emplazan los sectores del mismo.



Figura 6.2-2. A y B) vistas de la excavación de FP1, en el año 2004, fotografías cedidas por M. R. Feuillet Terzaghi; C) vista de la excavación de FP2, en diciembre de 2013; D) vista de las cuadrículas excavadas en 2014 (FP3), fotografías tomadas de Balducci 2014.

SO-NE— y 1 entierro secundario múltiple (NMI=2), con orientación N-S (Figura 6.2-3). Asimismo, se contabilizaron elementos dispersos, que corresponderían a un NMI de 9, lo que arroja un mínimo de 17 individuos, enterrados en aproximadamente 24 m<sup>2</sup>.

A fines de 2013, tras la apertura de una calle a escasos metros del área de entierros, quedaron expuestos gran cantidad de materiales arqueológicos, por lo que se llevaron a cabo tareas de rescate (Figura 6.2-2C). Se realizaron recolecciones superficiales en un área de 6 m<sup>2</sup> y se excavaron 7 m<sup>2</sup>, recuperándose gran cantidad de fragmentos cerámicos y restos arqueofaunísticos, no así restos humanos (Balducci 2014). A este sector se lo denominó FP2 (Figura 6.2-1). Al año siguiente se excavó otra zona (FP3), durante la construcción de una vivienda particular, a 50 m del sector excavado el año anterior (Figuras 6.2-1 y 6.2-2D). En esta etapa se excavaron otros 7 m<sup>2</sup>, hallándose nuevos materiales cerámicos, faunísticos y, en menor medida, lascas líticas y macrorrestos vegetales, todos ellos concentrados entre los 0,25 y 0,55 m de profundidad (Balducci 2014).

El sitio cuenta con 3 dataciones radiocarbónicas, una realizada en FP1 —sobre un diente humano encontrado a 0,7 m de profundidad— que arrojó una fecha de  $370 \pm 30$  años <sup>14</sup>C AP (UGAMS 02471) (Feuillet Terzaghi 2009; Sartori 2008), otra efectuada en FP3 —sobre una muestra de sedimentos provenientes de la capa de suelo situada entre 0,15 y 0,3 m de profundidad—, de  $470 \pm 50$  años <sup>14</sup>C AP (LP-3037) (Balducci 2014) y, por último, una realizada sobre una

tibia de *Blastoceros dichotomus* —también recuperada en FP3— que arrojó una edad de  $374 \pm 24$  años <sup>14</sup>C AP (D-AMS 030252) (Sartori *et al.* 2019).

A las tres edades radiocarbónicas disponibles se las agrupó mediante el cálculo de una media ponderada (Ward y Wilson 1978), ya que son estadísticamente indistinguibles (g.l.=3; T=3,35; X<sup>2</sup>=7,81;  $p > 0,05$ ; Calib Rev 7.0.2, Stuiver *et al.* 2005). La expresión del valor ponderado y la desviación estándar de las muestras analizadas es  $384 \pm 12$  años <sup>14</sup>C AP (Sartori *et al.* 2019). La presencia de un sector de entierros y de otras áreas con gran cantidad de tiestos cerámicos, materiales líticos y faunísticos y macrorrestos vegetales, permiten pensar que el sitio funcionó como un área de actividades múltiples (Balducci 2014; Feuillet Terzaghi 2009; Sartori 2013; Sartori *et al.* 2018).

El estudio edafológico realizado por Pereira (2016), confirma que el tipo de suelo que corresponde al sitio es el que establece la carta de suelos 1:50000 (INTA 1965-1998; Sapino *et al.* 2014), *i.e.* Orden Alfisol, Suborden Udalf, Gran Grupo Hapludalf (psamacuéntico thapto-árgico). En el mismo se distingue un Horizonte Ap (0-24,5 cm), luego un B (24,5-77,5 cm), en el cual se diferencia una capa superior (Horizonte 2B) de color negro parduzco en seco y negro en húmedo, de textura franco-arenosa, bloques subangulares, medios y débiles; de consistencia ligeramente dura a friable en seco y suelta en húmedo, con barnices arcillosos y de materia orgánica abundante hasta los 47,5 cm; y luego continúa otra capa

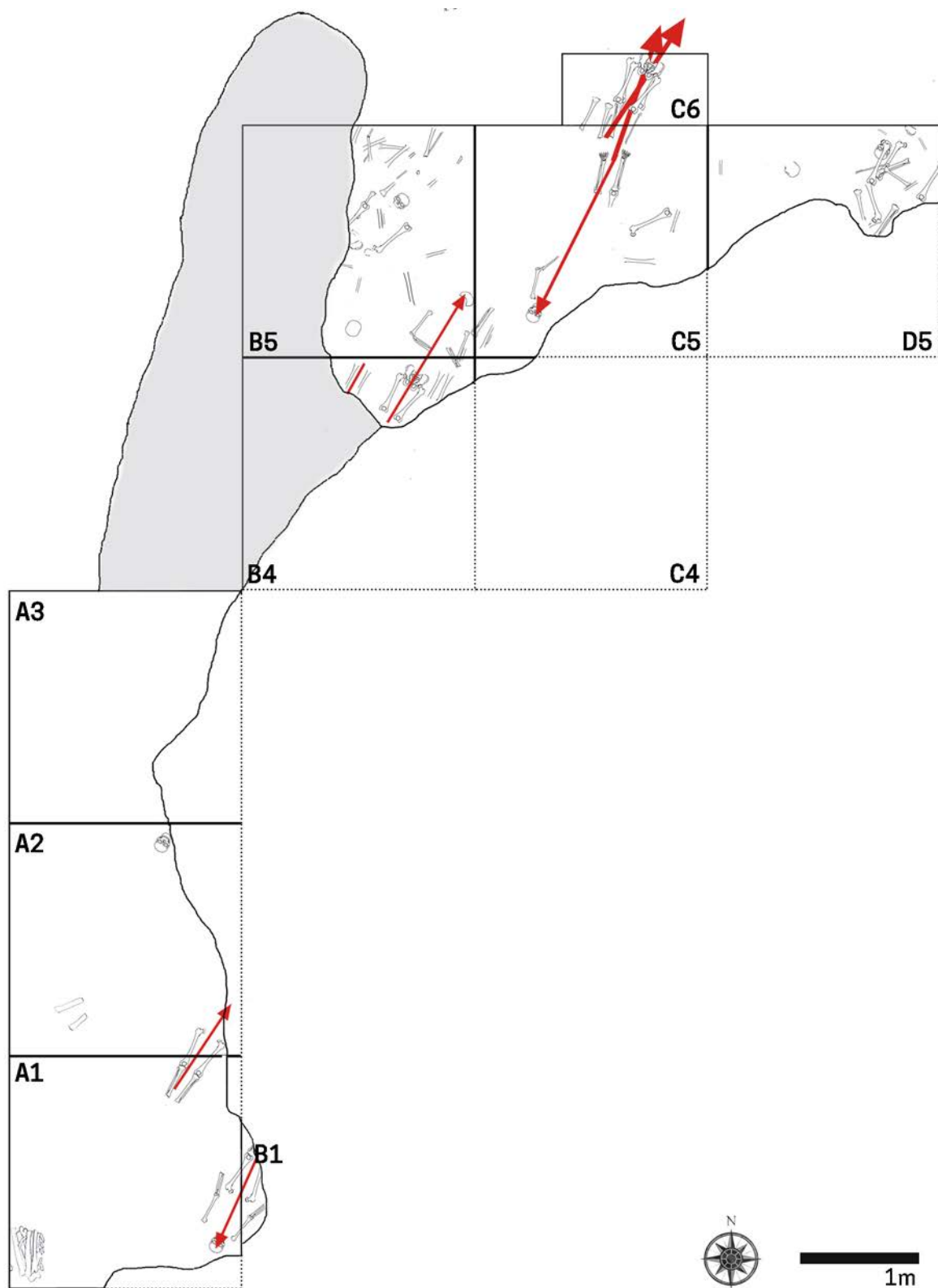


Figura 6.2-3. Planta del área de entierros del sector FP1; se indican en rojo las orientaciones de los entierros primarios que pudieron ser delimitados.

(Horizonte 2BC) de color pardo oscuro en seco y negro parduzco en húmedo, similar a la anterior pero con agregados granulares (Balducci *et al.* 2017) (Figura 6.2-4).

Respecto de los materiales arqueológicos, en los sectores 2 y 3 aparecieron mayormente concentrados en el horizonte 2B (24,5-47,5 cm). En el caso de los entierros humanos, de acuerdo con las fotografías (Figura 6.2-2AB) y la información publicada (Feuillet Terzaghi 2009), puede interpretarse que —a pesar de las profundidades variables en relación con el nivel actual de suelo— los restos óseos también se hallaron en diferentes estratos del horizonte B.

Los análisis tafonómicos se realizaron sobre los restos óseos humanos de FP1 que pudieron ser asignados a un elemento particular y que superaran los 5 cm (Tabla 6.2-1) y sobre los especímenes faunísticos

correspondientes a *Mammalia grande* (N=5), *Ozotoceros bezoarticus* (N=1), *Hydrochoerus hydrochaeris* (N=1) y *Blastocerus dichotomus* (N=1), hallados en FP2 y FP3.

### 6.3| Campo Cervi (CC)

El sitio Campo Cervi (CC) se emplaza en un campo privado, sembrado hasta hace unos pocos años por plantaciones de frutilla, al sur de la localidad de Coronda, sobre la barranca de la laguna homónima (Figura 6.3-1). Fue excavado en el año 2010, en el marco del proyecto “El uso del espacio en la cuenca superior del río Coronda durante el Holoceno tardío: un enfoque geoarqueológico”, dirigido por la Dra. Julieta Sartori (2013).

Como consecuencia de la construcción de viviendas para los trabajadores agrícolas, se llevó a cabo la remoción de sedimentos, que provocó la exposición de restos óseos humanos en superficie. A partir de la localización del sitio, se llevaron adelante tareas de rescate arqueológico, excavándose un total de 14 m<sup>2</sup>, distribuidos en 4 cuadrículas de 1,5x1,5 m y 5 pozos de sondeo de 1x1 m, recuperándose principalmente entierros humanos además de escasos tiestos cerámicos, restos faunísticos y líticos (Sartori 2013).

Los restos óseos fueron localizados al borde de la barranca, entre las raíces de dos eucaliptos (E1 y E2) y en una cuadrícula (C3), a aproximadamente 4 metros de los mismos. En C3 se halló un conjunto de huesos, algunos ubicados en posición anatómica, a una profundidad entre 0,5-0,7 m del nivel del suelo actual, mientras que una agrupación de huesos largos en posición



Figura 6.2-4. Imagen del perfil de suelo del sitio FP.

Unidad Anatómica	Derecha		Izquierda		Axial		Indet.	
	NISP	NME	NISP	NME	NISP	NME	NISP	NME
Cráneo					27	8		
Mandíbula					1	1		
Pelvis					4	1		
Húmero	11	4	15	6			30	7
Cúbito	7	5	13	8			1	1
Radio	3	3	6	3			2	2
Fémur	37	12	47	14			10	8
Tibia	26	7	24	8			39	12
Peroné	10	5	5	3			14	9
Astrágalo	1	1	1	1			0	0
Calcáneo	0	0	1	1			0	0
Metatarso	0	0	0	0			1	1

Tabla 6.2-1. NISP y NME de los restos humanos del sitio FP.

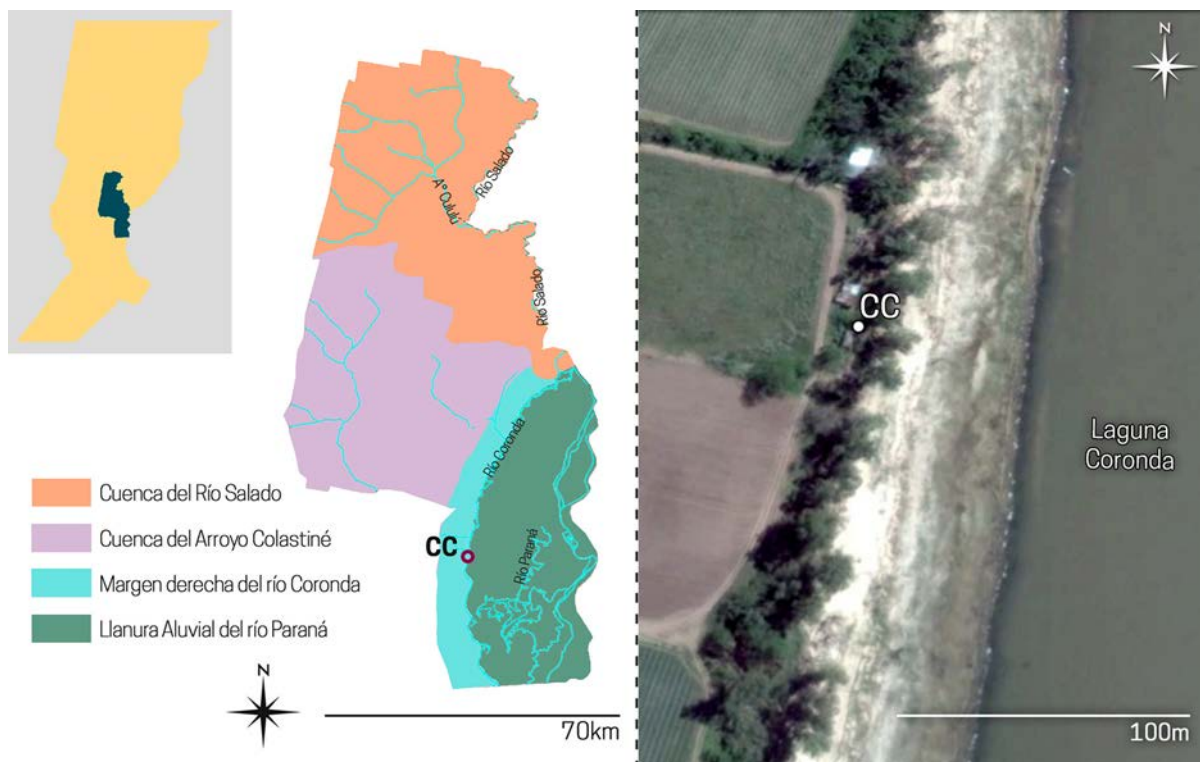


Figura 6.3-1. Izquierda) Localización del sitio Campo Cervi (CC) en el área de estudio; derecha) imagen satelital de la zona donde se emplaza el sitio.

alineada y varios elementos se encontraron entre las raíces de E1; en E2 sólo se halló un cráneo (Figura 6.3-2). El sitio no cuenta aún con dataciones radiocarbónicas, ya que las muestras enviadas para fechar con AMS no contenían suficiente colágeno (Galligani *et al.* 2015).

El suelo presente corresponde a Hapludalf psamacuéntico thapto-árgico (Figura 6.3-3),

que coincide exactamente con el del sitio FP (ver Apartado 6.2).

Para los análisis tafonómicos se seleccionaron aquellos elementos óseos humanos que superaran los 5 cm (Tabla 6.3-1). No se hallaron restos faunísticos correspondientes a Mammalia grande o mediano que superaran esa medida mínima para ser analizados.

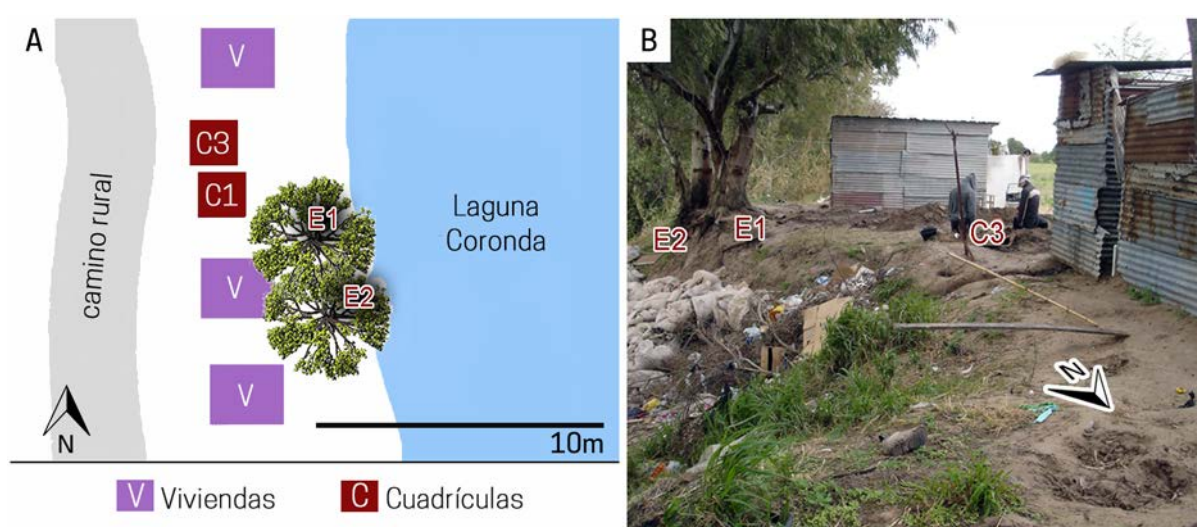


Figura 6.3-2. A) Planta y B) fotografía del sitio CC (modificada de Galligani *et al.* 2015).

Unidad Anatómica	Derecha		Izquierda		Axial		Indet.	
	NISP	NME	NISP	NME	NISP	NME	NISP	NME
Cráneo					30	3		
Mandíbula					1	1		
Vértebras					3	2		
Costillas	0	0	0	0			3	1
Clavícula	1	1	0	0			0	0
Cúbito	4	1	0	0			1	1
Radio	2	1	1	1			0	0
Metacarpo	0	0	0	0			8	5
Falanges	0	0	0	0			1	1
Coxal	0	0	0	0			3	1
Fémur	1	1	3	3			0	0
Tibia	4	1	0	0			3	2
Peroné	0	0	0	0			1	1

Tabla 6.3-1. NISP y NME de los restos humanos del sitio CC.



Figura 6.3-3. Imagen del perfil de suelo del sitio CC.

#### 6.4| Las Tejas (LT)

El sitio LT se sitúa en la llanura aluvial del río Paraná, en un albardón de inundabilidad intermedia (Figura 6.4-1). Este albardón se inunda totalmente durante las crecidas extraordinarias del río, y la permanencia del agua puede ser prolongada o de corta duración (Sartori 2015) (Figura 6.4-2). Las primeras intervenciones en el mismo fueron realizadas por A. Serrano en 1922, que lo denomina Las Tejas debido a su localización sobre la margen izquierda del riacho que lleva ese nombre, como consecuencia de la gran cantidad de alfarería que se halla en todo su recorrido, materiales a los cuales los lugareños denominan “tejas” o “tejuelas”. El sitio era conocido en la región como “cementerio de Las Tejas”, debido a la

presencia de restos humanos que habrían aparecido durante las bajantes del río (Serrano 1922).

Producto de sus actividades, Serrano recuperó restos faunísticos, entierros humanos y tiestos cerámicos, concluyendo que el sitio fue ocupado estacionalmente, debido a las crecidas periódicas del río (Sartori 2015). Respecto de los restos óseos humanos, menciona que se hallaron en muy mal estado de preservación y que el sedimento estaba tan endurecido que “al intentar su extracción se hacían polvo” (Serrano 1922: 64). A pesar de todo, pudo recuperar huesos largos y mandíbulas, muchos de ellos con presencia de ocre, registrando una orientación S-N en dos entierros flexionados (Serrano 1922).

Luego, en la década de 1940, A. Zapata Gollán visitó el lugar, recolectando más materiales cerámicos, aunque sin publicar ningún trabajo sobre los mismos (Sartori 2015). Posteriormente, en 1995, un equipo de la Fundación Arqueológica del Litoral (FUNDARQ) realizó nuevamente tareas de rescate en el sitio, hallando restos faunísticos, cerámicos y líticos, y recuperando, además, entierros humanos con restos de ocre. Respecto de estos últimos, el informe hace hincapié en el mal estado de preservación de los huesos, como consecuencia de las crecientes que inundan el sitio periódicamente (FUNDARQ 1995: 2). En este informe se especifica que se hallaron tres agrupaciones; la primera a 0,1 m de profundidad, asociada a fragmentos de platos e instrumentos cerámicos, un raspador lítico pequeño y restos de

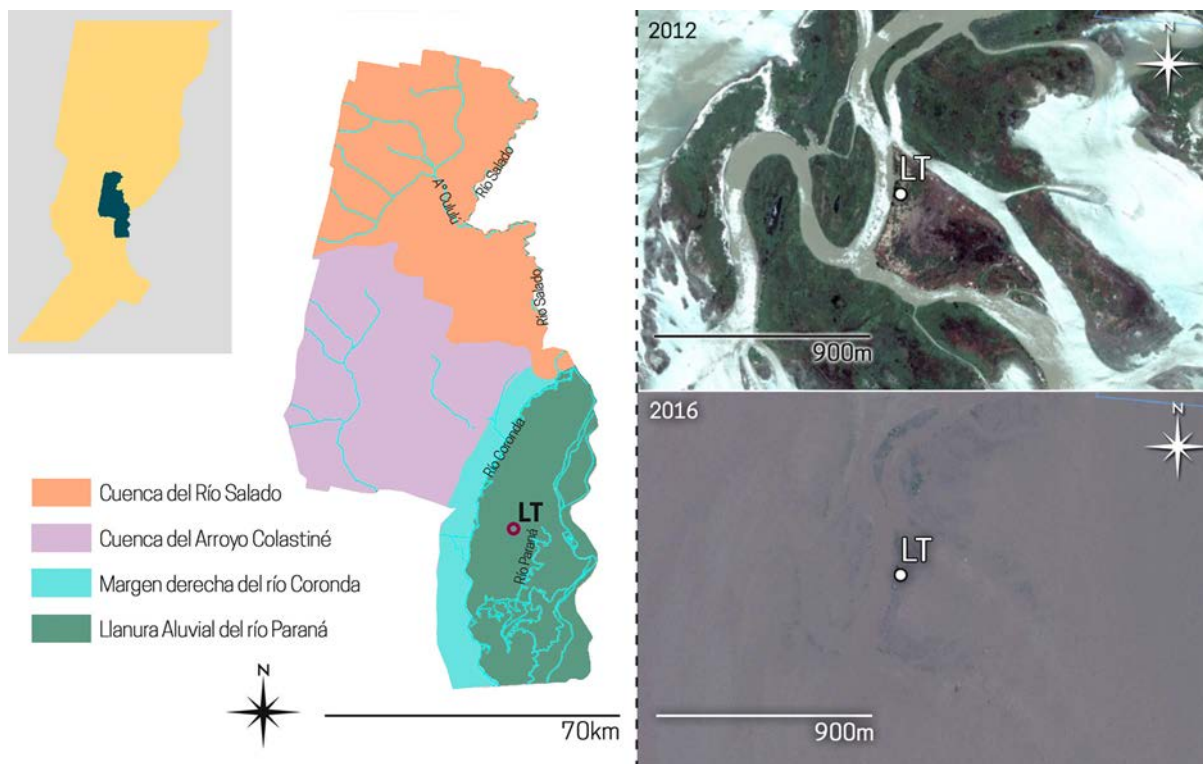


Figura 6.4-1. Izquierda) Localización del sitio Las Tejas (LT) en el área de estudio; derecha) imágenes satelitales de la isla homónima en períodos de bajante (arriba) y de crecida (abajo).

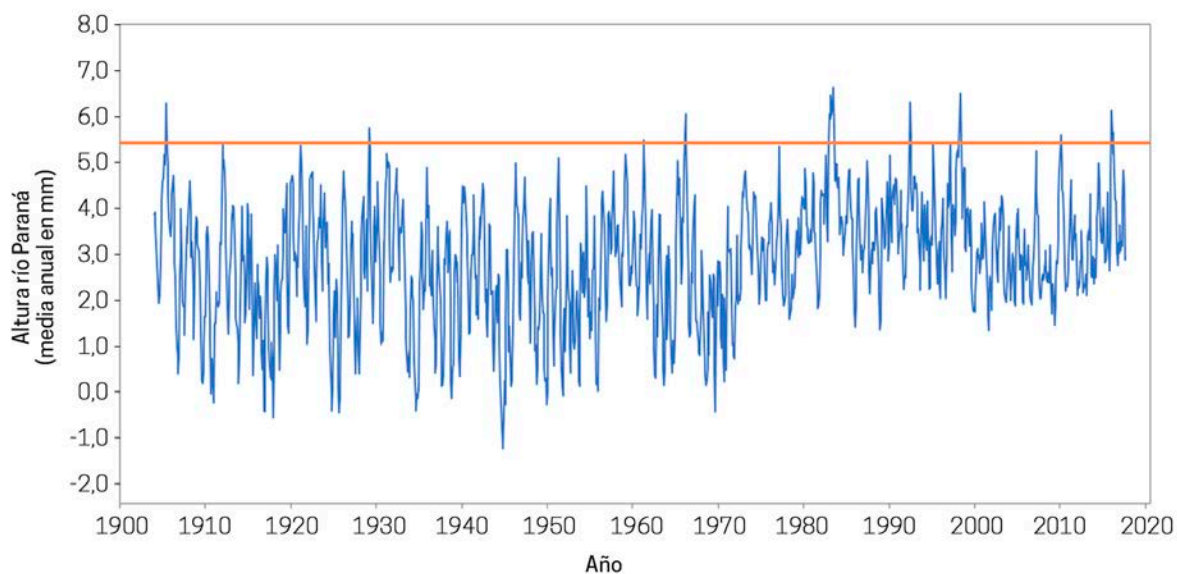


Figura 6.4-2. Promedio mensual de las alturas del río Paraná medidas en la estación de Paraná (Entre Ríos) durante el período enero 1904 - agosto 2017; la línea horizontal anaranjada indica la altura a la que se inunda completamente el sitio LT (fuente: <http://fich.unl.edu.ar/cim/alturas-rio-parana>).

carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*) y armado (*Pterodoras granulosus*) en las inmediaciones del entierro; los huesos estaban pintados de rojo (Figura 6.4-3). El segundo conjunto se halló asociado a una campana con apéndice zoomorfo, específicamente de ave; y el tercer entierro refiere a un conjunto de restos cubiertos con trozos de cerámica, algunos de ellos con decoración incisa (FUNDARQ 1995). Gran parte de los materiales mencionados en el informe citado, pudieron ser consultados y analizados para este trabajo, ya que se alojan en el Museo Municipal José Manuel Maciel, de la ciudad de Coronda (Tabla 6.4-1).

En el año 2009, como consecuencia de las prospecciones que se comenzaron a realizar en el marco del proyecto “Variabilidad del registro arqueofaunístico en la cuenca media y superior del río Coronda”, dirigido por la Dra. Julieta Sartori, se logró localizar el sitio y se llevaron a cabo excavaciones sistemáticas en dos oportunidades, durante el año 2012. Se destaca el desarrollo de actividades antrópicas actualmente en el sitio, principalmente vinculadas con la pesca (Figura 6.4-4A).



Figura 6.4-3. Imagen del conjunto óseo cubierto con ocre recuperado por el equipo de FUNDARQ en el sitio LT, en el año 1995 (FUNDARQ 1995).

En una primera instancia, en el mes de mayo de 2012, se realizaron 7 pozos de sondeo de 0,5x0,5 m —los cuales se ampliaron en los casos en los que se hallaron concentraciones de materiales— dispuestos aleatoriamente en el terreno. Además, se prospectaron las barrancas, donde se visualizaban afloramientos de materiales (Sartori 2015). En octubre del mismo año, aprovechando la bajante del río, se realizó una segunda campaña y se evaluó la presencia de materiales en superficie, llevando a cabo recolecciones sistemáticas; sólo se efectuaron dos pozos de sondeo —uno en la playa y otro en un sector más elevado— (Sartori 2015). Durante las dos campañas se hallaron 3497 especímenes arqueofaunísticos, correspondientes a peces (96%), aves (0,1%) y mamíferos (3,2%), además de materiales cerámicos y restos óseos humanos, estos últimos sin una disposición clara, en los pozos de sondeo 1, 4 y 9 (Figura 6.4-4C).

El sitio cuenta con una datación radiocarbónica, realizada sobre un molar humano, cuyo fechado arrojó una antigüedad de  $1014 \pm 45$  años  $^{14}\text{C}$  AP (Sartori 2013). Su ubicación específica en la llanura aluvial del río Paraná lo convierte en un espacio altamente jerarquizado, que permite el acceso a gran variedad de recursos, dentro de los que se destacan los peces. La abundancia de arqueofauna y restos de alfarería, sumada al hallazgo recurrente de restos humanos, sugiere que el sitio se habría constituido en un lugar privilegiado por los grupos cazadores-recolectores-pescadores que habitaron el área en el pasado (Sartori 2013).

Unidad Anatómica	Derecha		Izquierda		Axial		Indet.	
	NISP	NME	NISP	NME	NISP	NME	NISP	NME
Cráneo					1	1		
Pelvis					6	1		
Metacarpo	1	1	3	3			1	1
Falange (mano)	4	4	2	2			1	1
Fémur	0	0	1	1			0	0
Astrágalo	1	1	0	0			0	0
Calcáneo	1	1	0	0			0	0
Metatarso	1	1	2	2			0	0

Tabla 6.4-1. NISP y NME de los restos humanos hallados en el sitio LT en la campaña de 1995, alojados en el Museo Municipal José Manuel Maciel (colección LTM, Museo Municipal José Manuel Maciel, Coronda, Santa Fe).

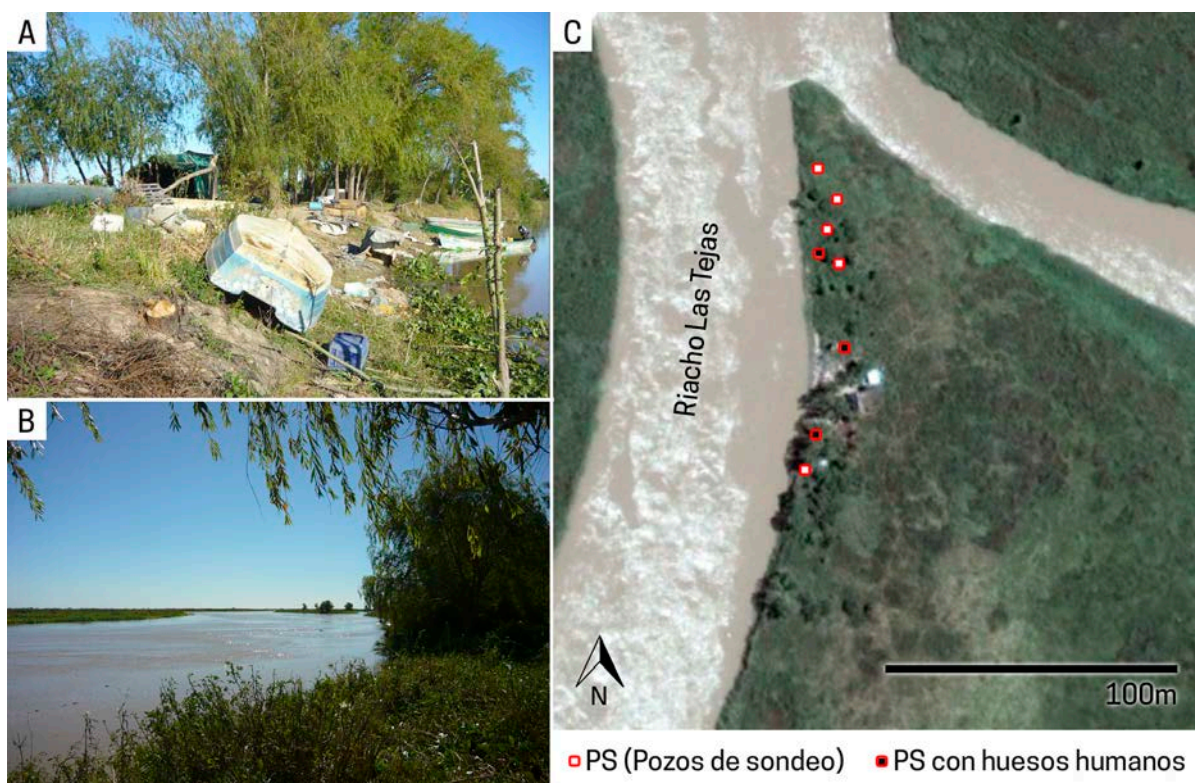


Figura 6.4-4. A) vista del sitio LT, fotografías: J. Sartori; B) vista al riacho Las Tejas desde el sitio; C) planta del sitio LT, modificada de Sartori (2013).

En cuanto al suelo, como se ha mencionado con anterioridad, en la LLAP el desarrollo de los mismos es escaso, por cuestiones propias de la dinámica del río Paraná. Por lo tanto, no se puede hablar de horizontes propiamente dichos sino de capas

o estratos sucesivos, que son producto de la depositación de diferentes materiales. Sin embargo, se pueden distinguir capas con diferentes propiedades. Superficialmente, se halló una capa con granulometría fina (limo-arenosa) hasta los 0,3 m aproximadamente,

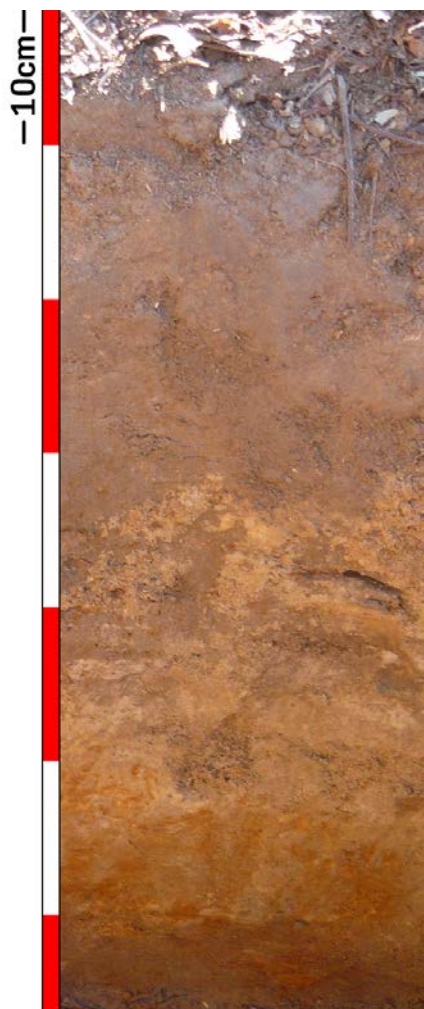


Figura 6.4-5. Imagen del perfil de suelo del sitio LT.

donde se comienza a suceder otra capa más arcillosa, de color rojizo, que presenta — desde los 0,5 m— pequeños moteados rojos/anaranjados que indican la presencia de hierro oxidado. Finalmente, desde los 0,6 m hacia abajo, se observa otra capa, también con moteados rojizos, pero de color más oscura que la anterior, similar a la capa superficial en cuanto a textura y color (Figura 6.4-5). Los materiales arqueológicos se hallaron a diferentes profundidades: los huesos humanos catalogados como LTM estaban a 0,1 m de profundidad, “entre la arena de la playa” (FUNDARQ 1995: 2), mientras que los restos recuperados por Sartori (2015) se encontraban contenidos en la capa arcillosa rojiza, cuya potencia arqueológica es de entre 0,2 y 0,35 m (Sartori 2015: 110).

A los fines de este trabajo, se analizaron los restos óseos humanos correspondientes a las excavaciones de 1995 (ver más arriba) y aquellos hallados en las campañas del año 2012 (Tabla 6.4-2). Asimismo, se consideraron los especímenes faunísticos que superaron los 5 cm, asignados a *Hydrochoerus hydrochaeris* (N=1) y *Blastocerus dichotomus* (N=1) (Sartori 2013, 2015).

Unidad Anatómica	Derecha		Izquierda		Axial	
	NISP	NME	NISP	NME	NISP	NME
Pelvis					1	1
Húmero	1	1	1	1		
Cúbito	2	1	1	1		
Radio	0	0	2	1		
Fémur	1	1	2	1		
Tibia	0	0	1	1		
Calcáneo	1	1	0	0		

Tabla 6.4-2. NISP y NME de los restos humanos del sitio LT recuperados en el año 2012.

### 6.5| Los Bañados (LB)

El sitio LB se ubica en la planicie de inundación del río Paraná, hacia el interior de la laguna Coronda (Figura 6.5-1). Se emplaza sobre las unidades geomorfológicas que constituyen las grandes lagunas (*sensu* Alberdi y Ramonell 2013), viéndose afectado por los ciclos de sequía/inundación que caracterizan a aquel sistema fluvial (Galligani *et al.* 2018). Luego de que un pescador informara del hallazgo de materiales arqueológicos en superficie, y en el marco del proyecto llevado a cabo por la Dra. Julieta Sartori, a principios de 2014 se efectuó un rescate arqueológico en el sitio, durante uno de los períodos de sequía.

Se realizaron recolecciones superficiales sistemáticas, recuperándose restos óseos

humanos sin una disposición discernible, gran cantidad de tuestos cerámicos y restos arqueofaunísticos, tanto en superficie como semienterrados (Figura 6.5-2). Si bien hasta el momento no se cuenta con dataciones radiocarbónicas, los materiales cerámicos presentan características similares a las de la alfarería del sitio Las Tejas (ver más arriba), localizado a unos 11 km al norte de LB y que cuenta con un fechado de  $1014 \pm 45$  años AP (Sartori 2013), por lo que podría ubicarse en el mismo rango cronológico (Galligani *et al.* 2018).

Respecto del suelo correspondiente a la isla, no se han realizado estudios edafológicos en el sitio, aunque se puede observar que la capa superficial —donde se hallaron los materiales— tiene una textura

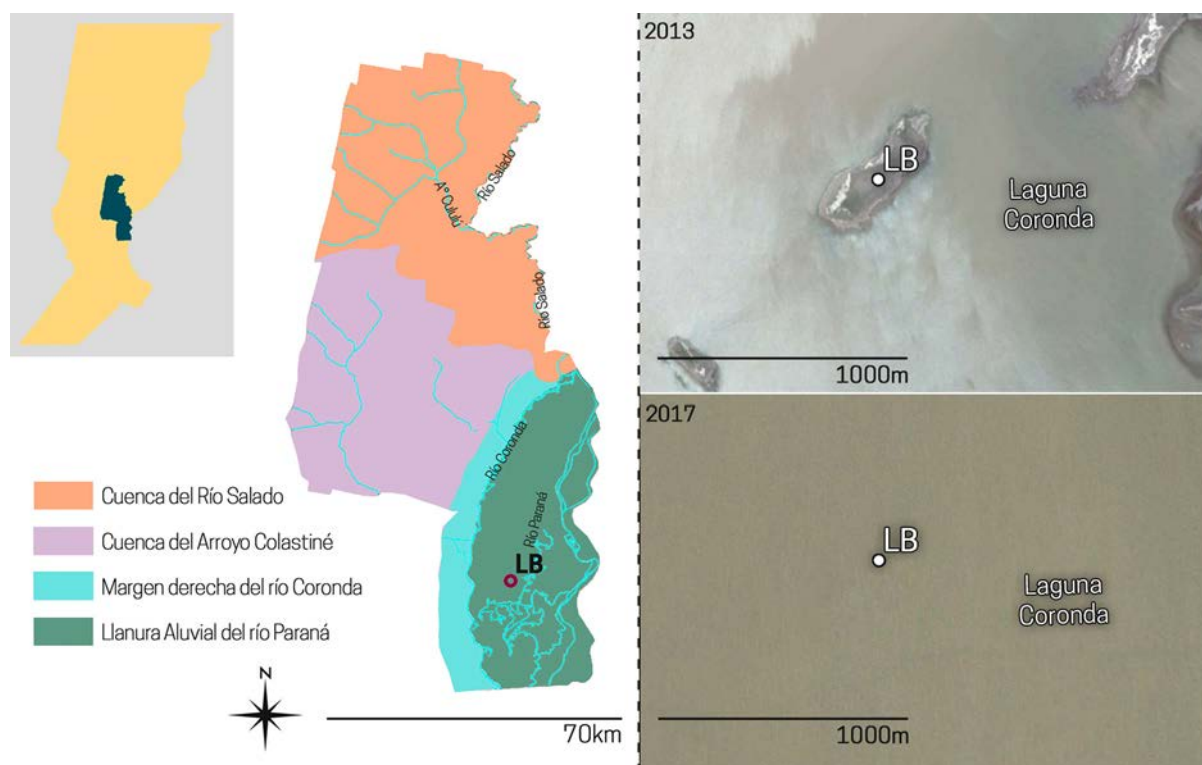


Figura 6.5-1. Izquierda) Localización del sitio Los Bañados (LB) en el área de estudio; derecha) imágenes satelitales del sitio en períodos de bajante (arriba) y de inundación (abajo).

arenosa fina, desconociéndose aun lo que sucede en estratigrafía. Al igual que LT, el sitio está sujeto a los ciclos de inundación-sequía que caracterizan a la LLAP. De acuerdo a los datos históricos de alturas del río Paraná, en la estación de Paraná (Entre Ríos), se puede visualizar gráficamente que sufrió sucesivas inundaciones a lo largo del tiempo (Figura 6.5-3), permaneciendo

actualmente anegado.

Los análisis tafonómicos se realizaron sobre la totalidad de los restos óseos humanos recuperados, que suman 21 elementos (Tabla 6.5-1), y sobre los restos faunísticos correspondientes a *Artiodactyla* (N=2), *Cervidae* (N=3), *Hydrochoerus hydrochaeris* (N=3) y *Blastocerus dichotomus* (N=1), en total 9 elementos.

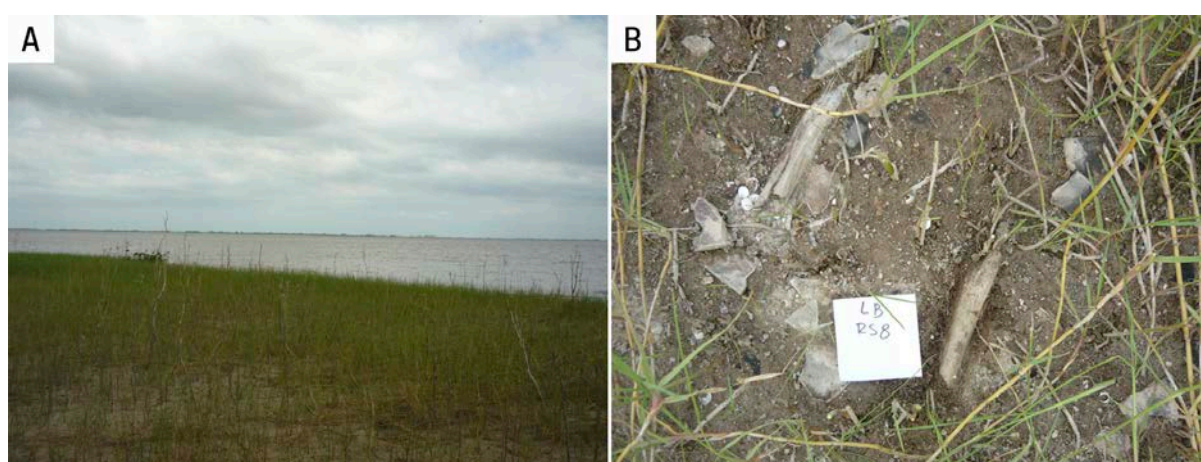


Figura 6.5-2. Imágenes del sitio LB: A) vista hacia la laguna Coronda; B) materiales en superficie y semi-enterrados; fotografías: J. Sartori.

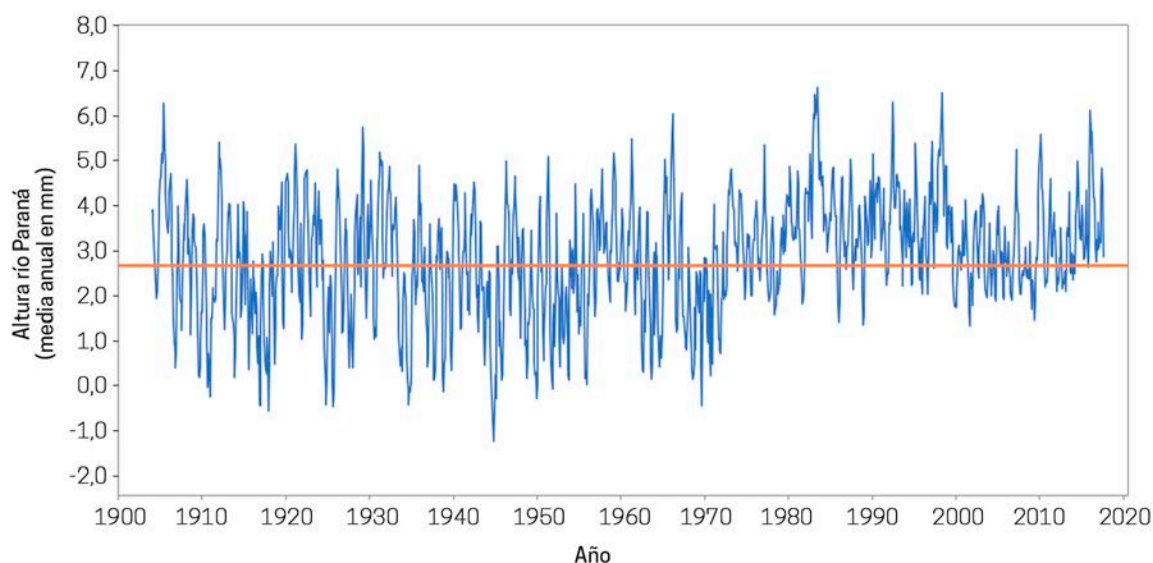


Figura 6.5-3. Promedio mensual de las alturas del río Paraná medidas en la estación de Paraná (Entre Ríos) durante el período enero 1904 - agosto 2017; la línea horizontal anaranjada indica la altura a la que se inunda completamente el sitio LB (fuente: <http://fich.unl.edu.ar/cim/alturas-rio-parana>).

<b>Unidad Anatómica</b>	<b>Derecha</b>		<b>Izquierda</b>		<b>Axial</b>	
	<b>NISP</b>	<b>NME</b>	<b>NISP</b>	<b>NME</b>	<b>NISP</b>	<b>NME</b>
Mandíbula					1	1
Pelvis					1	1
Vértebras					1	1
Húmero	1	1	1	1		
Radio	0	0	1	1		
Fémur	7	6	4	4		
Tibia	3	3	2	2		

Tabla 6.5-1. NISP y NME de los restos humanos del sitio LB.



## 7 | PROSPECCIONES Y EXCAVACIONES RECIENTES

### 7.1 | Prospecciones

Como parte de la investigación en la cual se enmarca este trabajo, se prospectaron diferentes zonas del área de estudio, específicamente aquellas que no habían sido trabajadas previamente por el equipo de investigación (*i.e.* cuenca del río Salado y del arroyo Colastiné). Estas tareas se llevaron a cabo en años sucesivos y consistieron en reconocimientos más o menos específicos del terreno, derivando en el hallazgo de los sitios Arroyo Cululú 1 (AC1) y Las Acacias 1 (LA1).

Antes de comenzar con las prospecciones, se pidió la concesión de la zona norte del área de estudio para trabajos arqueológicos, al Ministerio de Innovación y Cultura de la provincia de Santa Fe, permisos que fueron otorgados en octubre de 2015 (Res. 642; 25-10-2015). Es en este nuevo sector que se enfocaron las tareas de prospección.

En noviembre del mismo año, se realizó un primer reconocimiento de la zona vinculada con el arroyo Cululú, recorriéndose aproximadamente 1300 m de ambas márgenes, desde el denominado Puente de Hierro hacia la desembocadura en

el río Salado (Figura 7.1-1). En ese momento no se observaron materiales arqueológicos en superficie, ni en las barrancas del arroyo.

En el mes de diciembre de 2015 se realizó un recorrido más amplio por toda la zona (Figura 7.1-2), donde se tomaron fotografías y se observaron principalmente los sectores más cercanos a cursos de agua, destacándose su alto nivel (Figura 7.1-3). Aunque no se hallaron materiales arqueológicos, estas exploraciones iniciales sirvieron para evaluar cuestiones de visibilidad arqueológica durante el período de creciente.

En febrero y diciembre de 2016, se llevaron a cabo dos prospecciones en las márgenes derechas del arroyo Cululú y del río Salado, a la altura de la ciudad de Esperanza, orientadas a localizar los sitios arqueológicos mencionados en trabajos pioneros del área (ver cap. 5). Para ello, se reconstruyó un mapa publicado por Castellanos (1924, Lám. II), considerando las referencias que aparecen ilustradas (*v.g.* caminos, vías del ferrocarril), así como también las curvas de los cursos de agua, ya que el mismo no está confeccionado a escala (Figura 7.1-4).

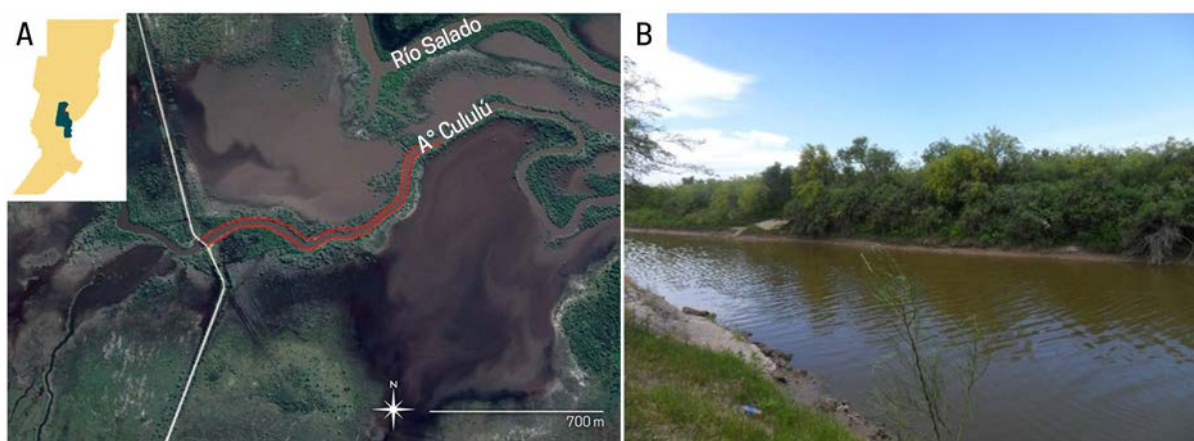


Figura 7.1-1 A) Recorrido realizado en noviembre del año 2015; B) vista de la margen derecha del arroyo Cululú, a la altura del Puente de Hierro.

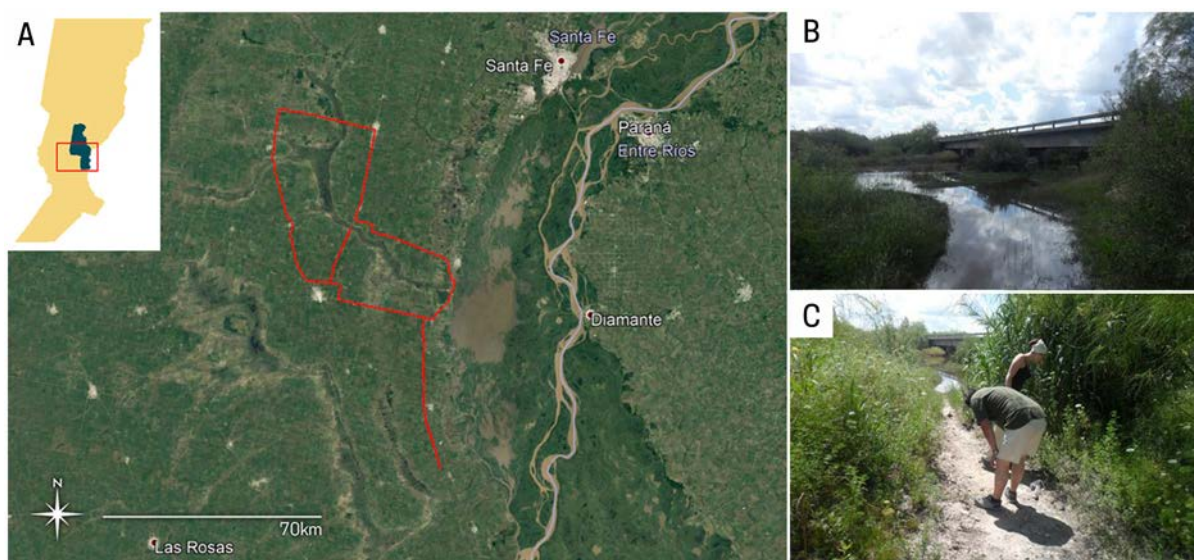


Figura 7.1-2. A) Recorrido realizado en diciembre de 2015; B) Vista del arroyo Colastiné en el puente a la altura de San Carlos Centro; C) prospectando las márgenes del arroyo Colastiné.

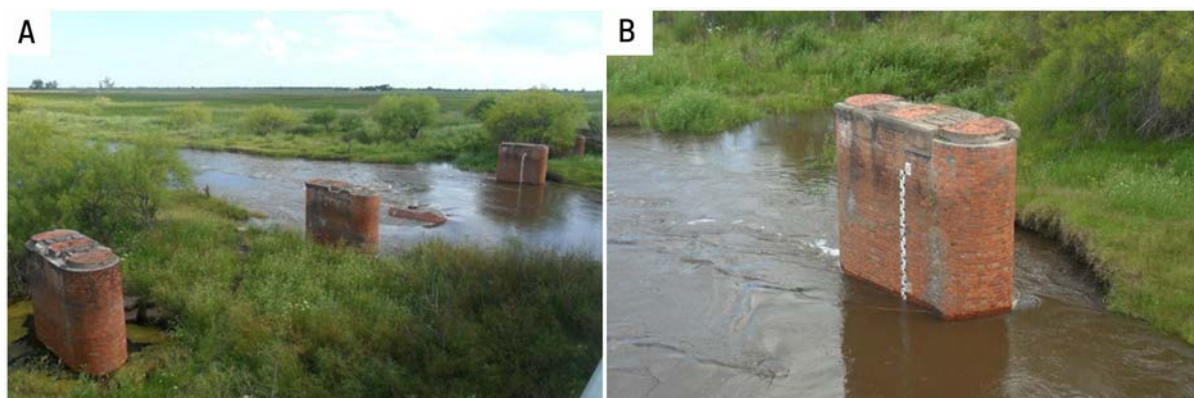


Figura 7.1-3. A) Vista del arroyo Colastiné en el puente 3 km al sur de Gessler, en diciembre de 2015; B) nivel de agua del arroyo a ca. 4 m.

En enero de 2016 se recorrieron 3500 m (Figura 7.1-5A), no hallándose materiales arqueológicos ni paleontológicos. En el mes de diciembre de dicho año, luego de la crecida invernal (Figura 7.1-5B), se halló —cerca de la confluencia de ambos cursos de agua— una concentración de restos cerámicos y faunísticos que, si bien no coincide exactamente con las localizaciones indicadas en el mapa de Castellanos (1924), se ubica aproximadamente a 500 m de uno de los puntos referenciados. Esta concentración se denominó sitio Arroyo Cululú 1 (AC1). En septiembre del mismo año, durante la segunda excavación del sitio AC1, se continuó con las prospecciones sobre la margen derecha del

río Salado, recorriendo la misma zona que en el año 2016, esta vez pudiendo observar las barrancas debido a la sequía y el bajo nivel del río. Es así como se localizó, a partir de datos proporcionados por el Sr. Ariel Manera, un nuevo sitio denominado Las Acacias (LA), en la barranca derecha del río Salado, a aproximadamente a 1500 m aguas abajo de su confluencia con el arroyo Cululú (Figura 7.1-6A). En el mismo se halló un hornito de tierra cocida (Castellanos 1926; Vignati 1928) (Figura 7.1-6B) y gran cantidad de tuestos cerámicos. Asimismo, se hallaron algunos elementos óseos faunísticos aislados y no se registraron, hasta el momento, restos humanos.

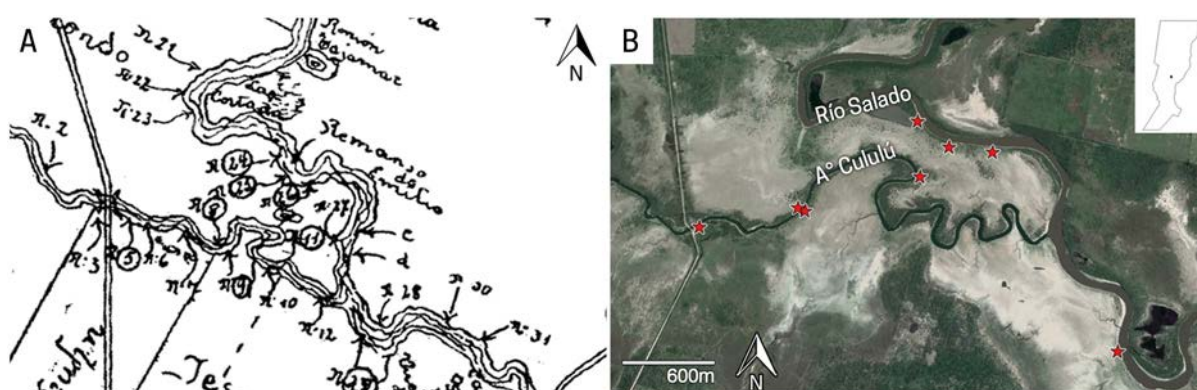


Figura 7.1-4. A) Mapa original publicado por Castellanos (1924) de los hallazgos y perfiles realizados en ambas márgenes del río Salado y el arroyo Cululú (lugares indicados por números dentro de círculos y números solos, respectivamente); B) ubicación aproximada de los hallazgos referidos por Castellanos (1924) en un mapa actual de la zona (tomada de Galligani *et al.* 2016).

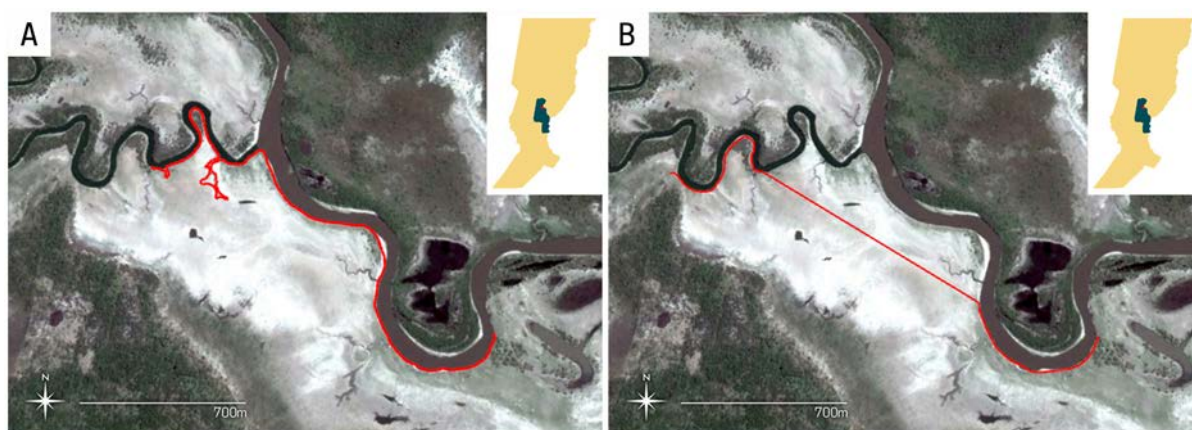


Figura 7.1-5. Recorridos realizados en enero (A) y diciembre (B) del año 2016 por la margen derecha del arroyo Cululú y el río Salado.

Durante las sucesivas prospecciones, se realizaron 4 perfiles, uno sobre la margen derecha del arroyo Cululú y tres sobre la misma margen del río Salado, con el fin de evaluar la estratigrafía de la zona y compararla con la descrita en los trabajos pioneros (Figura 7.1-7). El perfil realizado sobre la margen derecha del arroyo Cululú coincide, en términos generales, con el descrito por Castellanos (1924) en su perfil N° 5, ubicado a 2000 metros de aquel (Figura 7.1-7AyB). Si bien el mismo es descrito en términos geológicos hoy en desuso, las capas observadas son similares a las que pueden visualizarse en la actualidad. Se distingue una capa A de tierra color negruzco en la que se recuperaron restos de alfarería sobre el río Salado, que se halla superficialmente (“Aymareense”), la misma coincide con el Horizonte A, el cual está ausente en algunos sectores del sitio a causa de la erosión hídrica. A continuación, Castellanos (1924) describe una capa de arcilla gris-negrucza con elementos húmicos de origen palustre (E<sub>2</sub>, “Platense”) a los 10-20 cm de profundidad —en la que se hallaron restos humanos (Castellanos 1924: 63) — y

luego un estrato G perteneciente al horizonte “Bonaerense”, constituido por un loess arcilloso pardo rojizo que tiene intercaladas “lentejas” lacustres (“*facies Lujanense*”) (Castellanos 1924: 60). Las características de estas dos capas coinciden con el perfil actual; los materiales arqueológicos se localizaron en la capa de arcilla gris-negrucza, que se corresponde con el Horizonte B (Bt1).

Para el caso del río Salado, los perfiles esquematizados por Castellanos (1924) si bien son de la margen derecha, corresponden a sondeos realizados antes de la desembocadura del arroyo Cululú; el más cercano se visualiza en la Figura 7.1-7C. En el mismo, se distinguen una serie de capas, que no coinciden exactamente con los perfiles realizados en la actualidad (Figura 7.1-7D-F) pero que pueden reconocerse en ellos. La capa A, que coincide con el horizonte superficial, se halla presente y es seguida por una capa denominada “Santarrosaense”, de característica cenagosa, en la cual se recuperaron varios hornitos de tierra cocida (Castellanos 1924: 64). A continuación se distingue la capa E2 “Platense”, también presente en el perfil del arroyo Cululú, sólo

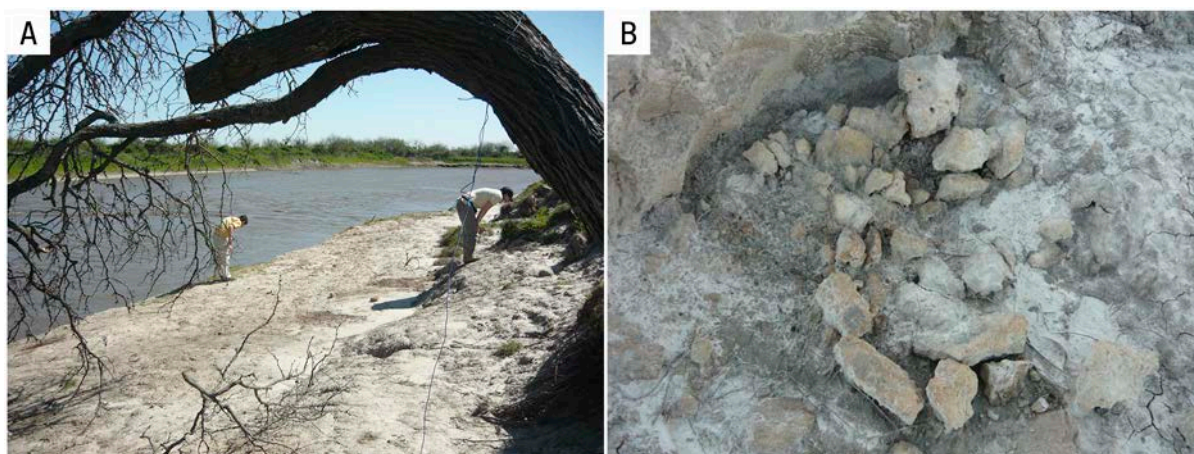


Figura 7.1-6. A) Vista del sitio LA1; B) hornito de tierra cocida hallado en el mismo.

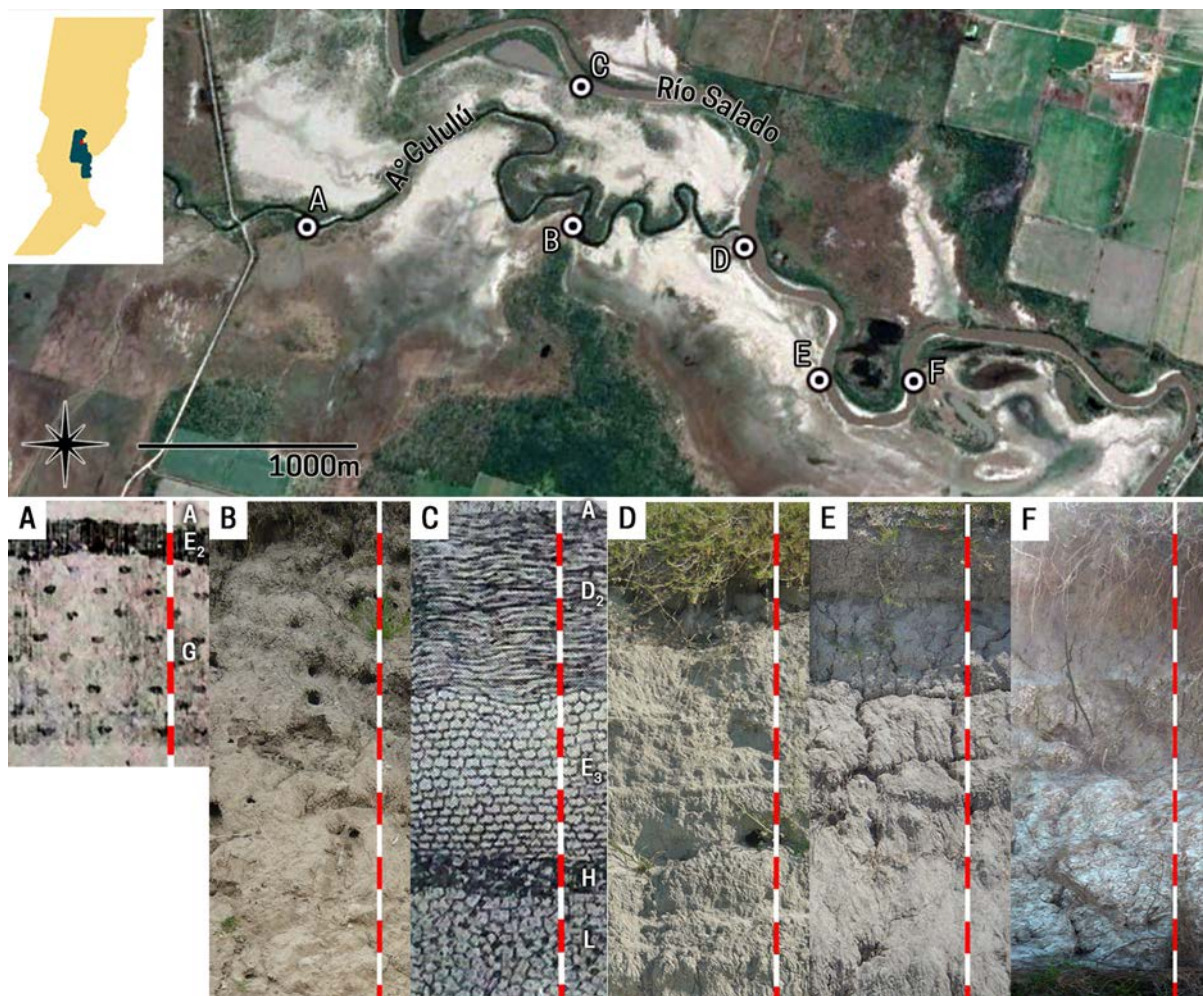


Figura 7.1-7. Perfiles realizados a la largo del arroyo Cululú y el río Salado por Castellanos (1924): A) perfil N° 5, Lam. IV-Fig 2; C) perfil N° 26, Lam V-Fig.2; y durante la realización de esta tesis: B) perfil del arroyo Cululú a la altura del sitio AC1; D-F) perfiles sobre el río Salado.

que en este caso se describe por debajo de los 60 cm de profundidad; en esta última también se han hallado restos óseos humanos (Castellanos 1924: 63). Por último, luego de los 110 cm, se hallan las capas H (“Bonaerense”) y L (“Belgranense”).

Por otro lado, en julio y en diciembre de 2018, se recorrieron diferentes zonas de la cuenca del arroyo Colastiné, tomándose muestras de sedimento en varios puntos del área (Figura 7.1-8), con el objetivo de realizar análisis químicos que permitan comparar la información ambiental utilizada para la elaboración de los mapas predictivos. Es así como se midió el pH, con un pH metro

digital Adwa (AD100) sobre una solución de suelo y agua desmineralizada. Los valores se compararon con los correspondientes a las series de suelo de los mapas del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) de la provincia de Santa Fe (escala 1:50.000; INTA 1965-1998; Sapino *et al.* 2014), los cuales se utilizaron para la elaboración de uno de los modelos (ver capítulo 11) (Tabla 7.1-1). Si bien los resultados obtenidos difieren levemente, en los casos en que se contó con datos de las dos proveniencias, hubo un 75% de coincidencias en cuanto a la clasificación otorgada a los suelos (*i.e.* ácido, neutro o alcalino) (ver Apartado 11.2.2).

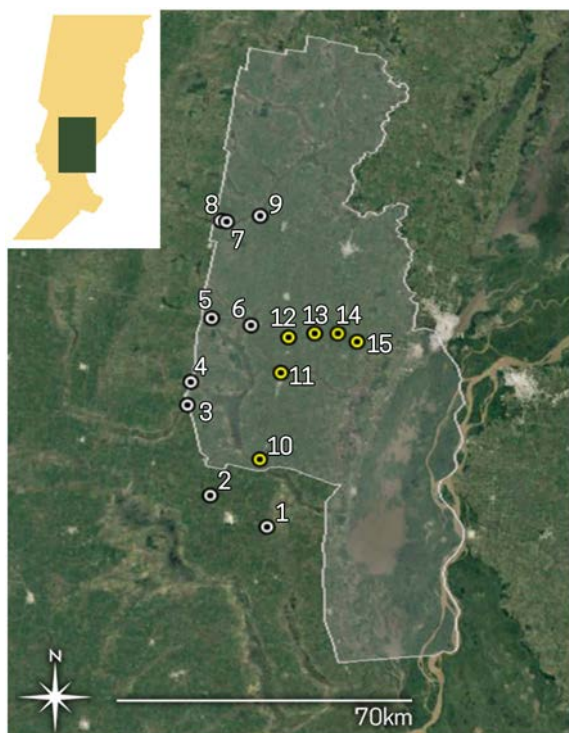


Figura 7.1-8. Localización de la toma de muestras de sedimento para análisis comparativos, en blanco muestras tomadas en septiembre y en amarillo en diciembre de 2018.

## 7.2| Excavaciones en Arroyo Cululú 1 (AC1)

El sitio AC1 se emplaza en la localidad de Esperanza, en zona rural, en la margen derecha del Arroyo Cululú, a unos 1500 m aguas arriba de su desembocadura en el río Salado (Figuras 7.2-1 y 7.2-2). Fue hallado en diciembre de 2016, a partir de indicaciones proporcionadas por el Sr. Hugo Galimberti, instancia en la que se realizó una recolección superficial de los materiales que aparecían en superficie y semi-enterrados. En aquella primera visita, se recuperaron un total de 222 fragmentos cerámicos y 49 restos faunísticos, correspondientes a *Lama guanicoe*, *Cavia aperea* y a las categorías amplias de Mammalia grande y mediano. No se detectaron, en esa ocasión, artefactos líticos (ver discusión en Galligani *et al.* 2017a).

Durante el año 2017, el sitio se mantuvo

ID	pH propio	pH mapas INTA	Clasificación	
			a partir de pH propio	a partir de datos INTA
1	6,5	7,5	2	2
2	6,3	6,8	2	2
3	10,0	8,1	3	3
4	6,1	7,5	2	2
5	6,4	s/d	2	s/d
6	7,2	s/d	2	s/d
7	5,8	7,1	1	2
8	6,0	7,1	2	2
9	6,1	s/d	2	s/d
10	6,2	7,0	2	2
11	5,2	6,4	1	2
12	6,1	6,4	2	2
13	7,3	7,5	2	2
14	5,1	6,4	1	2
15	6,8	8,0	2	2

Tabla 7.1-1. Comparación de los valores de pH obtenidos a partir de mediciones propias y de los datos brindados por los mapas de suelo del INTA de la provincia de Santa Fe (escala 1:50.000); se comparan también las clasificaciones a las que se llegó desde las dos fuentes de datos, resaltándose en amarillo las disidencias.

inundado debido a las crecidas sufridas en la zona. Recién en el mes de diciembre se pudo acceder al mismo nuevamente, visita durante la cual se mapearon y recolectaron nuevos fragmentos cerámicos y restos óseos humanos semi-enterrados, a una distancia de aproximadamente 40 m del arroyo Cululú. A partir de este nuevo hallazgo, se realizó una excavación en abril de 2018, planteándose 2 cuadrículas, una de 2x2 m (C1) y otra de 1x1 m (C2), las cuales fueron excavadas por niveles artificiales de 5 cm (Figura 7.2-3).

El sedimento extraído fue cernido en zaranda de malla de 1,5 mm en agua para la recuperación de todos los materiales. Los restos humanos semi-enterrados hallados en C1 correspondían a un entierro secundario situado a 0,15 m, con dirección NE-SO (Figura 7.2-4). El mismo se denominó E1

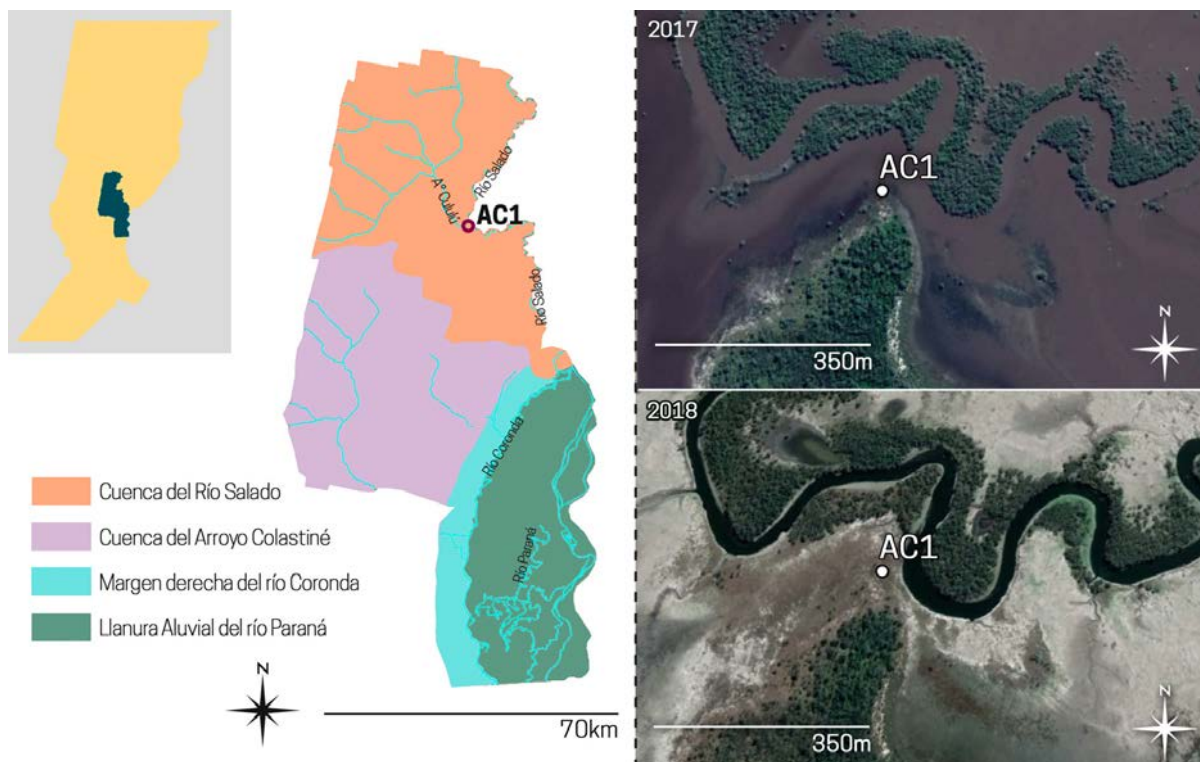


Figura 7.2-1. Izquierda) Localización del sitio Arroyo Cululú 1 (AC1) en el área de estudio; derecha) imágenes satelitales de la zona donde se emplaza el sitio en período de inundación (arriba) y de sequía (abajo).



Figura 7.2-2. Vistas del sitio AC1 (izquierda) y de los materiales en superficie y semi-enterrados (derecha).

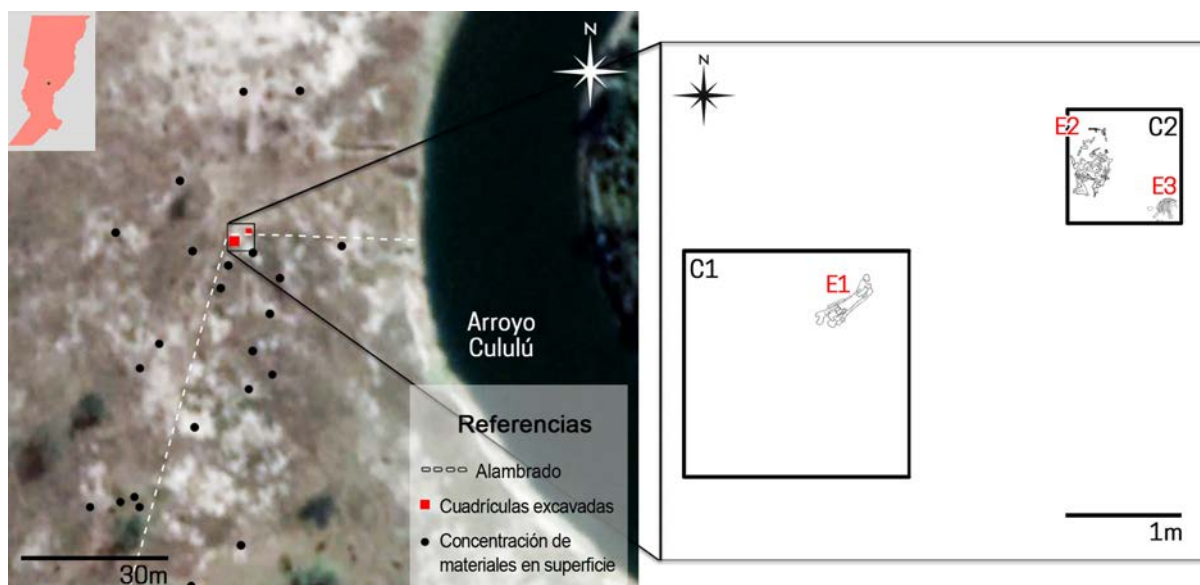


Figura 7.2-3. Planta del sitio AC1, localización de los hallazgos y esquema de los entierros humanos recuperados.

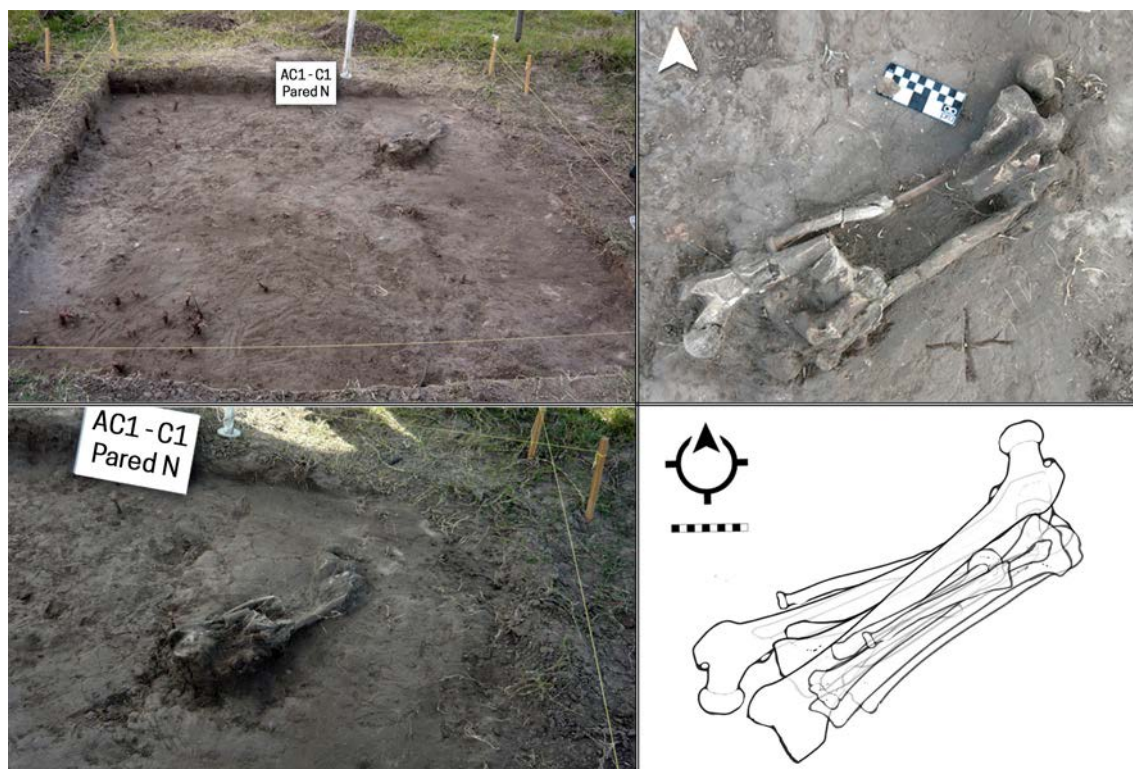


Figura 7.2-4. Izquierda) Imágenes de la cuadrícula 1 del sitio AC1 durante su excavación; derecha) fotografía (arriba) y esquema (abajo) del entierro secundario hallado en la misma.

y estaba compuesto por 12 huesos largos correspondientes a un individuo adulto masculino (diámetro máximo de la cabeza femoral= 45,4 mm, y de la cabeza humeral= 46,6 mm; Krenzer 2006) (Tabla 7.2-1, Figura 7.2-5A).

A su vez, se realizaron recolecciones superficiales sistemáticas y sondeos, en

Unidad Anatómica	Derecha		Izquierda	
	NISP	NME	NISP	NME
Húmero	3	1	3	1
Cúbito	9	1	1	1
Radio	2	1	3	1
Fémur	17	1	9	1
Tibia	13	1	27	1
Peroné	6	1	1	1

Tabla 7.2-1. NISP y NME de los restos que componen el entierro secundario hallado en la cuadrícula 1 (E1) del sitio AC1.

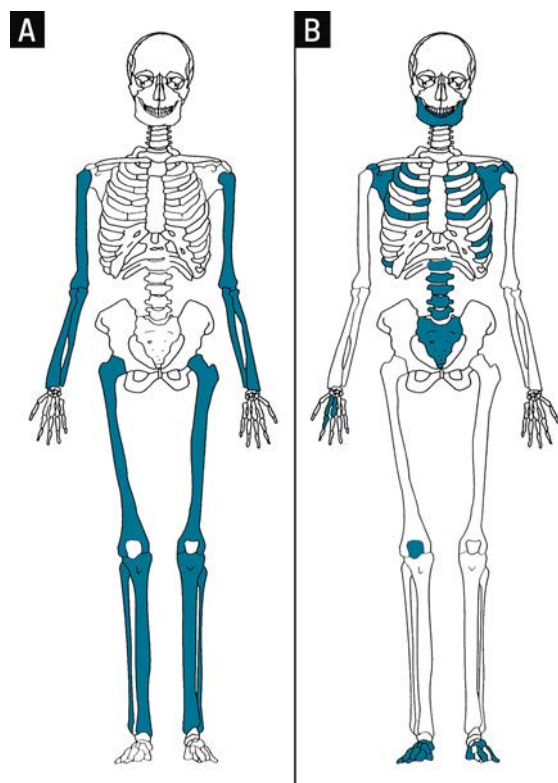


Figura 7.2-5. Representación de las partes esqueléticas de: A) entierro secundario (E1) y B) entierro secundario (E2), ambos hallados en el sitio AC1.

zonas más o menos alejadas de la cuadrícula excavada, hallándose nuevamente gran cantidad de fragmentos cerámicos en superficie, huesos faunísticos y algunos restos líticos. En uno de los sondeos, a aproximadamente 2 m del entierro secundario, se halló una nueva concentración de huesos humanos, motivo por el cual se planificó una excavación para los meses subsiguientes.

De este modo, se retornó al sitio en el mes de septiembre de 2018 y se trazó y excavó la cuadrícula 2 (Figura 7.2-3), sobre la concentración de huesos hallada. En la misma se recuperó un entierro secundario —el cual se denominó E2— compuesto de una mandíbula, costillas, vértebras, el hueso sacro, ambas escápulas, una rótula, huesos del tarso y del carpo, metatarsos, metacarpos y falanges del pie y de la mano (Tabla 7.2-2, Figura 7.2-5B). La disposición de los mismos no presentaba una forma clara, si no que se hallaron concentrados en 0,25 m<sup>2</sup>, hacia el oeste de la cuadrícula (Figura 7.2-6). De acuerdo a los rasgos mandibulares, el entierro corresponde a un individuo adulto de sexo femenino (Figura 7.2-7).

Por otro lado, en el extremo sureste de la misma cuadrícula, se hallaron valvas de *Diplodon* sp. sobre un plato de cerámica, debajo del cual se recuperó el entierro de un infante (E3). Se trata, en una primera aproximación, de un entierro primario en posición lateral izquierda, del cual están ausentes el cráneo, el brazo derecho y las extremidades inferiores y cuya mandíbula estaba posicionada con su cara superior hacia abajo, siguiendo la línea de las

Unidad Anatómica	Derecha		Izquierda		Axial		Indet.	
	NISP	NME	NISP	NME	NISP	NME	NISP	NME
Mandíbula					5	1		
Clavícula	0	0	1	1			0	0
Escápula	2	1	1	1			0	0
Costillas	0	0	0	0			>50	?
Vértebras torácicas					>50	?		
Vértebras lumbares					16	2		
Vértebras Indet.					18	?		
Sacro					>10	1		
Metacarpo	1	1	0	0			1	1
Falange (mano)	1	1	0	0			0	0
Rótula	1	1	0	0			0	0
Astrágalo	1	1	1	1			0	0
Calcáneo	1	1	1	1			0	0
Navicular	1	1	0	0			0	0
Cuboide	1	1	0	0			0	0
1° cuneiforme	1	1	0	0			0	0
2° cuneiforme	1	1	0	0			0	0
3° cuneiforme	1	1	0	0			0	0
Metatarso	5	5	5	3			0	0
Falange (pie)	1	1	0	0			2	2

Tabla 7.2-2. NISP y NME de los restos que componen el entierro secundario adulto (E2) hallado en la cuadrícula 2 del sitio AC1.

costillas (Tabla 7.2-3, Figuras 7.2-8 y 7.2-9). Comparando las medidas de las diáfisis de los huesos largos recuperados (húmero = 11; cúbito = 9,6 cm; radio = 8,6 cm) con aquellas relevadas por Ghantus (1951), Maresh (1970) y Gindhart (1973) (en Schaefer *et al.* 2009), y considerando la erupción dentaria (Figura 7.2-10), se pudo estimar una edad probable entre 12 y 18 meses. Una particularidad de la mandíbula del infante es que aparecen marcas de corte, del tipo de desarticulación, en la rama izquierda (Figura 7.2-10).

Por otro lado, en torno a los tres entierros se visualiza un sedimento de color más oscuro, con mayor contenido de arcilla

(Figura 7.2-11), claramente diferenciable del resto. Esto podría estar vinculado con algún tipo de material que haya actuado como contenedor para el posible transporte de los huesos. Los análisis de suelo realizados sobre este sedimento arrojaron valores similares al adyacente, aunque resta la realización de estudios específicos.

El suelo presente en el sitio corresponde al gran grupo Natralbol típico (serie Cululú, Mapa de suelos de la provincia de Santa Fe 1:50.000; INTA 1965-1998; Sapino *et al.* 2014), en el cual se distingue un horizonte A poco espeso (entre 5 y 10 cm), afectado por la erosión fluvial cuando se inunda el sitio, y

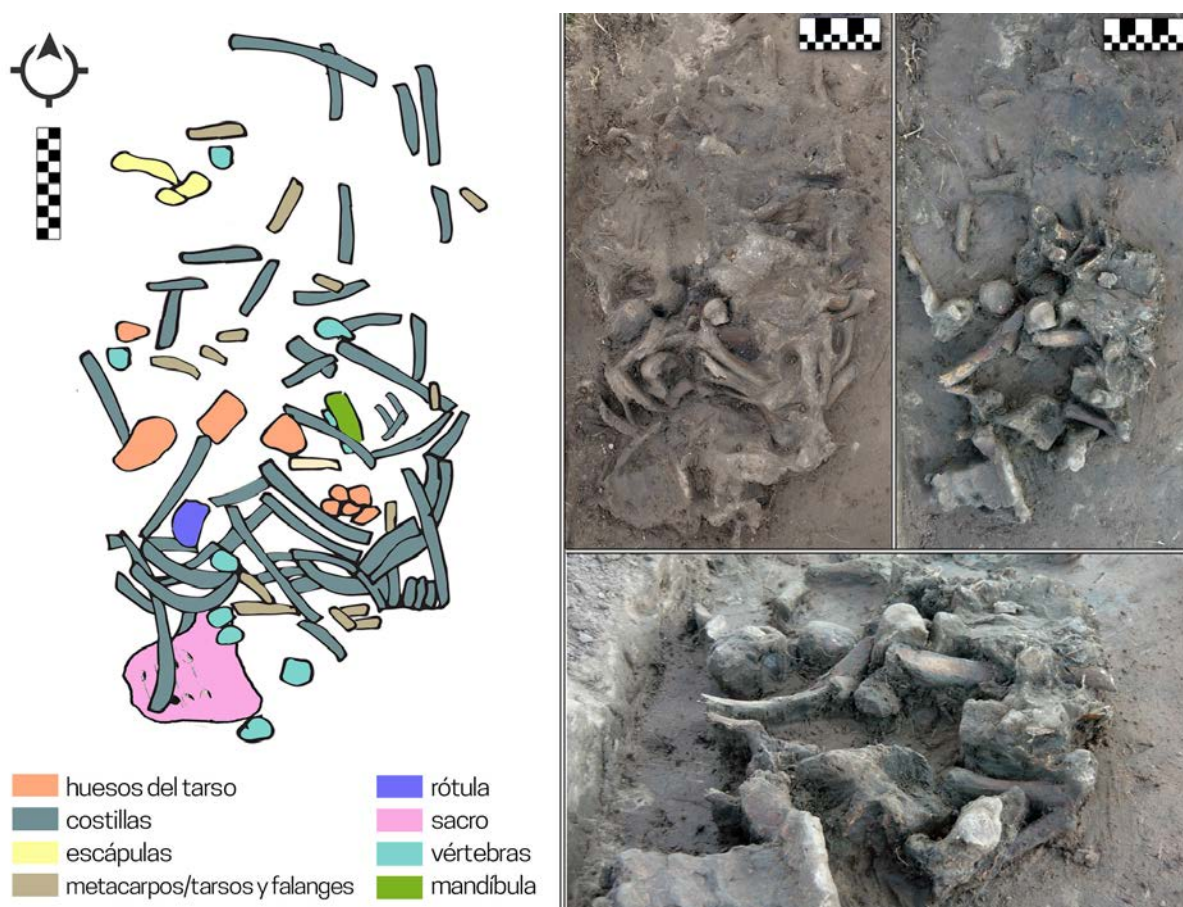


Figura 7.2-6. Izquierda) Esquema del entierro secundario (E2) hallado en la cuadrícula 2 del sitio AC1; derecha) fotografías del mismo.



Figura 7.2-7. Mandíbula del entierro 2 (C2), correspondiente a un individuo adulto femenino.

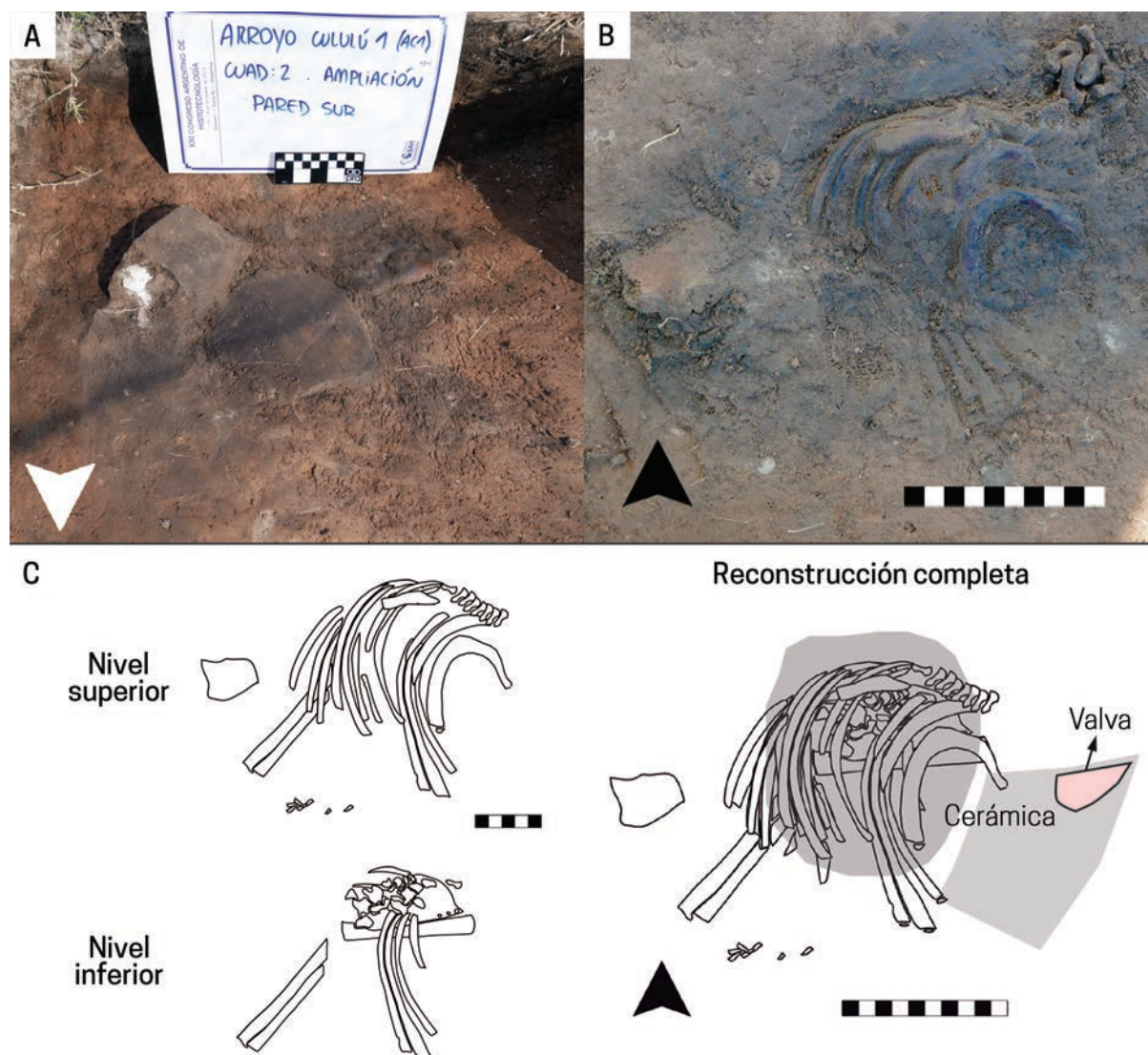


Figura 7.2-8. A) Imagen del ajuar funerario, constituido por un plato de cerámica y valvas de moluscos, que cubría el entierro del infante (E3) hallado en la cuadrícula 2 del sitio AC1; B) fotografía del entierro durante su excavación; C) reconstrucción esquemática en sus diferentes niveles, con la ubicación de los fragmentos cerámicos y la valva de *Diplodon* sp.

luego un horizonte B—que es donde aparecen los materiales arqueológicos— de textura arcillo-limosa (Figura 7.2-12). En general, el suelo se caracteriza por presentar un elevado contenido de sodio y un alto hidromorfismo, siendo plástico y adhesivo en húmedo y muy duro y firme en seco (INTA 1965-1998). Se evaluaron diferentes variables químicas en dos muestras de suelo, una correspondiente al estrato donde se halló la concentración de materiales arqueológicos y otra al

sedimento más arcilloso inmediatamente en contacto con los entierros. Ambas arrojaron valores de pH altamente alcalinos (10,1 y 9,8, respectivamente) y una conductividad eléctrica de 3,1 mS/cm y 1 mS/cm. En cuanto al contenido de fósforo extraíble, se obtuvo 73 ppm en la primera muestra y 88 ppm en la que se vincula directamente con los entierros. Si bien estos valores son altos para los suelos de la zona (prom. 28 ppm), el porcentaje no llega a ser tan alto como

Unidad Anatómica	Derecha		Izquierda		Axial		Indet.	
	NISP	NME	NISP	NME	NISP	NME	NISP	NME
Mandíbula					1	1		
Clavícula	1	1	1	1				
Escápula	2	1	2	1				
Costillas							>50	?
Atlas					2	1		
Axis					3	1		
Vértebras cervicales					6	?		
Vértebras torácicas					23	?		
Vértebras lumbares					9	?		
Vértebras Indet.					20	?		
Húmero			2	1				
Cúbito			1	1				
Radio			1	1				
Metacarpo							4	4
Ilion	1	1						
Metatarso	5	5	5	5				
Falange (pie)							1	1

Tabla 7.2-3. NISP y NME de los restos que componen el entierro del infante (E3) hallado en la cuadrícula 2 del sitio AC1.

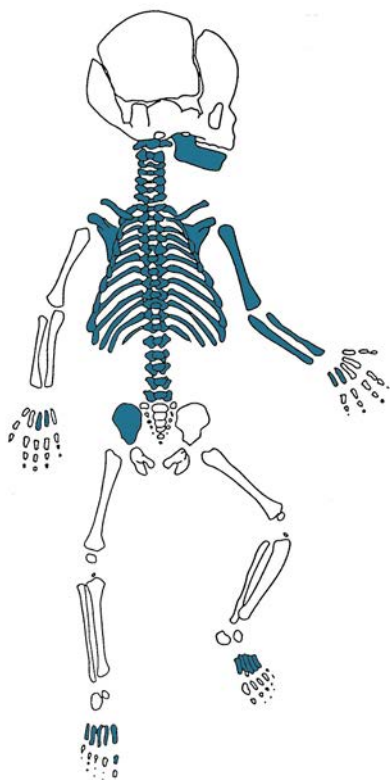


Figura 7.2-9. Representación de las partes esqueléticas del entierro del infante (E3).

los obtenidos para el área de entierros en el sitio RSCII (mayores a 235 ppm); más bien entran dentro de los que podrían para áreas de actividad persistentes a través del tiempo (ver discusión en Galligani *et al.* 2019a). Por último, el contenido de materia orgánica de la muestra general (0,96%) es levemente superior al de la serie Cululú para el horizonte B (0,63%), mientras que el que arrojó la muestra del sedimento en contacto con los entierros (0,38%) es inferior. En ambos casos, es bajo en lo que concierne a las expectativas de una buena preservación ósea, para lo que se espera que sea mayor al 2% (Kibblewhite *et al.* 2015).

Para los análisis tafonómicos se consideraron un total de 54 elementos óseos humanos (Tabla 7.2-4). En el caso de las



Figura 7.2-10. Mandíbula del infante (E3, C2, sitio AC1) con detalle de las huellas de corte halladas.

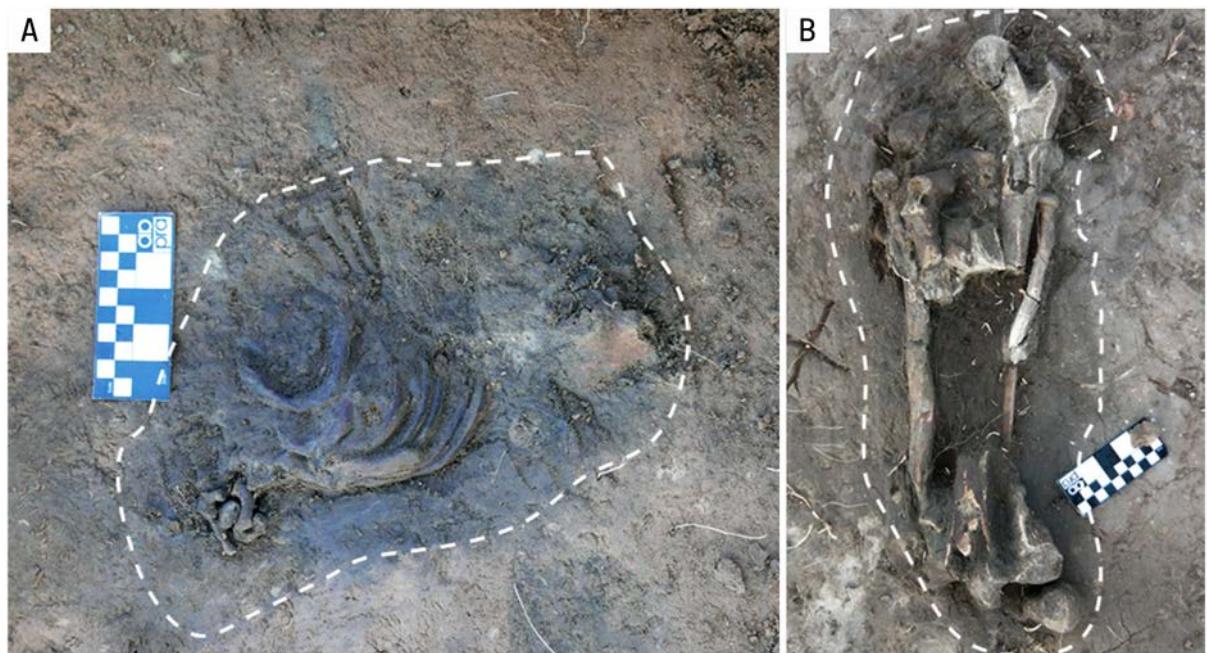


Figura 7.2-11. Imágenes de los entierros 3 (A) y 1 (B), indicando el límite del sedimento oscuro que los contiene.

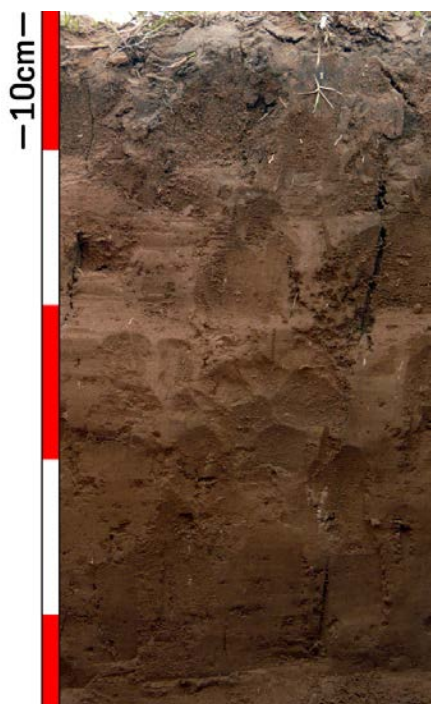


Figura 7.2-12. Imagen del perfil de suelo del sitio AC1.

costillas, al estar muy fragmentadas y no poder remontarse, para los fines del análisis tafonómico se consideró a cada fragmento superior a 5 cm —o conjunto de fragmentos que al ser remontados superaron esa medida—

Unidad	Derecha	Izquierda	Axial	Indet
Anatómica	NME	NME	NME	NME
Mandíbula			2	
Clavícula	1	1		0
Escápula	2	2		0
Costillas	0	0		27
Húmero	1	2		
Cúbito	1	2		
Radio	1	2		
Ilion	1	0		0
Fémur	1	1		
Tibia	1	1		
Peroné	1	1		
Astrágalo	1	1		0
Calcáneo	0	1		0

Tabla 7.2-4. Elementos humanos del sitio AC1 sobre los que se analizaron las variables tafonómicas.

como un elemento en sí mismo. Además, se analizaron 8 especímenes faunísticos correspondientes a *Mammalia grande* (N=2), *Artiodactyla* (N=1), *Mazama sp.* (N=1) y *Lama guanicoe* (N=4).



## 8 | COLECCIONES DE MUSEOS

Se relevaron tres colecciones museísticas, dos provenientes de yacimientos ubicados en la cuenca del río Salado y una de la llanura aluvial del río Paraná.

La primera concierne al denominado “Hombre fósil de Esperanza u Hombre fósil del arroyo Cululú” (HF) (*cf.* Castellanos 1924; Frenguelli 1920; Vignati 1923, 1934) y se halla en el Museo Argentino de Ciencias

Naturales “Bernardino Rivadavia” (MACN) (Ciudad Autónoma de Buenos Aires). La segunda, que se aloja en el Museo Etnográfico y Colonial “Juan de Garay” (ciudad de Santa Fe), refiere a restos de un entierro humano recuperado en el sitio “Villa Georgina” (VG) a orillas del río Salado por los Lics. Carlos Ceruti y Gabriel Cocco en el año 1995. Por último, la tercera colección se denomina “Las Tejas Museo” (LTM) y pertenece al Museo Municipal José Manuel Maciel de la localidad de Coronda (Santa Fe). Como ya fue mencionado, estos materiales pertenecen al sitio LT, que se encuentra actualmente en estudio por parte del equipo de investigación de la autora, por lo que fueron descritos en conjunto con los procedente de los recientes trabajos de campo llevados a cabo en el lugar (Figura 8-1).

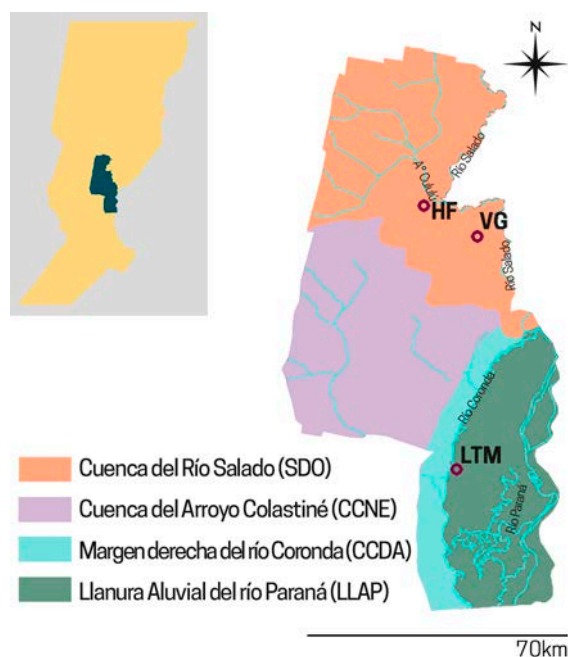


Figura 8-1. Localización de los restos óseos humanos correspondientes a las colecciones de museos consultadas en el área de estudio.

### 8.1 | “Hombre Fósil” de Esperanza (HF)

Las denominaciones “Hombre fósil del arroyo Cululú” (Vignati 1923) u “Hombre fósil de Esperanza” (Vignati 1934) fueron dadas a los restos óseos correspondientes a un esqueleto humano adulto recuperado en la cuenca del río Salado. Si bien su

denominación se presta a confusión, debido a la mención de restos similares en el arroyo Cululú (Frenguelli 1920; Castellanos 1924), queda claro que los materiales se hallaron sobre la margen derecha del río Salado, a unos 800 metros aguas abajo desde la desembocadura del arroyo Cululú (Castellanos 1924: perfil N° 29, Lam II; Vignati 1934: 11-12). En efecto, mediante la reconstrucción del mapa de Castellanos (1924), en torno a las referencias dispuestas en el mismo (Figura 8.1-1), se puede ubicar aproximadamente el hallazgo en el mapa y la fotografía digital del área (Figura 8.1-2).

Los restos depositados en el MACN forman parte de la colección antropológica perteneciente a la sección Paleontología de Vertebrados. En el año 2017 se realizó una visita a dicho museo, en ocasión de la cual se procedió a analizar macroscópicamente los restos y a obtener un registro fotográfico de los mismos.

De acuerdo con los trabajos publicados, el hallazgo fue realizado en el año 1919 y recuperado de forma rápida por el profesor Roberto F. Rovère, motivo por el cual se produjeron gran cantidad de fracturas frescas y se descartaron los fragmentos más pequeños (Vignati 1934). De acuerdo con Castellanos (1924), los restos se hallaron en mal estado de conservación, en un loess amarillo-pardo arenoso, atribuido al “Bonaerense inferior”.

Sobre la base del análisis llevado a cabo por Vignati (1934), los restos pertenecerían a un individuo femenino de aproximadamente 35 años (Vignati 1934: 17). Si bien el sexo no pudo ser corroborado, ya que son pocos los caracteres diagnósticos analizables a partir

de los restos hallados, el cráneo muestra una ausencia de glabella marcada y los diámetros de la cabeza del fémur y el húmero (41 y 38 cm, respectivamente) corresponden a los valores asignables a individuos femeninos (Krenzer 2006). En cuanto a la edad, tanto las epífisis presentes como las suturas craneales están completamente fusionadas.

Además de los elementos ilustrados y descritos por Vignati (1923, 1934), entre los cuales hallamos claras coincidencias con los restos analizados por nosotros (Figura 8.1-3), se registraron otros huesos largos que indicarían un NMI de 2 (Tabla 8.1-1).

Unidad Anatómica	Derecha	Izquierda	Axial
	NME	NME	NME
Cráneo			1
Mandíbula			1
Vért. Cervical			2
Vért. Torácica			5
Vért. Lumbar			3
Esternón			1
Pelvis			1
Clavícula	1	0	
Escápula	1	1	
Húmero	1	1	
Cúbito	2	2	
Radio	0	1	
Metacarpo	2	3	
Falanges (mano)	1	1	
Fémur	0	2	
Rótula	1	0	

Tabla 8.1-1. Elementos óseos pertenecientes a la colección HF, alojada en el Museo Argentino de Ciencias Naturales (CABA).

## 8.2| Villa Georgina (VG)

Villa Georgina es un paraje ubicado a 13 km al este de la ciudad de Esperanza, departamento Las Colonias (Figura 8.2-1). En el año 1995, un vecino de la localidad

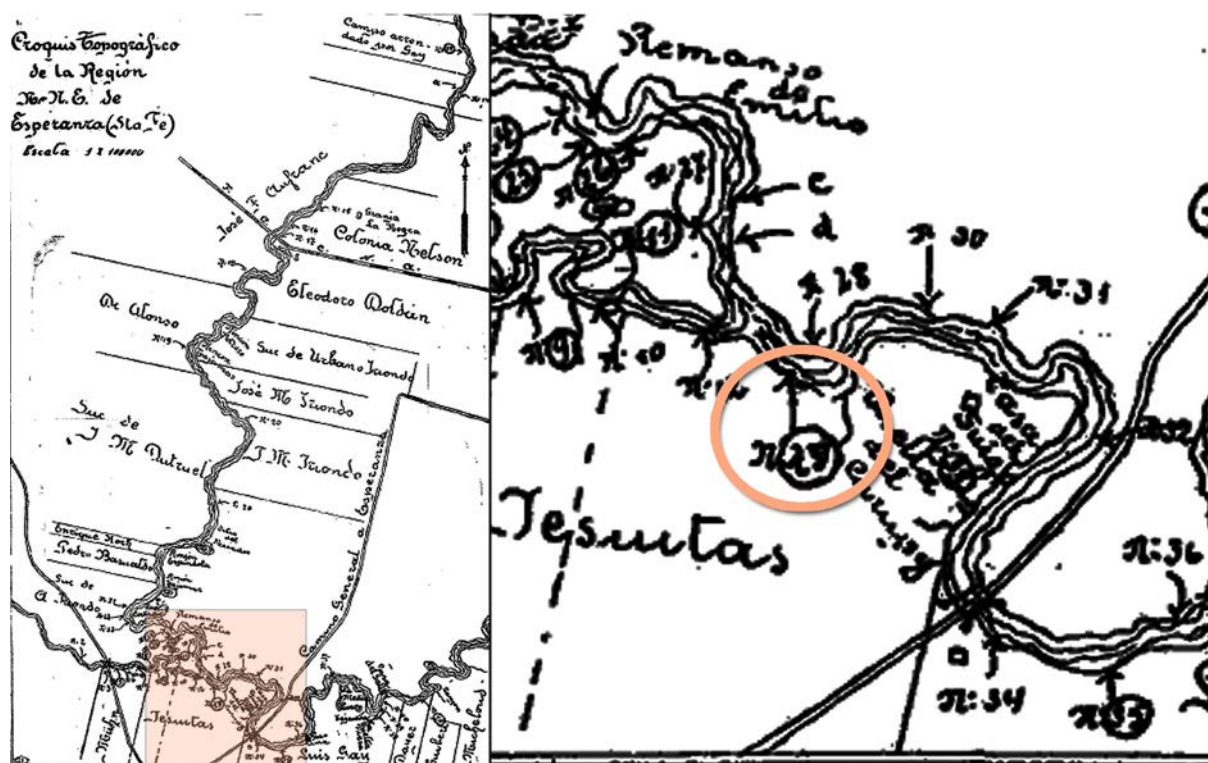


Figura 8.1-1. Localización del perfil del hallazgo del Hombre Fósil de Esperanza (HF) en el mapa de Castellanos (1924).

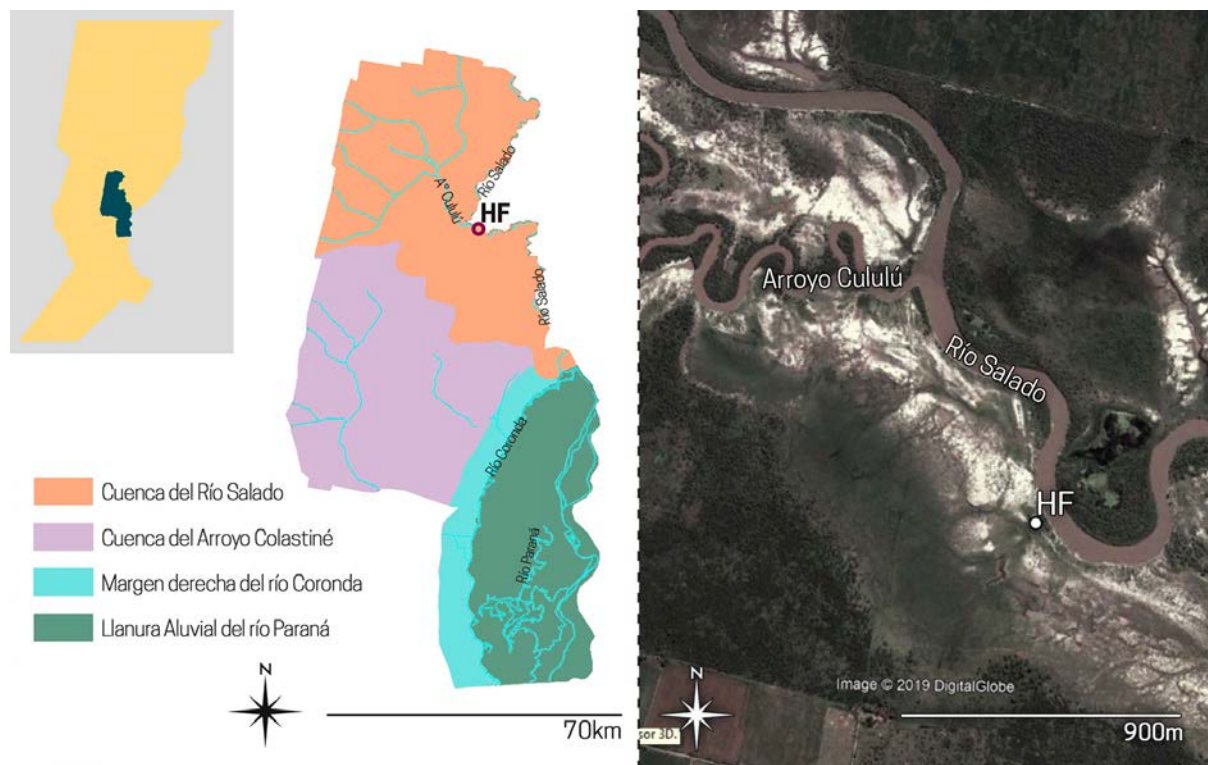


Figura 8.1-2. Izquierda) Localización estimada de los restos pertenecientes a la colección Hombre Fósil (HF) en el área de estudio; derecha) imagen satelital de la zona donde se hallaron los restos mencionados.

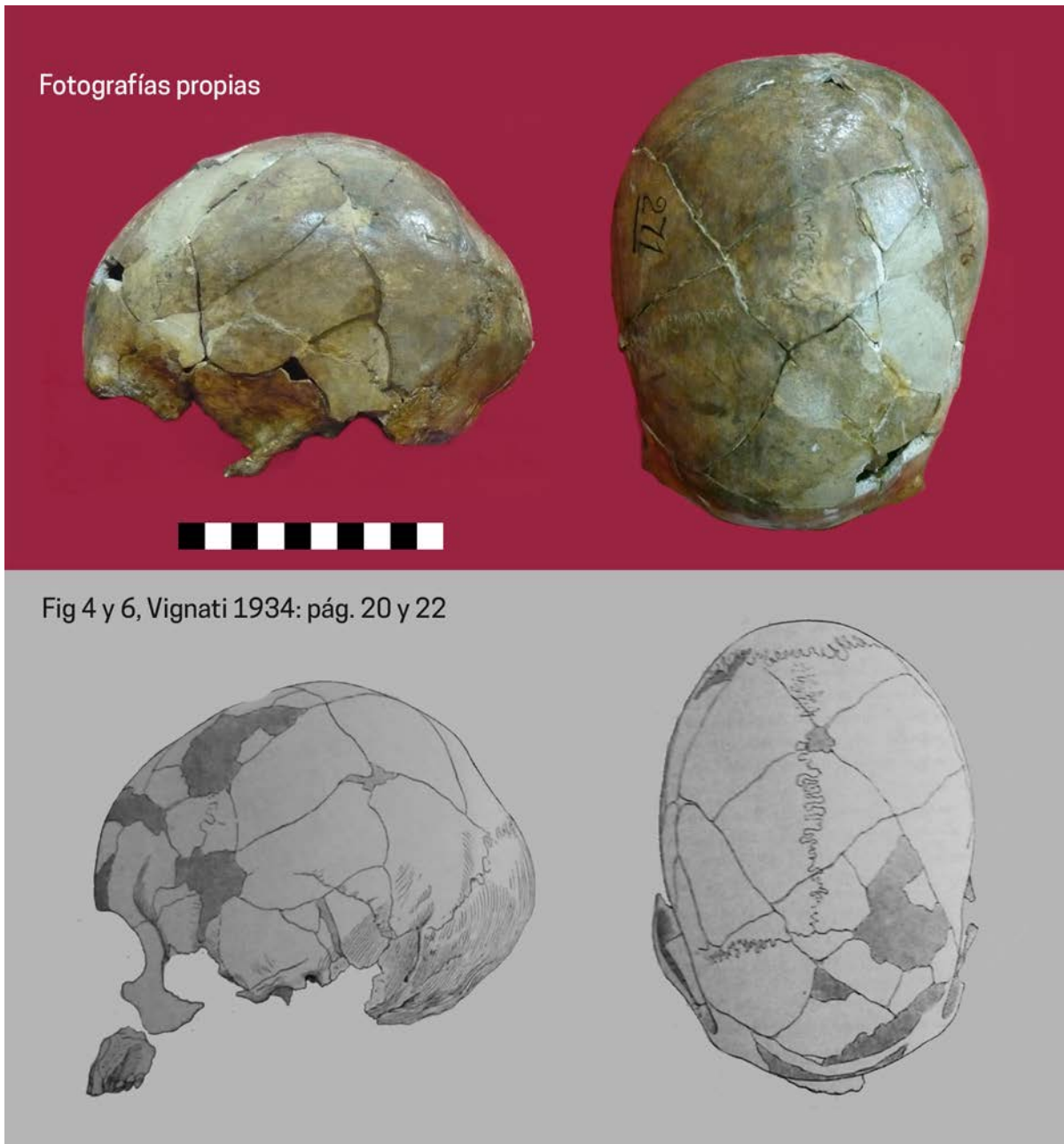


Figura 8.1-3. Comparación de fotografías propias tomadas de la colección HF e imágenes publicadas en el trabajo de Vignati (1934).

dio aviso del hallazgo de restos humanos y la Municipalidad de Esperanza solicitó al Lic. Carlos Ceruti su recuperación.

De acuerdo con el informe realizado por Ceruti (1995c), el hallazgo correspondía a un entierro secundario, localizado al borde del camino que conduce al Río Salado, a unos 100 m del mismo. Los restos estaban en

el borde de una barranca de unos 50 cm de altura, constituida por la Fm. San Guillermo, habiendo quedado expuestos por la acción de las lluvias (Ceruti 1995c).

Los materiales recuperados fueron almacenados en el Museo Etnográfico y Colonial “Juan de Garay”, de la ciudad de Santa Fe, lugar en el que fueron relevados

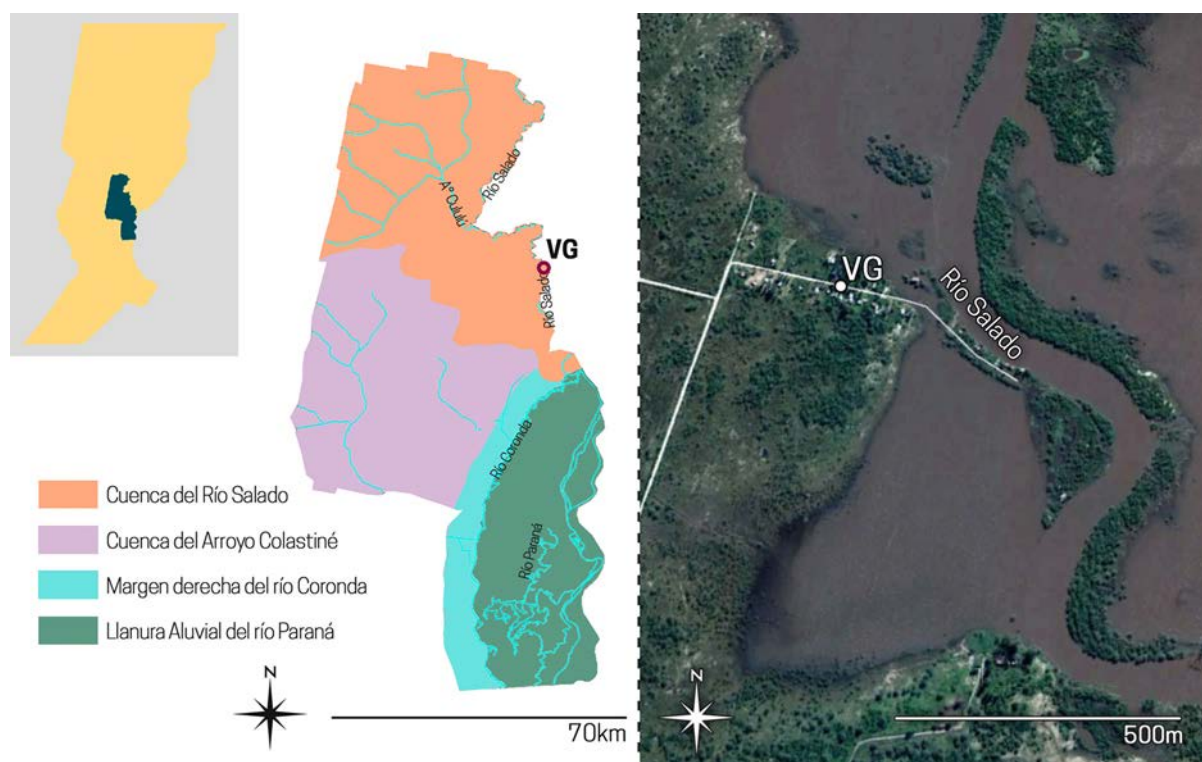


Figura 8.2-1. Izquierda) Localización de los restos pertenecientes al entierro hallado en Villa Georgina (VG) en el área de estudio; derecha) imagen satelital de la zona donde se hallaron los restos mencionados.

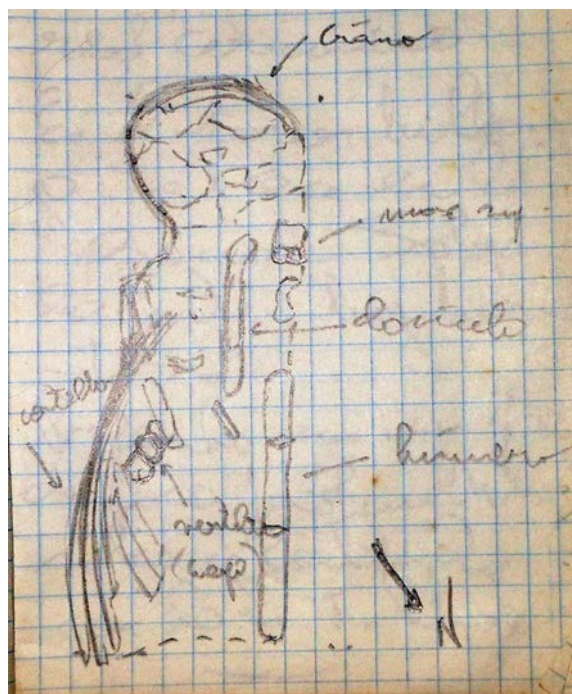


Figura 8.2-2. Izquierda) Esquema del entierro hallado en Villa Georgina por los Lic. Ceruti y Cocco en 1995 (Ceruti 1995b).

para este estudio. Los restos examinados coinciden exactamente con los descritos en el informe realizado por Ceruti (1995c). En sus notas, Ceruti asigna los restos a un entierro secundario con sentido NE-SO, aunque de acuerdo al bosquejo realizado por este investigador (Figura 8.2-2; Ceruti 1995b) se puede interpretar que, en realidad, se trata de un entierro primario en posición lateral izquierda, aunque sólo se halló la mitad superior del esqueleto (Tabla 8.2-1).

Los análisis tafonómicos se realizaron sobre nueve de los elementos, que son los que superaron los 5 cm de longitud, sólo las vértebras no pudieron evaluarse debido al estado de fragmentación que presentaban.

Unidad Anatómica	Derecha		Izquierda		Axial		Indet.	
	NISP	NME	NISP	NME	NISP	NME	NISP	NME
Cráneo					46	1		
Mandíbula					8	1		
Vértebras					11	>/=3		
Clavícula	2	1	1	1			0	0
Escápula	0	0	0	0			2	1
Costillas	0	0	0	0			11	>/=1
Húmero	0	0	5	1			0	0
Isquion	0	0	1	1			0	0

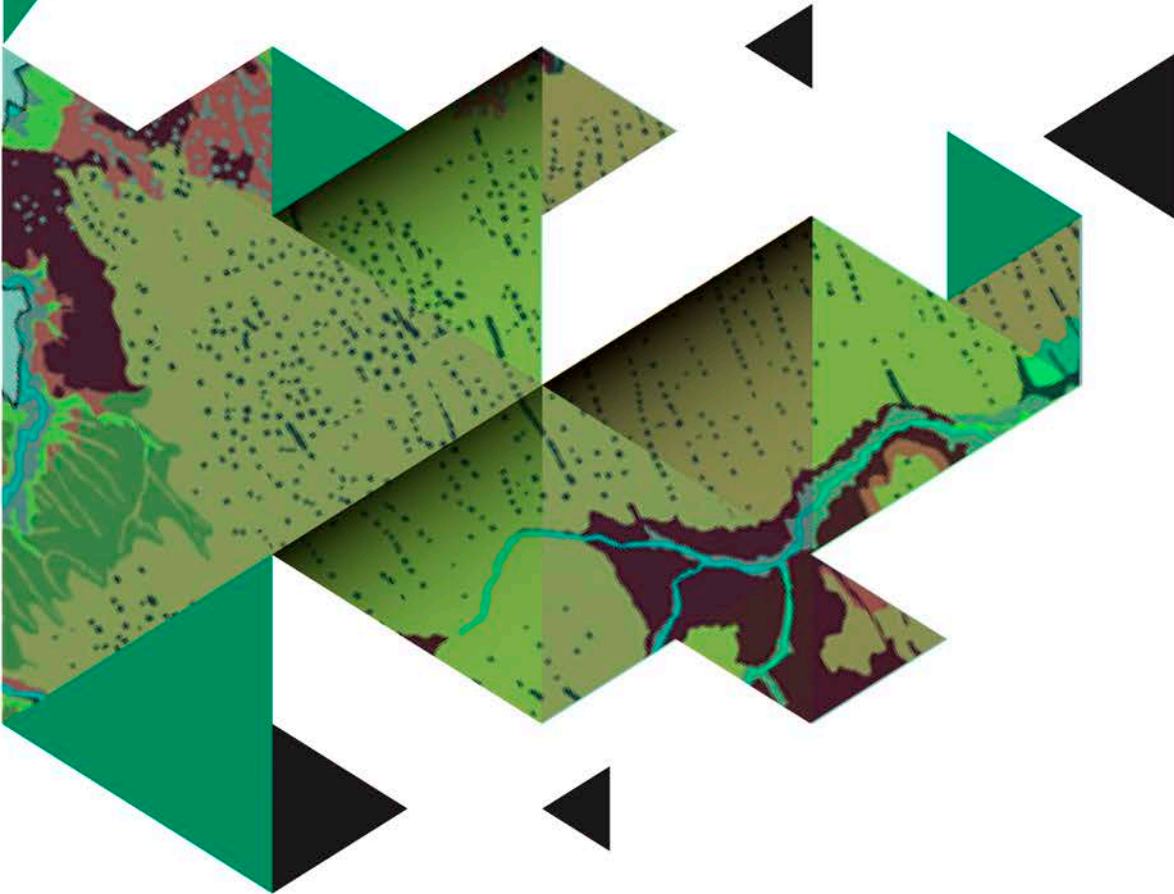
Tabla 8.2-1. NISP y NME de la colección VG, alojada en el Museo Etnográfico y Colonial Juan de Garay (Santa Fe).



# PARTE IV

---

## Modelos Espaciales Predictivos de Preservación Ósea



## 9 | SIG, SUELOS Y PROBABILIDADES DE PRESERVACIÓN DE HUESOS A LARGO PLAZO

### 9.1 | Sistemas de Información Geográfica (SIG) en arqueología

Las nuevas tecnologías espaciales y de geoprocésamiento, así como también las nuevas técnicas de captura de datos (v.g. estación total, fotogrametría), han abierto nuevas posibilidades tanto para el registro de información espacial como para el procesamiento de los datos (Castillejo 2012). Particularmente, los sistemas de información geográfica (SIG)—herramientas de administración de información espacial georreferenciada (Connolly y Lake 2006; McCoy y Ladefoged 2009)— han tenido un importante impacto en la arqueología, mejorando la gestión de los registros e incrementando la escala de la información espacial en términos de su tamaño geográfico, la cobertura y el número de registros (McCoy y Ladefoged 2009).

En las últimas décadas, los SIG se han convertido en una plataforma que permite almacenar, administrar y procesar grandes conjuntos de datos, relacionables a diferentes escalas espaciales (*i.e.* a nivel de un artefacto, de sitio o regional) y temporales, generando un impacto a nivel teórico-metodológico en

la práctica arqueológica. Esto se manifiesta, por ejemplo, en la descripción de diferentes aspectos del registro, en la predicción — en cuanto a la localización, distribución, densidad y estado de ítems materiales o de sus propiedades— a partir de diferentes variables de naturaleza ambiental o socio-cultural y en la posibilidad de diseñar políticas de protección y puesta en valor del patrimonio (Castillejo 2013; McCoy y Ladefoged 2009). Una de las ventajas del uso de SIG en arqueología es la diversidad de aplicaciones posibles. En muchos casos, el solo hecho de poder organizar la información de una forma ordenada permite generar nuevas ideas acerca del pasado (Connolly y Lake 2006). Además, mediante su uso se pueden llevar a cabo procesos analíticos que posibilitan la observación de patrones en forma gráfica —mediante la aplicación de estadísticas espaciales— que no eran posibles de descubrir con los enfoques tradicionales.

En los SIG, la información puede ser almacenada en dos formatos de datos: vectorial y *raster*. El primero permite almacenar puntos, líneas o polígonos,

con límites bien definidos, por lo que es adecuado para variables discretas (v.g. ríos). En cambio, en el formato *raster*, los datos están organizados en celdas del mismo tamaño, cada una de las cuales contiene valores individuales para la variable que representa, siendo apto para atributos continuos (v.g. topografía) (Magnin 2010). Este último formato tiene un mayor poder analítico y está más orientado al análisis espacial, permitiendo la superposición de capas de forma más sencilla y la utilización de métodos estadísticos (Connolly y Lake 2006).

Si bien los SIG se han aplicado, durante los últimos 30 años, al tratamiento de diversos problemas arqueológicos, su impacto en los estudios tafonómicos es aun escaso (Galligani y Barrientos 2016; García Sanjuán *et al.* 2009; Herrmann 2002; Morales *et al.* 2018a; Sayer y Wienhold 2013; Wilhelmson y Dell'Unto 2015). Los análisis espaciales plausibles de ser utilizados, con diferentes propósitos y a diferentes escalas, en el contexto de los estudios tafonómicos, son múltiples. Particularmente a escala regional, en esta tesis se utilizarán diferentes herramientas SIG para la gestión y combinación de distinto tipo de información (*i.e.* ambiental, edafológica, tafonómica) y la generación de mapas de probabilidad de preservación de conjuntos óseos arqueológicos, principalmente a partir de variables vinculadas con el suelo.

## 9.2| El suelo y su rol en la preservación ósea

El suelo es el contexto físico en el

cual se aloja la evidencia arqueológica (Surabian 2012), por lo que el conocimiento de sus propiedades físicas y químicas se vuelve fundamental a la hora de evaluar la preservación de los materiales en él depositados. Se define como un subsistema natural abierto, tridimensional, que contiene vida vegetal y animal y que tiene, además, la capacidad de responder a cambios ambientales, por lo que es continuamente variable en el espacio y en el tiempo (Conti 2000). Está compuesto por 3 fases: sólida —componentes orgánicos (entre 1% y 11%) e inorgánicos o minerales (entre 50% y 60%), líquida —agua (entre 25% y 35%)— y gaseosa —aire (entre un 15% y 25%)—. Estas fases interactúan entre sí y le otorgan al suelo propiedades específicas, que pueden resumirse en su textura —composición elemental de las partículas— y su estructura —forma de organización de esos elementos en agregados— (Conti 2000).

Con el objetivo de agrupar a los suelos en categorías, se realizaron diversas clasificaciones, siendo la del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (Soil Survey Staff 1975) la más utilizada en la actualidad, sobre todo en nuestro país. Esta clasificación sigue tanto criterios genéticos, basados en los procesos fundamentales de la evolución de los suelos, como morfológicos, los cuales consideran los rasgos físicos del perfil. La misma agrupa a los suelos en seis categorías taxonómicas, del más alto al más bajo nivel de generalización ellas son: orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y serie. Existen doce órdenes de suelos, definidos y descriptos por

la USDA, los cuales se distinguen entre sí por la presencia o ausencia de determinados horizontes diagnósticos o rasgos que evidencian diferencias en su génesis, o sea, en los procesos edafogenéticos dominantes en la evolución del suelo: Alfisol, Andisol, Aridisol, Entisol, Espodosol, Gelisol, Histosol, Inceptisol, Molisol, Oxisol, Ultisol y Vertisol.

Utilizando la taxonomía mencionada, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) realizó un relevamiento sistemático de los suelos de la provincia de Santa Fe entre los años 1965 y 1998. Los sectores con predominio de tierras de aptitud baja y muy baja se mapearon a escala 1:250.000, mientras que aquellos con tierras de aptitud alta y media se relevaron en nivel semidetallado, o sea a escala 1:50.000. En cuanto al Complejo Isleño del río Paraná, que ocupa 1.100.000 ha, no fue relevado (Giorgi *s/f.*).

El área de estudio, al localizarse en una de las zonas más productivas de la provincia, cuenta con información de suelo a escala 1:50.000, la cual fue digitalizada y puede ser consultada de manera libre a través del visor GeoINTA (<http://visor.geointa.inta.gob.ar/>) o desde el servicio WMS (<http://geointa.inta.gov.ar/geoserversf/wms>). Esta información sirvió de base para los modelos predictivos que se detallan en los capítulos siguientes.

Por otro lado, existe otra clasificación taxonómica de suelos, la Clasificación Mundial de Suelos de la Organización para la Alimentación y la Agricultura de Naciones Unidas (FAO), que —si bien no es extensivamente utilizada en nuestro país— sí lo es en algunos de los trabajos

que fueron consultados para la construcción de los mapas predictivos. La misma considera tres niveles de diferenciación: 1) Grupos Principales de suelos —que se distinguen según los procesos pedogenéticos primarios que han producido rasgos edáficos característicos—; 2) Unidades de suelos —son diferenciadas en base a algún proceso secundario de formación del suelo que ha afectado los rasgos pedológicos primarios—; y 3) Subunidades de suelos —de uso local, que presentan características adicionales a las usadas en la definición de la Unidad— (Fadda 2005).

En arqueología, hacia la década de 1990, diversos estudios comenzaron a poner énfasis en el uso de técnicas geofísicas y geoquímicas para la exploración de los restos materiales en el suelo (*v.g.* Kars 1997; Mattsson *et al.* 1996; Scharff 1993; Wagner *et al.* 1997). Desde esta perspectiva, el componente material del registro arqueológico es entendido como una pieza de un enorme, pero incompleto, archivo en el suelo, que no es renovable ni reemplazable, volviendo único a cada sitio arqueológico (Kars 1998: 140). Esta propuesta afirma que los restos (*i.e.* conjunto fósil o CF, en el sentido de Klein y Cruz-Urbe 1984) se conservan mejor cuando están enterrados en el suelo, ya que se mantienen en un estado estable y no son perturbados por los procesos de excavación.

A partir de estos estudios pioneros, se ha comenzado a promover la preservación *in situ*, a través de programas interdisciplinarios, específicamente a nivel de la Unión Europea y Estados Unidos (Corfield 1996; Historic

England 2015, 2016, 2017; Jans *et al.* 2002; Kibblewhite *et al.* 2015; Nielsen-Marsh *et al.* 2007; Surabian 2012; Willems *et al.* 1997). Los estudios de base llevados a cabo por esos programas, han avanzado en el

conocimiento acerca de los mecanismos de deterioro de los restos arqueológicos en el suelo y la información generada sirvió como base para la elaboración de los modelos predictivos que se describen a continuación.



## 10 | MODELO PREDICTIVO 1 (MP1)

### 10.1 | Introducción

Kibblewhite *et al.* (2015) han realizado un estudio sobre los factores que intervienen en la preservación del registro arqueológico en el suelo, con el objetivo de promover el conocimiento sobre la conservación de los diferentes materiales y poder predecir el estado de los mismos. A partir del análisis de los efectos que producen diferentes variables del suelo (v.g. hidrología, pH, saturación de bases, contenido de materia orgánica) sobre los distintos materiales enterrados (v.g. huesos, metales, cerámica), estos autores realizan una clasificación de los suelos europeos, de acuerdo con su capacidad de preservación de los diferentes materiales que componen el registro arqueológico.

Bajo el supuesto de que la tasa de degradación de los materiales depositados en un suelo decae exponencialmente a medida que pasa el tiempo, y que la relación del porcentaje de material restante y el tiempo (expresado en escala logarítmica) es lineal, establecen tres categorías de suelo, para cada tipo de registro arqueológico: pobre, regular y bueno (Figura 10.1-1; Kibblewhite *et al.* 2015; Fig.1: 252). Si bien no quedan

claros los límites entre tales categorías, se entiende que la clasificación se realiza de acuerdo con los extremos de preservación (*i.e.* destrucción completa) y los años en que tarda cada material en degradarse. Por ejemplo, si un objeto metálico se destruye completamente en 100 años en un suelo bien drenado y húmedo, asignan a ese suelo a la categoría pobre para la conservación de ese tipo de material; por el contrario, si un hueso, en ese mismo suelo, no se destruye durante ese período de tiempo, entonces la preservación es buena (Kibblewhite *et al.* 2015: 252).

Por otro lado, el artículo de referencia tampoco proporciona datos precisos acerca de la procedencia de la información sobre la cual se elabora el modelo predictivo propuesto. Sin embargo, constituye, hasta la fecha, el único intento claro de derivar probabilidades de preservación ósea en función de propiedades mensurables de los suelos. Asimismo, a pesar de que el trabajo fue realizado a escala continental, se destaca que la metodología utilizada puede ser aplicada a diferentes escalas espaciales, de acuerdo a la información disponible y a los

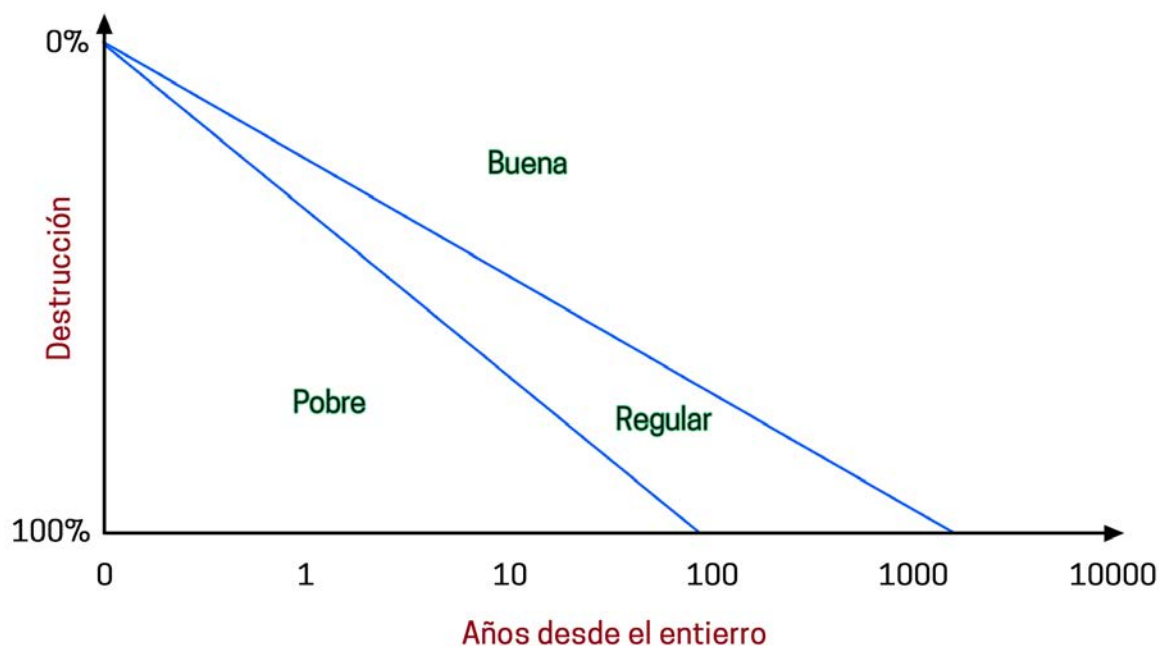


Figura 10.1-1. Definición de las categorías de suelo de acuerdo a la preservación de los materiales enterrados (modificado de Kibblewhite *et al.* 2015).

objetivos particulares de cada investigación (Kibblewhite *et al.* 2015: 259). Por estos motivos, sirvió como base para la proposición del primer modelo predictivo (MP1) a explorar en este trabajo.

## 10.2 | Materiales y métodos

Para poder generar un mapa similar al propuesto por Kibblewhite *et al.* (2015), fue necesario correlacionar los tipos de suelos presentes en el continente europeo con los registrados en el área de estudio. La clasificación utilizada en el trabajo de referencia (Clasificación Mundial de Suelos de la Organización para la Alimentación y la Agricultura de Naciones Unidas - FAO), no se corresponde directamente con el sistema utilizado en los mapas de suelo disponibles para el área de estudio (INTA 1965-1998; Sapino *et al.* 2014). Sin embargo, se logró correlacionar los Grandes Grupos de suelo de la zona con los Grupos Principales y

las Unidades de suelo establecidas por la FAO, a partir de bibliografía especializada, principalmente de diccionarios edafológicos (Fadda 2005; Rozas López 2010) (Tabla 10.2-1). De este modo, se asignaron las categorías de suelo y preservación ósea (pobre, media y buena) correspondiente a cada Unidad (Apéndice B; Kibblewhite *et al.* 2015: 261).

## 10.3 | Resultados y discusión

Todos los suelos presentes en el área corresponden a la categoría de preservación “pobre” en relación con los restos óseos (Figura 10.3-1). Tanto en el caso de los Phaeozems —que son típicos de condiciones climáticas húmedas y tienen baja saturación de bases— como en lo que respecta a los Planosoles Eútricos —que tienen saturaciones de bases contrastantes y ciclos estacionales que van desde condiciones húmedas a reductoras—, la degradación de

Taxonomía USDA			Clasificación FAO
Orden	Suborden	Gran Grupo	Grupo Principal
Molisol	Udol	Argiudol	Phaeozems
	Albol	Argialbol	Planosol Eutric
		Natralbol	Solonetz**
Alfisol	Udalf	Hapludalf*	Arenosol
	Acualf	Albacualf	Planosol Eutric
		Natracualf	Solonetz**

\* corresponde Arenosol y no Podzol porque el suelo es Hapludalf Psamacuéntico  
 \*\* corresponde Solonetz por presentar, el suelo, un horizonte nátrico

Tabla 10.2-1. Conversión de los suelos del sistema USDA a la clasificación FAO (Fadda 2005; Rozas López 2010).

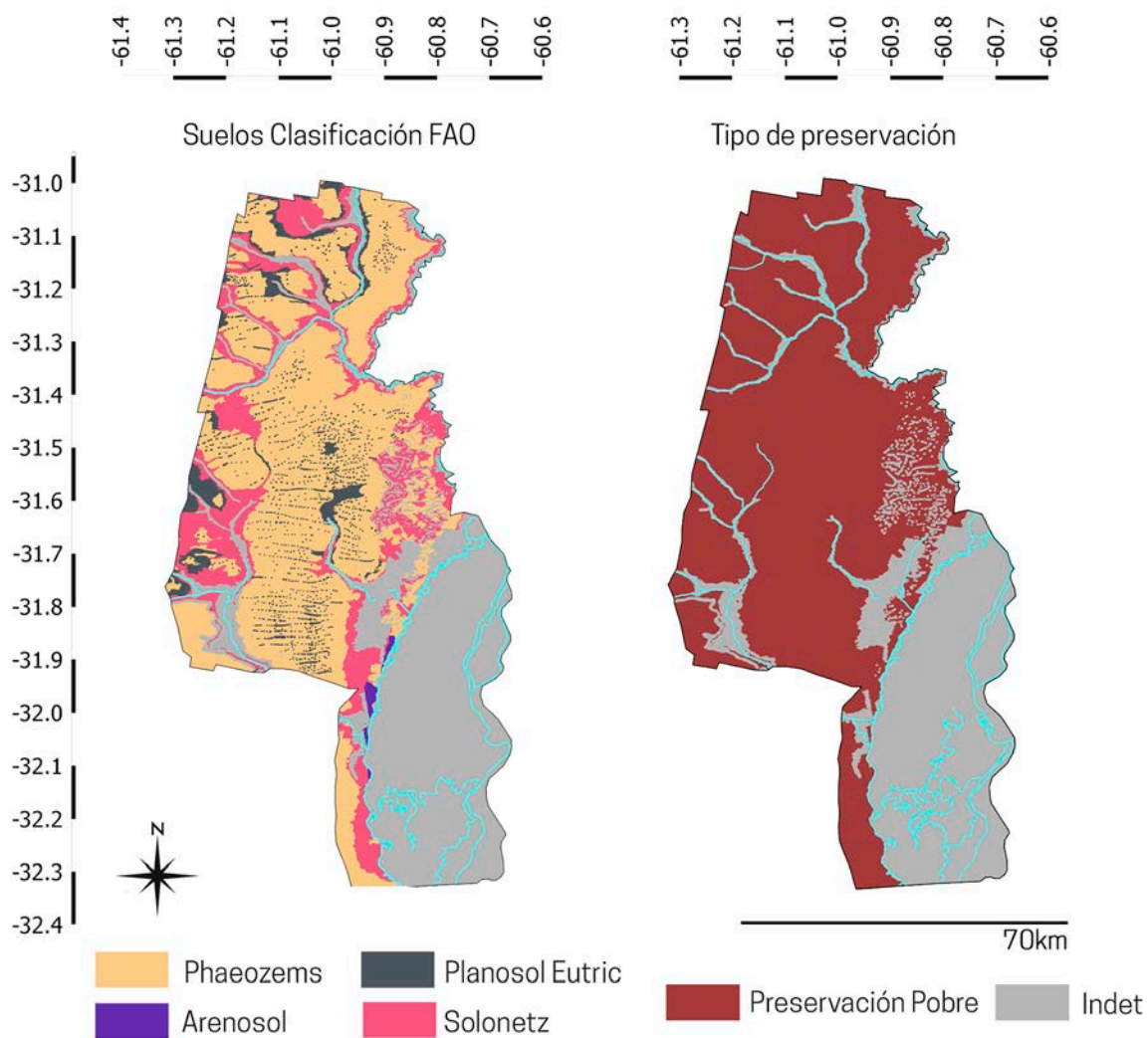


Figura 10.3-1. Mapas finales de los suelos del área de acuerdo a la clasificación FAO (izquierda) y el tipo de preservación esperada para restos óseos (derecha).

los materiales orgánicos no se ve favorecida (Kibblewhite *et al.* 2015).

En cuanto a los Arenosoles, se desarrollan en material parental arenoso, están bien drenados y secos—incluso en climas húmedos—, y tienden a ser ácidos, con baja saturación de bases y bajo contenido de materia orgánica. Estos suelos son vulnerables a la erosión y, en climas húmedos, como es el caso del área de estudio, libremente drenados y ácidos, lo que genera la degradación de huesos y

dientes. Por último, los suelos Solonetz son alcalinos y la probable presencia de sal y cloruro asociados puede producir la pérdida de calcio en los huesos (Kibblewhite *et al.* 2015).

De este modo, de acuerdo con el modelo propuesto, es esperable que la preservación ósea de toda el área esté comprometida, ya que no se distinguen polígonos con menor o mayor probabilidades de conservación. Esto se discutirá en el siguiente capítulo, junto con los demás modelos predictivos.



## 11 | MODELO PREDICTIVO 2 (MP2)

### 11.1 | Introducción

Tomando como base muchas de las variables —y rangos de valores de las mismas— utilizadas en las investigaciones mencionadas en el Apartado 9.2, y siguiendo la propuesta de metodología SIG empleada por Morales *et al.* 2012, se elaboraron dos mapas predictivos de preservación ósea. Para su generación se utilizó el software libre QGIS (<http://www.qgis.org/es/site/>) y se trabajó tanto en formato vectorial como *raster*, dependiendo del tipo de datos recolectados y de la etapa de procesamiento; se utilizaron diferentes fuentes de datos, a distintas escalas espaciales, que serán detalladas a continuación.

### 11.2 | Materiales y métodos

#### 11.2.1 | Fuentes de datos

Las fuentes de información ambiental/ edafológica utilizadas fueron tres:

- cartografía digital de la República Argentina del INTA: se obtuvieron los mapas digitalizados de suelo del territorio nacional a escala regional (escala 1:500.000), en formato

vectorial ([http://geointa.inta.gov.ar/publico/INTA\\_SUELOS/suelos\\_500000\\_v9.zip](http://geointa.inta.gov.ar/publico/INTA_SUELOS/suelos_500000_v9.zip)). Aquellos ya contaban con información diversa, tanto ambiental como edafológica, adjunta a cada uno de los polígonos;

- geodatos del IGN (Instituto Geográfico Nacional), proyecto SIG 250: se descendieron los datos en formato vectorial de coberturas de suelo de la República Argentina (escala 1:250.000), cuyos polígonos ya tenían incorporada la información correspondiente (<http://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/sigign#descarga>);

- mapas de suelo del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria): se utilizaron los mapas de suelo de la provincia de Santa Fe (escala 1:50000), obtenidos en formato *shape* (<http://catalogo.geointa.inta.gov.ar>) a cuyos polígonos se asignaron datos, también disponibles en la web, de las series de suelo representadas en el área estudiada, correspondientes a la descripción del perfil representativo y a los datos analíticos ([http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/suelos/\\_\\_series/](http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/suelos/__series/)).

En cada caso, se especifica qué valores se consideraron para la asignación de las

clasificaciones de las diferentes variables a cada uno de los polígonos.

### 11.2.2 | Variables utilizadas

Las variables utilizadas para la generación del mapa predictivo se detallan a continuación:

- *pH*

Como fue especificado en el Apartado 2.2.2 “Factores extrínsecos”, el pH influye en la preservación ósea. Por lo tanto, se clasificaron los suelos en ácidos, neutros y alcalinos, simplificando la tabla propuesta por Blume *et al.* (2016: 155; Tabla 5.9). Se consideraron los siguientes intervalos:

- ácidos (pH menor a 6)
- neutros (pH entre 6 y 8)
- alcalinos (pH mayor a 8)

Los datos utilizados son los disponibles para las series de suelo de la provincia de Santa Fe, y se asignaron a sus polígonos correspondientes. En el caso de los perfiles analíticos que presentaban más de un valor para cada horizonte, los mismos se promediaron previa transformación a concentración de hidrogeniones (Sørensen 1909). Una vez obtenidos los datos y realizada la clasificación de acuerdo a los rangos establecidos, se cargaron los datos a cada uno de los polígonos, tanto para el horizonte A como para el B (Figura 12.1).

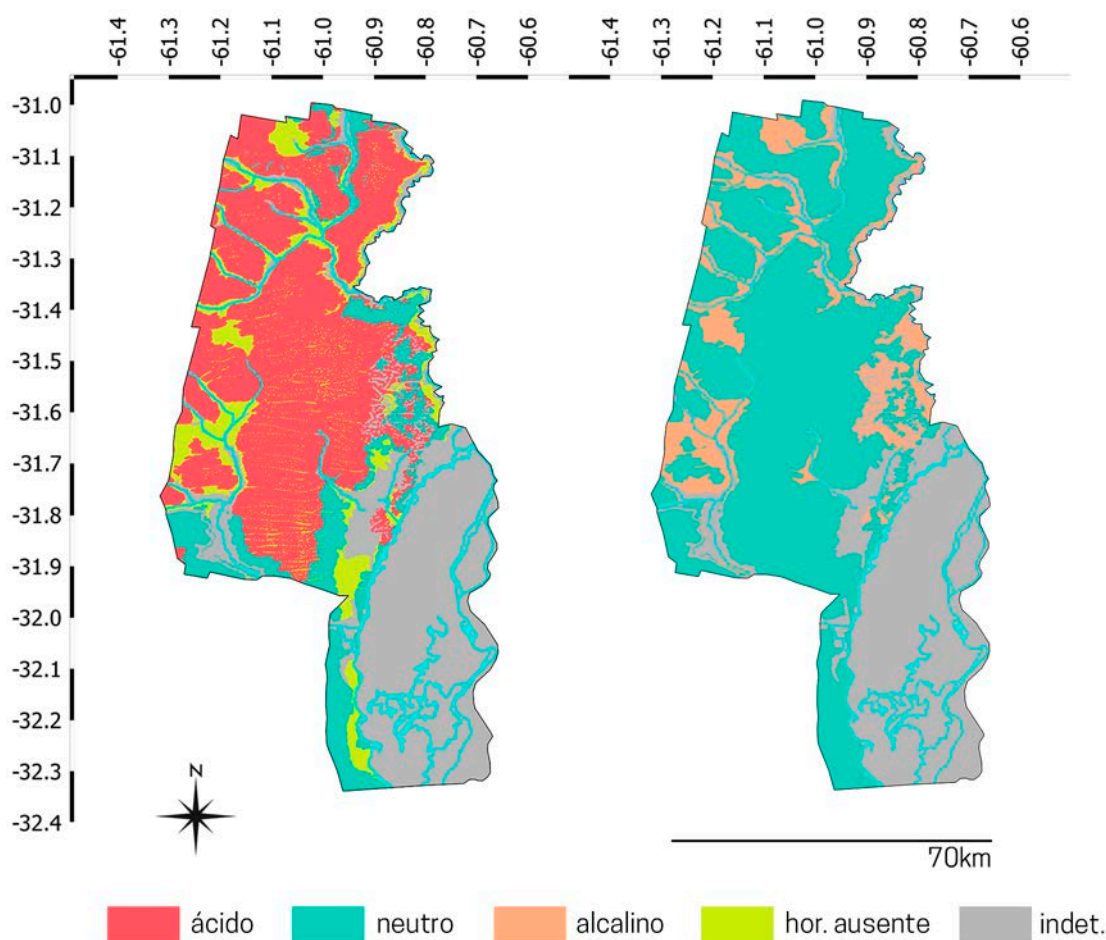


Figura 11.2.2-1. Mapas de rangos de pH de los suelos del área: izquierda) horizonte A; derecha) horizonte B.

En el horizonte subsuperficial no se hallaron sectores con suelos ácidos, aunque sí en el superficial, por lo que para la combinación final se simplificaron los datos en un solo mapa, donde aparecen los polígonos que tienen el horizonte A ácido.

#### • Calcio

Diversos estudios realizados por Nielsen-Marsh *et al.* (2007) consideran como suelos “corrosivos” para los restos óseos a aquellos que contienen bajos contenidos de  $\text{Ca}^{2+}$  (entre 161 y 5691 ppm; Nielsen-Marsh *et al.* 2007; Tabla 2, p.1526). Para poder comparar esos valores con los disponibles en los perfiles analíticos de los suelos de Santa Fe, se procedió a convertir los valores expresados

en miliequivalente (meq/100g) a la misma escala utilizada por los autores mencionados (ppm). De ese modo, se pudo corroborar que todos los suelos correspondientes al área de trabajo están contenidos, de acuerdo con los valores de  $\text{Ca}^{2+}$ , dentro de la categoría de “corrosivos” (grupo A + C, Nielsen-Marsh *et al.* 2007), ya que en ninguno  $\text{Ca}^{2+}$  alcanza las 8056 ppm, valor máximo del rango de suelos “benignos” (grupo B + D, Nielsen-Marsh *et al.* 2007). Por lo tanto, esta variable se consideró como un factor negativo para la preservación ósea, en toda el área (Figura 11.2.2-2).

#### • Salinidad y sodicidad

De acuerdo con el porcentaje de sodio intercambiable, los suelos se pueden clasificar en:

- ▶ suelos salinos;
- ▶ suelos sódicos;
- ▶ suelos salino-sódicos (Santos *et al.* 2012).

En el área abordada, sólo se hallan presentes los suelos sódicos, los cuales se caracterizan por presentar altas cantidades de sodio intercambiable, pero bajo nivel de sales solubles. Estas propiedades tienen consecuencias en la estructura del suelo, ya que las partículas de arcilla tienden a separarse debido a la acción del sodio, que es un material dispersante. De este modo, dichas partículas se mueven por la estructura del suelo, bloqueando sus poros, reduciendo la infiltración del agua y la conductividad hidráulica (que es la medida de la movilidad del agua por este medio). Así, el suelo

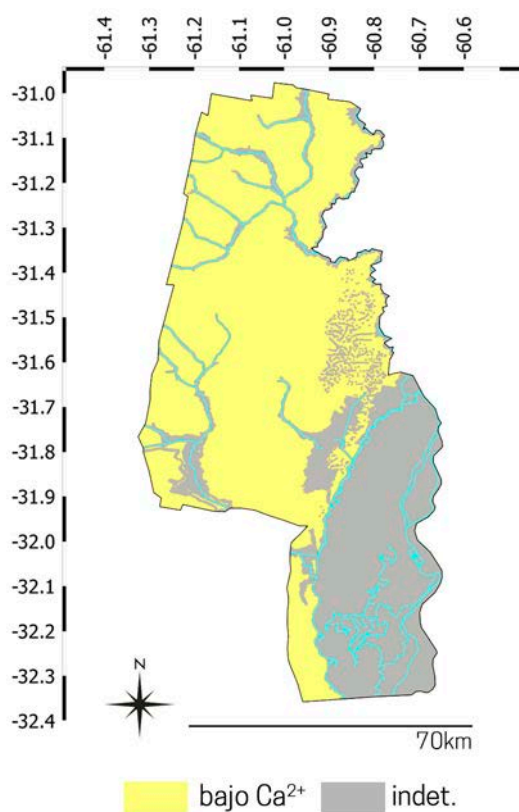


Figura 11.2.2-2 Mapa de contenido de calcio de los suelos del área.

puede anegarse y/o inundarse —a la vez que expandirse— cuando se moja, tornándose altamente plástico, mientras que se vuelve duro y se cuartea cuando se seca, formando costras (Flores García 1991).

Se clasificó a la sodicidad como una variable que actúa negativamente en la preservación ósea debido a su potencial destructivo físico, por endurecimiento y resquebrajamiento del perfil, además de la proclividad a la erosión. Considerando al PSI (porcentaje de sodio de intercambio) como el porcentaje de  $Na^+$ /CIC (capacidad de intercambio catiónico), se clasificaron como suelos sódicos a aquellos en los cuales el PSI supera el 15% en los 40 cm superiores del horizonte (Bresler *et al.* 1982), en base a los valores de  $Na^+$ /CIC de los perfiles analíticos de las series disponibles en el área (Figura 11.2.2-3).

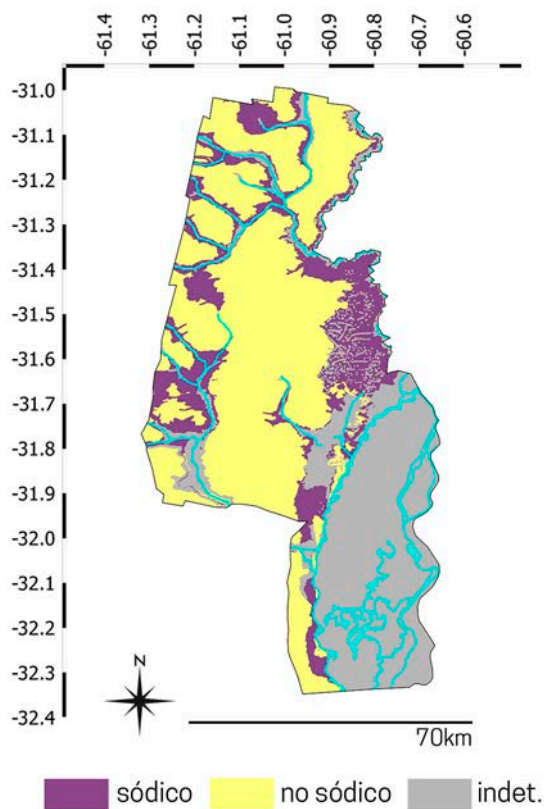


Figura 11.2.2-3. Mapa de sodicidad de los suelos del área.

• *Drenaje*

Como ya se detalló en el Apartado 2.2.2., el régimen hidrológico influye en la disolución del componente mineral del hueso. Además, como los suelos bien drenados tienden a ser ácidos y bien aireados, intervienen en la degradación del tejido óseo tanto química como físicamente (Bethell y Carver 1987; Johns 2006; Kendall *et al.* 2018). A los fines del modelado, se clasificó a los suelos de acuerdo a la descripción del perfil representativo de cada serie, asignando la categoría de “bien drenado” a aquellos polígonos que corresponden a suelos con un drenaje bueno (Figura 11.2.2-4) y considerando esta variable de manera negativa para la preservación ósea.

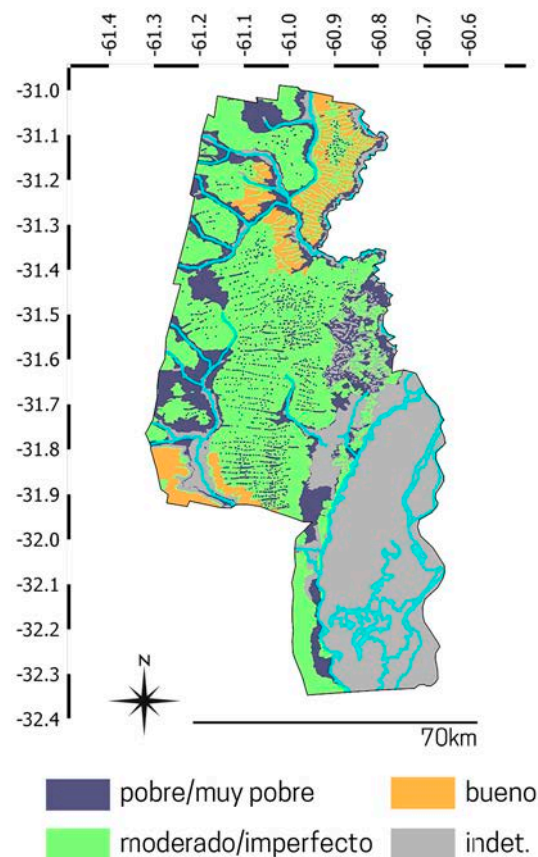


Figura 11.2.2-4. Mapa de los tipos de drenaje relevados en los suelos del área.

- *Materia orgánica*

Diversas investigaciones asocian altos niveles de materia orgánica disuelta en la solución del suelo con una mayor protección de los materiales orgánicos en general, y restos óseos en particular (Douterelo *et al.* 2010; Kibblewhite *et al.* 2015; Nielsen-Marsh *et al.* 2007; Surabian 2012). Cuando el suelo es rico en materia orgánica disuelta, puede conferir resistencia a la degradación biológica de los materiales orgánicos enterrados, haciendo que éstos queden protegidos por la absorción y la oclusión en la matriz del suelo. Esto es más probable en suelos de arcilla fina antes que en los arenosos (Surabian 2012). Se catalogó como “Suelos con altos contenidos de materia orgánica” a aquellos que presentan más del 2% de materia orgánica en alguno de los horizontes de suelo (A o B) (Kibblewhite *et al.* 2015) y, por el contrario, se consideró como una variable negativa en aquellos suelos que no llegan a contener ese porcentaje (Figura 11.2.2-5).

- *Textura*

La textura de un suelo es la proporción (en porcentaje de peso) de las partículas menores a 2 mm de diámetro (arena, arcilla y limo) existentes en los horizontes del suelo (Gisbert Blanquer *et al.* 2010). La misma es fruto de numerosas variables que interactúan en el tiempo (*i.e.* características físico-químicas, clima, material original, acción antrópica). A partir del análisis textural, se clasifican los suelos en clases texturales, que representan grupos de texturas con aptitudes o propiedades análogas. Estas clases se

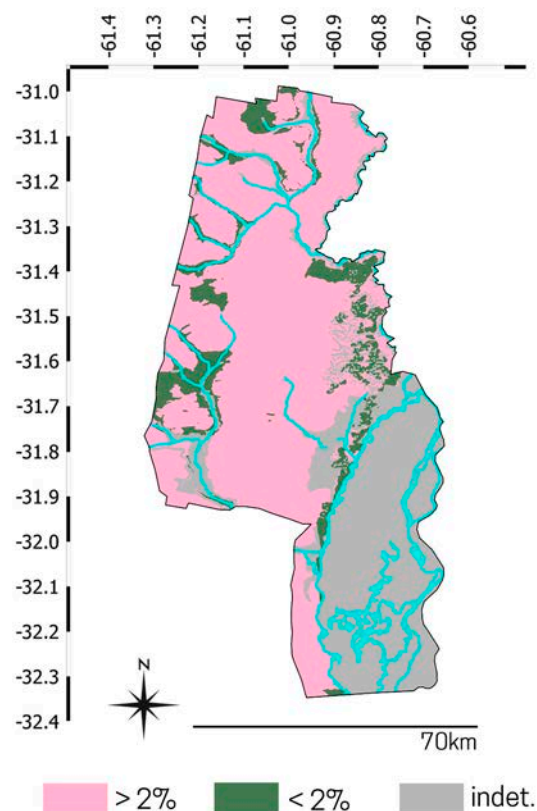


Figura 11.2.2-5. Mapa del porcentaje de materia orgánica (MO) contenido en los suelos del área.

determinan sobre la base de la relación en peso de las tres fracciones mencionadas, a partir de un triángulo textural que permite clasificar a los suelos en: arcillosos, arenosos, limosos, o combinaciones de ellos (Conti 2000).

Las clases texturales son básicamente las siguientes:

- arcillosas; conforman suelos plásticos, que retienen gran cantidad de agua y de nutrientes debido a la microporosidad y a su elevada capacidad de intercambio catiónico. Aunque retengan agua en cantidad presentan una permeabilidad baja, salvo que estén bien estructurados y formen un buen sistema de grietas (Gisbert Blanquer *et al.* 2010); estos

suelos tienen un alto poder adhesivo cuando están húmedos y se vuelven duros cuando están secos (Conti 2000);

► arenosas: es la clase contrapuesta a la arcillosa, corresponde a suelos ligeros y escasamente plásticos. Presenta una excelente aireación debido a que las partículas dominantes de gran tamaño facilitan la penetración del aire. Únicamente cuando se producen lluvias intensas se puede producir encharcamiento o escorrentía, momento en el que la erosión laminar es muy importante; la acumulación de materia orgánica es mínima y el lavado de los elementos minerales es elevado (Gisbert Blanquer *et al.* 2010); son suelos livianos, sueltos, faltos de cohesión, con tendencia a la aridez (Conti 2000);

► limosas; presentan carencia de propiedades coloidales formadoras de estructura, constituyendo suelos que se apelmazan con facilidad impidiendo la aireación y la circulación del agua. Es fácil que se produzca la formación de costras superficiales que impiden la emergencia de las plántulas (Gisbert Blanquer *et al.* 2010);

► francas o equilibradas; estas clases ocupan el lugar central del triángulo y son aquellas que tienen una mezcla balanceada de partículas finas, medias y gruesas, tornándose en clases texturales óptimas (Conti 2000); al tener un mayor equilibrio entre sus componentes, gozan de los efectos favorables de las anteriores sin sufrir sus defectos (Gisbert Blanquer *et al.* 2010);

Para categorizar los suelos en relación con su textura, se consideraron los porcentajes de arcilla, limo y arena expresados en los

perfiles analíticos de las series de suelo y, en base al diagrama textural de USDA (Soil Survey Staff 2006), se clasificaron de acuerdo a la fracción predominante:

- principalmente arenosa;
- principalmente franca;
- principalmente limosa.

Esto se llevó a cabo tanto para el horizonte superficial como para el subsuperficial, coincidiendo ambos en la clasificación final, por lo que se utilizó un solo mapa textural en la combinación última (Figura 11.2.2-6).

Las texturas más finas (*i.e.* limosas) se asocian con una inhibición de la descomposición de los cadáveres por producir bajas tasas de difusividad de los

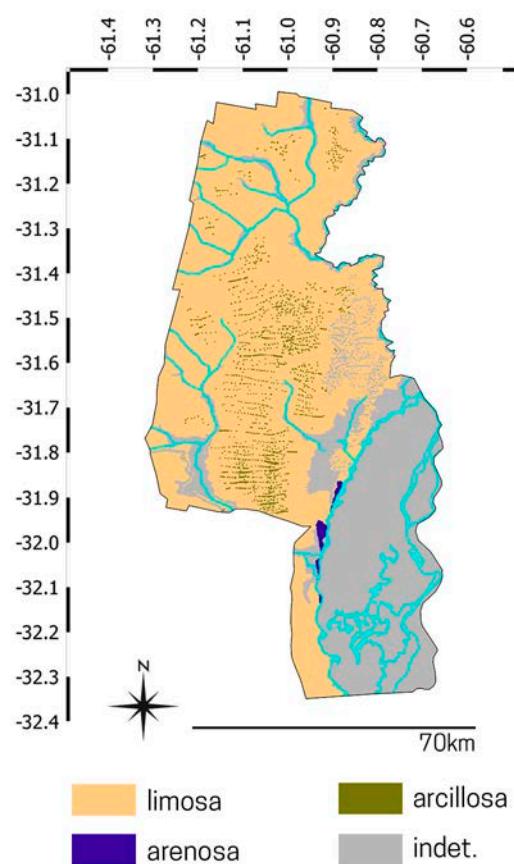


Figura 11.2.2-6. Mapa de la composición textural de los suelos del área.

gases, a la vez que condiciones anaeróbicas. Por el contrario, los suelos de textura gruesa —principalmente en zonas con baja humedad— promueven, frecuentemente, la desecación, ya que inhiben la descomposición y pueden preservar materiales orgánicos durante miles de años. Esto se debe a que el gran tamaño de los poros permite una alta tasa de difusividad de los gases y una rápida eliminación de la humedad a través de la matriz del suelo (Surabian 2012).

Sin embargo, los suelos arenosos producen un mayor grado de abrasión en los huesos frescos —a diferencia de los suelos arcillosos y limosos que lo hacen con los huesos secos (Fernández-Jalvo y Andrews 2003) — y, en zonas con altas precipitaciones como la que nos concierne, permiten un mayor drenaje y, por lo tanto, un mayor lavado de los componentes minerales del hueso. De este modo, el hueso queda expuesto a los efectos de los microorganismos, acelerándose los procesos diagenéticos (Grupe 1995; Hedges y Millard 1995). Por lo tanto, se consideraron a los suelos arenosos como aquellos más agresivos para con el registro óseo, sumando la “textura arenosa” como una variable que actúa en detrimento de la preservación ósea.

#### • *Erosión*

Cuanto más profundo se hallen los restos arqueológicos en un perfil de suelo, es probable que su conservación sea mayor, ya que están más resguardados de los efectos de la erosión (Kibblewhite *et al.* 2015). Los diferentes tipos de erosión de los suelos (*v.g.* hídrica, eólica) pueden producir la reexposición de los restos arqueológicos (*i.e.*

procesos anatáxicos). Así, no sólo se altera su disposición estratigráfica, sino que también se tornan vulnerables a ser afectados por agentes postdepositacionales (*i.e.* pisoteo, acción de roedores y carnívoros, meteorización) (Behrensmeyer 1978; Lyman 1994). Con el objetivo de clasificar a los suelos del área de acuerdo a la susceptibilidad a la erosión (ver Catella 2014), se consultó la Cartografía digital de la República Argentina del INTA (escala 1:500.000). Sin embargo, no se hallaron zonas afectadas por ninguno de los tipos de erosión relevados, por lo que este factor no fue considerado para la elaboración de los mapas.

#### • *Uso-cobertura del suelo*

Además de las variables vinculadas con cuestiones físicas y químicas de los perfiles de suelo, se sumaron los usos/coberturas actuales del suelo, a partir de la clasificación del uso actual de la tierra del IGN (escala 1:250000). Los polígonos se reclasificaron en 4 categorías (Figura 11.2.2-7):

- planta urbana
- áreas cultivadas
- presencia de bosques y plantaciones perennes
- bañados/esteros/cañadas

El uso del suelo por parte de la actividad humana moderna afecta significativamente a los sitios arqueológicos. Las construcciones de diferentes obras de infraestructura (*v.g.* redes de transporte, edificaciones) pueden ser muy destructivas si no se realiza una evaluación previa del Patrimonio que puede haber enterrado en el suelo donde se emplacen.

La urbanización puede impactar de forma física en los materiales arqueológicos, mediante la destrucción de los sitios en sí mismos, o bien mediante su alteración parcial (*i.e.* produciendo deformación y/o fragmentación de los materiales por presión de los sedimentos o alterando su disposición estratigráfica), generando pérdida de información contextual y reduciendo el potencial de interpretación (Williams y Corfield 2003).

Por su parte, el uso agrícola también produce transformaciones en el registro arqueológico, las cuales se inician con el desmonte, generalmente a través del uso del fuego o mediante topadoras, en caso de árboles de gran tamaño. En este último caso,

además de la presión de sedimentos que genera el tránsito, los sistemas radiculares de los árboles extraen gran cantidad de sedimento, junto al cual se remueven también restos arqueológicos. Consecuentemente, las nivelaciones que deben realizarse para proceder con los cultivos se efectúan mediante palas mecánicas e instrumental de gran tamaño, que nuevamente generan presión sobre el suelo y apisonan esos sedimentos con materiales arqueológicos inclusive. Luego de estos procesos, el impacto de los cultivos en sí mismo va a depender de las especies sembradas y de las técnicas empleadas (*i.e.* uso del arado, abonos y agroquímicos, surcado, sistemas de riego) (Miguez 2012).

En cuanto a la presencia de bosques y plantaciones perennes, si bien afectan el registro como consecuencia de procesos de alteración como la actividad radicular, la elevada humedad, entre otros factores (*cf.* Miguez 2012), el hecho de mantenerse relativamente estables durante largos períodos de tiempo —sobre todo en los casos de bosques nativos— el impacto directo sobre los sitios se ve reducido. Del mismo modo, la presencia de bañados, esteros y cañadas impide, muchas veces, el acceso recurrente a los yacimientos, principalmente en épocas de crecida, a la vez que imposibilita el trazado de vías de comunicación y la urbanización intensiva de ciertos sectores, colaborando con la no alteración de los sitios, al menos antrópicamente.

De este modo, las zonas urbanizadas y con actividad agrícola son consideradas como las más afectadas en relación a la

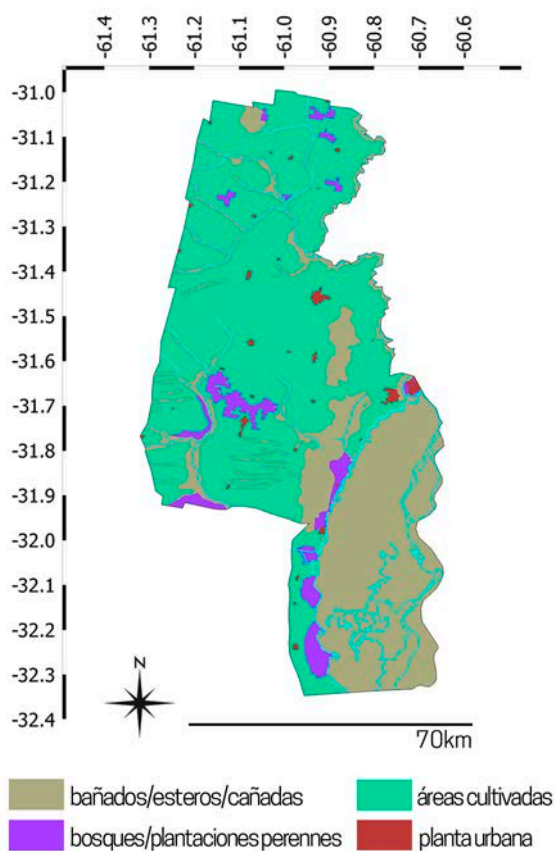


Figura 11.2.2-7. Mapa de clasificación de los suelos del área según su uso/cobertura.

preservación de los sitios arqueológicos, siendo las asignadas como negativas para la construcción de los mapas.

### 11.2.3| Procedimientos para la generación de mapas predictivos

Para el tratamiento de las variables mencionadas se cargaron las fuentes de datos mencionadas en el Apartado 11.2.1 en formato vectorial y se adicionaron las tablas con los datos procesados, en los casos en las que no estaban incorporadas en los *shapes*. Una vez obtenidas las clasificaciones, para la segunda etapa de este trabajo — que consiste en la combinación de las variables utilizadas— se convirtieron las capas a formato *raster*, dado que permite la superposición de las mismas de forma más sencilla (Connolly y Lake 2006). Para ello,

los atributos de cada una de las capas se convirtieron en campos numéricos y luego, mediante la herramienta Rasterizar (Raster > Conversión > Rasterizar), se generaron las superficies continuas de cada una de las variables seleccionadas (Figura 11.2.3-1).

En relación con las escalas de las fuentes utilizadas, se trabajó con mapas en escala 1:50.000 (INTA) y con escala 1:250.000 (IGN). Los mapas del INTA en escala 1:500.000 no fueron utilizados para las combinaciones finales ya que ninguna de sus variables se consideró negativamente para la preservación ósea. Al convertir todos los mapas a formato *raster*, no se presentaron inconvenientes técnicos para las combinaciones entre capas con diferentes escalas de trabajo.

Una vez obtenidas todas las coberturas

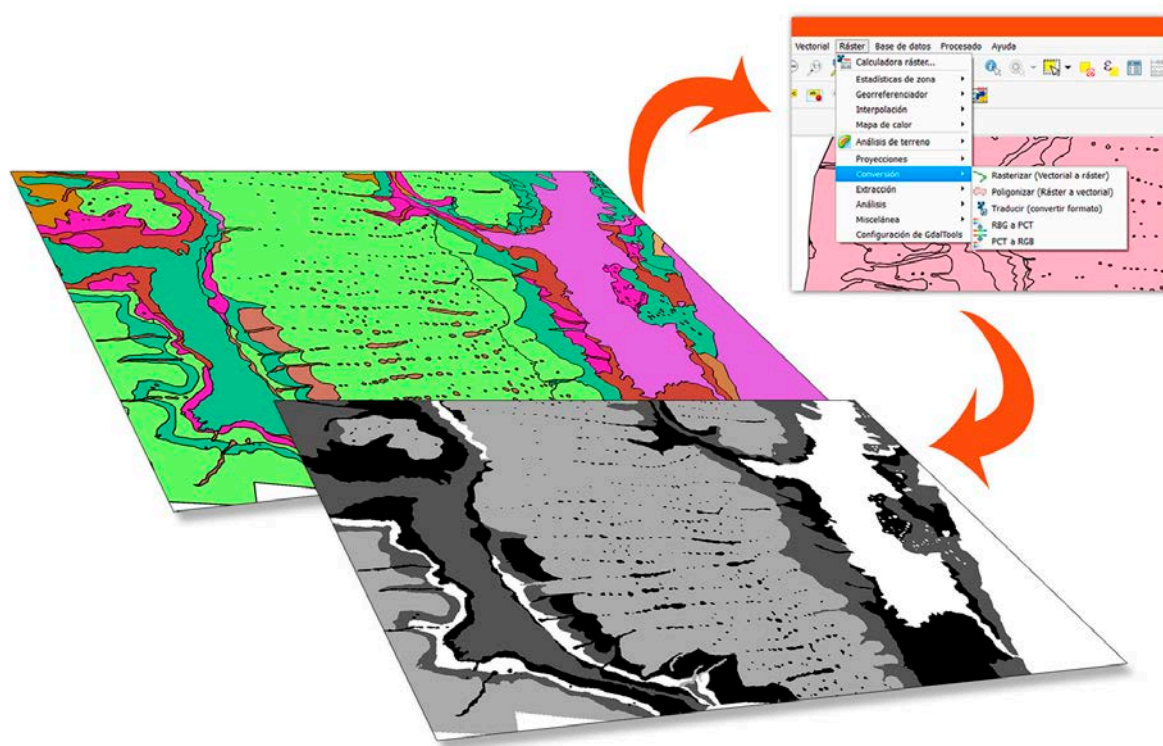


Figura 11.2.3-1. Esquema de la conversión a *raster* realizada para los mapas generados en formato vectorial.

continuas simplificadas, en las cuales sólo se visualizan las zonas con cada variable actuando negativamente en la preservación, se procedió a combinar las capas con la ayuda de la herramienta “Construir Raster Virtual” (Raster >Miscelánea >Construir raster virtual). Esta herramienta permite superponer capas de imágenes y, así, poder ver las zonas en las que se solapan las variables a través de las distintas bandas de color. En un primer momento, se combinaron solamente los mapas que representan variables vinculadas a cuestiones físicas y químicas del suelo (v.g. pH, textura) y luego se efectuó una suma de esas variables para detectar zonas con diferente cantidad de factores actuando en detrimento de la preservación ósea. Finalmente, se integró ese mapa con el uso actual de la tierra, para lograr una salida cartográfica final que muestra áreas con mayor o menor probabilidad de preservación de restos óseos a largo plazo.

### 11.3| Resultados y discusión

Los mapas con variables que afectarían la preservación ósea negativamente se redujeron a siete: seis con información química y/o física del suelo y uno con el uso actual de la tierra (Figura 11.3-1).

Primeramente, se combinaron sólo aquellas variables que caracterizan a los suelos corrosivos respecto de la preservación ósea, en el sentido de Nielsen-Marsh *et al.* (2007): bajos niveles de pH, poca materia orgánica, buen drenaje (aquí se combinó la capa de drenaje y la de textura arenosa, que permite también un buen drenaje) y ausencia de roca calcárea. Como se ha

mencionado en el Apartado 2.3 “Modelos de alteración diagenética”, en esos suelos, con independencia del modo de ingreso de los tejidos óseos, la preservación resulta mala a largo plazo. El modelo generado a partir de esos atributos se denominó 2A (Figura 11.3-2).

En un segundo mapa, se combinaron todas las variables edafológicas relevadas, sumándose la sodicidad (Figura 11.3-3), atributo ausente en el modelo 2A, y se adicionó, además, la capa de uso actual del suelo. De este modo se obtuvo el modelo denominado 2B (Figura 11.3-4). En este último caso, los sectores con menores probabilidades de preservación del registro óseo son más extensos y aparecen zonas —principalmente cercanas al río Salado y sus afluentes, así como también al arroyo Colastiné— que incrementan los factores negativos a cuatro. Esto se debe a que esos sectores muestran la presencia de sodicidad en sus horizontes de suelo.

Como se mencionó anteriormente, la erosión fue descartada para la construcción de los mapas finales, ya que no se registra su acción —en ninguna de sus formas— en el área. Por el contrario, el calcio se ve disminuido en la totalidad de los suelos, por lo que afecta negativamente a todos los sectores. Respecto del pH, el mismo es ácido en casi toda el área, aunque sólo en el horizonte superficial de suelo (horizonte A); asimismo, en los sectores donde no se registra esta variable negativa, sí se halla presente otro de los atributos que afecta a la preservación ósea: la sodicidad.

De igual modo, se mantiene una relación entre la materia orgánica y el drenaje; las áreas

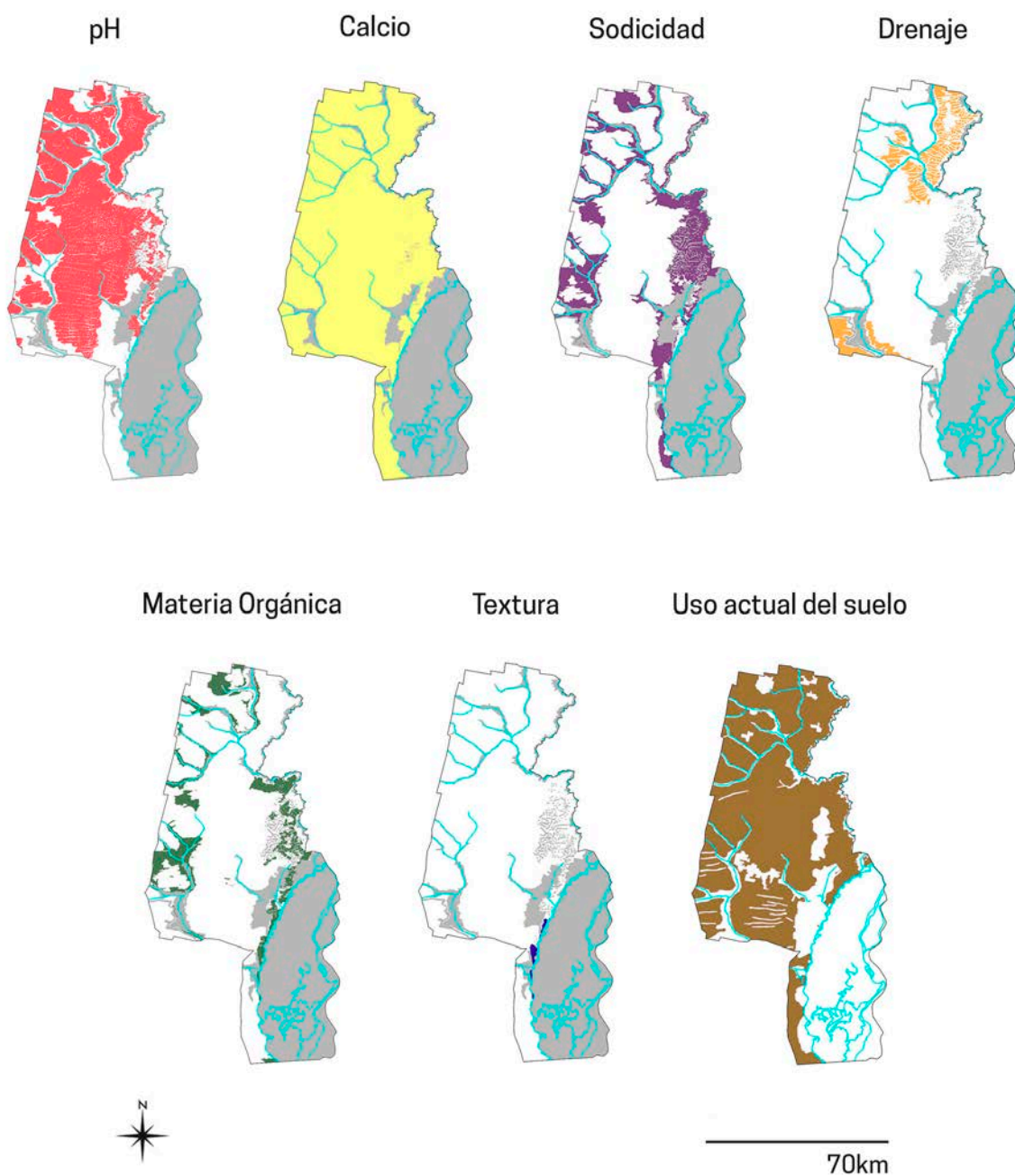


Figura 11.3-1. Mapas finales de cada una de las variables que actúan negativamente en relación a la preservación ósea: pH, calcio, sodicidad, drenaje, materia orgánica, textura y uso actual del suelo.

con mayor contenido de materia orgánica —y por lo tanto con mayor probabilidades de preservación ósea— son aquellas más afectadas por el atributo drenaje —que actúa negativamente respecto de la conservación—, y viceversa. Por último, la textura afecta sólo algunos sectores muy localizados, vinculados con el río Coronda y la laguna homónima.

En general, los modelos 2A y 2B muestran zonas heterogéneas en cuanto a las probabilidades de preservación del registro óseo, con diversidad de agentes que actúan en detrimento de la misma. Se destaca el hecho de que no existen sectores en los que no actúe ningún factor que afecte la conservación de los huesos, esto es similar a lo que muestra

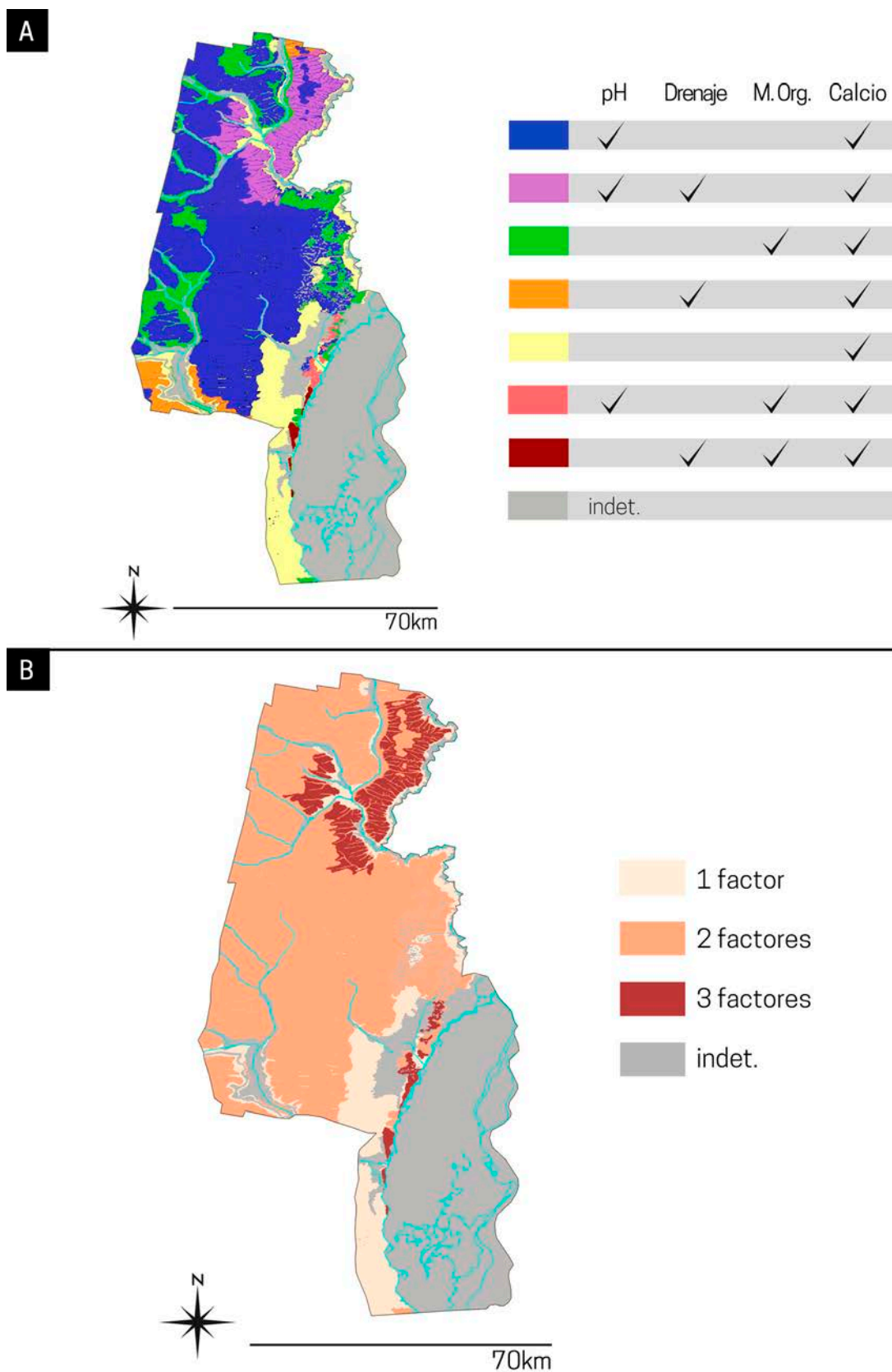


Figura 11.3-2. Modelo 2A, logrado a partir de la combinación de las cuatro variables correspondientes a suelos corrosivos (*sensu* Nielsen-Marsh *et al.* 2007): A) especificación de las variables activas en cada uno de los polígonos; B) suma total de variables negativas.

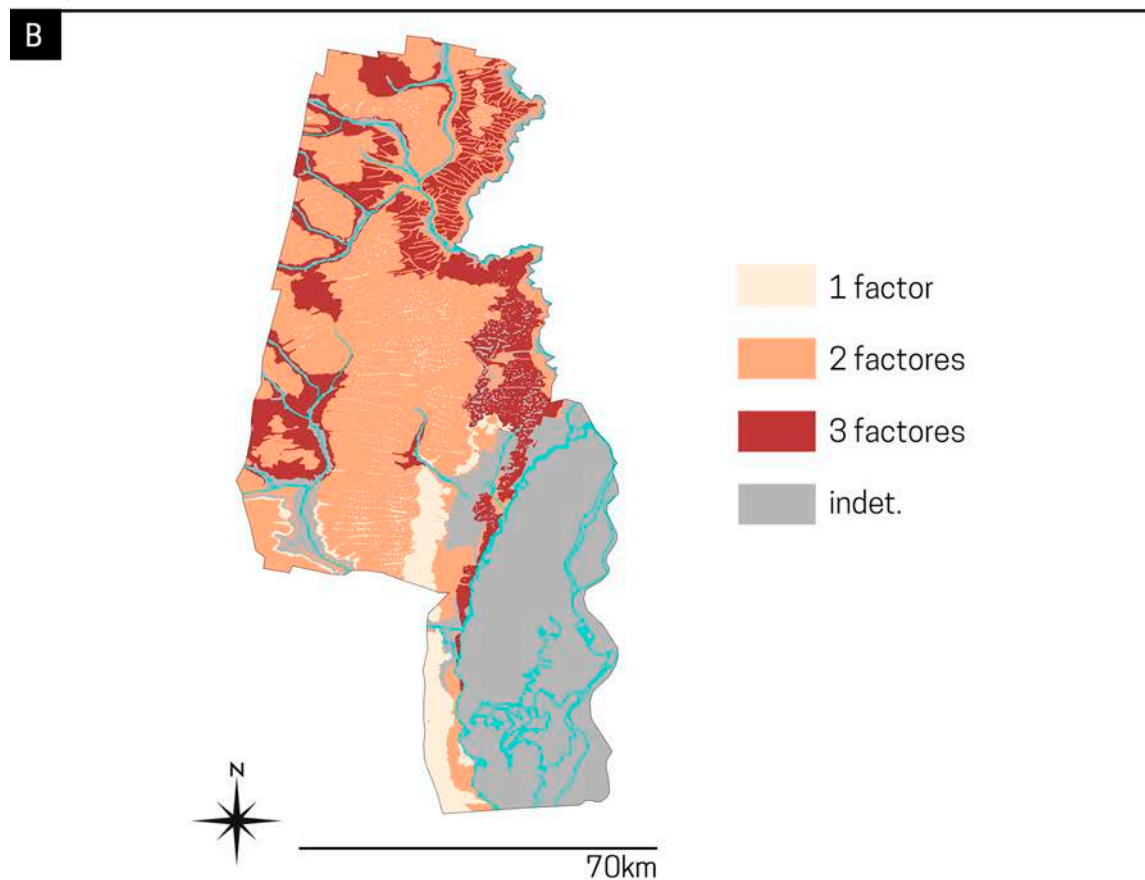
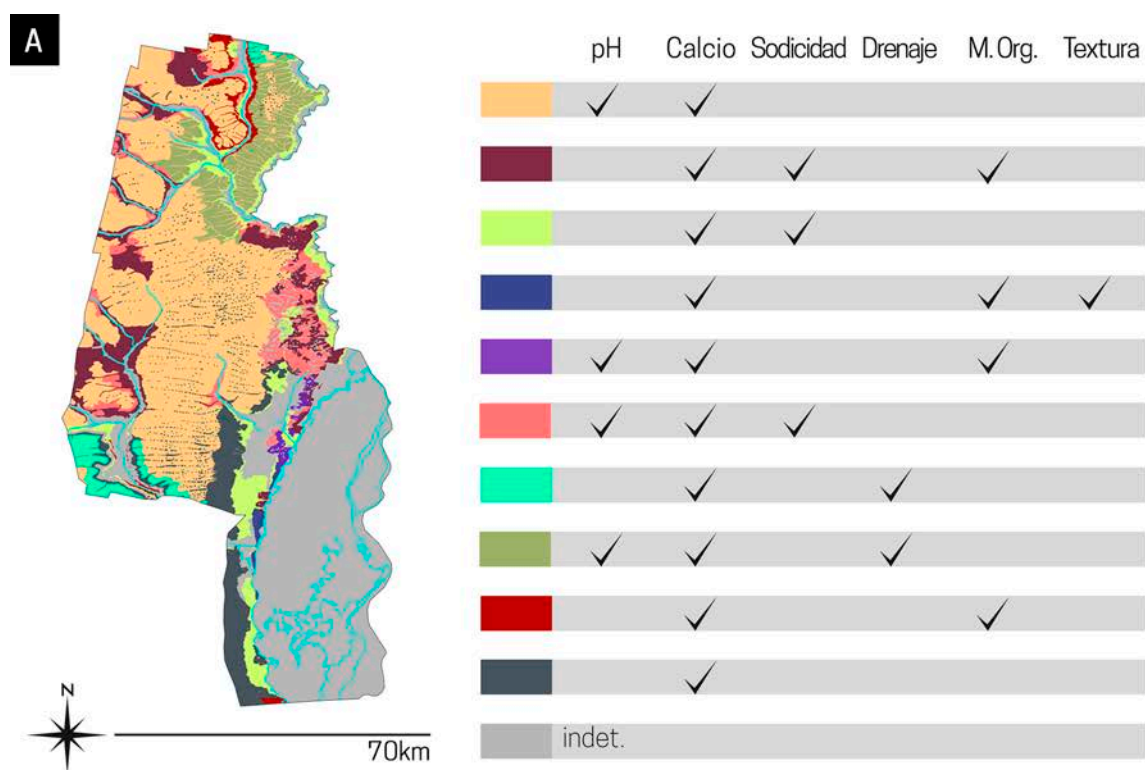


Figura 11.3-3. Mapas logrados a partir de la combinación de todas las variables que actúan negativamente respecto de la preservación ósea: A) especificación de las variables activas en cada uno de los polígonos; B) suma total de variables negativas.

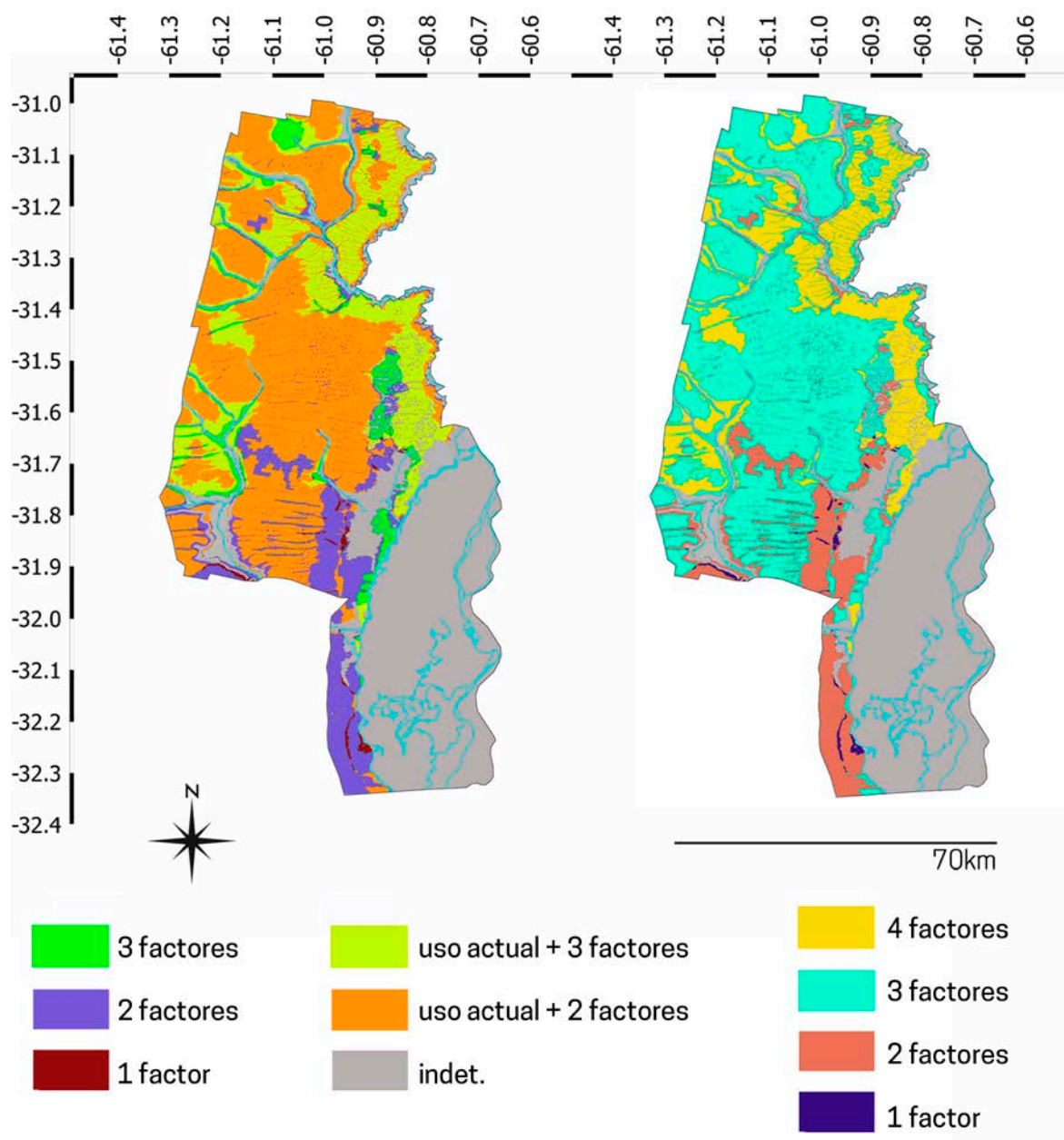


Figura 11.3-4. Modelo 2B, logrado a partir de la combinación de la totalidad de las variables negativas medidas en el suelo (Figura 11.3-3) adicionándose la capa de uso actual del suelo.

el modelo 1, expuesto en el Capítulo 11. Sin considerar las áreas para las que no se cuenta con datos —que corresponden a la llanura aluvial del río Paraná y ocupan 1950 km<sup>2</sup>—

las zonas que presentan una única variable negativa ocupan tan sólo 60 km<sup>2</sup> en el modelo 2A (1,5%) y 26,7 km<sup>2</sup> en el modelo 2B (0,6%).



# PARTE V

---

Análisis de Variables Tafonómicas  
sobre Restos Óseos



## 12 | MODIFICACIONES SUPERFICIALES Y MACROESTRUCTURALES

### 12.1 | Introducción

Los análisis se realizaron sobre huesos, o fragmentos de los mismos, que pudieron ser asignados a un elemento en particular, y que fueron debidamente descritos en la tercera parte de este trabajo. No se consideraron astillas y fragmentos menores a 5 cm, ni aquellos indeterminados. Respecto del registro zooarqueológico, se utilizaron algunos datos de análisis previos, realizados por Sartori (2013), y se relevaron solamente aquellos elementos pertenecientes a las clases definidas por esta autora como *Mammalia mediana* (i.e. *Ozotoceros bezoarticus*, *Mazama guazoubira* e *Hydrochoerus hydrochaeris*) y *Mammalia grande* (i.e. *Blastocerus dichotomus*, *Lama* sp.) (Sartori 2013). Si bien no se cuenta, para todos los sitios, con la misma cantidad y calidad de información, se intentan integrar los diferentes datos obtenidos desde una perspectiva regional.

### 12.2 | Materiales y métodos

#### 12.2.1 | Marcas de roedores

Como parte de su etología, los roedores desgastan sus incisivos en continuo

crecimiento a través de la roedura de objetos que se encuentran en su entorno. En huesos arqueológicos, las marcas de roedores se observan como surcos característicos, de forma alargada, que fueron originados al afectarse el hueso compacto para acceder a la cavidad medular (Johnson 1985: 180). Estos surcos son relativamente amplios, de fondo plano o ligeramente redondeado, transversales al hueso y paralelos entre sí, con ocasionales estrías (Fisher 1995).

Las marcas generalmente se registran en aquellas partes esqueléticas más densas, tales como bordes y regiones prominentes (Johnson 1985; Lyman 1994; Morlan 1980; Politis y Madrid 1988). Mientras que en algunos casos se presentan de manera individual o de a pares, y son sólo superficiales, en otros la alteración producida por roedores puede ir más allá de la superficie, produciendo daños estructurales de mayor magnitud, eliminando crestas y bordes y generando canales y cavidades (Fisher 1995).

En este trabajo se identificó la presencia/ ausencia de estos efectos; las observaciones se realizaron a ojo desnudo y con el auxilio ocasional de lupa binocular.

### 12.2.2| Marcas de raíces

Las raíces y raicillas de plantas —tales como árboles, arbustos y gramíneas— afectan a los huesos de forma mecánica y química. Desde un punto de vista químico, pueden dejar marcas sobre su superficie cortical debido a la acción directa por exudado de ácidos o indirecta por la acción de los hongos asociados con su descomposición (Behrensmeyer 1978; cf. Grayson 1988; Morlan 1980). Mecánicamente, pueden afectar a los conjuntos óseos alterando su organización espacial (Saul y Saul 1997) o produciendo la fracturación y fragmentación de los materiales (Behrensmeyer 1978). De este modo, las raíces pueden causar desde marcas hasta cambios de coloración en la superficie de los huesos (Binford 1981; Morlan 1980) y, en el caso de huesos diagenéticamente alterados, pueden afectar gravemente su integridad estructural (Hare 1980).

Si bien se registran marcas y efectos de raíces en casi la totalidad de los conjuntos óseos provenientes de sitios arqueológicos, sólo en algunos casos se detalla de qué tipo de rastro se trata y el grado de afectación superficial y estructural ocasionado en el material (v.g. Fernández *et al.* 2011; Fernández-Jalvo *et al.* 2002; González 2007; Mazza 2015; Montalvo 2002).

Desde una perspectiva icnológica (*i.e.* una basada en el estudio de impresiones o huellas fósiles resultantes de la actividad de organismos sobre diferentes sustratos), Mikulás (1999) propone dos tipos de patrones de marcas generados por plantas: uno que coincide con el patrón dendrítico (Andrews

1990; Lyman 1994; Morlan 1980), que refiere a marcas superficiales, irregulares, con ramas bifurcadas —usualmente de 0,15 a 1 mm de ancho—; y otro que hace referencia a marcas más profundas —de más de 1,5 mm de ancho— con contornos y superficie irregulares, producidas por la disolución del tejido óseo (Montalvo 2012).

Con el objetivo de evaluar no sólo cuantitativamente, si no también cualitativamente, la acción de raíces sobre los restos óseos recuperados, se registró la presencia/ausencia de marcas de raíces, el porcentaje de superficie afectada y el tipo de marcas, clasificándolas en 5 categorías, elaboradas sobre la base de diferentes propuestas (Fernández- Jalvo y Andrews 2016; Galligani *et al.* 2017b; Mikulás 1999; Montalvo 2012) (Figura 12.2.2-1):

► tipo 1; patrón dendrítico (Morlan 1980), tipo “spaghetti” (Hesse y Wapnish 1985) irregular, formando canales en forma de “U”, con ramas principales y bifurcadas, que implican la remoción de parte de la superficie cortical. En la clasificación realizada por Mikulás (1999), este tipo se incluye en la categoría denominada *sphenoichnia* (Mikulás 1999 en Montalvo 2002) (Figs. A.227 y A.537, Fernández-Jalvo y Andrews 2016);

► tipo 2; marcas lineales sin remoción superficial y con cambio de coloración, producto de la acción química (Fig. A.235, Fernández-Jalvo y Andrews 2016);

► tipo 3; marcas lineales con remoción superficial y forma de “U”, que implican disolución superficial del tejido óseo. Por

este motivo, la clasificación realizada por Mikulás (1999) la incluye en la categoría *corrosichnia* (Mikulás 1999 en Montalvo 2002) (Fig. A.231, A.234, Fernández-Jalvo y Andrews 2016);

► tipo 4; hoyos (*pits*) que son superficiales y no llegan a perforar el hueso (Fig. A.424, A.425, Fernández-Jalvo y Andrews 2016);

► tipo 5; perforaciones (*punctures*) que implican penetración del tejido óseo. (Fig. A.427, Fernández-Jalvo y Andrews 2016).

12.2.3| Depositación química de  $MnO_2$  y  $CaCO_3$

Las reacciones químicas que se producen en el suelo pueden quedar registradas en los materiales arqueológicos allí depositados. Las más susceptibles de ser visualizadas en los restos óseos son las deposiciones químicas de óxido de manganeso ( $MnO_2$ ) y de carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ) (Gutiérrez 2004).

El  $MnO_2$  aparece, generalmente, como pequeñas manchas oscuras, brillosas y redondeadas, que pueden coalescer formando

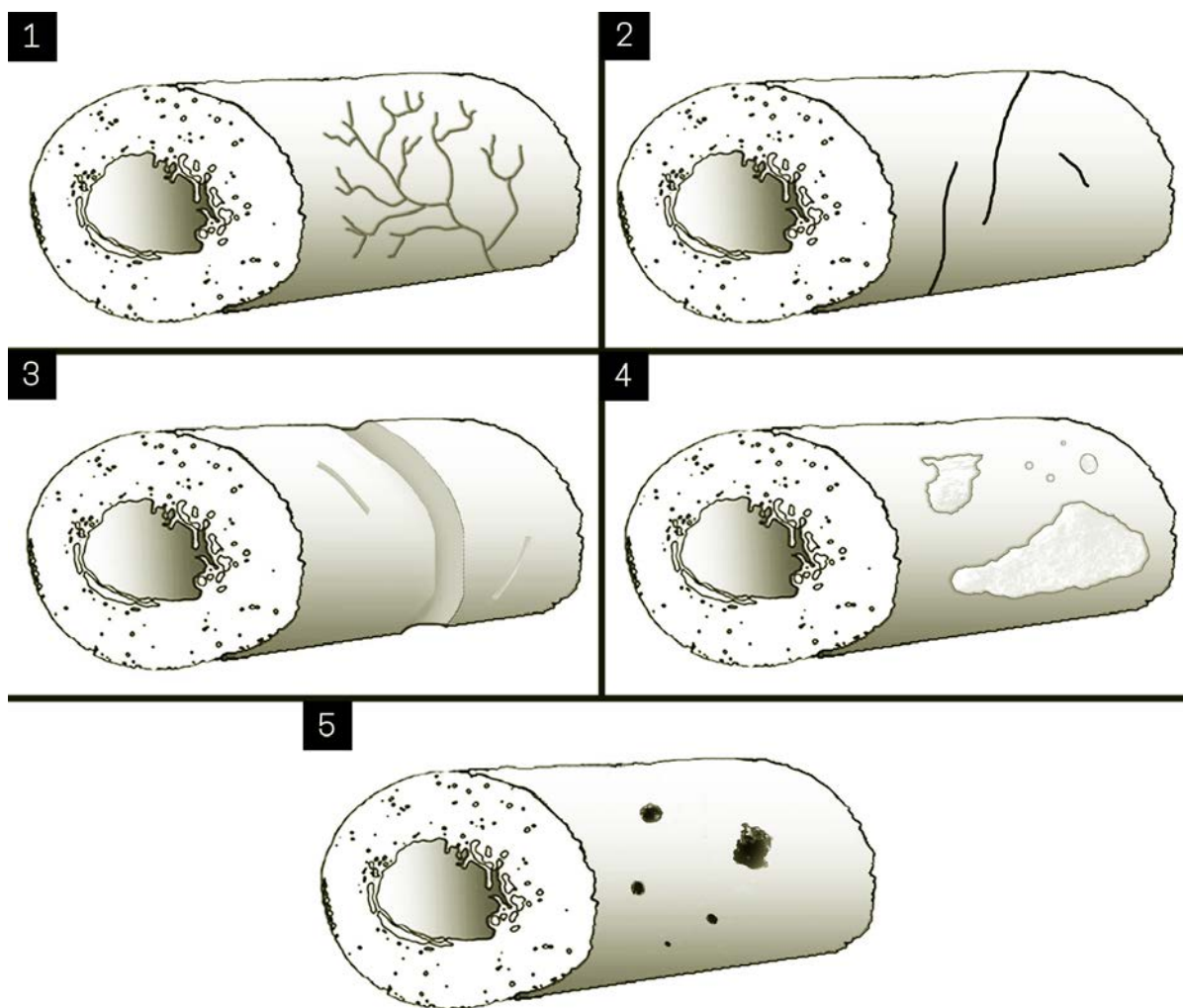


Figura 12.2.2-1. Ilustración esquemática de los tipos de marcas de raíces relevados: 1) patrón dendrítico; 2) marcas lineales sin remoción superficial; 3) marcas lineales con remoción superficial; 4) hoyos; 5) perforaciones.

manchas más extensas hasta cubrir la superficie total de los huesos. La depositación de este óxido se vincularía con la actividad bacteriana (Daniels 1981). De acuerdo con esta interpretación, el  $MnO_2$  sería un subproducto de las bacterias oxidadoras de manganeso durante la diagénesis temprana del hueso, cuyo metabolismo convierte al manganeso presente en el suelo bajo la forma de cationes ( $Mn^{2+}$ ) en  $MnO_2$  dejando, al morir, una mancha o tinción negra sobre la superficie del hueso, de manera inicialmente puntiforme (Daniels 1981: 231; Ecker 1989: 192).

Otra teoría aboga por la transformación en óxido a través de una reacción química de los compuestos de manganeso que se hallan de forma natural como partículas sólidas en el agua o en el aire, aunque la hipótesis más aceptada es la que afirma su origen bacteriano (Benassar Serra 2010). En general, la tinción con  $MnO_2$  puede ser interpretada como un indicador de las condiciones microambientales que rodeaban el hueso en la fase diagenética temprana (v.g. disponibilidad de oxígeno y de agua, balance en la proporción de aire y agua en los poros del suelo, valores de pH cercanos a la neutralidad, suministro adecuado de nutrientes inorgánicos tales como nitrógeno y fósforo, así como abundante disponibilidad de sustratos orgánicos) (Barrientos *et al.* 2007).

Para evaluar la depositación química de  $MnO_2$ , se identificó la presencia/ausencia de manchas oscuras en la superficie de los restos óseos, estimándose el porcentaje del área cubierta por las mismas mediante la

escala propuesta por Barrientos *et al.* (2007) (Figura 12.2.3-1):

- ▶ el 100% de la superficie del elemento está cubierta por manchas de  $MnO_2$ ;
- ▶ las manchas de  $MnO_2$  ocupan más del 50% de la superficie del elemento óseo;
- ▶ menos del 50% de la superficie está cubierta con  $MnO_2$ ;
- ▶ no se detectan manchas de  $MnO_2$ .

Respecto del carbonato de calcio, su depositación se vincula con la presencia de esta sal en el perfil de suelo en el cual se hallen enterrados los materiales y también con su régimen hidrológico y con la profundidad a la que se encuentren aquellos. Para esta tesis, se relevó la presencia/ausencia de ( $CaCO_3$ ) en tanto cubierta blanca y dura que cubre el hueso o el interior de los canales medulares (Cornaglia Fernández 2012; Gutiérrez 2004) y el porcentaje del elemento afectado, siguiendo los mismos grados que para el  $MnO_2$ .



Figura 12.2.3-1. Ilustración esquemática de los estadios de depositación química de  $MnO_2$ .

#### 12.2.4| Hoyos de disolución química (HDQ)

Los hoyos de disolución química (HDQ) (*sensu* Gutiérrez 1998, 2004) consisten en una reacción química entre el hueso y su microambiente más inmediato, que da como resultado la disolución de parte del tejido y la consecuente modificación de la forma del hueso (*i.e.* esculpido del mismo). Si bien la descripción y estudio de este efecto no está muy desarrollado en la bibliografía, estaría relacionado con la génesis del suelo, los ácidos y la humedad que contiene el mismo, vinculados con el humus y la vegetación (Gutiérrez 1998, 2004).

Nicholson (1996) releva un efecto similar durante una experimentación con huesos enterrados en diferentes suelos, en la que advierte —específicamente en suelos ácidos— este tipo de hoyos que otorgan al hueso una apariencia “ondulada” (Nicholson 1996: 518). Esta autora los atribuye a la acción de hifas fúngicas, ya que las halla aún adheridas al hueso, ocupando esos espacios que fueron carcomidos. Andrews y Armour-Chelu (1998) también describen un tipo de “corrosión” ocurrida en sustratos ácidos de ambientes húmedos y con muchas precipitaciones, en la que los huesos pierden tejido y muestran una corrosión progresiva en los puntos de contacto con suelos ácidos (pH=4,1) (Andrews y Armour-Chelu 1998; Fig. 5: 438). En sus estadios avanzados, este efecto es visualizado como muestran Fernández-Jalvo y Andrews (2016) en el *Atlas of Taphonomic Identifications* (Fig.A.789; Fernández-Jalvo y Andrews 2016: 245).

En sitios de la región Pampeana se ha denominado a estos efectos como hoyos

de disolución química (HDQ de ahora en adelante), los cuales comienzan siendo pequeños y presentándose aislados sobre la superficie cortical, luego se van haciendo cada vez más extensivos y profundos hasta cubrir la superficie total del hueso y, en sus formas más severas, hacen que el elemento pierda su morfología original (Gutiérrez 1998, 2004). Debido a la presencia de este efecto en uno de los sitios analizados con anterioridad (RSCII, Galligani 2013), y evidenciando que no todos los estadios propuestos por Gutiérrez (2004) se hallaron representados, se simplificó dicha categorización considerándose sólo 4 estadios:

- ▶ estadio 1; ausencia de hoyos de disolución química;
- ▶ estadio 2; presencia de hoyos de disolución en algunas porciones del hueso pero la mayor parte de la superficie cortical permanece intacta;
- ▶ estadio 3; la mayor parte de la superficie cortical ha sido afectada por hoyos de disolución química pero no se presentan efectos de esculpido;
- ▶ estadio 4; toda la superficie se presenta esculpida, viéndose afectada la forma original del hueso (Figura 12.2.4-1).

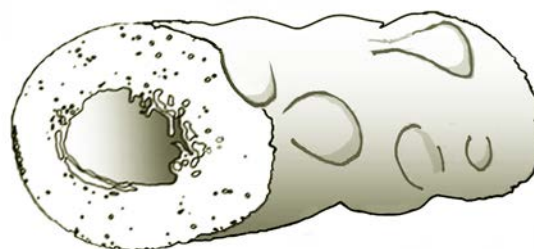


Figura 12.2.4-1. Ejemplo de un estadio avanzado de hoyos de disolución química (HDQ).

### 12.2.5| Craquelado

En algunas ocasiones, los huesos arqueológicos presentan alteraciones que se manifiestan como craqueladuras —*i.e. cracking*; agrietamiento de la superficie que genera fisuras y grietas que penetran por debajo de la superficie del hueso; Fernández Jalvo y Andrews 2016— y exfoliación —*i.e. flaking* o descamación de la superficie, con pérdida de tejido— con distinto grado de severidad, que otorgan al elemento una textura fibrosa, con fisuras longitudinales y transversales. Estas fisuras penetran, en los casos más avanzados, más allá de la capa superficial de hueso compacto, haciendo que el elemento tenga un aspecto de fragmentado y colapsado en múltiples partículas, apariencia que le otorga la denominación de “craquelado” (Galligani 2013; Galligani *et al.* 2016).

En algunos sitios de la región pampeana se denomina a este efecto “deseccación”, y se lo vincula con modificaciones similares a la meteorización —líneas y estrías de desecación, grietas, exfoliación— vinculadas con la pérdida de humedad del tejido óseo, sólo que ocurridas subsuperficialmente (González 2012; Gutiérrez 2004). Debido al desconocimiento de la causas que producen las modificaciones descriptas, preferimos denominar a este efecto utilizando un término descriptivo más que uno interpretativo, *i.e.* craquelado, y definirlo como líneas/estrías más o menos profundas que suelen seguir la dirección del tejido óseo, siendo más o menos lineales y formando un patrón en mosaico —con diferentes ángulos— de acuerdo al elemento del cual se trate (Figura

12.2.5-1). A los fines de esta tesis, se registró la presencia/ausencia de craquelado y los grados en que el mismo afecta el hueso:

- ▶ estadio 1; ausencia de craquelado;
- ▶ estadio 2; presencia de craquelado en algunas porciones del hueso pero la mayor parte de la superficie cortical permanece intacta;
- ▶ estadio 3; la mayor parte de la superficie cortical ha sido afectada por craquelado pero aún no hay desprendimiento de tejido cortical;
- ▶ estadio 4; toda la superficie se presenta craquelada, con pérdidas de porciones de tejido cortical.

### 12.2.6| Fracturas óseas

Con la ayuda del conocimiento de la mecánica ósea y bajo la premisa de principios uniformitaristas, es posible estimar las condiciones generales en las que se produjeron las fracturas óseas de un determinado sitio arqueológico, lo que permite inferir el tipo de fuerzas que incidieron sobre un conjunto óseo, en diferentes etapas de su formación (Johnson 1985). Una fractura se define como una falla mecánica localizada, producto de la aplicación de una fuerza (Johnson 1985).

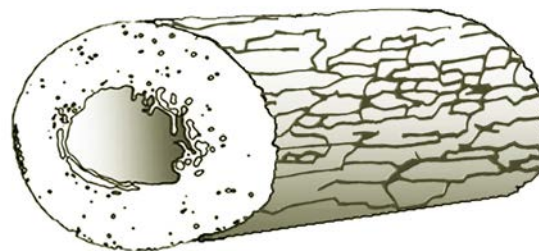


Figura 12.2.5-1. Ilustración esquemática del efecto craquelado.

Cuando el hueso no puede absorber toda la energía traumática, se rompe, y el patrón de la fractura va a depender del tipo de fuerza aplicada (Weathley 2008). Ésta puede ser estática (v.g. presión constante y equitativa, tal como la ejercida por la columna sedimentaria) o dinámica (v.g. impacto rápido y localizado, como el producido por las mandíbulas de un animal o por el golpe de un percutor). Así, reconociendo qué clase de energía fue ejercida, es posible inferir el rango de agentes potencialmente responsables de la fractura (Johnson 1985).

Además del tipo de fuerza, la naturaleza de la fractura está fuertemente influenciada por la condición previa del hueso. Las fibras de colágeno y los cristales de hidroxiapatita dominan la respuesta del hueso frente al estrés (i.e. la resistencia interna o intramolecular de un cuerpo frente a la acción de fuerzas externas) (Johnson 1985). A nivel microscópico, la fracturación está directamente relacionada con la cantidad y distribución de osteones y fibras de colágeno. Cuanto mayor es el número de fibras de colágeno, mayor es la resistencia del hueso a la fractura, y mayor la capacidad de absorber el estrés, lo que se traduce en una mayor probabilidad de supervivencia del hueso (Evans 1973; Johnson 1985).

Factores tales como la humedad, la velocidad de deformación y la temperatura influyen en la capacidad de absorber el estrés (Outram 1998). Un hueso en estado fresco contiene mucha humedad y fibras de colágeno, que lo constituyen en un material dúctil y capaz de soportar grandes cantidades de presión y deformación antes

de quebrarse. En cambio, los huesos secos se comportan de manera mucho más frágil, como un material inorgánico y quebradizo, y sólo pueden soportar una pequeña cantidad de tensión antes de fracturarse (Johnson 1985). En este sentido, se ha propuesto diferenciar la fragmentación —que se da en condiciones secas del hueso, generalmente debida a factores y procesos de origen natural (v.g. desecación, deshidratación) — de la fracturación —originada por una acción biológica o antrópica y en huesos en estado fresco— (Alcántara García *et al.* 2006).

Para evaluar la morfología de las fracturas, se han desarrollado variados métodos y se han planteado diferentes criterios (Alcántara García *et al.* 2006; Johnson 1985; Karr y Outram 2012; Lyman 1994; Myers *et al.* 1980; Outram 1998, 2001, 2002; Villa y Mahieu 1991). Para este trabajo, se relevaron las variables propuestas por Villa y Mahieu (1991), que se describen a continuación y se ilustran en la Figura 12.2.6-1.

► Perfil de la fractura (Figura 12.2.6-1C); refiere a la forma que adquiere la fractura. Los autores simplifican 3 tipos de perfiles:

— transversal, o sea recta y transversal al eje del hueso;

— curva o en forma de “V”, es decir fracturas espirales o porciones de las mismas combinadas con fracturas en forma de “V”;

— intermedias, incluye aquellas fracturas rectas pero diagonales o con contorno escalonado y todas las misceláneas que no perteneces a la clase 1 o 2.

► Ángulo que predomina (Figura 12.2.6-

1A); ángulo formado por la superficie de la fractura y la superficie cortical del hueso, o sea, el ángulo formado por la intersección de una línea que parte de la sección cortical y otra de la sección medular del paño de fractura; el mismo puede ser:

- oblicuo (agudo u obtuso)
- recto
- oblicuo y recto, cuando una porción de la fractura tiene un ángulo y otra porción, otro diferente.

► Filo/borde (Figura 12.2.6-1B); aspecto o textura del margen de la fractura:

- liso
- irregular.

► Circunferencia de la diáfisis (al menos en una porción) (Figura 12.2.6-1E):

- menor a la mitad de la original
- mayor a la mitad de la original
- completa.

► Fragmentación de la diáfisis en relación al elemento completo (Figura 12.1.6-1D):

- menor a un cuarto de la diáfisis original
- entre un cuarto y un medio de la diáfisis original
- entre un medio y tres cuartos de la diáfisis original
- más de tres cuartos de la diáfisis original.

El análisis se realizó sobre aquellas fracturas correspondientes a fragmentos mayores a 5 cm y no se tuvieron en cuenta las fracturas longitudinales. En total se analizaron 477 fracturas, correspondientes a

huesos largos de los 6 sitios arqueológicos abordados en este trabajo, no se analizaron las fracturas de las colecciones de museo. Como los atributos relevados tienen valor diagnóstico en tanto se los trate por conjunto de huesos y no a nivel individual (Villa y Mahieu 1991), los datos fueron abordados estadísticamente —de manera conjunta— para cada uno de los sitios estudiados.

#### 12.2.7| Otras modificaciones y adherencias superficiales

En algunos casos, los restos óseos presentan modificaciones menos comunes y específicamente vinculadas con su ambiente de depositación inmediato. En el caso de los sitios ubicados en la llanura aluvial del río Paraná, el agua transporta sedimentos susceptibles de ser depositados sobre los materiales arqueológicos. Diferentes sales —como cloruro de sodio (NaCl) o sulfato de calcio (CaSO<sub>4</sub>)— y óxidos —como óxido de hierro— se visualizan como una cubierta blanquecina y rojiza, respectivamente, que cubre parte de la superficie de los elementos óseos. Este tipo de depositaciones son recurrentemente observadas sobre restos cerámicos, sobre los cuales se han realizado análisis de Microscopía Electrónica de Barrido con Espectrómetro de Rayos X por Energía Dispersiva (MEB-EDS) para evaluar los elementos específicos que estaban presentes en la superficie (Galligani *et al.* 2018). A los fines de esta investigación, se relevó la presencia/ausencia de sales en tanto adherencias blanquecinas sobre la superficie de los huesos, y de óxido de hierro como una tinción rojiza sobre los mismos.

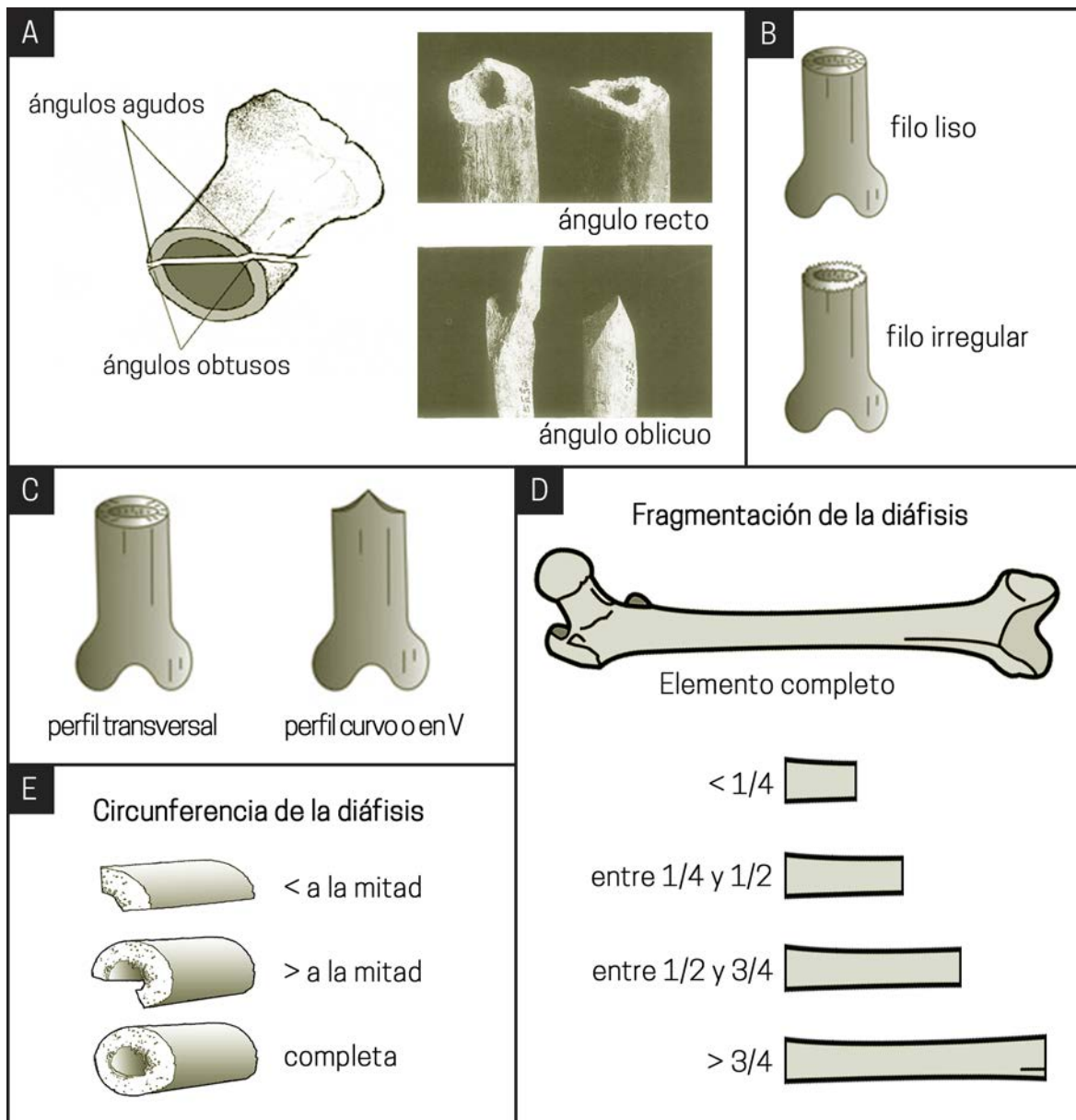


Figura 12.2.6-1. Variables morfológicas relevadas en las fracturas óseas: A) ángulo; B) filo; C) perfil; D) fragmentación de la diáfisis; E) circunferencia de la diáfisis.

Por otro lado, la malacofauna de agua dulce puede adherirse a los materiales arqueológicos y producir rastros específicos, debido a que las ventosas de sus bisos quedan fijadas en la superficie de aquellos, dejando un patrón de puntos marrón-negro, macroscópicamente similar al producido por la depositación química de óxido de manganeso. Específicamente la especie *Limnoperna fortunei* se encuentra presente en la zona de estudio, mejillón originario

del sudeste asiático que habría ingresado a Sudamérica a través del estuario del Río de la Plata a comienzos de la década de 1990, donde presumiblemente entró con el agua de lastre de buques transoceánicos (Pastorino *et al.* 1993). En los 15 años posteriores, ha colonizado prácticamente toda la cuenca del Plata (Sylvester 2006) y es en 1995 y 1996 que se tienen las primeras citas de su presencia en el río Paraná, a la altura de Santo Tomé (Santa Fe) (Darrigran y Ezcurra de

Drago 2000). En trabajos efectuados sobre cerámica, son recurrentes tanto los rastros dejados por este agente como la presencia del mismo adherida a los materiales del sitio LB (Galligani *et al.* 2018, 2019b). Si bien se desconocen aún los daños que pueden causar, a largo plazo, sobre el registro arqueológico, para esta investigación se registró la presencia/ausencia de rastros de bivalvos en los restos óseos analizados.

En el caso de los entierros humanos secundarios, se han registrado algunos casos en la zona con depositación intencional de ocre, como parte de una práctica mortuoria (Ceruti y González 2007; Cornero 1999; Mazza y Loponte 2012; Scabuzzo *et al.* 2015). En el mismo sentido, las marcas de corte en estos restos puede estar vinculada con el descarnado o la desarticulación de las partes, rasgos que, en relación con la disposición de los elementos, colabora con la identificación del tipo de entierro (*v.g.* entierros secundarios). Por lo tanto, se prestó especial atención al relevamiento de estas huellas en los restos óseos humanos analizados.

Respecto del registro faunístico, se relevó la presencia de huellas de corte/procesamiento (Fisher 1995; Lyman 1987, 1994; Mengoni Goñalons 2006-2010). Estos rastros, al igual que otros tipos de modificaciones superficiales (*v.g.* abrasión geológica, marcas de pisoteo e insectos, presencia de hongos), fueron excepcionalmente halladas durante el transcurso de las observaciones. Por lo tanto, se registraron —en los casos positivos— en fichas descriptivas *ad hoc* y en fotografías digitales, para ser luego discutidos en vinculación con el resto de las variables.

### 12.2.8| Análisis estadísticos

Se calcularon frecuencias y porcentajes de cada variable tafonomica analizada para cada sitio/conjunto óseo humano y faunístico. Las comparaciones múltiples de las frecuencias de cada variable entre las zonas ambientales previamente definidas (CCDA, LLAP y CSDO) se realizó mediante una prueba de Kruskal-Wallis (Kruskal y Wallis 1952) y un análisis *post-hoc* basado en comparaciones múltiples a partir de la suma de rangos (Dunn 1964).

### 12.3| **Resultados y discusión**

Los resultados de las modificaciones superficiales y macroestructurales analizadas sobre los restos óseos humanos —excluyendo las fracturas y aquellas de carácter menos frecuente (Apartado 12.2.7)— se detallan en la Tabla 12.3–1. En general, todos los sitios se hallan afectados por uno o más agentes, aunque las frecuencias relevadas para cada efecto son diferentes (Figura 12.3-1).

En relación a los restos arqueofaunísticos, aquellos correspondientes a mamíferos de gran tamaño que pudieron ser analizados sumaron un total de 27 y corresponden a cuatro sitios arqueológicos: AC1, FP, LB y LT; los resultados se exponen en la Tabla 12.3–2. Si bien la muestra es pequeña, debido a que se hallan muy fragmentados y son escasos en los sitios estudiados, presentan los mismos efectos que los restos óseos humanos, con algunas variaciones en las frecuencias de los mismos (Figura 12.3-2).

En el caso de las marcas de roedores, de un total de 340 elementos óseos humanos observados, se registraron marcas sólo en 11

Sitio	N Total	M. Roedores		M. Raíces		CaCO <sub>3</sub>		MnO <sub>2</sub>		HDQ		Craquelado	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
CC	27	5	18,5	17	63,0	0	0,0	26	96,3	24	88,9	2	7,4
FP	131	1	0,8	55	42,0	0	0,0	131	100,0	68	51,9	121	92,4
RSCII	55	3	5,5	51	92,7	0	0,0	21	38,2	47	85,5	37	67,3
LB	21	0	0,0	7	33,3	0	0,0	21	100,0	12	57,1	9	42,9
LT	10	0	0,0	3	30,0	0	0,0	7	70,0	3	30,0	3	30,0
LTM	20	0	0,0	0	0,0	17	85,0	4	20,0	0	0,0	0	0,0
AC1	54	2	3,7	42	77,8	1	1,9	37	68,5	22	40,7	4	7,4
VG	9	0	0,0	6	66,7	9	100,0	9	100,0	4	44,4	5	55,6
HF	13	0	0,0	8	61,5	9	69,2	13	100,0	8	61,5	2	15,4

Tabla 12.3-1. Frecuencias y porcentajes de presencia de cada una de las variables tafonomías analizadas sobre los restos óseos humanos; HDQ = Hoyos de disolución química.

Sitio	N Total	M. Roedores		M. Raíces		CaCO <sub>3</sub>		MnO <sub>2</sub>		HDQ	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
FP	8	1	12,5	8	100,0	0	0,0	8	100,0	2	25,0
LB	9	0	0,0	4	44,4	5	55,6	9	100,0	1	11,1
LT	2	0	0,0	1	50,0	0	0,0	2	100,0	0	0,0
AC1	8	0	0,0	7	87,5	1	12,5	7	87,5	5	62,5

Tabla 12.3-2. Frecuencias y porcentajes de presencia de cada una de las variables tafonomías analizadas sobre los restos arqueofaunísticos; HDQ = hoyos de disolución química.

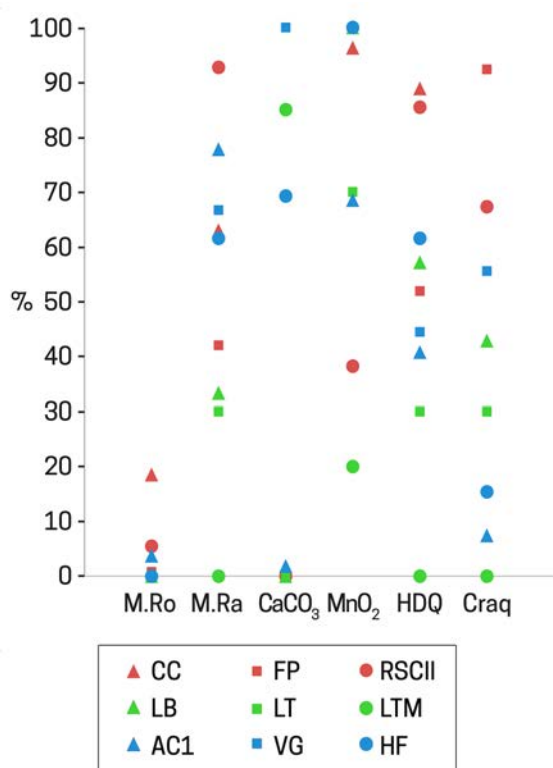


Figura 12.3-1. Porcentajes de presencia de las variables tafonomías analizadas sobre los huesos humanos; se diferencian las zonas por color: rojo= margen derecha del río Coronda (CCDA); verde= llanura aluvial del río Paraná (LLAP); celeste= cuenca del río Salado (CSDO).

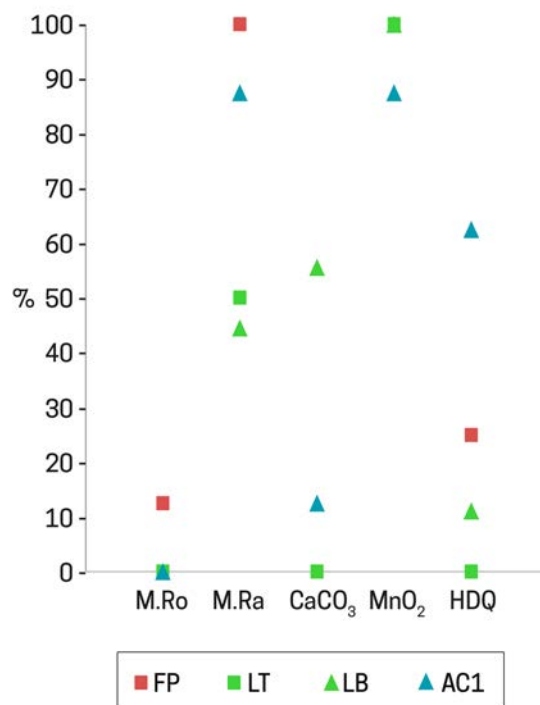


Figura 12.3-2. Porcentajes de presencia de las variables tafonomías analizadas sobre los restos arqueofaunísticos; se diferencian las zonas por color: rojo= margen derecha del río Coronda (CCDA); verde= llanura aluvial del río Paraná (LLAP); celeste= cuenca del río Salado (CSDO).

(3,2%), pertenecientes a los sitios CC (n=5), FP (n=1), RSCII (n=3) y AC1 (n=2). Todos los sitios mencionados se hallan en tierra firme, tanto en la cuenca del río Salado como en la margen derecha del río Coronda. Por el contrario, en los sitios hallados en la LLAP no se registró este tipo de rastros. En los restos arqueofaunísticos sólo se hallaron marcas en un espécimen del sitio FP. Probablemente, la ausencia de marcas de este tipo en los sitios de isla se deba a las condiciones en las que se hallan depositados los materiales óseos; los ciclos de sequía/inundación dejan sumergidos los huesos durante períodos más o menos prolongados y producen, en algunos casos, el reenterramiento de los materiales. De este modo, es posible que los roedores no accedan a los mismos o lo hagan con baja frecuencia.

Respecto de las marcas de raíces, un total de 189 (55,6%) elementos óseos humanos exhibieron algún tipo de marca, en la única colección en la que no se registraron fue en LTM (Figura 12.3-3). En general, este agente afecta a los huesos pero de manera

localizada, sólo en 8 casos del sitio CC y en 1 del sitio RSCII la acción de raíces cubre la totalidad del elemento (Figura 12.3-4).

En cuanto a los tipos de marcas, los más registrados son el 3 y el 4, que corresponden a marcas lineales con remoción de la superficie cortical del hueso (Figuras 12.3-5C) y a aquellas que generan hoyos en

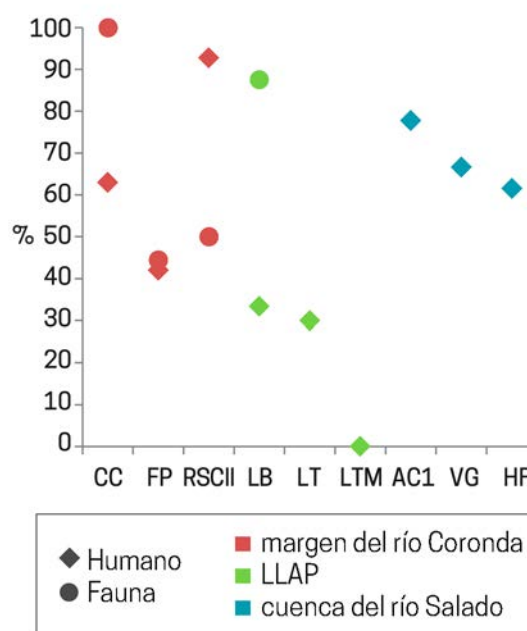


Figura 12.3-3. Porcentajes de presencia de marcas de raíces en los restos óseos analizados.

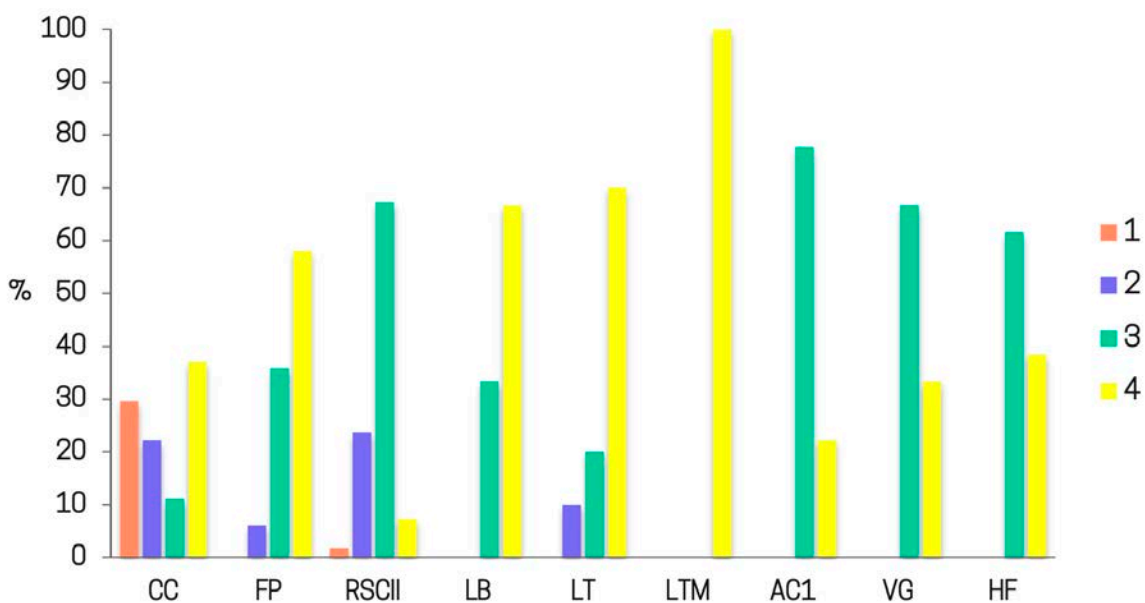


Figura 12.3-4. Porcentajes de superficie afectada por marcas de raíces en los restos óseos humanos de cada uno de los sitios analizados: 1) 100%; 2) más del 50%; 3) menos del 50%; 4) ausencia.

la misma (Figura 12.3-5D). En los sitios localizados en la margen derecha del río Coronda hay frecuencias bajas de marcas tipo 1, las típicas de patrón dendrítico (Figura 12.3-5A), mientras que aumenta su presencia en los sitios de la LLAP y la cuenca del río Salado. Las perforaciones producidas por raíces (tipo 5; Figura 12.3-5E) están ausentes en los sitios de isla y aparecen más representadas en aquellos situados en continente. Por último, las marcas lineales sin remoción superficial (tipo 2; Figura 12.3-5B) están presentes en todos los sitios con marcas, menos en VG, aunque siempre en

menos del 50% de los casos (Figura 12.3-6).

Con respecto a los restos arqueofaunísticos, las marcas de raíces también se registraron en todos los sitios, en 20 elementos (74,1%), aunque en mayor porcentaje en AC1 y FP (Figura 12.3-3). Se hallaron todos los tipos de marcas con excepción del 5 (perforación) (Figura 12.3-7).

Adicionalmente, en algunos de los huesos analizados, se hallaron rastros de raíces aún adheridas, de diferente tamaño y en distintas partes de los mismos. En algunos casos éstas atraviesan los huesos largos, produciendo grietas y fracturas, mientras que en otros se



Figura 12.3-5. Marcas y efectos de raíces halladas en los restos óseos humanos analizados; A) tipo 1 (costilla del infante del sitio AC1 y pelvis del sitio FP); B) tipo 2 (hueso largo del sitio FP); C) tipo 3 (huesos largos del sitio FP); D) tipo 4 (huesos largos del sitio CC y cráneo del sitio FP); E) tipo 5 (huesos largos de los sitios FP y CC).

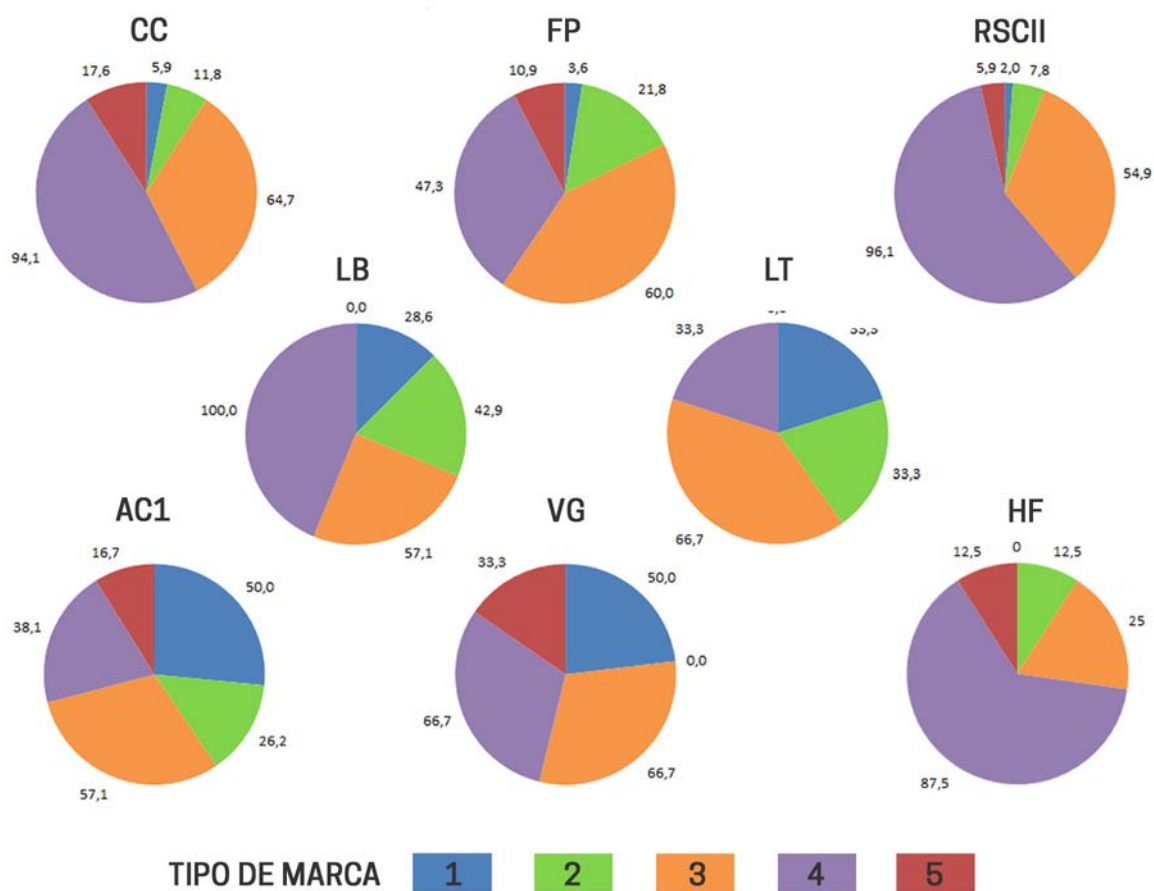


Figura 12.3-6. Proporciones de los diferentes tipos de marcas de raíces en los restos óseos humanos con presencia de este rasgo, en cada uno de los sitios estudiados.

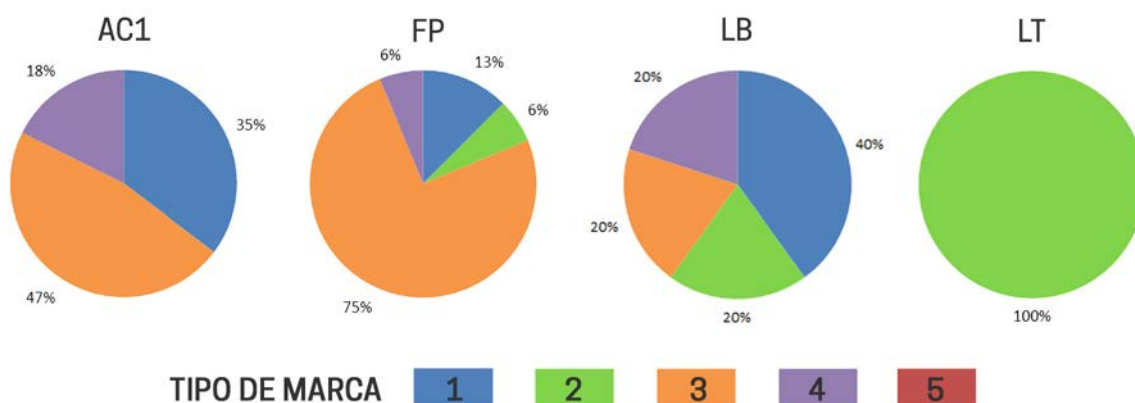


Figura 12.3-7. Proporciones de los diferentes tipos de marcas de raíces en los restos óseos faunísticos con presencia de este rasgo, en cada uno de los sitios estudiados.

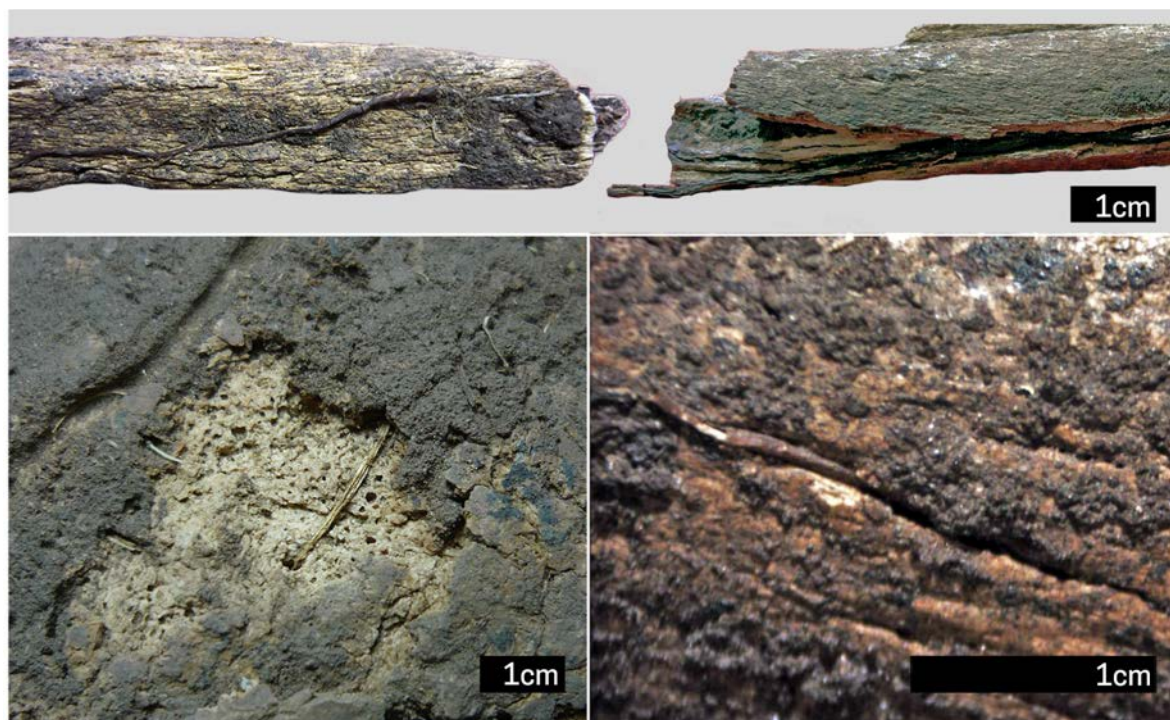


Figura 12.3-8. Ejemplos de raíces de diferente tamaño aún adheridas a los restos óseos del sitio FP.

trata de raíces de menor porte, que generan pequeñas perforaciones y depresiones lineales longitudinales en el tejido cortical del hueso (Figura 12.3-8).

En general, los tipos de marca más generalizados (3 y 4) son factibles de ser generados por raíces de diferente porte, provenientes de distintos tipos de plantas, que rodean superficialmente al hueso y dejan “surcos” y hendiduras de tamaño diverso. En cambio, la categoría 1 estaría más vinculada con plantas de porte pequeño, principalmente gramíneas (*i.e.* pastos de la familia Poaceae), las cuales poseen un sistema radicular homorrizo adventicio. Este sistema se asemeja, por su forma, a una cabellera y se desarrolla principalmente en las capas superficiales de suelo, alcanzando —en algunas especies— hasta 30 cm de profundidad (Valla 2004). Esta categoría se halla registrada en mayores porcentajes en los sitios arqueológicos de la LLAP y

la cuenca del río Salado. Una característica común de ambas zonas es que son inundables temporalmente, lo que favorece el desarrollo de este tipo de vegetación; luego de una inundación, el suelo mejora algunas de sus propiedades físicas y químicas y el forraje natural aumenta en calidad y volumen (Otondo *et al.* 2014). Probablemente éste sea uno de los motivos —sumado al hecho de que en AC1 y en los sitios isleños los materiales aparecieron a poca profundidad— por los cuales se registra una mayor frecuencia de este tipo de marcas en las zonas mencionadas. Otra posibilidad es que la mejor preservación superficial de los elementos recuperados en esos sitios permita una observación del patrón de marcas tipo 1 y que el mismo esté subestimado en el resto de los conjuntos, viéndose enmascarado en aquellos huesos con efectos de disolución química o craquelado.

Por último, para generar perforaciones

(marcas tipo 5), las raíces requieren de una mayor fuerza de presión, por lo que probablemente se trate de arbustos o árboles de gran porte. En el caso de los sitios de la margen derecha del río Coronda, se ha registrado la presencia de *Melia azedarach* (árbol de paraíso) (sitio FP) y *Eucalyptus* sp. (sitio CC) directamente relacionados con los materiales (Figuras 12.3-9A-D), y un

ejemplar de *Erythrina crista-galli* (ceibo) (sitio RSCII) cercano a las cuadrículas excavadas. Por su parte, en la cuenca del río Salado se pueden observar relictos de montes de *Prosopis* sp. y *Acacia* sp. cercanos a los sitios arqueológicos y, además, se registró la presencia de raíces enterradas en una de las cuadrículas excavadas del sitio AC1 (Figuras 12.3-9E-F).



Figura 12.3-9. Presencia de raíces de árboles directamente relacionados con los huesos, en tres de los sitios arqueológicos abordados, A-B) Familia Primón; C-D) Campo Cervi; E-F) Arroyo Cululú 1.

Por otra parte, la depositación de  $MnO_2$  está presente —en mayor o menor porcentaje— en todos los sitios y colecciones analizados, visualizándose en forma de puntos más o menos unidos, cubriendo en parte o totalmente la superficie de los huesos (Figuras 12.3-10). En cuatro sitios, este efecto se registró en el 100% de los elementos óseos humanos analizados (FP,

LB, VG y HF); todos los elementos de VG están cubiertos completamente por manchas de  $MnO_2$  (estadio 1), así como un gran porcentaje de FP (Figura 12.3-11 y 12.3-12). Por el contrario, RSCII, LT, LTM y AC1 tienen muy pocos o ningún elemento en ese estado, exhibiendo mayores porcentajes de ausencia de este efecto y frecuencias bajas de los estadios 2 y 3 (Figura 12.3-11). En el caso

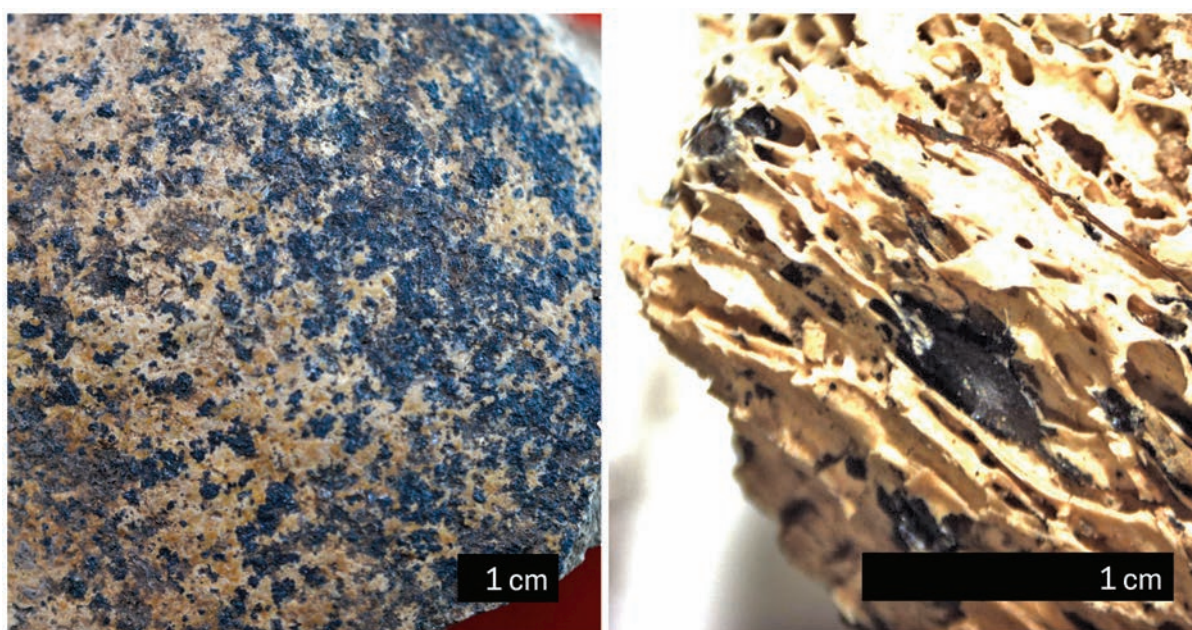


Figura 12.3-10. Imágenes de depositación química de  $MnO_2$  en huesos del sitio CC.

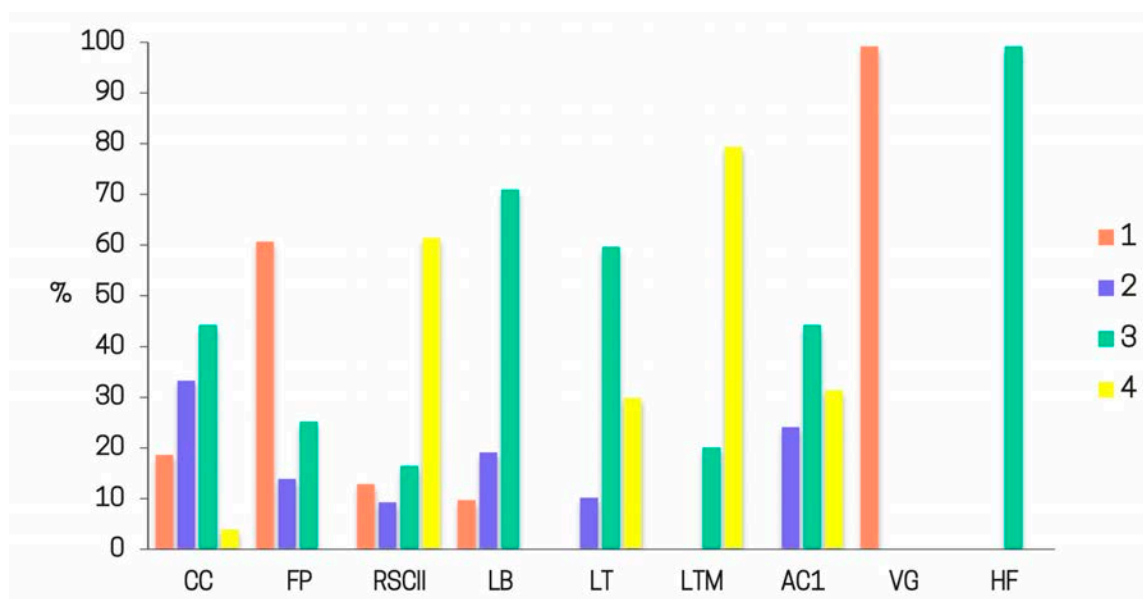


Figura 12.3-11. Estadios de depositación química de  $MnO_2$  en los restos óseos humanos de cada uno de los sitios analizados.

del registro faunístico, en todos los sitios se presenta en más del 85% de los especímenes analizados, siguiendo un patrón similar al de los huesos humanos (Figura 12.3-12).

La presencia de estas manchas de  $MnO_2$  se vincularía con la disponibilidad de Mn en los suelos del área (Cruzate *et al.* 2006) y con las condiciones de depositación de los restos estudiados. El ambiente hidromórfico en el que se hallan los sitios (*i.e.* exceso de humedad y temperaturas elevadas) y la alternancia de ciclos de oxidación y reducción (*i.e.* cuando desciende el contenido de agua) habrían generado las condiciones propicias para que la descomposición por acción de microorganismos produzca la hidrólisis y la consiguiente precipitación de  $MnO_2$  en la superficie de los huesos (Bennàsar Serra 2010; Daniels 1981; Tapia *et al.* 2013).

Respecto de la depositación de carbonato de calcio, sólo se registró en huesos humanos de cuatro sitios, aunque sólo en tres de ellos

su presencia es mayor al 50% (LTM=90%; VG=100%; HF=69,2%) (Figuras 12.3-13 y 12.3-14). Dos de estos sitios se ubican en la cuenca del río Salado y uno en la LLAP; ninguno de los sitios vinculados al río Coronda exhibe este rasgo. En el registro faunístico, el  $CaCO_3$  está presente en un elemento de AC1 y en el 55,6% de los casos de LB (n=5), sitio en el que no se registró esta variable en los restos humanos. En todos los casos, este efecto cubre menos del 50% del elemento (estadio 3).

Dicho efecto está estrechamente vinculado con el sedimento en el que se hallan depositados los materiales. En aquellos suelos donde hay disponibilidad de calcita, el  $CaCO_3$  puede adherirse al hueso, no sólo de forma superficial sino que también puede ingresar a la matriz ósea reemplazando al carbono y el fósforo de origen biológico (Gutiérrez 2004; Nielsen-Marsh 1997). En los perfiles de las series de

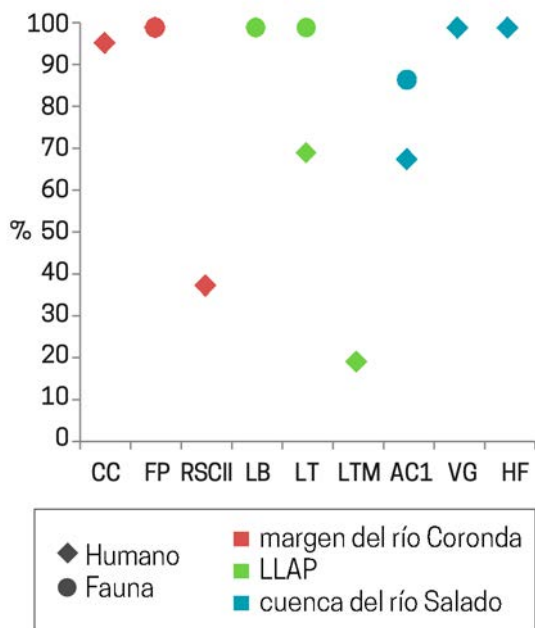


Figura 12.3-12. Porcentajes de presencia de  $MnO_2$  en los restos óseos analizados.

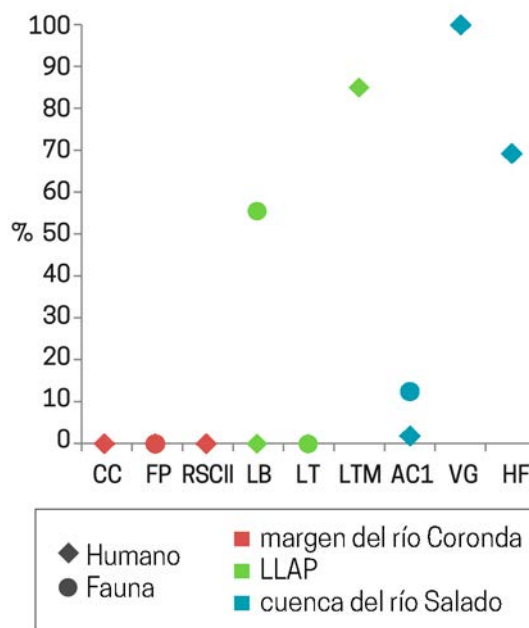


Figura 12.3-13. Porcentajes de presencia de  $CaCO_3$  en los restos óseos analizados.



Figura 12.3-14. Imágenes de huesos humanos con depositación de  $\text{CaCO}_3$ , correspondientes a la colección HF, localizada en la cuenca del río Salado.

suelo disponibles para el área, no se registra la presencia de carbonatos, aunque para algunas zonas cercanas al río Salado y a los arroyos de su cuenca es posible encontrar concreciones no continuas de carbonato de calcio (toscas) (Imhoff *et al.* 2018). Por otro lado, en la composición iónica del agua del río Paraná hay gran disponibilidad de  $\text{Ca}^{2+}$  (Depetris y Pasquini 2007; Marchetti *et al.* 2013). De este modo, se explica la presencia de este efecto en algunos de los elementos hallados en la cuenca del río Salado y en la Llanura Aluvial del río Paraná.

En lo que refiere a los hoyos de disolución química, se registraron en todos los huesos humanos de los sitios/colecciones, con excepción de LTM (Figura 12.3-15).

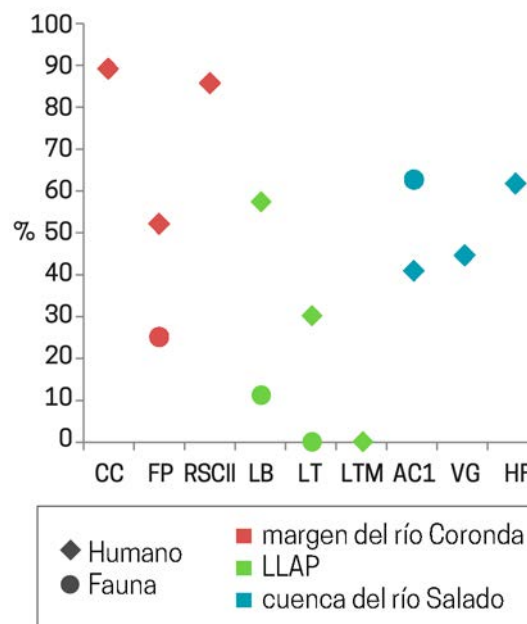


Figura 12.3-15. Porcentajes de presencia de hoyos de disolución química (HDQ) en los restos óseos analizados.

En general, se encuentran presentes en su estadio más leve (estadio 2); el grado más avanzado —en el cual la forma del hueso se va perdiendo debido a la extensión de este efecto— sólo se halló en 6 elementos (CC=3; FP=2; RSCII=1) (Figuras 12.3-16 y 12.3-17). En los restos arqueofaunísticos se identificaron 8 elementos con HDQ (29,6%), en los sitios FP, LB y AC1 (Figura 12.3-15); de los cuales ninguno presentó estadios avanzados.

Si bien se desconocen las causas de este efecto, se ha vinculado con entornos húmedos y ácidos, condiciones que pueden relacionarse, a su vez, con las actividades microbiológicas y la vegetación presente en el ambiente de depositación inmediato a los huesos (Gutiérrez 2004). En este sentido, los sitios más afectados por la disolución química son aquellos localizados en la margen derecha del río Coronda.

Aunque para el sitio CC —que es el más afectado— no se cuenta con datos locales, en los otros dos sitios de la zona (RSCII y FP) el pH del sedimento en contacto con los entierros presenta valores cercanos a la neutralidad (RSCII=6,9 y FP=7,1), por lo que no se trataría de entornos ácidos los que están relacionados con este efecto. Sin embargo, en los sitios mencionados el porcentaje de materia orgánica disponible arroja valores altos (1,11% en RSCII y 1,02% en FP); quizás esto sí se relacione con la disolución observada en los elementos analizados, ya que la humedad y la actividad biológica, y por ende la presencia de plantas, es mayor en suelos con altos contenidos de MO.

De todos modos, la rizosfera (*i.e.* zona

de interacción entre raíces de plantas y microorganismos del suelo) se caracteriza por poseer una concentración relativamente alta de compuestos degradables exudados por las raíces, lo que hace que las condiciones químicas —incluido el pH— sean muy diferentes a las del resto del suelo (Rengel 2015). Es probable, pues, que los elementos que se hallen en vinculación con esta capa de suelo sufran las consecuencias de algún tipo de ataque químico y que esas características no se vean reflejadas en los análisis químicos de sedimento realizados hasta el momento.

El efecto craquelado, por otro lado, está presente en todos los sitios con restos humanos con excepción de LTM, en un total de 183 elementos (53,8% del total de los restos analizados). Los sitios que presentan más cantidad de elementos afectados son FP (n=121; 92,4%) y RSCII (n=37; 67,3%) —los cuales se ubican en la margen derecha del río Coronda— seguidos de VG (n=5; 55,6%), LB (n=9; 42,9%), LT (n=3; 30%), HF (n=2; 15,4%), AC1 (n=4; 7,4%) y CC (n=2; 7,4%). En los restos óseos arqueofaunísticos no se ha hallado este efecto tafonómico. El craquelado se presenta en diferentes huesos, tanto en largos (Figura 12.3-18A) como en cráneos y en huesos planos (Figura 12.3-18ByC), en forma de fisuras longitudinales y transversales que delimitan prismas óseos que, en estadios avanzados, pueden desprenderse del hueso.

En todos los sitios se manifiesta este efecto en diferentes estadios, que van desde su formación incipiente —ocupando menos de la mitad del hueso— (estadio 2) hasta sus formas más extremas en las que abarca

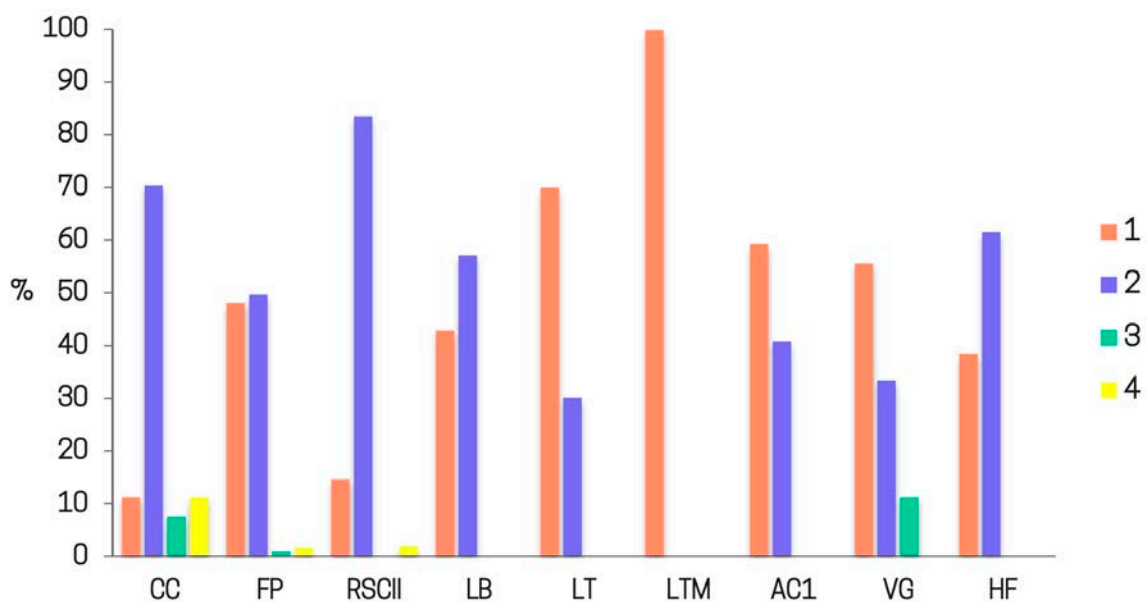


Figura 12.3-16. Porcentajes de los estadios de hoyos de disolución química relevados en los restos óseos humanos de cada uno de los sitios analizados.



Figura 12.3-17. Elementos con diferentes estadios de disolución química (HDQ): A) estadio 2 (húmero del sitio LB); B) estadio 3 (hueso largo del sitio CC); C) estadio 4 (hueso largo del sitio CC).

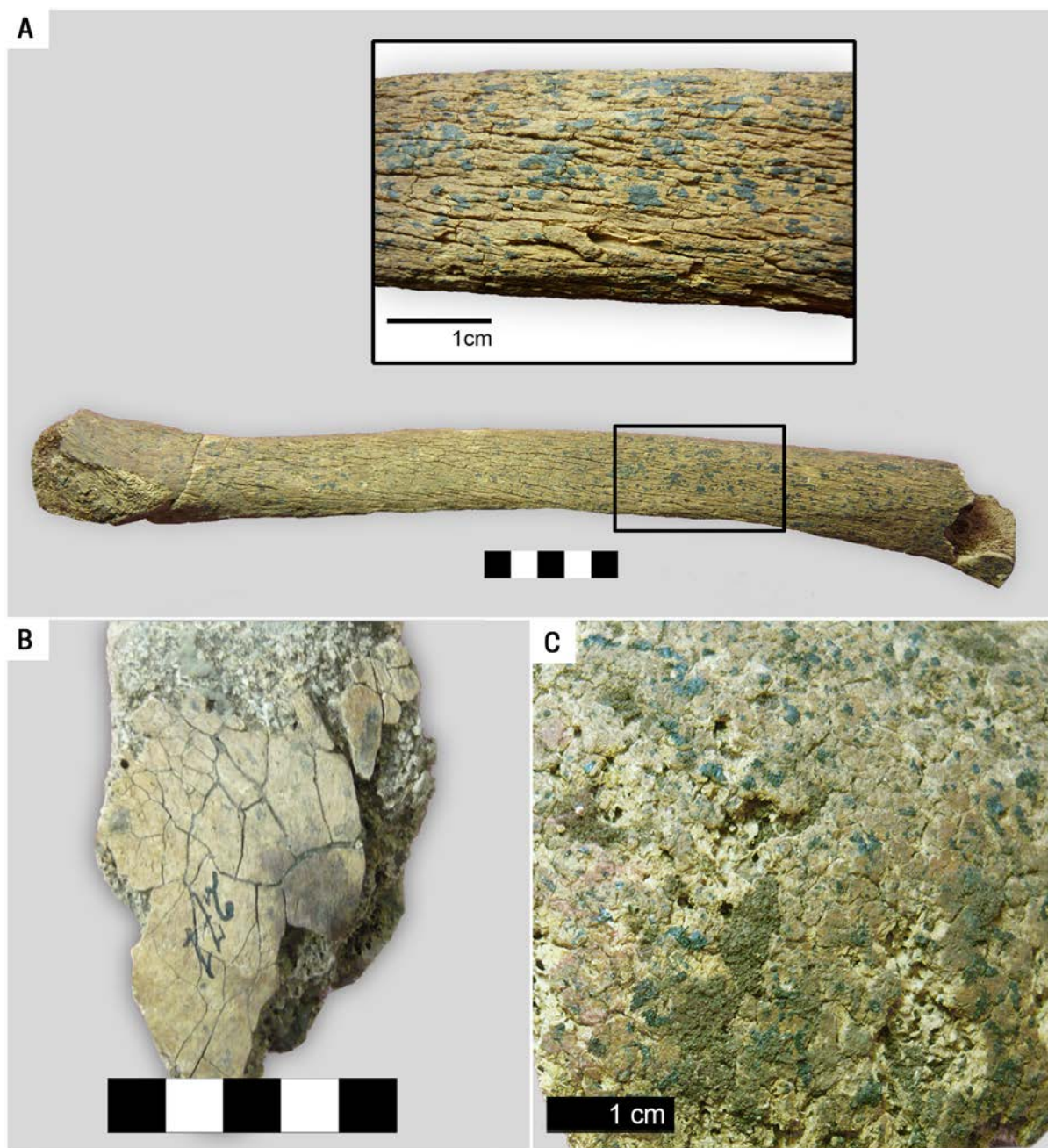


Figura 12.3-18. Ejemplos de visualización del efecto craquelado en diferentes elementos: A) fémur del sitio FP en estadio 4; B) pelvis de la colección HF en estadio 2; C) cráneo del sitio FP en estadio 3.

toda la superficie (estadio 3) y, finalmente, comienza a desprenderse parte del tejido cortical (estadio 4) (Figura 12.3-19). Efectos similares también han sido relevados en otros sitios de la Región Pampeana y Patagonia (Barrientos com. pers.; González 2012; Gutiérrez 2004). Sin embargo, se desconoce aún la causa que lo produce. En este punto,

Fernández Jalvo y Andrews (2016) plantean la posibilidad de que pueda generarse un efecto similar en huesos depositados en ambientes extremadamente alcalinos, con grietas semejantes a las relevadas aquí, aunque más pequeñas (Fig. A.730 y A.735, pp. 223-224, Fernández Jalvo y Andrews 2016).

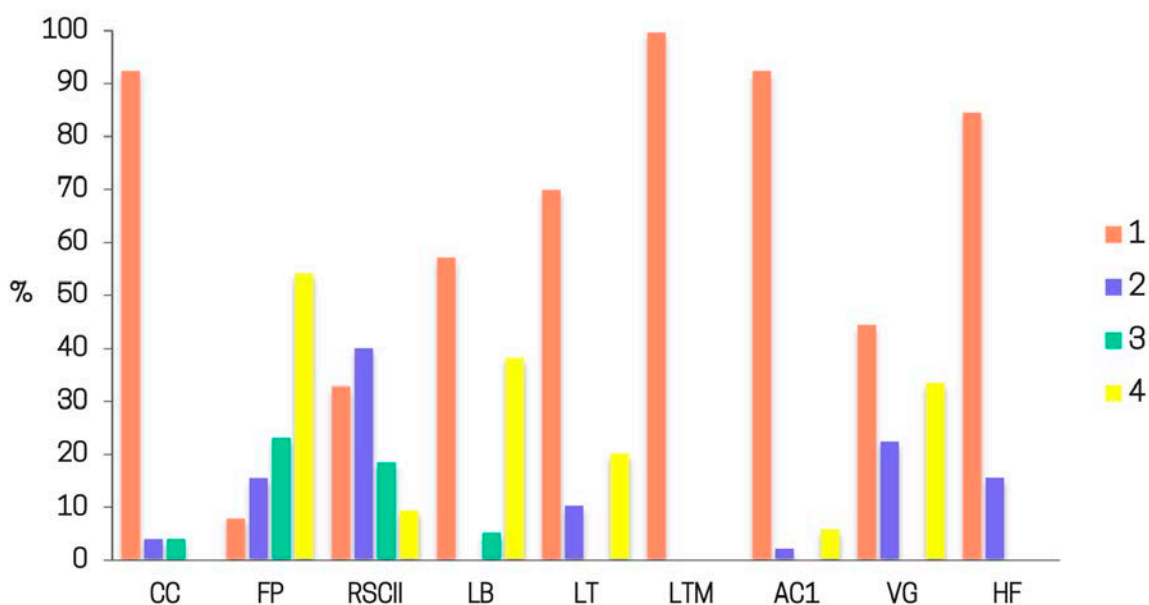


Figura 12.3-19. Porcentaje de la distribución de los estadios de craquelado en los restos humanos de los sitios analizados: 1) ausencia; 2) presencia de craquelado en algunas porciones del hueso pero la mayor parte de la superficie cortical permanece intacta; 3) la mayor parte de la superficie cortical ha sido afectada por craquelado pero aún no hay desprendimiento de tejido cortical; 4) toda la superficie se presenta craquelada, con pérdidas de porciones de tejido cortical.

Los resultados del análisis morfológico de las fracturas, realizado sobre los huesos largos humanos correspondientes a los 6 sitios arqueológicos estudiados, se exponen en la Tabla 12.3-3. Todas las fracturas —con excepción de dos casos correspondientes al sitio LB— exhiben bordes irregulares, característicos de fracturas que ocurrieron cuando el hueso ya se encontraba en estado seco. Exceptuando AC1, este atributo se combina con una baja representación de ángulos oblicuos y de perfil curvo o en V (Figura 13.3-20), generalmente asociados a fracturas frescas (Johnson 1985; Morlan 1984; Villa y Mahieu 1991). En el caso particular de AC1, la predominancia de ángulos oblicuos (51,4%) podría deberse a que, como se trata de un entierro secundario de huesos largos alineados, la fracturación pudo haber ocurrido en momentos *post mortem* pero cuando el hueso aún contenía

suficiente colágeno como para dejar ese tipo de ángulos (v.g. durante el traslado o manipulación del entierro); sin embargo, es necesario que todas las variables se comprendan en conjunto.

Respecto de la circunferencia de la diáfisis, más del 70% de los casos de cada uno de los sitios analizados la conserva completa y la misma proporción presenta un largo menor a la mitad de la diáfisis. La relación observada entre estas dos variables muestra que, en todos los sitios, los fragmentos presentan un largo menor a la mitad original de la diáfisis y, en general, conservan la circunferencia de la diáfisis completa o casi completa (Figura 12.3-21). Esta relación es la misma que describen Villa y Mahieu (1991) para dos conjuntos óseos conformados por fracturas causadas por presión de los sedimentos en uno de los casos, y por procesos vinculados con las tareas de excavación, en el otro.

Sitio	Cant. de elementos	Cant. de fracturas	Ángulo			Perfil			Filo/borde	Circunf. De la diáfisis			Frag. De la diáfisis				
			recto	oblicuo	recto y oblicuo	transversa	curva o v	intermedia		< a la mitad	> a la mitad	completa	< a 1/4	entre 1/4 y 1/2	entre 1/2 y 3/4	> a 3/4	
CC	12	27	18	2	7	2	2	23	0	27	0	8	19	2	16	6	3
LB	18	30	18	1	11	6	3	21	2	28	0	0	30	4	19	7	0
LT	8	11	7	0	4	0	4	7	0	11	0	0	11	1	7	3	0
FP	117	170	72	3	95	9	1	160	0	170	2	6	162	54	80	26	10
RSCII	54	202	92	54	56	28	10	164	0	202	20	14	168	88	92	20	2
AC1	12	37	18	19	3	3	4	30	0	37	0	0	37	8	20	7	2

Tabla 12.3-3. Resultados de las variables morfológicas relevadas en las fracturas de los huesos largos analizados.

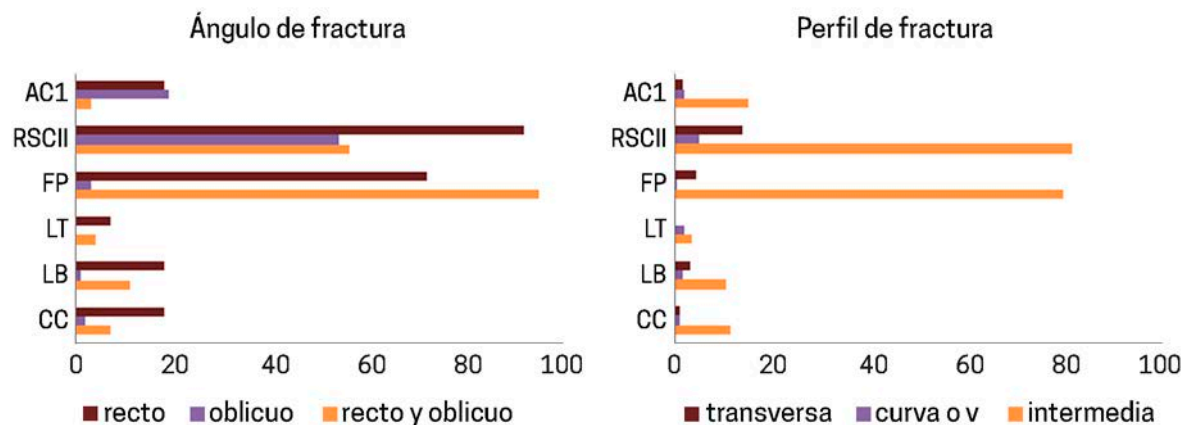


Figura 12.3-20. Frecuencias de ángulos y perfiles de fractura de cada uno de los sitios arqueológicos analizados.

Si se consideran todas las variables morfológicas en conjunto y se comparan los resultados con aquellos obtenidos por Villa y Mahieu (1991), se puede interpretar, de manera general, que las fracturas ocurridas en los sitios arqueológicos estudiados se originaron en momentos *post mortem*, o sea, durante los dominios diagenético y arqueológico (ver Apartado 1.2). Ahora bien, las mismas pueden haberse originado durante los procesos táficos y anatóxicos —con la influencia de factores tales como la compactación de sedimentos actuando sobre

huesos debilitados progresivamente— pero también durante los procesos sulégicos y tréficos. En este sentido, para establecer en qué momentos ocurrieron, o comenzaron a ocurrir, los procesos de fracturación en cada uno de los conjuntos óseos analizados, se ha realizado un análisis colorimétrico (Galligani 2017).

Si bien el color de la superficie fracturada no es un atributo que se releve comúnmente, algunos autores han propuesto que la distinción entre fracturas antiguas completas, fracturas incompletas

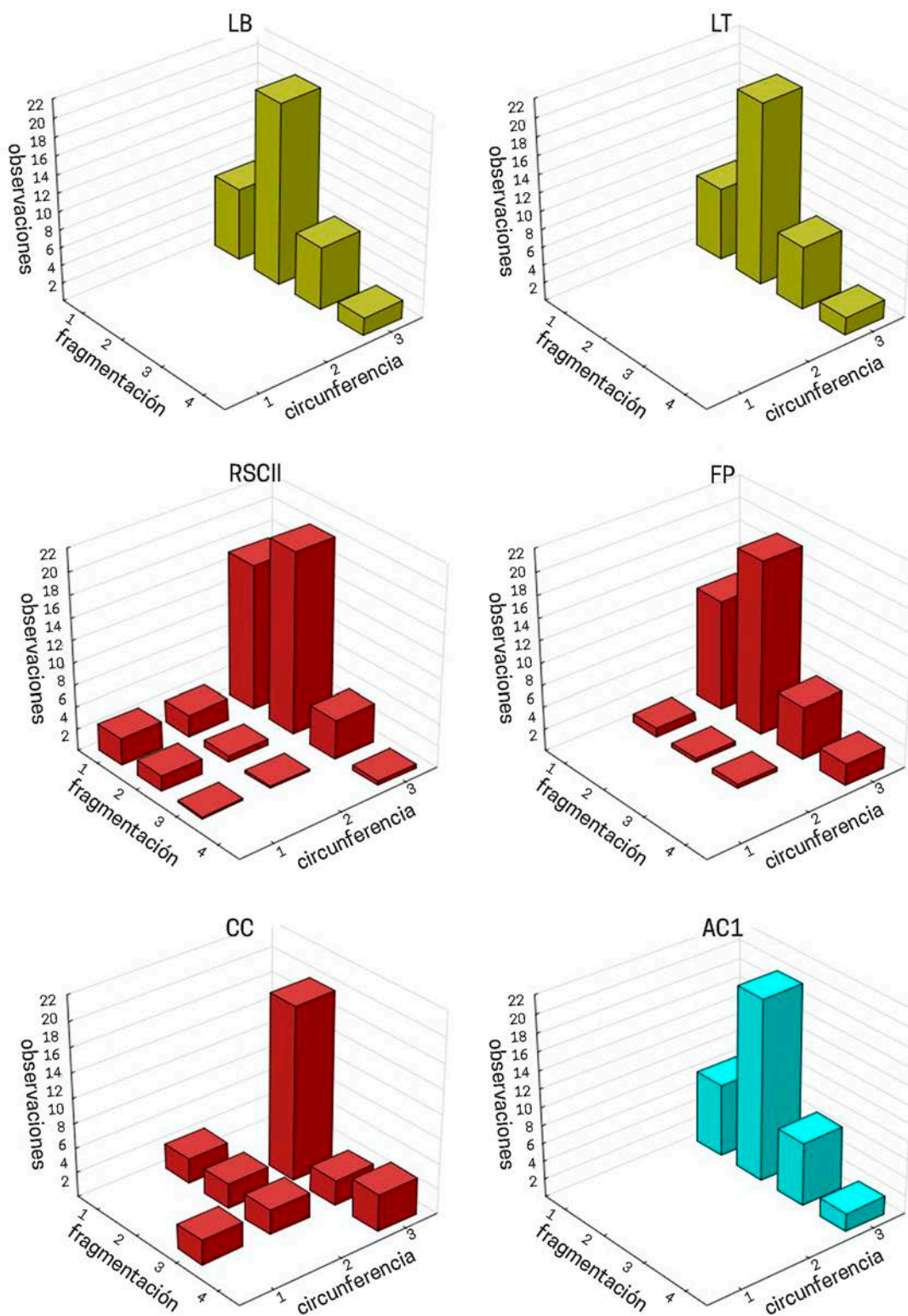


Figura 12.3-21. Relación circunferencia-fragmentación de la diáfisis del total de las fracturas analizadas, para cada uno de los sitios arqueológicos.

completadas recientemente y fracturas recientes, puede arrojar luz a la hora de identificar el momento de fracturación de un hueso. Esta aseveración se basa en la asunción de que las superficie de fracturas más claras que la capa cortical del hueso ocurrieron en momentos recientes, ya que no permitieron que el color de la superficie fracturada se iguale al del resto del elemento (Johnson 1985), mientras que aquellas que acontecieron mientras el hueso aún estuvo enterrado mostrarían el mismo color que la capa externa (Outram 1998). El mismo criterio puede plantearse para porciones de una misma fractura, la cual puede haber comenzado el proceso de fracturación mientras el hueso estaba enterrado (*i.e.* fractura incompleta) y terminar de quebrarse durante la excavación y/o limpieza del mismo; a estas las denominamos fracturas intermedias y se espera que posean una parte oscura y otra clara (Galligani 2017).

Así, el análisis realizado pudo establecer diferentes grupos de color (*i.e.* fracturas claras, fracturas con tonalidad intermedia y fracturas oscuras) que se vincularían con mayor o menor antigüedad del momento en que ocurrió —o comenzó a ocurrir— la fracturación (Figuras 12.3-22 y 12.3-23; Galligani 2017). De este modo, se puede concluir que el sitio FP es el que presenta, proporcionalmente, más fracturas claras, *i.e.* ocurridas durante los procesos sulégicos y tréficos. Los sitios AC1 y RSCII, por su parte, muestran proporciones similares de los tres tipos de coloración, o sea fracturas ocurridas en diferentes momentos *post mortem*, mientras que los sitios LB, LT y CC muestran



Figura 12.3-22. Representación esquemática de los 3 tipos de fracturas halladas: completa oscura, de origen antiguo (izquierda); incompleta (centro); completa clara, de origen reciente (derecha); debajo se indica la gama de colores que se esperaría hallar para cada una de ellas, a partir del análisis de color RGB.

menor proporción de fracturas claras. Por lo tanto, en estos últimos sitios los procesos que habrían influido en la generación de fracturas ocurrieron cuando los materiales estaban aún depositados en el suelo, probablemente por presión del sedimento o por otro tipo de agentes que actuaron durante los procesos táficos y/o anatóxicos. En los casos de FP, AC1 y RSCII, es probable que los procesos diagenéticos hayan debilitado a los materiales al punto tal de que se vuelvan muy susceptibles a fracturarse durante su manipulación, mientras que en LB, LT y CC los huesos resistieron mejor los procesos de excavación, limpieza y análisis.

Por último, en lo que respecta a las modificaciones y depositaciones excepcionales, el sitio que presentó más elementos con este tipo de efectos es LB, por lo que se tratará particularmente. En los restos humanos se hallaron depositaciones de óxido de hierro, relevadas como coloración marrón/rojiza, en un 66% de los huesos (Figura 12.3-24A). Esta tinción responde a la presencia de ese mineral en el río Paraná (Orellana y Bertoldi de Pomar 1969: 422) y a los ciclos de óxido-reducción que actuaron en el suelo

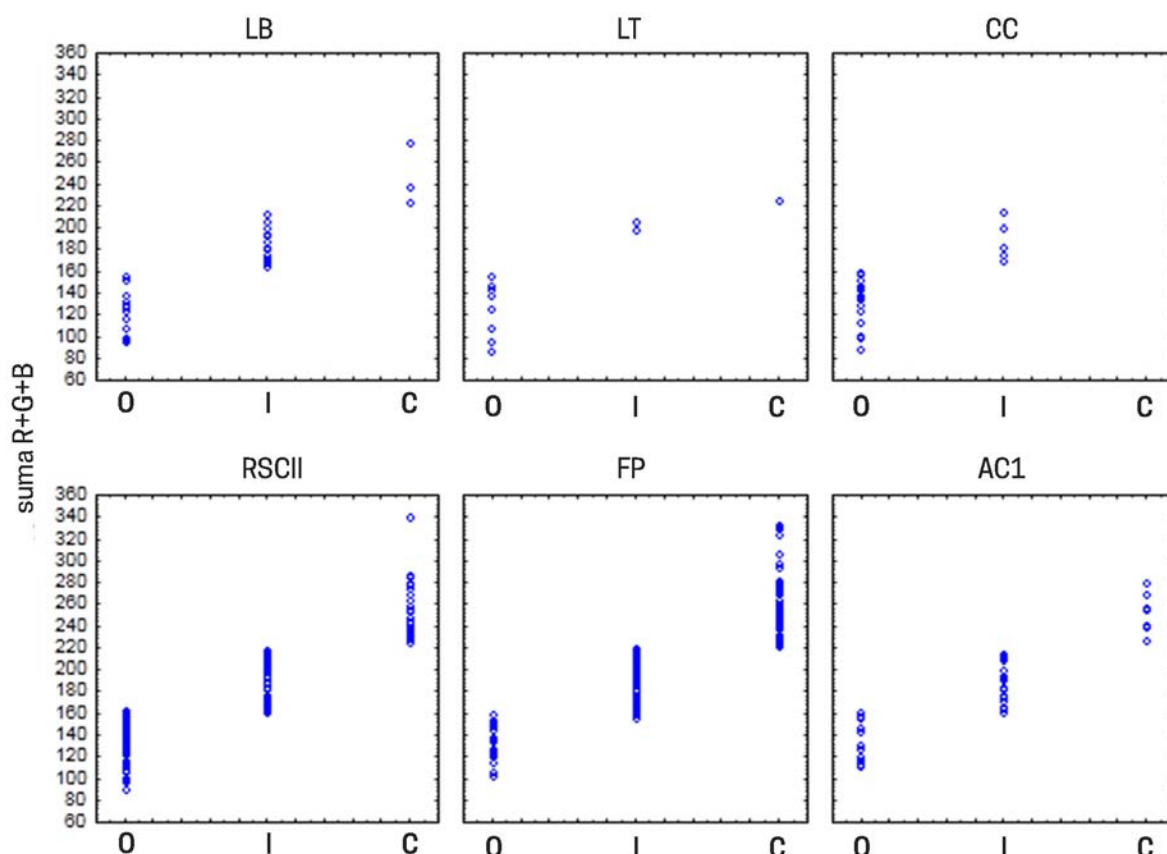


Figura 12.3-23. Distribución de las fracturas oscuras (O), intermedias (I) y claras (C), en cada uno de los sitios analizados, a partir del análisis de agrupamiento de medias K (tomada de Galligani 2017).

del sitio, los cuales permitieron que el Fe ingrese a la estructura ósea (Kendall *et al.* 2018). Del mismo modo, algunos elementos ( $n=2$ ) exhibieron adherencias de algún tipo de sal blanquecina, la cual podría tratarse de cloruro de sodio o sulfato de calcio (Figura 12.3-24B), también presente en el agua del río Paraná (Galligani *et al.* 2018). Excepcionalmente, en el mismo sitio se halló un hueso largo con marcas de pisoteo (Figura 12.3-24C).

En el caso del registro faunístico, se halló un 55,5% de huesos con algas de color verdoso (Figura 12.3-24D), abundantes en el río Paraná, el cual presenta gran diversidad y concentración de algas en los cauces menores y lagunas que alimentan

el sistema del río Paraná (Recorriendo Santa Fe 2009). También se hallaron dos elementos con presencia de sal blanquecina, uno con tinción roja/marrón, uno con rastros de quemado y siete con bivalvos adheridos (*Limnoperna fortunei*) (Figura 12.3-25). Si bien, como ya señalamos, se desconoce la influencia de este agente en la preservación ósea a largo plazo, constituye un buen indicador del ambiente de depositación de los materiales, específicamente de áreas inundables (Galligani *et al.* 2018).

En el mismo sitio se registraron dos elementos con efectos de abrasión geológica, la cual pudo haber ocurrido como consecuencia del movimiento de los huesos y del impacto constante del sedimento transportado por el

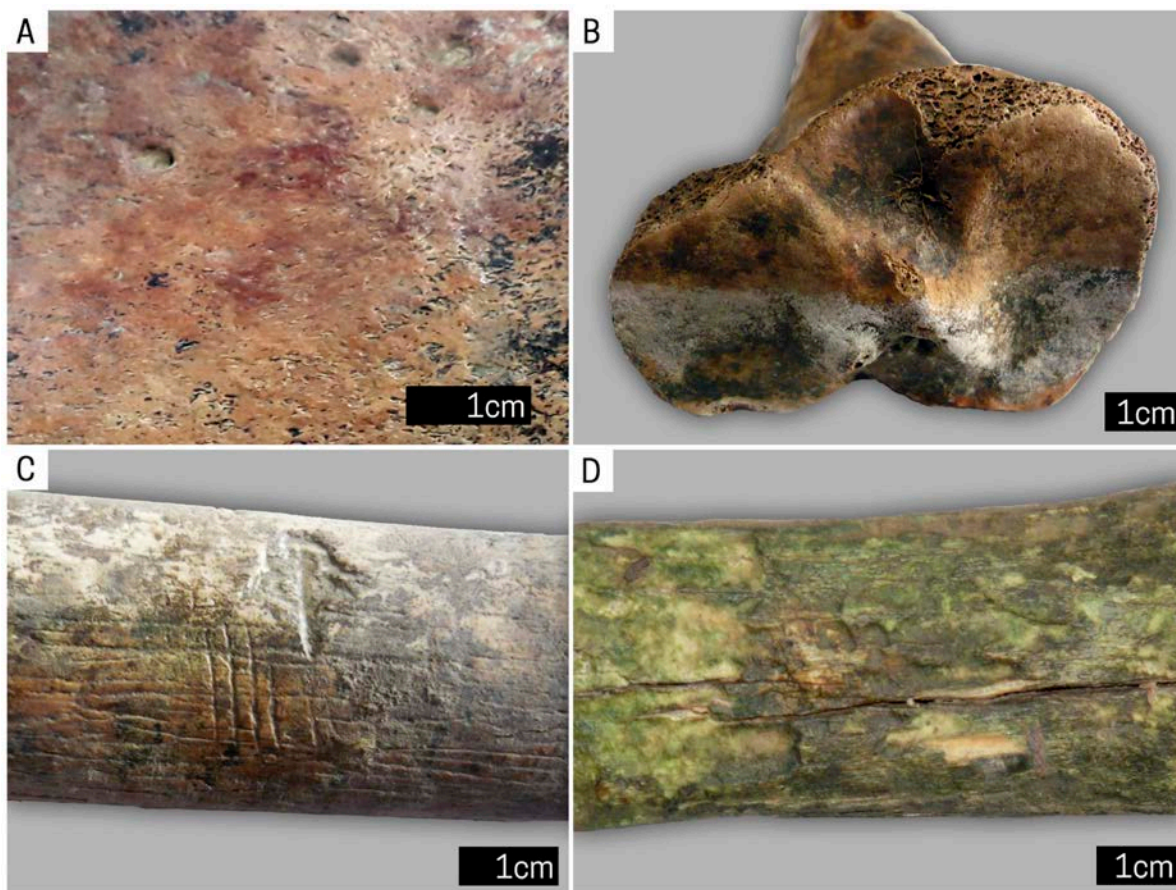


Figura 12.3-24. A) Deposición de óxido de hierro en una pelvis; B) sales en el extremo proximal de una tibia; C) marcas de pisoteo en una diáfisis de tibia; D) presencia de algas de color verdoso en un hueso de arqueofauna; todos correspondientes al sitio LB (LLAP).

agua (Behrensmeyer 1975; Gutiérrez 2004). En este sentido, el río Paraná transporta una gran carga sedimentaria —compuesta por limos y arcillas y, en menor medida, arenas medias y finas— que constituyen su carga de fondo y en suspensión intermitente (Marchetti *et al.* 2013). Diversos efectos de abrasión se observan también en el registro cerámico del sitio (ver Galligani *et al.* 2018).

La colección LTM también presentó modificaciones excepcionales, registrándose la presencia de ocre en 19 de los 20 elementos analizados. En la excavación realizada por un equipo de la Fundación Arqueológica del Litoral (FUNDARQ) en el año 1995, se visualiza una imagen con los huesos en el sedimento, completamente cubiertos de ocre

color rojo (ver apartado 7.4, Figura 7.4-3). En los elementos analizados se halló ocre color rojo y también naranja (Figura 12.3-26), cuya presencia se ha registrado en varios sitios del Nordeste Argentino, como parte de las prácticas mortuorias implicadas en los mismos (Ceruti y González 2007; Cornero 1999; Mazza y Loponte 2012; Scabuzzo *et al.* 2015).

Por otra parte, algunos elementos del sitio CC registran la presencia de pequeños hoyos y perforaciones cuya morfología sugeriría la acción de insectos, agentes no tenidos usualmente en cuenta en la explicación de las alteraciones tafonómicas en los huesos, una situación que ha comenzado a revertirse en los últimos años (v.g. Campos *et al.* 2019;

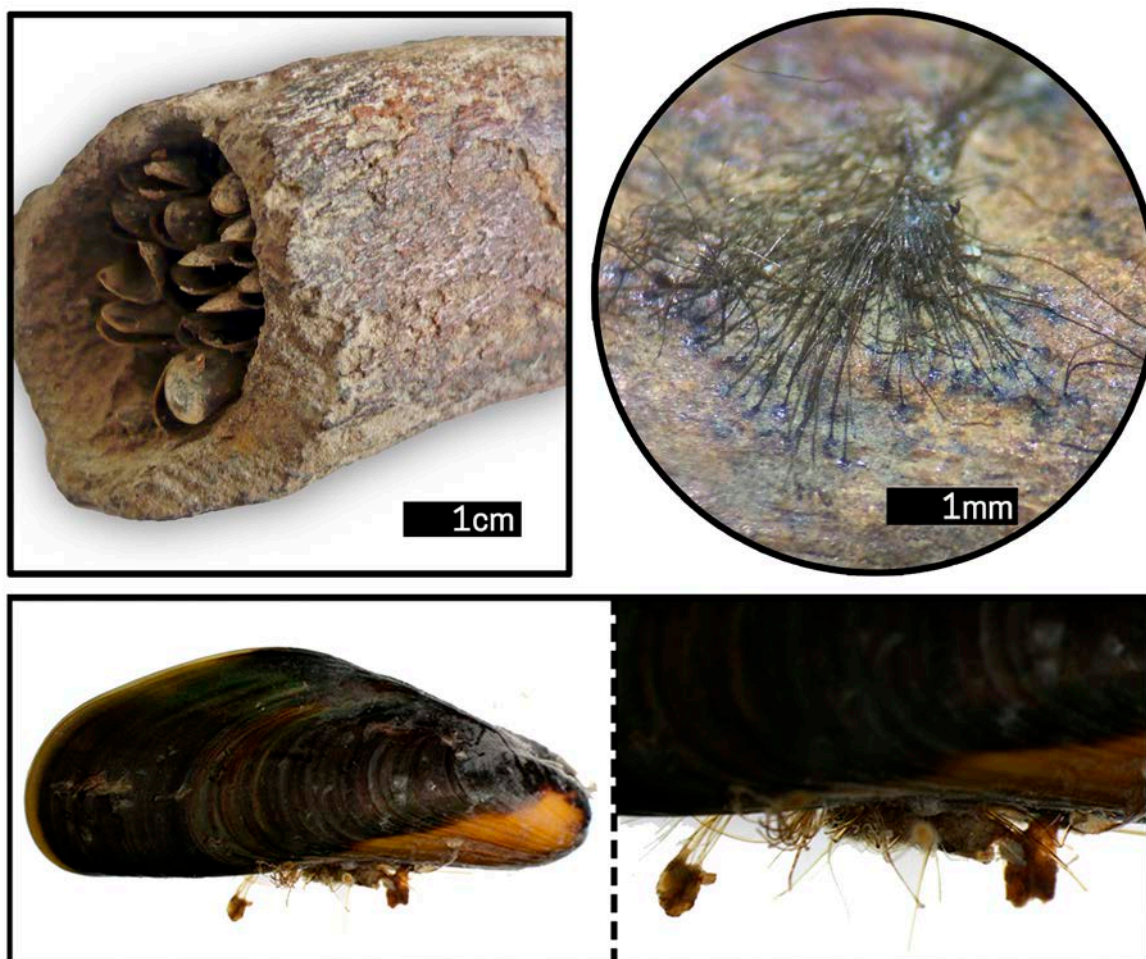


Figura 12.3-25. Arriba) *Limnoperna fortunei* adherida a un hueso largo del sitio LB; Abajo) imágenes de este bivalvo.



Figura 12.3-26. Falange con depositación de ocre color rojo y amarillo, perteneciente al sitio LTM (LLAP).

Di Donato y Del Papa 2010; Escosteguy *et al.* 2019). Para la determinación diferencial de los agentes probablemente implicados (v.g. derméstidos, termitas), deberán realizarse estudios comparativos detallados en el futuro.

Finalmente, se ha registrado una huella de corte en el espécimen de *Blastocerus dichotomus* recuperado en el sitio LT (Sartori 2013) y en la mandíbula correspondiente al entierro del infante hallado en el sitio AC1, éstas últimas localizados en el área de inserción tendinosa del músculo temporal (ver Apartado 7.2; Figura 7.2-10).

Si se consideran las zonas ambientales previamente definidas (*i.e.* LLAP, CCDA y CSDO), puede observarse que las variables actúan con diferente intensidad en cada una de ellas (Figura 12.3–27, Tabla 12.3-4). Para la mayor parte de las variables (con excepción de las marcas de raíces y el MnO<sub>2</sub>), la CSDO no presenta diferencias significativas con la LLAP, mientras que la CCDA es, para casi todas las variables (con excepción de las marcas de roedores, raíces y MnO<sub>2</sub>), significativamente diferente de las otras dos zonas. Estos resultados se discutirán en profundidad en el Capítulo 15.

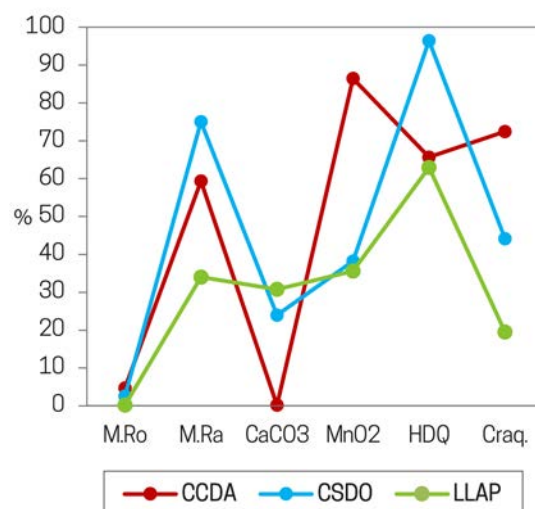


Figura 12.3-27. Porcentajes de presencia de las variables tafonómicas agrupadas por zonas establecidas *ad hoc*: CCDA=Margen derecha del río Coronda; CSDO=Cuenca del río Salado; LLAP= Llanura Aluvial del río Paraná.

M.Ro; Kruskal-Wallis test= 3,397059; p =,1830				CRAQ; Kruskal-Wallis test= 113,0898; p =0,000			
ZONAS	CCDA	LLAP	CSDO	ZONAS	CCDA	LLAP	CSDO
CCDA		0,544598	0,289312	CCDA		6,384097***	8,002615***
LLAP	0,544598		0,245969	LLAP	6,384097***		0,646659
CSDO	0,289312	0,245969		CSDO	8,002615***	0,646659	

M.Ra; Kruskal-Wallis test=24,91126; p =,0000				CaCO <sub>3</sub> ; Kruskal-Wallis test= 76,37969; p =,0000			
ZONAS	CCDA	LLAP	CSDO	ZONAS	CCDA	LLAP	CSDO
CCDA		3,057656**	2,121867	CCDA		4,270704**	3,212967**
LLAP	3,057656**		4,248908**	LLAP	4,270704**		1,206039
CSDO	2,121867	4,248908**		CSDO	3,212967**	1,206039	

HDQ; Kruskal-Wallis test=22,06783; p =,0000				MnO <sub>2</sub> ; Kruskal-Wallis test= 14,01953; p =,0009			
ZONAS	CCDA	LLAP	CSDO	ZONAS	CCDA	LLAP	CSDO
CCDA		3,431847**	2,909844*	CCDA		2,711000*	0,136187
LLAP	3,431847**		0,718069	LLAP	2,711000*		2,431223*
CSDO	2,909844*	0,718069		CSDO	0,136187	2,431223*	

(\*) p< 0,05; (\*\*) p< 0,01; (\*\*\*) p< 0,00

Tabla 12.3–4. Comparaciones múltiples de las frecuencias de cada variable entre zonas ambientales: M.Ro = Marcas de roedores; M.Ra = Marcas de raíces; HDQ = Hoyos de disolución química; CRAQ = Craquelado; CCDA = Margen derecha del río Coronda; CSDO = Cuenca del río Salado; LLAP = Llanura Aluvial del río Paraná (prueba de Kruskal-Wallis y análisis *post-hoc* basado en comparaciones múltiples a partir de la suma de rangos).



## 13| MODIFICACIONES MICROESTRUCTURALES

### 13.1| Bioerosión ósea

#### 13.1.1| Introducción

Bioerosión, un término introducido por primera vez en la literatura científica por el oceanógrafo estadounidense A. C. Neumann (Neumann 2008; Wisshak 2006; Wisshak y Tapanila 2008), significa la eliminación de sustratos minerales o líticos consolidados por la acción directa de organismos (Neumann 1966: 92). Este proceso, que puede implicar la acción de una variedad de micro y macroorganismos (Le Grand y Fabricius 2011), se produce en muchos entornos y en diferentes sustratos, tales como carbonatos marinos, madera, rocas y huesos (Wisshak 2006). Precisamente, el término bioerosión se emplea de manera creciente en la literatura arqueológica y de las ciencias forenses para referirse a una de las cuatro vías diagenéticas identificadas por Smith *et al.* (2007) en restos óseos (ver Apartado 2.3), es decir, el ataque microbiano o biodegradación.

El aspecto más obvio de la acción microbiana sobre huesos humanos y faunísticos procedentes de contextos arqueológicos es el debilitamiento de la estructura a través de

la excavación de túneles, aunque existen otros efectos relacionados tales como la eliminación del colágeno, la alteración de la fracción inorgánica, la modificación de la señal isotópica biogénica y la pérdida de ADN (Kendall *et al.* 2018). Es por eso que el conocimiento sobre el papel de los microorganismos en la historia diagenética de cualquier conjunto óseo es crucial para: 1) entender el rango de procesos postdeposicionales que pueden haberlo afectado, 2) planificar y ejecutar investigaciones osteológicas de manera informada y racional y 3) realizar acciones apropiadas de conservación y curación de los materiales recuperados.

Después del trabajo pionero de Wedl (1864), Roux (1887) y Schaffer (1895), tradicionalmente se creyó que, en entornos terrestres, la bioerosión ósea se debe a la acción de hongos y bacterias (v.g. Davis 1997; Hackett 1981; Jans 2008; Jans *et al.* 2004; Marchiafava *et al.* 1974; Pesquero *et al.* 2010; Turner-Walker 2012). Sin embargo, recientes exámenes críticos de los artículos de Wedl (1864) y Marchiafava *et al.* (1974) sugieren que no hay evidencia concluyente

de que los hongos realmente tengan el potencial de destruir la microestructura ósea al utilizar material del hueso como fuente de nutrientes (Kendall *et al.* 2018: 27-28; Turner-Walker 2012: 167, 180). Sin embargo, este problema aun no está resuelto, ya que hay datos experimentales (Fernández-Jalvo *et al.* 2010: 73, Figs. 3 y 8) que sugieren que ciertos tipos de hongos pueden producir bioerosión mediante la producción de túneles denominados, en honor a su descubridor, túneles “Wedl” (Hackett 1981), aunque la metodología y los resultados de esta investigación aún no se han publicado de manera completa. En cualquier caso, según lo indicado por Jans (2008: 401) y lo observado por otros autores en muestras tanto arqueológicas como experimentales (v.g. Garland *et al.* 1988; Grupe y Dreses-Werringloer 1993; Hollund *et al.* 2012, 2018; Jackes *et al.* 2001; Morales *et al.* 2017, 2018b; Piepenbrink 1986), las estructuras fúngicas se encuentran regularmente en huesos arqueológicos no necesariamente asociados a cualquier tipo de túnel, lo que sugiere que ciertos hongos usan frecuentemente el hueso como medio en vez de como fuente de nutrientes.

Si bien existe controversia sobre el papel de los hongos en la bioerosión ósea, hay pocas dudas de que las bacterias están involucradas en este proceso: bacterias aeróbicas en ambientes terrestres y cianobacterias en entornos marinos y de agua dulce (Bell 2012; Bell *et al.* 1991; Davis 1997; Pesquero *et al.* 2010; Turner-Walker 2012). En un estudio clásico e influyente, Hackett (1981: 243-244) reunió los diferentes patrones de perforación

bajo el nombre colectivo de “destrucción focal microscópica” (DFM). Clasificó los atribuibles a las bacterias (denominados por otros autores como “destrucción focal microscópica no Wedl”; Fernández-Jalvo *et al.* 2010) (en adelante DFMNW) en tres tipos:

- ▶ lineal longitudinal;
- ▶ florecida (*budded*);
- ▶ lamelada (*lamellate*) (Hackett 1981: 250-260) (Figura 13.1.1-1).

Los túneles lineales longitudinales aparecen, en secciones transversales, como pequeños focos redondeados de 5-10  $\mu\text{m}$  de diámetro; aunque la mayoría de estos túneles son longitudinales, algunos son horizontales (Hackett 1981: 253). Al igual que los otros tipos de DFMNW, estos túneles están rodeados por un borde hipermineralizado, producto de la redepositación del mineral del hueso de manera subsiguiente a un proceso de desmineralización por acción microbiana (Hackett 1981: 243). Los túneles florecidos, en sección transversal, aparecen como

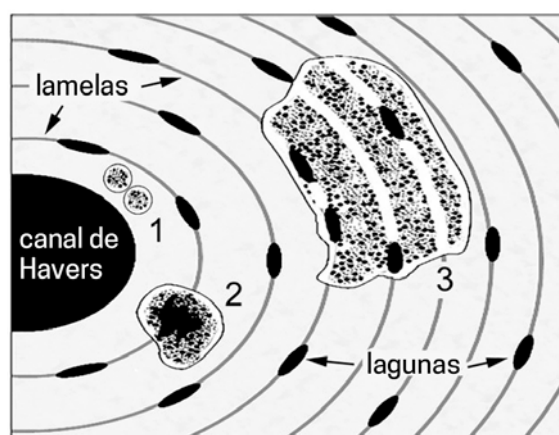


Figura 13.1.1-1. Representación esquemática de los tres tipos de destrucciones focales microscópicas no Wedl (DFMNW): 1) lineal longitudinal, 2) florecida y 3) laminada (tomada de Galligani *et al.* 2019b).

focos redondeados (Hackett 1981: 255) más grandes (30-60  $\mu\text{m}$  de diámetro) y de forma más irregular que los túneles lineales longitudinales (Jans 2008: 403). Los focos laminados suelen ser redondeados, pero aquellos más grandes suelen estar curvados para ajustarse al patrón subcircular de las laminillas o lamelas del sistema de Havers; varían de 10-20  $\mu\text{m}$  a 60  $\mu\text{m}$  (ancho) x 250  $\mu\text{m}$  (distancia de cuerda máxima) (Damann y Jans 2017; Hackett 1981) y son siempre más numerosos hacia la superficie cortical del hueso (Hackett 1981: 256).

Desde principios de la década de 1990, el uso creciente de la microscopía electrónica de barrido en modo de electrones retrodifundidos (MEB-ERD), que es capaz de detectar diferencias en la densidad en el material observado (Egerton 2005; Goodhew *et al.* 2001), permitió una mejor caracterización de los cambios en los niveles micro y submicroestructurales en general, y de las DFMNW en particular. Por ejemplo, se ha descubierto que muchas de las DFMNW tienen una estructura interna compuesta por un gran número de túneles interconectados de ancho submicrónico (400-800 nm). Dichos túneles están limitados a una zona discreta (diámetro entre 10 y 40  $\mu\text{m}$ ) encerrados por un borde de mayor densidad. Este borde forma parte de una región hipermineralizada, resultante de la disolución y redistribución de la hidroxiapatita dentro de las zonas afectadas (Kendall *et al.* 2018). Este mineral redepositado también rellena, por lo general, el área intermedia entre los poros submicrónicos (Bell *et al.* 1991, 1996; Jackes *et al.* 2001; Turner-Walker *et al.* 2002). Este conjunto

recurrente de rasgos ha sido denominado por Turner-Walker *et al.* (2002: 407) “porosidad espongiiforme submicrónica” (Figura 13.1.1-2), constituyendo actualmente la firma diagnóstica del ataque bacteriano en el tejido de los huesos arqueológicos (Jans 2008; 2014; Jans *et al.* 2004; Turner-Walker 2012; Turner-Walker y Jans 2008; Turner-Walker *et al.* 2002).

Los datos provenientes de la zona templada de Europa indican que los huesos de animales de presa —que normalmente ingresan en los depósitos sedimentarios desprovistos de tejidos blandos— son menos susceptibles de sufrir ataque bacteriano que los huesos humanos, particularmente aquellos depositados como entierros primarios (Jans *et al.* 2004; Kars y Kars 2002). En efecto, sobre la base de estudios experimentales y observacionales (*v.g.* Mant 1987; White y Booth 2014), algunos autores propusieron que la bioerosión microbiana depende más de factores tafonómicos que determinan la forma en que los huesos entran en depósitos sedimentarios (es decir,

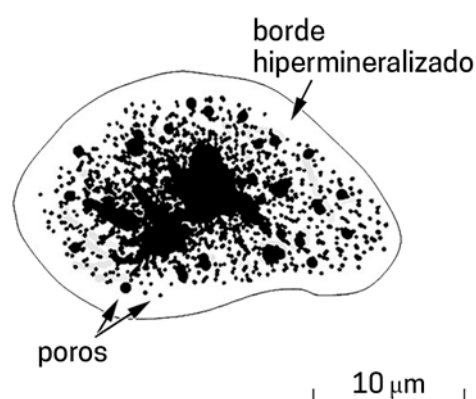


Figura 13.1.1-2. Representación de una DFMNW de tipo florecida, donde se aprecia la porosidad espongiiforme submicrónica característica del ataque bacteriano (tomada de Galligani *et al.* 2019b)

como parte de cuerpos completos o como restos desarticulados y deshuesados) que por las propiedades del suelo en sí (Booth 2016; Jans 2008; Jans *et al.* 2004; Nielsen-Marsh *et al.* 2007; Smith *et al.* 2007).

El modelo de bioerosión denominado “endógeno” (Bell 1995; Bell *et al.* 1996; Booth 2016; Brönnimann *et al.* 2018; Child 1995a; Damann y Jans 2017; Guarino *et al.* 2006; Hollund *et al.* 2012; Huisman 2009; Jans 2008, 2014; Jans *et al.* 2004; Nielsen-Marsh *et al.* 2007; Trueman y Martill 2002; White y Booth 2014), establece un vínculo estrecho entre los eventos que ocurren inmediatamente después de la muerte de un vertebrado y el proceso de bioerosión ósea, considerando que las bacterias involucradas en este último provienen principalmente del tracto gastrointestinal del cadáver en descomposición. Dentro de este marco interpretativo, la autólisis y la putrefacción se consideran los precursores necesarios para la colonización de los huesos por microorganismos capaces de producir túneles y cavitaciones (Damann y Jans 2017). Como corolario se considera que, como la mayoría de los restos de huesos faunísticos y algunos humanos (*v.g.* entierros secundarios) entran en depósitos arqueológicos ya desarticulados y desprovistos de tejidos blandos —con la consiguiente falta de bacterias intestinales en el entorno inmediato del entierro— no puede producirse una bioerosión significativa (Booth 2016, 2017; Jans *et al.* 2004).

El modelo parcialmente alternativo, el “exógeno”, afirma que en algunos entornos o condiciones de entierro particulares, la mayoría de las bacterias responsables

de la bioerosión ósea son las que ya están presentes en los suelos (Balzer *et al.* 1997; Dixon *et al.* 2008; Fernández-Jalvo *et al.* 2010; Grine *et al.* 2015; Grupe y Dreses-Werringloer 1993; Grupe *et al.* 1993; Kendall *et al.* 2018; Kontopoulos *et al.* 2016; Turner-Walker 2012). Como ejemplo, podemos mencionar un estudio reciente realizado por Morales *et al.* (2017, 2018b) sobre 65 muestras arqueológicas (Holoceno tardío) de animales y humanos del sur de la Región Pampeana en la provincia de Buenos Aires (*ca.* 32° S), que muestra que la mayoría de los huesos faunísticos y humanos, independientemente del tipo de entierro del que provengan, presenta evidencias de ataque bacteriano, en muchos casos extremo. Estos datos permiten la consideración de una fuente exógena de bacterias atacantes de los huesos que opera junto con, o quizás incluso en ausencia de, una fuente endógena (para un caso similar en Europa, ver Mulville *et al.* 2011). Reducir el problema a la elección entre uno u otro modelo es, probablemente, una simplificación excesiva en vista de la complejidad del proceso de descomposición microbiana de los cadáveres, en el que las bacterias que intervienen son ubicuas, estando presentes tanto en los cadáveres como en los suelos en densidades diferentes, pero cambiantes, a lo largo de la fase inicial del período post mortem (Hyde *et al.* 2017; Keenan *et al.* 2018; Metcalf *et al.* 2015, 2016). De hecho, es probable que, en muchos casos, ambas fuentes de bacterias contribuyan igualmente a la bioerosión ósea e, incluso, que la importancia relativa de cualquiera de ellas varíe en función de

alguna variable ambiental relevante, como la temperatura (v.g. una mayor contribución de las bacterias exógenas a medida que la temperatura del suelo y los patrones de actividad microbiana relacionados con ella aumentan, y a la inversa; Barrientos *et al.* 2018; Galligani *et al.* 2019b).

Debates como el arriba referido resaltan la necesidad de efectuar una mayor cantidad de trabajos observacionales y experimentales de naturaleza actualística, así como de ampliar el alcance geográfico de las investigaciones sobre bioerosión ósea, particularmente para incluir zonas con climas más húmedos y más cálidos que los investigados en Europa (Kars y Kars 2002). Esto permitiría obtener una comprensión más profunda y matizada del espectro de variación que presenta la bioerosión en relación con diferentes combinaciones de los factores intrínsecos (v.g. sexo, edad, estado de salud *in vivo*; Assis *et al.* 2015) y extrínsecos (v.g. humedad, temperatura, biomasa y actividad microbiana del suelo) que influyen sobre la integridad histológica de los huesos en los depósitos arqueológicos (Kendall *et al.* 2018: 32-33; Morales *et al.* 2018b: 783, 789). Teniendo esto en cuenta, el objetivo principal del estudio llevado a cabo en el marco de la presente investigación es doble: por un lado, identificar los patrones de bioerosión bacteriana en muestras de hueso humanas y faunísticas del área de estudio, que presenta características climáticas mucho más cálidas que las de la Europa templada y, por otro, evaluar el grado en que la bioerosión desempeña un papel, de forma aislada o en combinación con otros factores,

en la explicación del estado de conservación de los diferentes conjuntos óseos analizados.

### 13.1.2 | Materiales y métodos

Para evaluar la bioerosión ósea se seleccionaron 37 muestras—25 pertenecientes a huesos humanos y 12 a elementos faunísticos—de todos los sitios arqueológicos estudiados, para luego observarlos con el uso de microscopía electrónica de barrido (MEB), modo de imágenes de electrones secundarios (Tabla 13.1.2–1).

En los casos en que fue posible, se cortaron secciones mediales de fémur (n= 19; 76%) o alguna porción del mismo elemento (n= 1; 4%). Cuando los fémures no estaban disponibles, se seleccionó una porción de diáfisis de tibia (n= 4; 16%) o de húmero (n= 1; 4%). Las muestras proceden de entierros primarios (n= 10; 40%), secundarios (n=8; 32%) e indeterminados (n= 7; 28%). Respecto de las muestras arqueofaunísticas, cinco corresponden a la clase Mammalia, tres al orden Artiodactyla y cuatro a la especie *Blastocerus dichotomus* (ciervo de los pantanos); en todos los casos, se seleccionaron fragmentos o astillas de huesos largos, en su mayoría indeterminados en términos anatómicos estrictos.

Para la preparación de las muestras, se cortaron fragmentos de aproximadamente 6 mm x 6 mm x el espesor de la diáfisis, con la ayuda de un torno manual provisto de un disco cortante. El procedimiento de muestreo se planificó cuidadosamente para resultar mínimamente invasivo, por lo que sólo se seleccionaron elementos ya fragmentados. En cada caso, los cortes para extraer la

N°	Sitio	Taxon	Elemento	Tipo de entierro	MEB			
					Philips XL 30	Leitz AMR 1000	FEI Quanta 200	Jeol JSM-6360LV
23	RSCII	<i>H. sapiens</i>	femur	primario		X		
24	RSCII	<i>H. sapiens</i>	femur	primario	X			X
25	RSCII	<i>H. sapiens</i>	femur	primario		X		X
26	RSCII	<i>H. sapiens</i>	femur	primario	X			
27	RSCII	<i>H. sapiens</i>	femur	primario	X	X		X
28	RSCII	<i>H. sapiens</i>	femur	primario		X		X
29	RSCII	<i>H. sapiens</i>	femur	secundario	X	X		
30	RSCII	Mammalia	diáfisis indet	-		X		
31	RSCII	Mammalia	diáfisis indet	-		X		
32	RSCII	Mammalia	diáfisis indet	-		X		
34	RSCII	<i>H. sapiens</i>	femur	primario		X		
16	FP	<i>H. sapiens</i>	tibia	indet		X		
17	FP	<i>H. sapiens</i>	femur	indet		X	X	
18	FP	<i>H. sapiens</i>	femur	primario		X		
19	FP	<i>H. sapiens</i>	femur	primario		X		
20	FP	<i>B. dichotomus</i>	tibia?	-		X	X	
33	FP	<i>H. sapiens</i>	femur	indet		X		
1	CC	<i>H. sapiens</i>	tibia	secundario		X		
2	CC	<i>H. sapiens</i>	femur	secundario		X		
3	CC	<i>H. sapiens</i>	femur	primario		X		
4	CC	<i>H. sapiens</i>	femur	secundario		X		
5	CC	<i>H. sapiens</i>	tibia	secundario		X		
6	CC	Artiodactyla	diáfisis indet	-		X	X	
35	CC	Artiodactyla	diáfisis indet	-		X		
7	LT	<i>B. dichotomus</i>	diáfisis indet	-		X	X	
8	LT	<i>B. dichotomus</i>	femur	-		X		
9	LT	<i>H. sapiens</i>	femur	secundario?		X		
10	LT	<i>H. sapiens</i>	tibia	secundario?		X		
11	LT	<i>H. sapiens</i>	humerus	secundario?		X		
36	LT	Mammalia	diáfisis indet	-		X		
37	LT	Mammalia	diáfisis indet	-		X		
12	LB	<i>H. sapiens</i>	femur	indet		X		
13	LB	<i>H. sapiens</i>	femur	indet		X		
14	LB	<i>H. sapiens</i>	femur	indet		X		
15	LB	<i>B. dichotomus</i>	humerus	-		X	X	
21	AC1	<i>H. sapiens</i>	femur	secundario		X	X	
22	AC1	Artiodactyla	tibia	-		X	X	

Tabla 13.1.2-1. Muestras seleccionadas para el análisis histológico: N° de identificación, sitio, determinación taxonómica y anatómica, tipo de entierro en el caso de las muestras humanas y MEBs utilizados para las observaciones.

muestra comenzaron en un frente de fractura ya disponible; después de producir los cortes longitudinales correspondientes a los laterales de la muestra, se indujo una nueva fractura transversal, cuya superficie fue preparada, sin pulir, para ser observada en un MEB. De manera previa a la extracción de las muestras, se fotografió cada elemento óseo seleccionado.

Cada muestra fue sometida a un proceso de limpieza siguiendo el protocolo desarrollado por Morales *et al.* (2018b: 785-786), cuyos pasos se detallan a continuación:

1) cada muestra se sumergió en un recipiente con líquido limpiador de cristales, cuyos componentes son agua, propilénglicol n-butil éter (pnb), alquilpoliglucósidos (apg) (tensioactivo no iónico), tensioactivo aniónico, citrato de sodio, perfume, hidróxido de amonio, colorante y conservante;

2) cada recipiente se colocó dentro de un dispositivo ultrasónico portátil (limpiador de lentes de contacto, frecuencia 45 kHz) con agua, durante 10' 30'';

3) se extrajeron las muestras y sus superficies fueron frotadas con un cepillo de cerdas suaves durante 2';

4) luego, se volvió a colocar las muestras en sus respectivos recipientes con líquido limpiador, realizándose otro ciclo de ultrasonido, esta vez de 5' 30'' de duración;

5) a continuación, las muestras se extrajeron y enjuagaron con alcohol absoluto, colocándose las luego en un recipiente lleno de este producto y sometidas a un último ciclo de ultrasonido por 5' 30'';

6) cada muestra fue colocada dentro de una pequeña bolsa ziploc abierta, para favorecer la evaporación del alcohol;

7) finalmente, una vez seca la muestra, se cerró la bolsa y se la almacenó dentro de un contenedor de poliestireno expandido (Figura 13.1.2-1).

La observación de las muestras se realizó en cuatro microscopios de barrido electrónico diferentes: 1) Philips XL 30 (Museo Argentino de Ciencias Naturales; Buenos Aires); 2) Leitz AMR 1000 (Instituto de Física Rosario; Rosario); 3) FEI Quanta 200 (Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido, Instituto de Física Rosario; Rosario); 4) Jeol JSM-6360LV (Servicio de Microscopía Electrónica de Barrido, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata; La Plata). La mayoría de las muestras fueron observadas en los últimos dos equipos.

De acuerdo con los requisitos de cada microscopio, las muestras se prepararon con o sin recubrimiento metálico (para el Leitz AMR 1000 se recubrieron con oro y, para el Philips XL 30, con oro/paladio). Las muestras metalizadas se observaron a alto vacío, mientras que las no metalizadas se observaron bajo presión variable (1-97 Pa), con un voltaje de aceleración típico, pero no exclusivo, de 10-20 keV y a una distancia de trabajo variable, principalmente situada entre 14 y 24 mm. Las observaciones y las imágenes se realizaron con detectores de electrones secundarios y retrodispersados (ES y ERD, respectivamente), estos últimos en modo de composición y de sombra, a

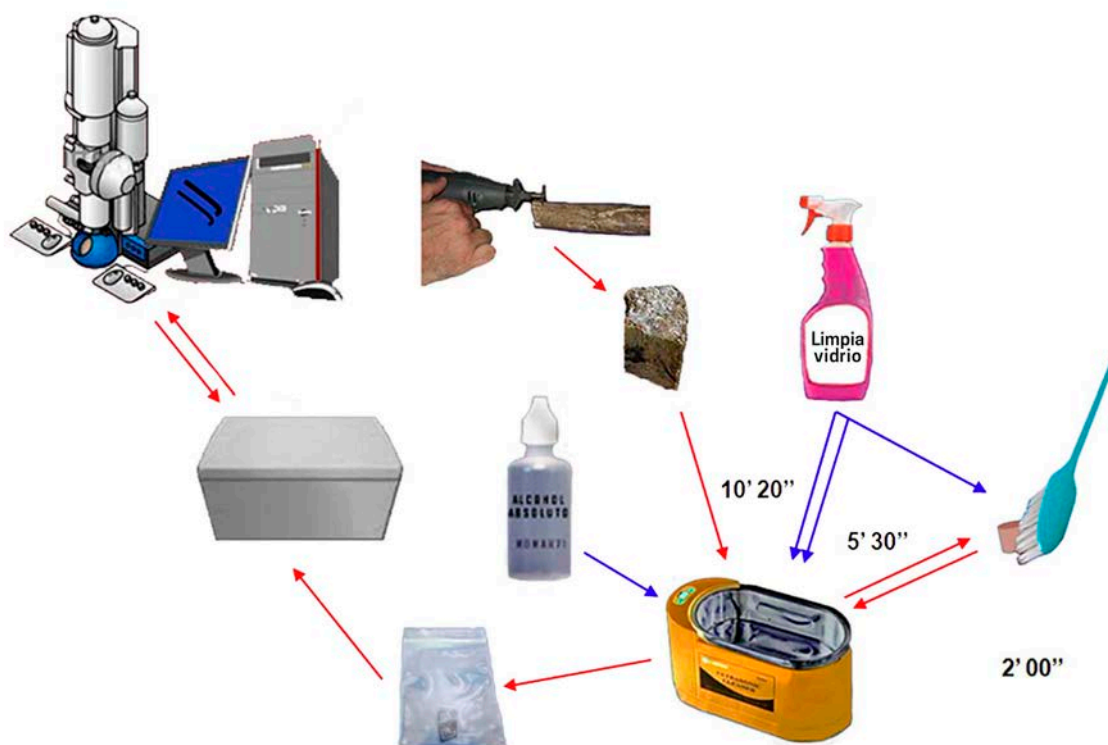


Figura 13.1.2-1. Pasos seguidos para el corte, limpieza y observación de las muestras óseas en el MEB (modificada de Morales *et al.* 2018b).

magnificaciones situadas entre 20× y 2400×, aunque el rango más utilizado fue entre 200× y 500×.

La bioerosión microbiana se evaluó de forma cualitativa y semicuantitativa. En el primer caso, se inspeccionaron cuidadosamente las micrografías obtenidas con detectores de ES y ERD en busca de DFMNW y otras áreas con porosidad esponjiforme submicrónica. En el segundo caso, el grado de bioerosión se evaluó utilizando el índice histológico de Oxford (IHO) (Hedges *et al.* 1995; Tabla 13.1.2-2). Si bien la evaluación del mismo es subjetiva, se especifica que se logró un acuerdo entre diferentes observadores en pruebas ciegas (Hedges *et al.* 1995: 203), las cuales se replicaron para este estudio. Aunque este índice no considera ni el tipo

ni la morfología de los focos destructivos y otras alteraciones diagenéticas (Brönnimann *et al.* 2018), puede considerarse una medida general útil de la integridad histológica con fines comparativos.

Para comparar la preservación macroscópica con la microscópica, antes de la extracción de las muestras, se fotografió a cada hueso seleccionado y se evaluó su estado general de conservación, considerando —además de la disolución química y el craquelado ya descritos— otras tres variables ordinales:

- ▶ fracturas/fisuras (F/F);
  - ▶ friabilidad (F);
  - ▶ pérdida de resistencia a la tracción (PRT)
- (Figura 13.1.2-2).

Índice	% aprox. de hueso intacto	Descripción
0	< 5%	No hay elementos originales identificables, con excepción de los canales de Havers.
1	< 15%	Pequeñas áreas bien preservadas o alguna estructura lamelar conservada.
2	< 33%	Estructura laminar bien preservada entre focos destructivos.
3	> 67%	Preservación de algunas lagunas.
4	> 85%	Sólo algunos focos destructivos aunque en general estructura bien preservada.
5	> 95%	Muy buena preservación, prácticamente indistinguible de hueso fresco.

Tabla 13.1.2-2. Valores del Índice Histológico de Oxford (IHO) (Hedges *et al.* 1995).

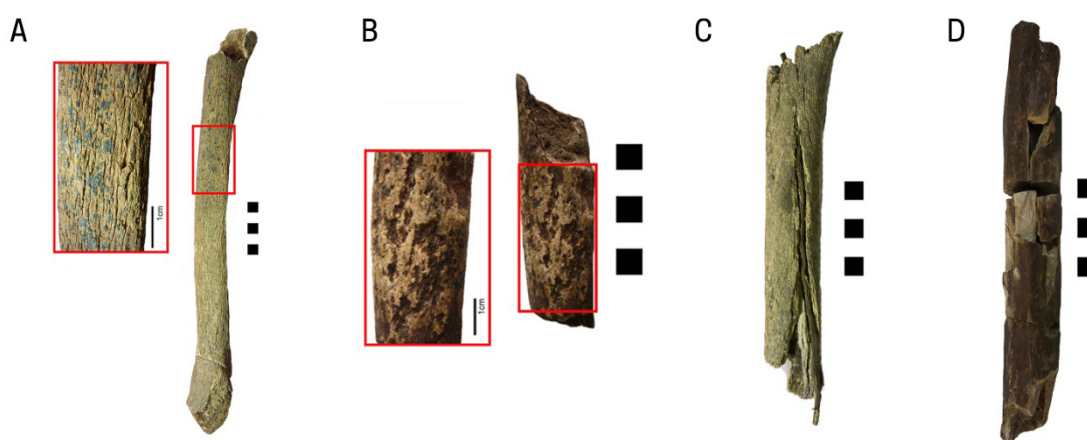


Figura 13.1.2-2. Variables utilizadas para calcular el Índice de Preservación Macroestructural (IPM): A) craquelado; B) hoyos de disolución química (HDQ); C) fracturas/fisuras (F/F); D) pérdida de resistencia a la tracción (PRT) (tomada de Galligani *et al.* 2019b)

A cada uno de los atributos mencionados, se les asignó un valor que va de 1 a 0, según su grado de expresión creciente (*i.e.* en términos de cantidad en el primer caso y de acuerdo a una apreciación basada en la palpación de la muestra en los dos últimos). La evaluación de cada variable se realizó mediante la inspección visual y la manipulación de los huesos, sin la ayuda de ningún dispositivo especial. Sólo se evaluaron aquellos huesos o fragmentos de más de 5 cm, no considerándose las astillas más pequeñas. Las calificaciones otorgadas se sumaron para obtener un puntaje compuesto, denominado índice de preservación macroestructural

(IPM), el cual varía, al igual que el IHO, entre 5 (excelente conservación) y 0 (muy mala conservación).

Una vez obtenidos los datos, se calculó la distribución de las frecuencias relativas y absolutas del IHO y se evaluó su correlación con el IPM mediante el coeficiente de correlación no paramétrico de Kendall ( $\alpha = 0,01$ ), que es una alternativa al  $\rho$  de Spearman para medir la correlación entre órdenes de rangos (Hauke y Kossowski 2011; Kendall 1948). Con el IHO y las cinco variables ordinales utilizadas para calcular el MPI, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (índice de

similitud euclidiano, sistema de coordenadas tridimensional) para evaluar el grado de similitud entre las muestras de cada sitio y las relaciones entre el grado de preservación macro y microestructural del hueso (Borg y Groenen 2005). Los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico libre Past 3.22 (Hammer *et al.* 2001).

De forma complementaria, se registraron variables relacionadas con las características y la dinámica de los ambientes de entierro, como la presencia de áreas rellenadas por minerales foráneos y de framboides de pirita dentro de los poros de los huesos — estos últimos indicadores de ambientes anóxicos, tales como los suelos anegados— (Fernández-Jalvo y Andrews 2016; Hollund *et al.* 2012; Turner-Walker 1999, 2009, 2012; Turner-Walker y Jans 2008), así como de diferentes tipos de microfisuras o grietas (Hollund *et al.* 2012; Jans 2005), clasificadas según la propuesta de Pfretzschner y Tütken (2011: 121). También se prestó especial atención a la detección de restos microbianos, tales como células bacterianas y estructuras fúngicas (*v.g.* hifas, micelios y esporas), que informan tanto acerca de las propiedades del ambiente sedimentario de los huesos en su etapa diagenética, así como del ambiente de almacenamiento con posterioridad a su excavación (Hollund *et al.* 2012; Jackes *et al.* 2001; Jans 2008).

### 13.1.3| Resultados y discusión

Las observaciones sólo pudieron realizarse en 32 muestras, ya que en las cinco restantes —en su mayoría extraídas de astillas de huesos de fauna— el

pretratamiento de limpieza realizado no proporcionó superficies adecuadas para la obtención de imágenes en MEB. Por otro lado, los diferentes microscopios utilizados permitieron distintos grados de acercamiento a los detalles histológicos, ya que la resolución y los modos en los que trabaja cada equipo varían. Sin embargo, todos permitieron la asignación del IHO y la visualización de los detalles necesarios para el análisis propuesto (Figura 13.1.3-1). Sólo en los casos en los que se registraron materiales extraños (*v.g.* hifas), se tomaron micrografías específicas con el equipo FEI Quanta 200 (IFIR, UNR-CONICET), que es el que proporciona la mayor resolución a altos aumentos.

En todas las muestras se registró algún grado de deterioro histológico, no hallándose ninguna que corresponda al grado 5 del IHO (*i.e.* preservación similar a un hueso moderno) (Tabla 13.1.3-1). En general, los valores varían entre 4 y 0 (Figura 13.1.3-2), mostrando una distribución bimodal, con una moda principal (37,5%) en 3 y una moda secundaria (25%) en 0 (Figura 13.1.3-3).

Con respecto de las variables cualitativas relevadas, en aquellos casos en los que la intensidad del ataque microbiano fue relativamente baja (IHO 4-3), se pudieron identificar las tres clases de DFMNW (Figura 13.1.3-4A). En un caso (FP-N°17; Figura 13.1.3-4B), se detectaron túneles longitudinales y transversales cerca de un canal de Havers, con una morfología atípica que no se ajusta a las descripciones habituales de DFM (*v.g.* Jans 2008; Trueman y Martill 2002). Estos túneles tienen una

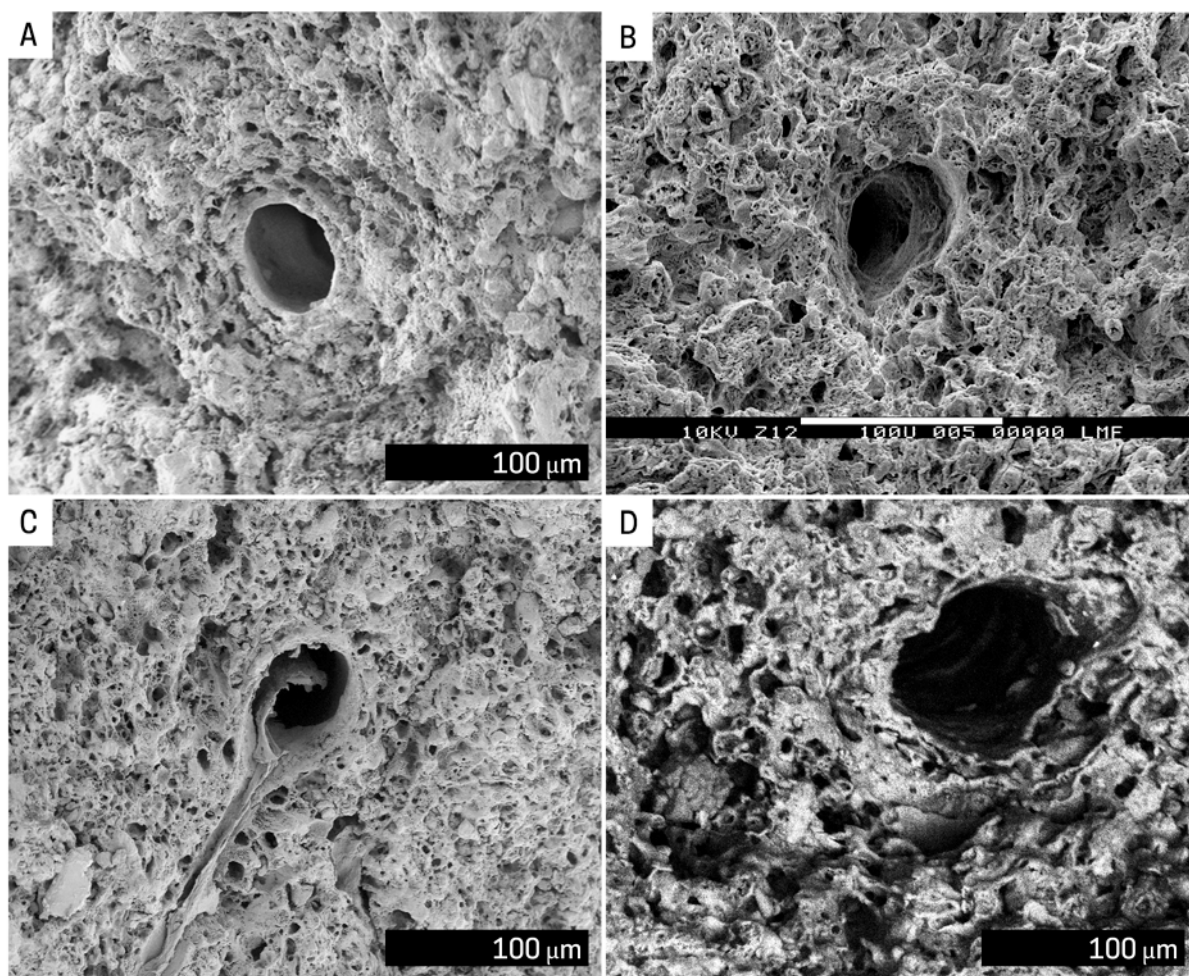


Figura 13.1.3-1. Ejemplos de imágenes obtenidas con los diferentes microscopios utilizados para el análisis: A) *Philips XL 30* (Museo Argentino de Ciencias Naturales; Buenos Aires); B) *Leitz AMR 1000* (Instituto de Física Rosario; Rosario); C) *FEI Quanta 200* (Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido, Instituto de Física Rosario; Rosario); D) *Jeol JSM-6360LV* (Servicio de Microscopía Electrónica de Barrido, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata; La Plata).

sección transversal irregular y una sección longitudinal apuntada hacia el extremo más cercano al canal de Havers, con un borde electrónicamente denso de grosor uniforme y un ancho total de 6-7  $\mu\text{m}$ .

Relativamente pocas muestras exhiben microfisuras diagenéticas ( $n=6$ ; 18.8%), hallándose los siguientes tipos (*sensu* Pfretzschner y Tütken 2011): a) radial, que une los bordes de los osteones secundarios (LT-N°7); b) radial, desde el canal de Havers hacia el exterior (AC1-N°22); c) circunferencial (FP-N°16, FP-N°17, FP-N°18, FP-N°19) (Figura 13.1.3-5). Las

muestras FP-N°16 y FP-N°17 combinan los tipos B y C. El tipo A reflejaría condiciones acuáticas, mientras que los tipos B y C son indicativos de un grado creciente de aridez, características que se corresponden, en términos generales, con el ambiente de depositación de las muestras (Pfretzschner y Tütken 2011: 121). También se encontraron otras microfisuras, más grandes que las descritas y sin un patrón discernible, las cuales probablemente se hayan generado durante los procesos de preparación de las muestras (*i.e.* artefactos de la técnica).

En relación con la presencia de materiales

N°	Sitio	IPM	IHO	HDQ	CRAQ.	F/F	F	PRT
23	RSCII	3,0	0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0
24	RSCII	3,0	3	0,0	0,5	0,5	1,0	1,0
25	RSCII	3,5	0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0
26	RSCII	3,5	1	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0
27	RSCII	2,0	4	0,0	0,0	0,5	1,0	0,5
28	RSCII	4,0	0	1,0	0,5	0,5	1,0	1,0
29	RSCII	2,5	0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,5
30	RSCII	indet.	1	indet.	indet.	indet.	indet.	indet.
31	RSCII	indet.	indet.	indet.	indet.	indet.	indet.	indet.
32	RSCII	indet.	indet.	indet.	indet.	indet.	indet.	indet.
34	RSCII	1,5	3	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5
16	FP	2,0	3	1,0	0,0	0,0	0,5	0,5
17	FP	4,0	3	1,0	0,5	0,5	1,0	1,0
18	FP	2,0	3	1,0	0,0	0,0	0,5	0,5
19	FP	2,0	3	1,0	0,0	0,0	0,5	0,5
20	FP	4,5	3	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0
33	FP	2,0	4	1,0	0,0	0,0	0,5	0,5
1	CC	2,5	0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,5
2	CC	3,5	1	0,0	1,0	0,5	1,0	1,0
3	CC	3,5	0	0,0	1,0	0,5	1,0	1,0
4	CC	4,0	0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0
5	CC	3,5	1	0,0	1,0	0,5	1,0	1,0
6	CC	indet.	indet.	indet.	indet.	indet.	indet.	indet.
35	CC	indet.	indet.	indet.	indet.	indet.	indet.	indet.
7	LT	4,0	4	0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
8	LT	4,0	4	0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
9	LT	3,5	3	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0
10	LT	4,0	2	0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
11	LT	3,5	3	0,0	1,0	0,5	1,0	1,0
36	LT	indet.	indet.	indet.	indet.	indet.	indet.	indet.
37	LT	indet.	4	indet.	indet.	indet.	indet.	indet.
12	LB	3,5	2	1,0	0,0	0,5	1,0	1,0
13	LB	4,0	1	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0
14	LB	4,5	3	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0
15	LB	4,5	3	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0
21	AC1	3,5	0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5
22	AC1	4,5	3	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0

Tabla 13.1.3-1. Resultados obtenidos de las variables medidas en las muestras óseas: (IPM) Índice de preservación macroestructural; (IHO) Índice Histológico de Oxford; (HDQ) Hoyos de Disolución Química; (CRAQ.) craquelado; (F/F) presencia de fracturas/fisuras; (F) friabilidad; (PRT) pérdida de resistencia a la tracción.

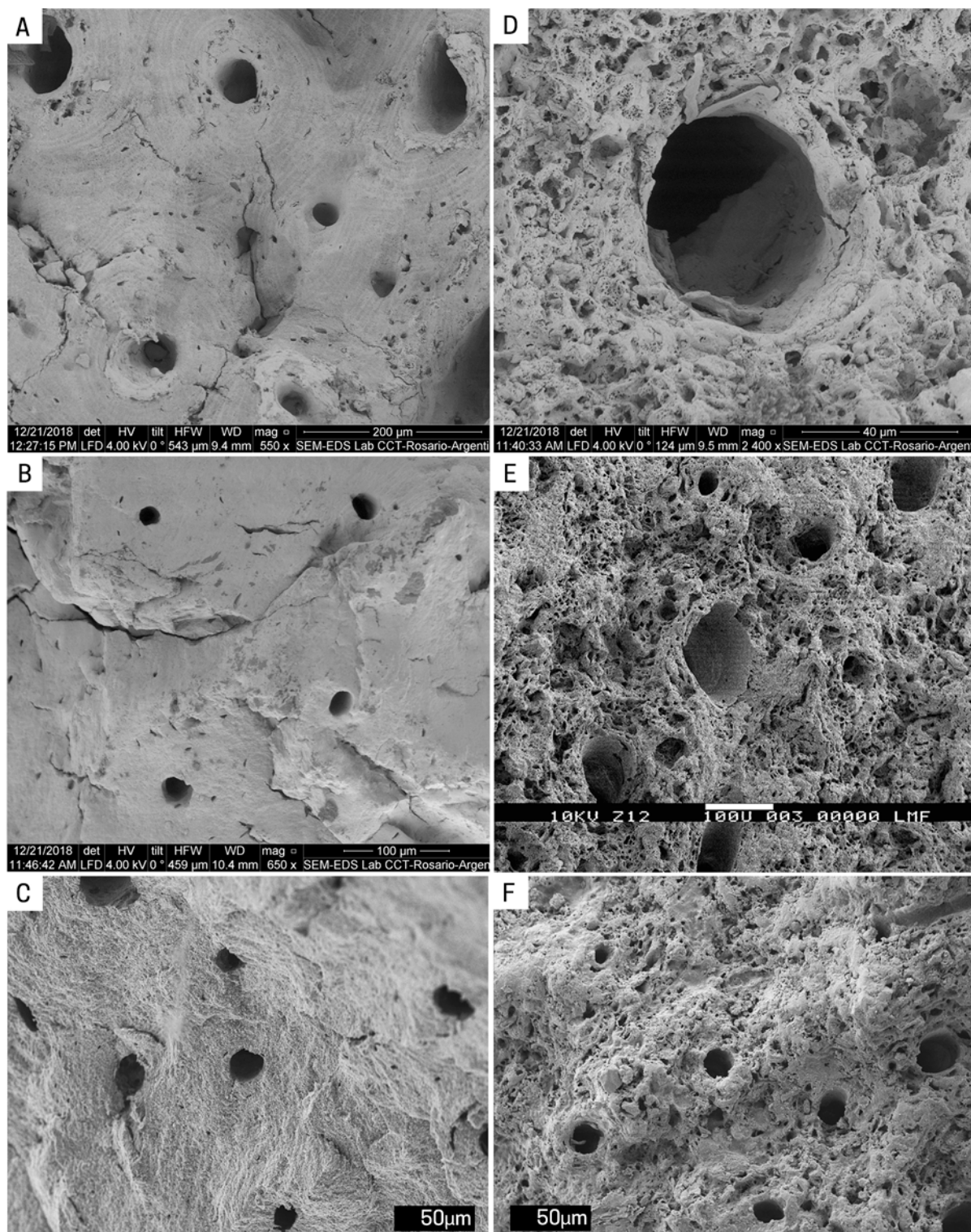


Figura 13.1.3-2. Ejemplos de los extremos del índice histológico hallados en las muestras analizadas: A-C = muy buena preservación (IHO= 4); A) FP-N°17, MEB: *FEI Quanta 200*; B) LT-N°7, MEB: *FEI Quanta 200*; C) RSCII-N°27, MEB: *Philips XL 30*; E-F = muy mala preservación (IHO= 0): D) AC1-N°21, MEB: *FEI Quanta 200*; E) CC-N°4, MEB: *Leitz AMR 1000*; F) RSCII-N°26, MEB: *Philips XL 30*.

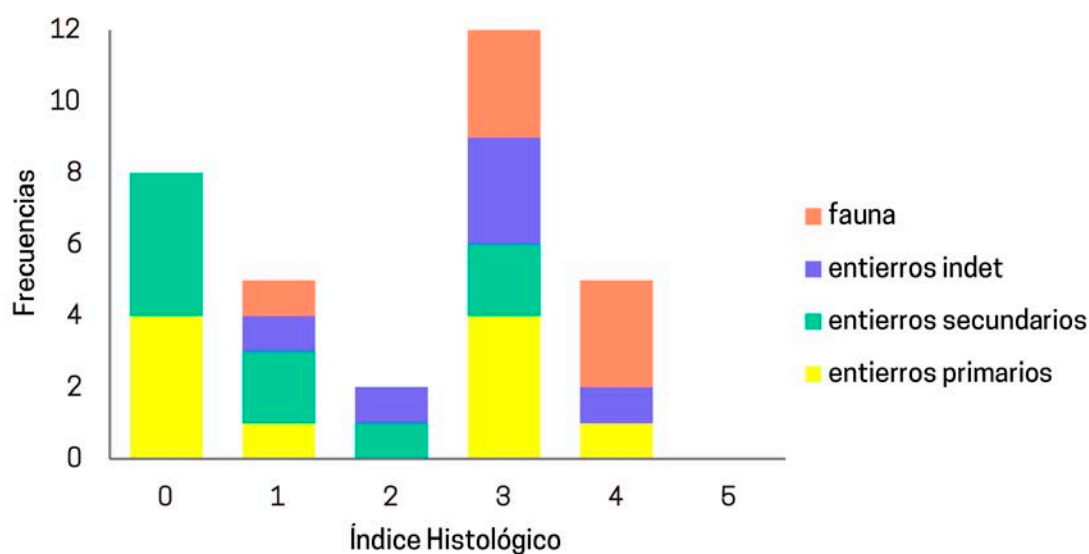


Figura 13.1.3-3. Distribución de frecuencias de los valores del IHO, discriminadas por categorías *ad hoc*.

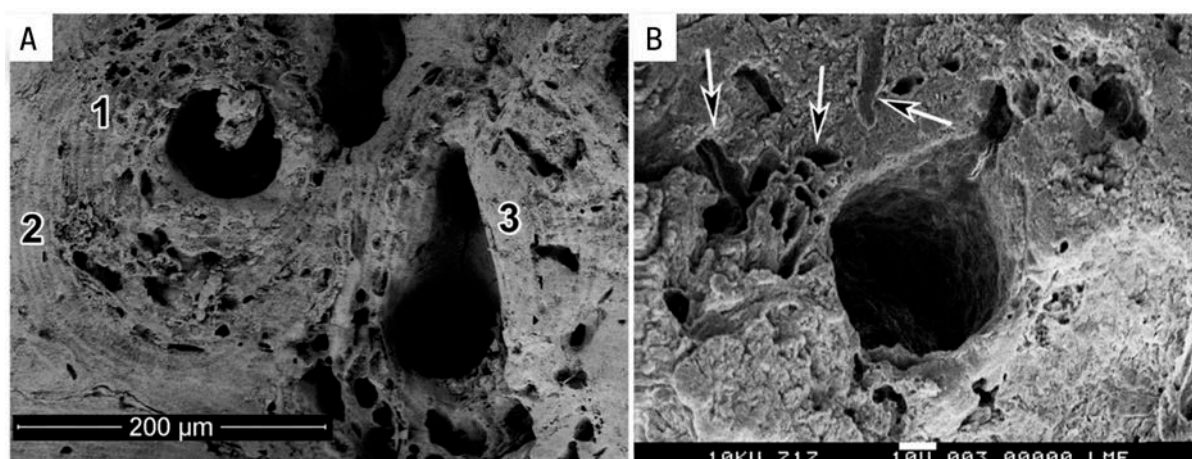


Figura 13.1.3-4. Ejemplos de bioerosión: A) micrografía que muestra los tres tipos de DFMNW: (1) lineal longitudinal, (2) florecida, (3) lamelada; también se observan huecos vacíos entorno a los canales de Havers (FP-N°17, MEB: FEI Quanta 200); B) túneles con morfología y orientación atípicas (flechas) (FP-N°17, MEB: Leitz AMR 1000) (tomada de Galligani *et al.* 2019b).

extraños al hueso, seis muestras (LB-S13, LB-S15, RSCII-S25, RSCII-S26, RSCII-S27, RSCII-S28 y RSCII-S29) presentaron estructuras fúngicas que probablemente se correspondan con restos deshidratados y encogidos de hifas de diferentes tamaños; Figura 13.1.3-6). Es factible que la presencia de estos materiales se haya originado por una colonización posterior a la excavación, durante el almacenamiento de las muestras, ya que

aquellas en las que se registraron estuvieron temporariamente depositadas en el subsuelo del Museo de Ciencias Naturales de La Plata (FCNyM, UNLP), donde diferentes estudios han mostrado la presencia de una variada micobiota (*v.g.* Borrego Alonso *et al.* 2011, Borrego Alonso y Perdomo Amistad 2014; Mallo *et al.* 2017; Nitiu *et al.* 2015). No se encontraron crecimientos de cristales ni estructuras framboidales en ninguna de las secciones histológicas examinadas.

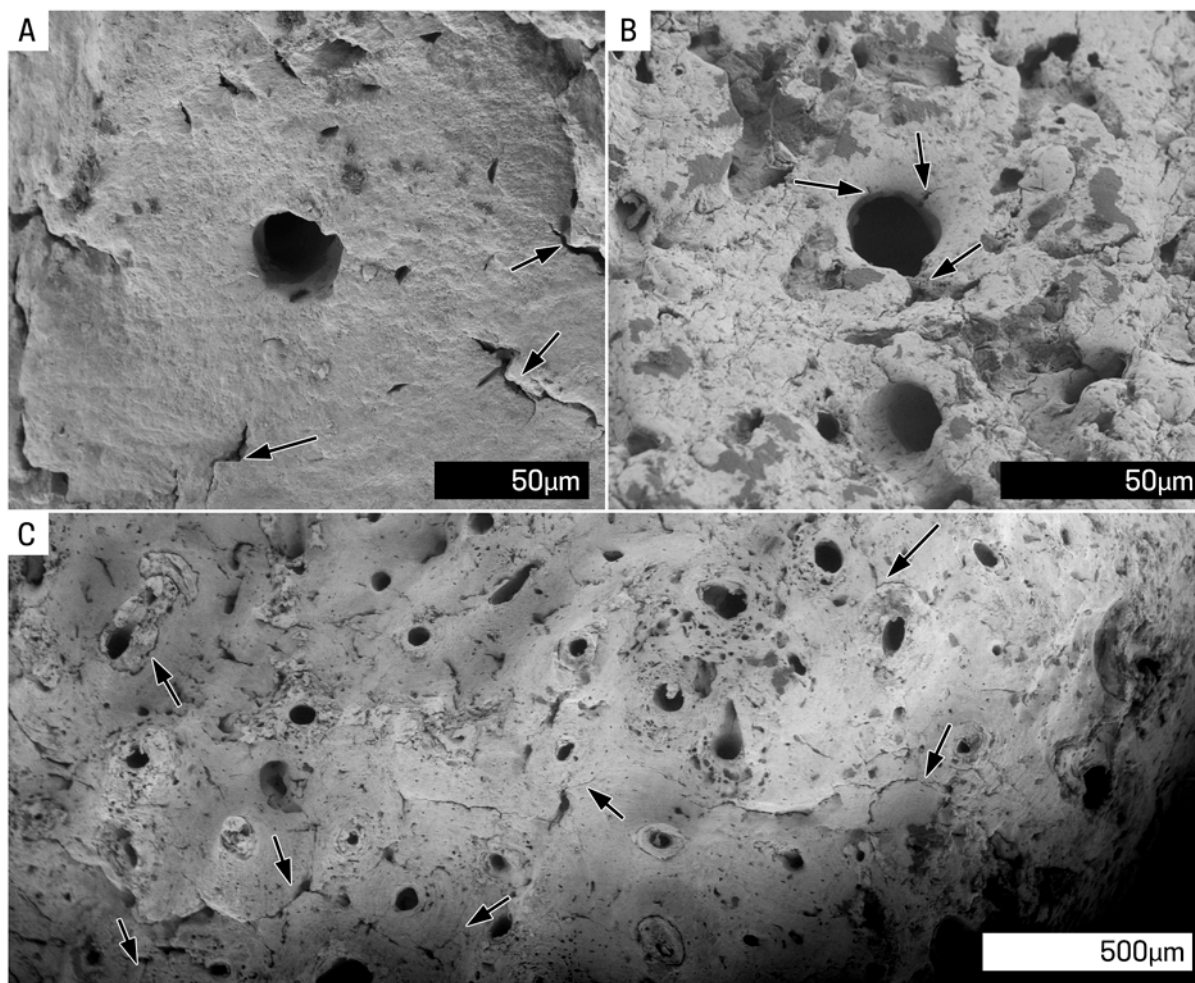


Figura 13.1.3-5. Ejemplos de microfisuras diagenéticas: A) radial, que une los bordes de los osteones secundarios (LT-N°7); B) radial, desde el canal de Havers hacia el exterior (AC1-N°22); C) circunferencial (FP-N°17); MEB: FEI Quanta 200.

Por otro lado, no se hallaron diferencias apreciables ni en el tipo ni en el grado de alteración histológica entre los huesos humanos (procedentes de entierros primarios, secundarios e indeterminados) y los de fauna (Figura 14.1.3-7). Una situación similar se observa en el sur de la Región Pampeana (Morales *et al.* 2017, 2018b), lo cual sugiere que, al menos en estas dos subregiones, los huesos tienen una alta probabilidad de ser atacados por bacterias independientemente de la forma en que ingresan a los depósitos sedimentarios (*i.e.* como parte de cadáveres enteros o como elementos desarticulados, desprovistos de otros tejidos). Estas evidencias

estarían apoyando, al menos en principio, más al modelo exógeno de bioerosión que al endógeno, aunque se requieren aun más observaciones para tomar una decisión al respecto, particularmente sobre huesos de fauna (Barrientos *et al.* 2018; Galligani *et al.* 2019b).

No se encontró correlación entre los órdenes de rangos de preservación histológica y macroestructural (IHO vs. IPM:  $\tau$  de Kendall = 0.0029101,  $p = 0.98198$ ). La Figura 14.1.3-8 es un gráfico bivariado de las dos primeras coordenadas resultantes de un análisis de escalamiento multidimensional no métrico, utilizando seis variables ordinales (IHO y

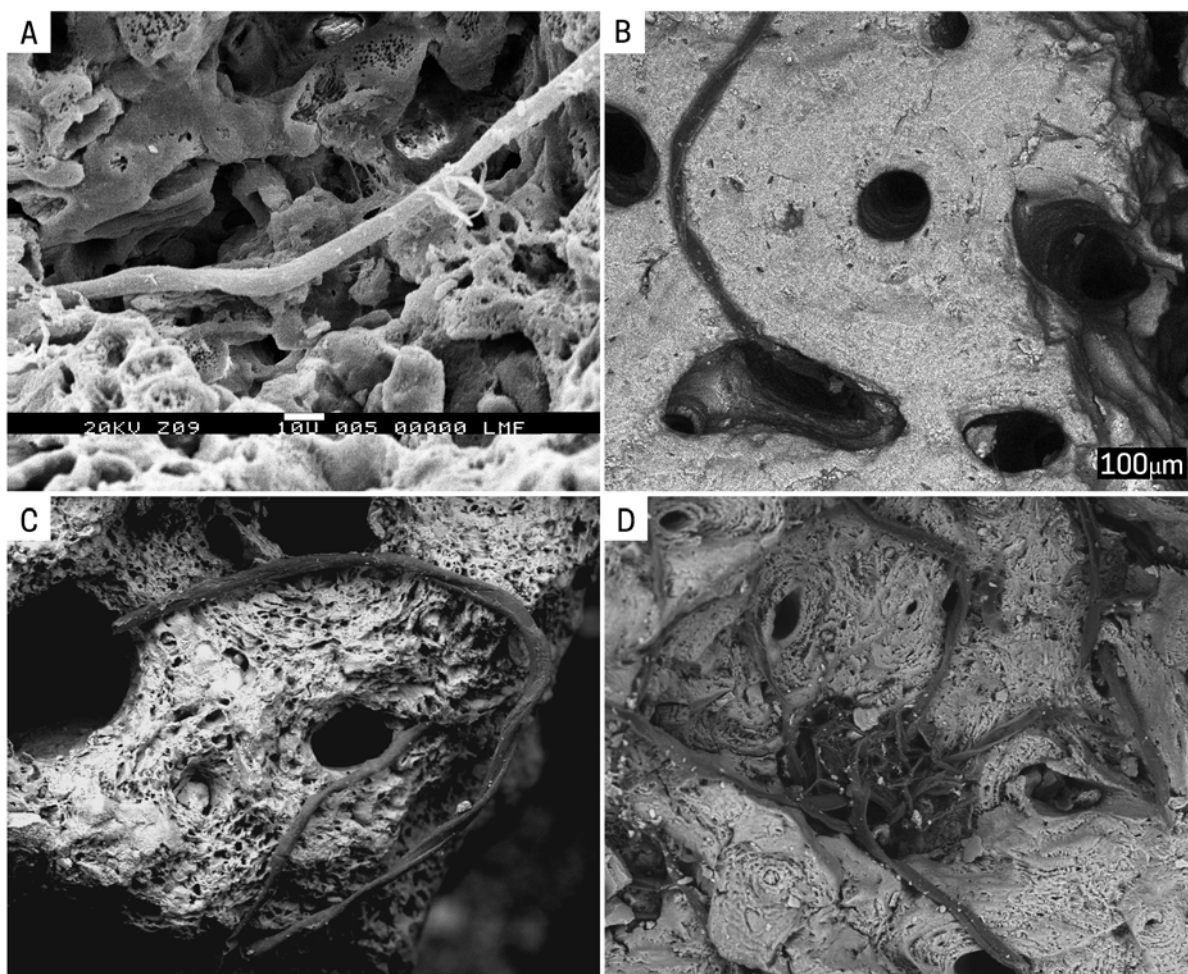


Figura 13.1.3-6. Estructuras fúngicas: A) LB-N°13, MEB: *Leitz AMR 1000*; B) RSCII-N°27, MEB: *Jeol JSM-6360LV*; C) RSCII-N°25, MEB: *FEI Quanta 200*; D) RSCII-N°27, MEB: *FEI Quanta 200*.

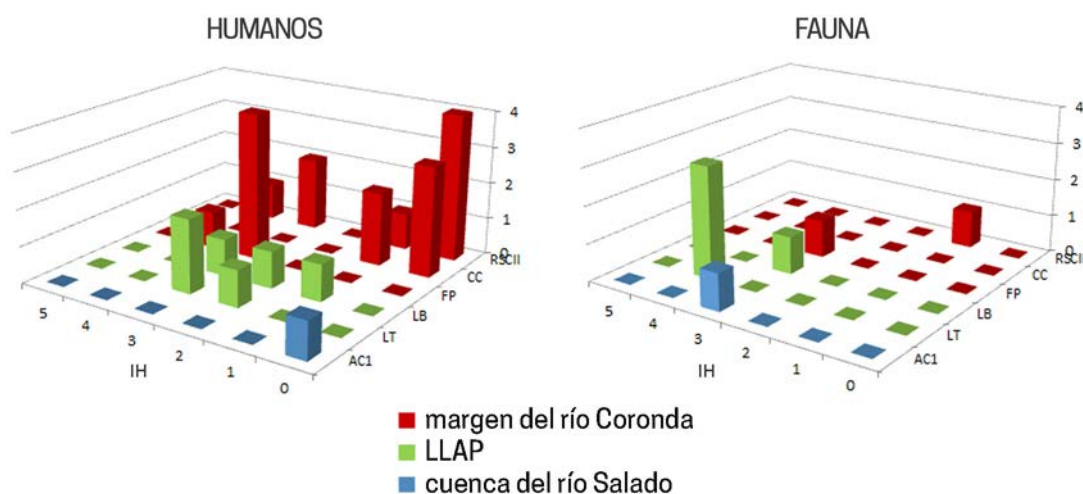


Figura 13.1.3-7. Distribución de los valores del IHO en las muestras humanas (izquierda) y faunísticas (derecha) en cada uno de los sitios analizados.

las cinco variables utilizadas para calcular el IPM). El mismo muestra que la mayor densidad y diversidad de muestras se ubica en el cuadrante de buena preservación ósea general (es decir, buena preservación histológica y macroestructural). A su vez, se puede visualizar que las diferentes zonas geográficas y ambientales estudiadas no presentan una firma diagenética característica. Los sitios internamente más homogéneos en términos de preservación ósea en general, son CC (margen derecha del río Coronda, mala preservación) y LT (LLAP, buena preservación), mientras que el más heterogéneo es RSCII (margen derecha del río Coronda), con muestras dispersas por todo el espacio multivariado, lo que indica estados de preservación micro y macroestructural

muy diferentes. En estos tres sitios, además de la variación interindividual, también hay un cierto grado de variación intraindividual ya que las muestras de diferentes elementos de los mismos individuos difieren en su estado de conservación general.

Como conclusión, puede decirse que los datos obtenidos concuerdan con aquellos de estudios previos que encontraron una relación débil o nula entre la bioerosión y el ambiente sedimentario de los huesos durante su fase diagenética (v.g. Booth 2016; Hanson y Buikstra 1987; Jans 2008; Jans *et al.* 2004; Nielsen-Marsh *et al.* 2007 Smith *et al.* 2007). Sin embargo también difieren, en algunos aspectos, con de los obtenidos en la zona templada de Europa (v.g. Brönnimann *et al.* 2018; Hedges *et*

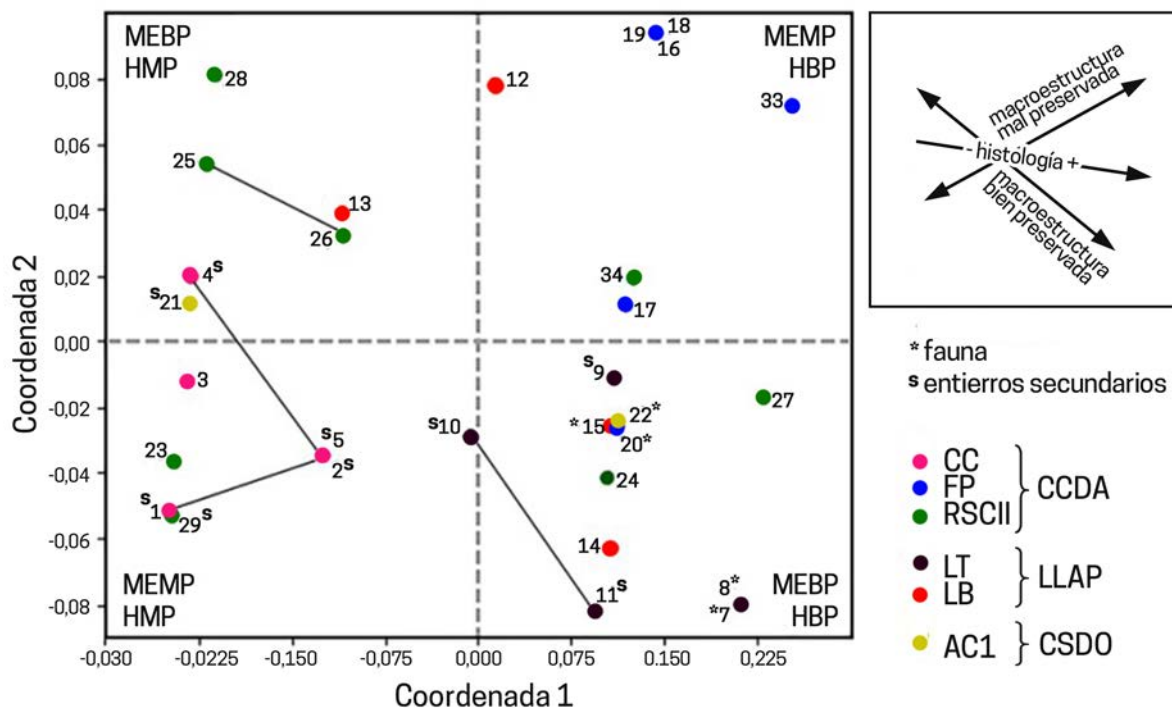


Figura 13.1.3-8. Gráfico bivariado de las dos primeras coordenadas resultantes de un análisis de escalamiento multidimensional no métrico, relacionando las seis variables ordinales (el IHO y las cinco variables que describen la preservación macroestructural). MEBP = macroestructura bien preservada; MEMP = macroestructura mal preservada; HMP = histología mal preservada; HBP = histología bien preservada; CCDA = margen derecho del río Coronda; LLAP = llanura aluvial del río Paraná; CSDO = cuenca del río Salado (modificada de Galligani *et al.* 2019b).

*al.* 1995; Hollund *et al.* 2014; Jans *et al.* 2004; Kars y Kars 2002). Las principales diferencias con la mayoría de las muestras europeas investigadas hasta ahora radican en la mayor intensidad del ataque bacteriano en los huesos arqueológicos de nuestra área de estudio, que se refleja en la posición más baja de las modas en la distribución de frecuencia de los valores del IHO (0 y 3, respectivamente), una ausencia de casos con excelente preservación histológica (es decir, IHO= 5) y, finalmente, una mayor frecuencia e intensidad de bioerosión en huesos de animales desarticulados y en los de humanos procedentes de entierros

secundarios. Las causas de las diferencias observadas aún no pueden establecerse aun con precisión, aunque es probable que las mismas estén vinculadas a los niveles más altos de actividad bacteriana esperados en los suelos de climas subtropicales y tropicales en comparación con los de clima templado-frío. De hecho, la composición y la actividad de la biomasa microbiana del suelo están reguladas, entre otros factores, por la humedad y el pH (Liu *et al.* 2018) pero, sobre todo, la temperatura (Pietikäinen *et al.* 2005). Éste es un aspecto que deberá estudiarse con mayor profundidad en el futuro.



## 14 | CONTENIDO Y CALIDAD DEL COLÁGENO

### 14.1 | Introducción

Un hueso en estado fresco contiene, aproximadamente, un 20% de su peso en proteínas, de las cuales alrededor del 90% es colágeno (Weiner 2010). A medida que el colágeno se degrada, lo cual ocurre a una tasa generalmente lenta (Dobberstein *et al.* 2009), su cantidad disminuye pudiéndose alterar, también, sus propiedades (v.g. relaciones atómicas) (van Klinken 1999). Su supervivencia, a lo largo del tiempo, está influenciada por la íntima relación entre la matriz orgánica y mineral del hueso (Buckley *et al.* 2008) y depende —a su vez— de factores externos vinculados al ambiente de enterramiento (*i.e.* temperatura y pH del suelo) (Collins *et al.* 2002; Ortner *et al.* 1972; Von Endt y Ortner 1984). Como ya fuera explicitado en el apartado 2.3, la degradación y pérdida de colágeno obedece a causas tanto biológicas (ataque enzimático por colagenasas bacterianas) como químicas (hidrólisis) (Child 1995a, 1995b; Collins *et al.* 1995; Marchiafava *et al.* 1974; Smith 2002).

Para evaluar el contenido de colágeno se han desarrollado diversos métodos y

protocolos (Ambrose 1990), así como criterios para evaluar su calidad, basados éstos en el porcentaje de sus elementos constitutivos (%C y %N), así como en la relación atómica entre los mismos (razón C/N). De acuerdo con De Niro (1985), los valores normales para este último parámetro están situados entre 2,9 y 3,6, aunque otros autores (v.g. van Klinken 1999) consideran un rango más restringido, entre 3,1 y 3,5.

En este breve capítulo se presentarán los datos disponibles, para los diversos sitios considerados en este trabajo, acerca de la cantidad y calidad del colágeno proveniente de muestras óseas humanas y faunísticas.

### 14.2 | Materiales y métodos

La información disponible acerca de la cantidad y calidad del colágeno en huesos humanos y faunísticos del área de estudio provienen del procesamiento, en diferentes laboratorios, de muestras para la obtención de dataciones radiocarbónicas y la realización de estudios paleodietarios ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ ). La cantidad de muestras procesadas entre 2011 y 2018 es 20, pertenecientes a los taxa *Homo sapiens* (n= 17), *Blastocerus dichotomus* (n=

1), *Lama guanicoe* (n= 1) y *Lama sp.* (n= 1). Dichas muestras proceden de los sitios RSCII (n= 7), FP (n= 3) y CC (n= 5) (CCDA); LT (n= 2) y LB (n= 1) (LLAP); AC1 (n= 2) (CSDO). Los laboratorios involucrados son cinco: LIECA (Mendoza, Argentina), INGEIS (CABA, Argentina), CASI (Georgia, E.E.U.U.), DirectAMS (Bothell, E.E.U.U.),

NSF-Arizona AMS (Tucson, E.E.U.U.); los dos primeros están especializados en el análisis de isotopos estables y los tres restantes en dataciones radiocarbónicas.

### 14.3 | Resultados y discusión

Los resultados obtenidos están resumidos en la Tabla 14.3-1. Como puede observarse,

Código	SITIO	TAXÓN	Colágeno	%C	%N	C:N	Laboratorio	Año
MSR-1114	AC1	<i>Homo sapiens</i>	8%	41,51	14,52	2,86	LIECA. Mendoza, Argentina	2018
D-AMS 030253	AC1	<i>L. guanicoe</i>	Insuf.	s/d	s/d	s/d	DirectAMS. Bothell, WA, EE.UU	2018
UGAMS- 2471	FP	<i>Homo sapiens</i>	s/d, suf. p/ fechado	s/d	s/d	s/d	CASI. Georgia, EE.UU	2007
MSR-1116	FP	<i>Homo sapiens</i>	3%	20,27	4,03	5,03	LIECA. Mendoza, Argentina	2018
D-AMS 030252	FP	<i>B. dichotomus</i>	s/d, suf. p/ fechado	s/d	s/d	s/d	DirectAMS. Bothell, WA, EE.UU	2018
AA100000	RSCII	<i>Homo sapiens</i>	Insuf.	s/d	s/d	s/d	NSF-Arizona AMS. EE. UU	2013
AA100002	RSCII	<i>Lama sp.</i>	s/d, suf. p/ fechado	s/d	s/d	s/d	NSF-Arizona AMS. EE. UU	2013
AA100005	RSCII	<i>Homo sapiens</i>	s/d, suf. p/ fechado	s/d	s/d	s/d	NSF-Arizona AMS. EE. UU	2013
AA100006	RSCII	<i>Homo sapiens</i>	Insuf.	s/d	s/d	s/d	NSF-Arizona AMS. EE. UU	2013
AA99998	RSCII	<i>Homo sapiens</i>	Insuf.	s/d	s/d	s/d	NSF-Arizona AMS. EE. UU	2013
AA99999	RSCII	<i>Homo sapiens</i>	s/d, suf. p/ fechado	s/d	s/d	s/d	NSF-Arizona AMS. EE. UU	2013
UGAMS- 2472	RSCII	<i>Homo sapiens</i>	s/d, suf. p/ fechado	s/d	s/d	s/d	CASI, Georgia, EE.UU	2007
MSR-1117	LB	<i>Homo sapiens</i>	7%	3,26	0,54	6,07	LIECA. Mendoza, Argentina	2018
AA100001	LT	<i>Homo sapiens</i>	s/d, suf. p/ fechado	s/d	s/d	s/d	NSF-Arizona AMS. EE. UU	2013
MSR-1118	LT	<i>Homo sapiens</i>	11%	1,78	0,41	4,34	LIECA. Mendoza, Argentina	2018
AA100003	CC	<i>Homo sapiens</i>	Insuf.	s/d	s/d	s/d	NSF-Arizona AMS; EE. UU	2013
AA100004	CC	<i>Homo sapiens</i>	Insuf.	s/d	s/d	s/d	NSF-Arizona AMS; EE. UU	2013
-	CC	<i>Homo sapiens</i>	Insuf.	s/d	s/d	s/d	INGEIS. CABA, Argentina	2011
-	CC	<i>Homo sapiens</i>	Insuf.	s/d	s/d	s/d	INGEIS. CABA, Argentina	2011
MSR-1115	CC	<i>Homo sapiens</i>	Insuf.	s/d	s/d	s/d	LIECA. Mendoza, Argentina	2018

Tabla 14.3-1. Resultados obtenidos de las diferentes muestras enviadas para la realización de análisis de isótopos inestables ( $^{14}\text{C}$ ) y estables ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ ).

nueve muestras (45%) rindieron cantidades insuficientes de colágeno (<1%?) para realizar los estudios propuestos. Siete muestras (35%) proporcionaron colágeno suficiente para la obtención de dataciones radiocarbónicas, aunque los laboratorios no informaron los valores de contenido de colágeno correspondientes. Para las cuatro muestras restantes (20%) se posee información acerca del %colágeno, %C, %N y de la razón C/N.

Los valores de %colágeno resultan, en general, bajos, encontrándose comprendidos dentro del rango situado entre 11% e insuficiente. La totalidad de las muestras para las cuales se dispone de datos acerca de la calidad del colágeno presentan una razón C/N fuera de los parámetros considerados normales, incluso de los menos restrictivos (De Niro 1985). En la Figura 14.3-1 se indica

la posición de cada muestra dentro de las distribuciones bivariadas publicadas por van Klinken (1999), que consideran diferentes parámetros (%colágeno, %C, razón C/N,  $\delta^{13}\text{C}$ ).

Estos resultados muestran, con claridad, que la mala preservación del colágeno es un problema regional que debe ser estudiado con mayor profundidad. No sólo los valores de %colágeno tienden a ser bajos, sino que los indicadores de la calidad de la proteína presentan severas desviaciones respecto de los valores considerados normales. Si se tiene en cuenta que la mayoría de los laboratorios que realizan dataciones radiocarbónicas —a diferencia de aquellos especializados en análisis isotópicos— no proporcionan información acerca de la calidad de la proteína, los datos aquí presentados arrojan dudas acerca de la

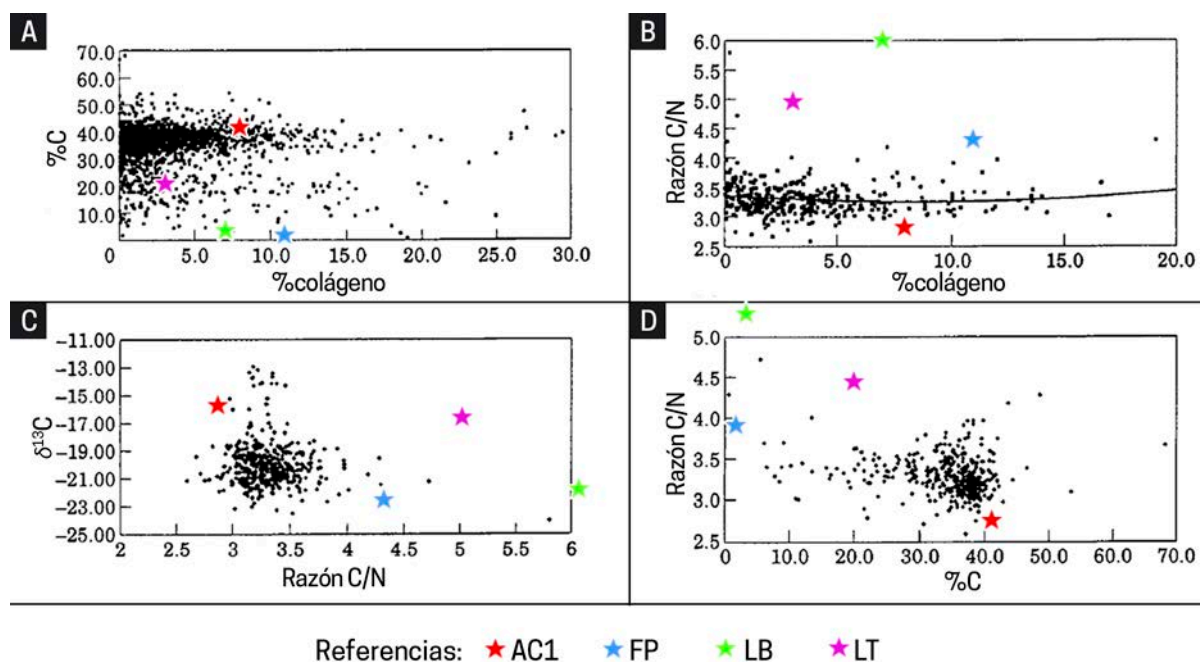


Figura 14.3-1. A) Relación entre contenido de C (%) y colágeno (%); B) relación entre contenido de colágeno (%) y razón C/N; C) relación entre la razón C/N y  $\delta^{13}\text{C}$ ; D) relación entre contenido de C (%) y razón C/N (van Klinken 1999). Se indica con estrellas la ubicación de los valores obtenidos de las muestras propias analizadas: AC1 (roja), FP (celeste), LB (verde) y LT (violeta).

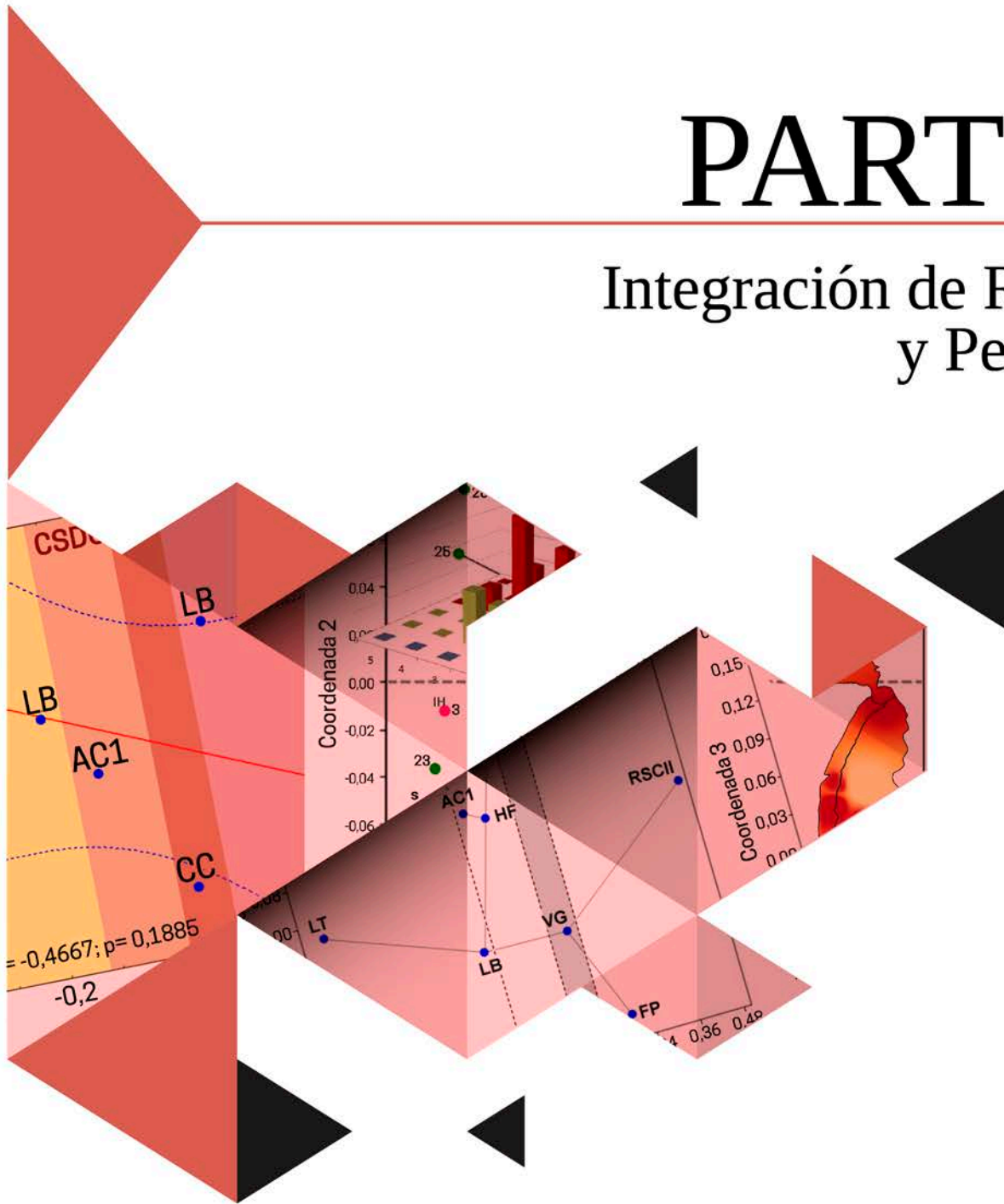
confiabilidad de las fechas derivadas del procesamiento de muestras óseas y dentales actualmente disponibles para la región. En vista de esta situación, sería recomendable

obtener información independiente acerca de la calidad del colágeno con anterioridad al envío de muestras para la obtención de dataciones.



# PARTE VI

## Integración de Resultados y Perspectivas



## 15 | DISCUSIÓN GENERAL

En el presente capítulo se realizará una discusión general de los resultados obtenidos, con el propósito de abordar las tesis que orientaron la realización de este trabajo, tal cual fueran explicitadas en la Introducción. En los siguientes apartados se discutirán, por separado, la tesis principal y la tesis subsidiaria para, finalmente, arribar a la proposición de un modelo general acerca de los factores y procesos conducentes a la preservación ósea a nivel regional. Con el fin de integrar los resultados, se emplearán, según los casos, análisis exploratorios de agrupamiento (medias  $k$ ), de ordenación (análisis de escalamiento multidimensional no métrico) y de correlación no paramétrica (Tau de Kendall).

### 15.1 | Tesis principal

La idea central de este trabajo es que, en el centro-este de la provincia de Santa Fe, el estado de preservación estructural de los restos óseos de mamíferos de gran tamaño no depende de condiciones estrictamente locales sino de procesos diagenéticos universales (*i.e.* pérdida y alteración del colágeno, incremento de la porosidad, pérdida y alteración del componente mineral)

cuya manifestación está determinada, en última instancia, por factores comunes a ciertas zonas con características pedológicas e hidrológicas precisas. Como se mencionó en la Introducción, esta proposición sería considerada verdadera si se detectara un patrón discernible dentro de la diversidad de estados de preservación a escala regional, uno que vinculase determinados grados y tipos de alteración diagenética con zonas definidas por las características predominantes de los ambientes de enterramiento que ellas proveen. Para determinar la existencia o no de dicho patrón, se procederá a analizar comparativamente la evidencia disponible, considerando a cada sitio como unidad de análisis sin tener en cuenta, en principio, la variación interna que ya fue abordada en anteriores capítulos.

La Figura 15.1-1 muestra los resultados de un análisis de medias  $k$  (*k-means*) efectuado sobre los valores porcentuales de representación de cuatro variables macroscópicas de alteración diagenética analizadas (marcas de roedores, marcas de raíces, hoyos de disolución química y craquelado; ver Capítulo 12). Éste es un método de agrupamiento exploratorio, cuyo

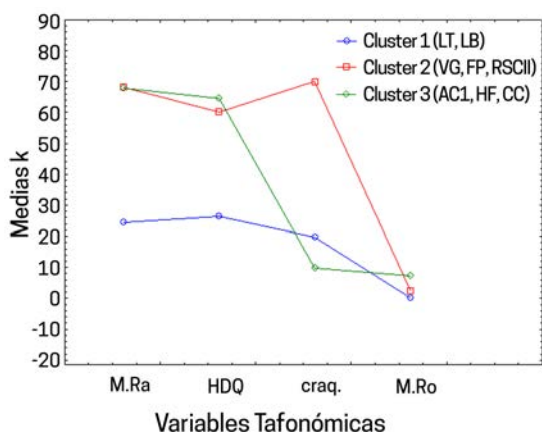


Figura 15.1-1. Resultado del análisis de medias  $k$  ( $k$ -means) efectuado sobre los valores porcentuales de representación de las cuatro variables de alteración diagenética macroscópicas analizadas (M.Ra = marcas de raíces, HDQ = hoyos de disolución química; craq = craquelado; M.Ro = marcas de roedores).

objetivo es la partición de un conjunto de  $n$  observaciones en  $k$  grupos (en una cantidad seleccionada *a priori* por el analista) a través de procedimientos basados en el cálculo de distancias y en el análisis de la varianza (ANOVA), tendiendo a minimizar la variación dentro de los grupos y a maximizar la variación entre los grupos (MacQueen 1967). Como puede apreciarse, los tres grupos o *clusters* conformados reproducen, en términos generales, la zonación del área en tres sectores diferenciados por sus características ambientales: los sitios del Grupo 1 (LT y LB) corresponden a la llanura aluvial del río Paraná (LLAP), dos de los sitios del Grupo 2 (RSCII y FP) corresponden a la margen derecha del río Coronda (CCDA) y dos de los sitios del Grupo 3 (AC1 y HF) pertenecen a la cuenca del río Salado (CSDO). Los sitios mal clasificados (2/8 o 25%) son VG y CC, pertenecientes a la CSDO y CCDA, respectivamente. Los miembros del Grupo 1 presentan los valores porcentuales más bajos para estas variables, denotando

un grado de conservación a nivel superficial y macroestructural apreciablemente mayor que el observado en los miembros de los demás grupos con significado geográfico/ambiental.

Una asociación similar se aprecia en los gráficos de la Figura 15.1-2, que representan los resultados de un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (índice de similitud Manhattan, sistema de coordenadas tridimensional; Borg y Groenen 2005) realizado a partir de los mismos datos. La Coordenada 1 (Figura 15.1-2A) ordena los datos siguiendo el patrón zonal esperado, con las únicas excepciones de los sitios VG y CC ya señaladas para el anterior análisis; sus valores expresan, de izquierda a derecha, el grado creciente de deterioro de los huesos pertenecientes a cada conjunto.

Tomando la Coordenada 1 del análisis de escalamiento multidimensional no métrico, pues, como una escala del grado de deterioro a nivel superficial y macroestructural, podemos evaluar, mediante técnicas no paramétricas (Tau de Kendall, un coeficiente de correlación que representa la diferencia entre la probabilidad de que dos variables estén en el mismo orden en los datos observados vs. la probabilidad de que las dos variables estén en diferentes órdenes; Siegel y Castellan 1988), la relación entre el ordenamiento de casos provisto por dicha variable y otras variables de interés como el  $\%CaCO_3$  depositado sobre los restos (*i.e.* una medida indirecta de la disponibilidad de iones de Ca disueltos en el suelo y, por lo tanto, de la probabilidad de reemplazo por éstos de los protones de la hidroxiapatita ya

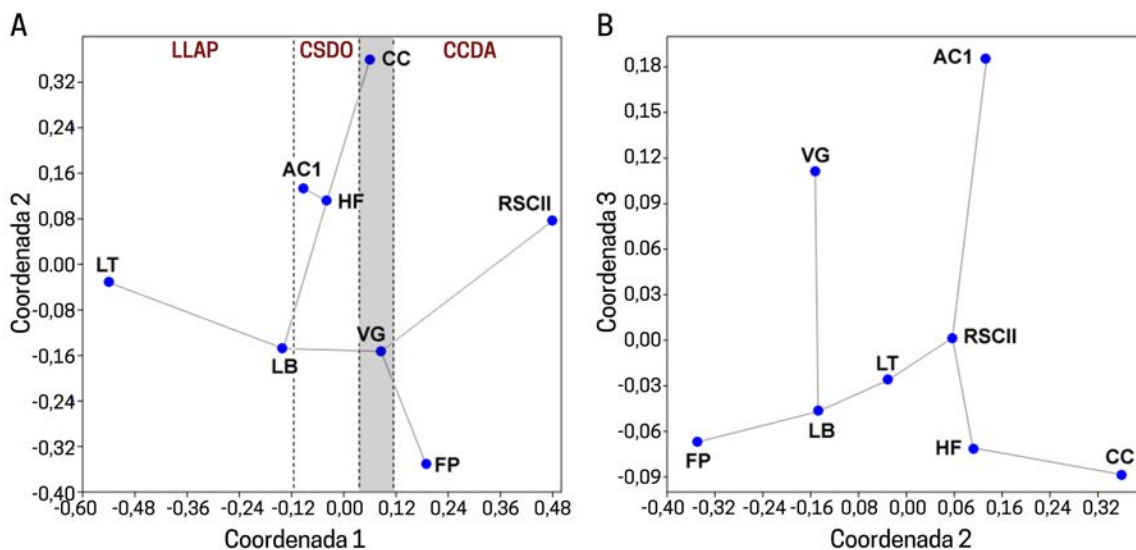


Figura 15.1-2. A y B, diagramas de dispersión de las coordenadas resultantes del análisis de escalamiento multidimensional no métrico (índice de similitud Manhattan, sistema de coordenadas tridimensional; Borg y Groenen 2005) realizado a partir de los valores porcentuales de representación de las cuatro variables de alteración diagenética macroscópicas analizadas (marcas de raíces, hoyos de disolución química, craquelado y marcas de roedores). Las líneas que conectan los puntos correspondientes a cada sitio representan el árbol de expansión mínima (*minimum spanning tree*). En A, la franja gris corresponde a un área de superposición de zonas ambientales en el espacio bivariado.

degradada, enriquecida con hidrógeno, lo cual contribuye a la estabilización a largo plazo del hueso; White y Hannus 1983: 322; ver asimismo Baxter 2004), el %colágeno (*i.e.* una medida del estado de preservación de la fase orgánica del hueso; van Klinken 1999) y el ordenamiento de los sitios en términos de la mediana de los valores del índice histológico de Oxford (IHO) (*i.e.* una medida del grado de afectación del conjunto por ataque microbiano; Hedges *et al.* 1995).

La Figura 15.1-3 muestra la ausencia de correlación entre la Coordenada 1 del escalamiento multidimensional y el %CaCO<sub>3</sub> depositado sobre los huesos. A pesar de este hecho, se observa que la mayoría de los sitios con huesos con estados intermedios a bajos de preservación superficial y macroestructural presenta valores porcentuales muy bajos de CaCO<sub>3</sub> (inferiores al 20%), lo que indicaría que los suelos más pobres en Ca de la región

tendrían un bajo potencial de preservación ósea a largo plazo; sin embargo, los sitios HF y, sobre todo VG, ilustran el hecho de que existen otros factores de deterioro como el craquelado o el ataque químico —probablemente por raíces—, que no pueden compensarse por la presencia de iones de Ca disueltos en el suelo.

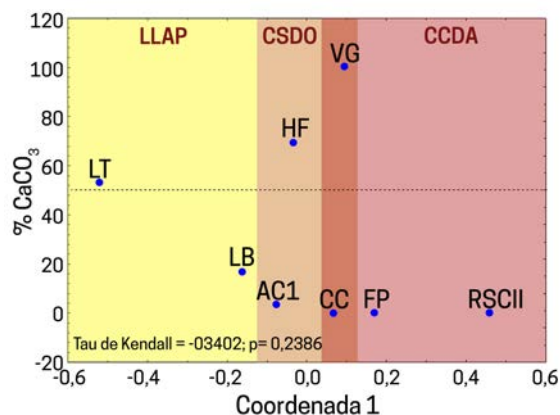


Figura 15.1-3. Relación entre la Coordenada 1 del escalamiento multidimensional y el %CaCO<sub>3</sub> depositado sobre los huesos. La franja de coloración más oscura corresponde a un área de superposición de zonas ambientales en el espacio bivariado.

En cuanto a la relación entre la preservación superficial y macroestructural y el contenido de colágeno de los huesos, al menos en los pocos casos en los que éste fue medido en cada sitio, la Figura 15.1-4 muestra que existe una tendencia inversa, aunque no significativa, entre ambas variables. Los sitios con huesos superficial y macroestructuralmente peor preservados, tienden a ser aquellos con elementos con mayor pérdida de colágeno. A su vez, se aprecia una relación inversa, aunque también no significativa, entre el grado decreciente de preservación a nivel superficial y macroestructural y el grado creciente de preservación microestructural, representado por el ordenamiento de los sitios establecidos a partir de la mediana de los valores del índice histológico de Oxford (IHO) (Figura 15.1-5). Ambos resultados son coherentes, ya que la pérdida de colágeno es un efecto del ataque bacteriano o bioerosión (Child 1995a, 1995b; Kendall *et al.* 2018; Marchiafava *et al.* 1974; Smith *et al.* 2007; ver Apartado 2.3).

Debido a la ausencia de correlaciones significativas —un aspecto estrechamente

vinculado con el bajo tamaño muestral (Anderson *et al.* 2005)—, los resultados discutidos deben ser considerados sólo como tendencias que deberán ser corroboradas con mayores y mejores datos en el futuro. Sin embargo, son sugestivos acerca de un conjunto de relaciones entre los factores que determinan la preservación ósea a largo plazo dentro de los suelos o depósitos arqueológicos del área, por lo que se considera que apoyan, al menos provisionalmente, la tesis central sustentada en este trabajo. En efecto, las propiedades de los suelos de las tres zonas parecen haber influido diferencialmente en el modo en que procesos diagenéticos universales, como los vinculados con la pérdida y alteración del colágeno, el incremento de la porosidad o la pérdida y alteración del componente mineral, se manifestaron a diferentes escalas en el hueso. Los suelos de la LLAP, aunque mayormente desconocidos en cuanto a sus propiedades, parecen haber sido los que promovieron una mejor preservación general de los restos óseos arqueológicos, mientras que los de la CCDA parecen haber sido los

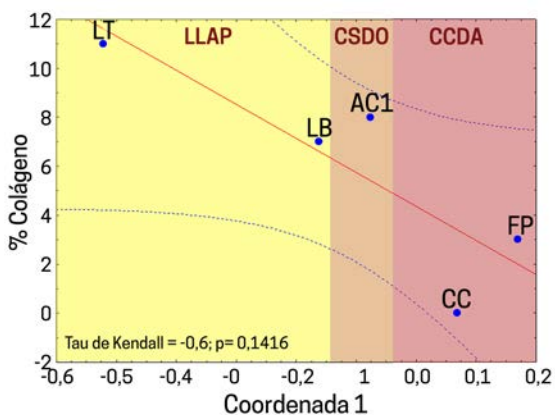


Figura 15.1-4. Relación entre la Coordenada 1 del escalamiento multidimensional y el contenido de colágeno de los huesos.

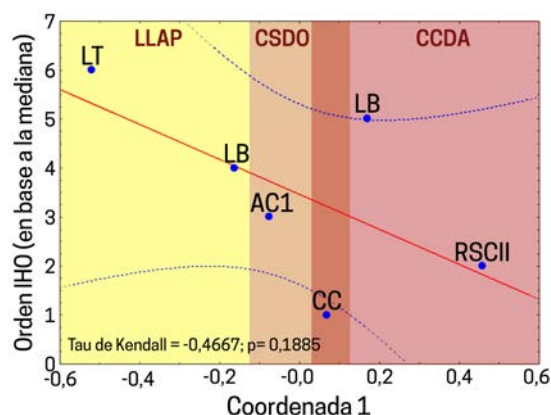


Figura 15.1-5. Relación entre la Coordenada 1 del escalamiento multidimensional y el ordenamiento establecido a partir de la mediana del IHO calculada para cada sitio. La franja de coloración más oscura corresponde a un área de superposición de zonas ambientales en el espacio bivariado.

que proporcionaron las condiciones para una preservación general más deficiente, con los suelos de la CSDO ocupando una posición intermedia entre estos extremos, aunque más cercana a los de la CCDA que a los de la LLAP en cuanto a su potencial de preservación.

En el siguiente apartado se discutirá la tesis considerada subsidiaria de la principal, permitiendo analizar con más detalle aquellas propiedades de los suelos que parecen determinar las mayores o menores probabilidades de preservación a largo plazo de los huesos.

**15.2 | Tesis subsidiaria**

Una segunda tesis, subordinada y complementaria de la anterior, es la que

establece que, a partir del análisis espacial de un conjunto de propiedades de los suelos (v.g. textura, drenaje, características químicas), es posible generar modelos predictivos acerca del estado de preservación general de los restos óseos depositados en diferentes zonas del área de estudio y que tales modelos pueden ser puestos a prueba con evidencia empírica procedente del análisis de los conjuntos óseos recuperados (y recuperables) en la región.

La Figura 15.2-1 muestra los tres modelos predictivos discutidos en los Capítulos 10 y 11. Si se superponen los sitios estudiados sobre cada modelo se puede observar que los mismos, con excepción de aquellos

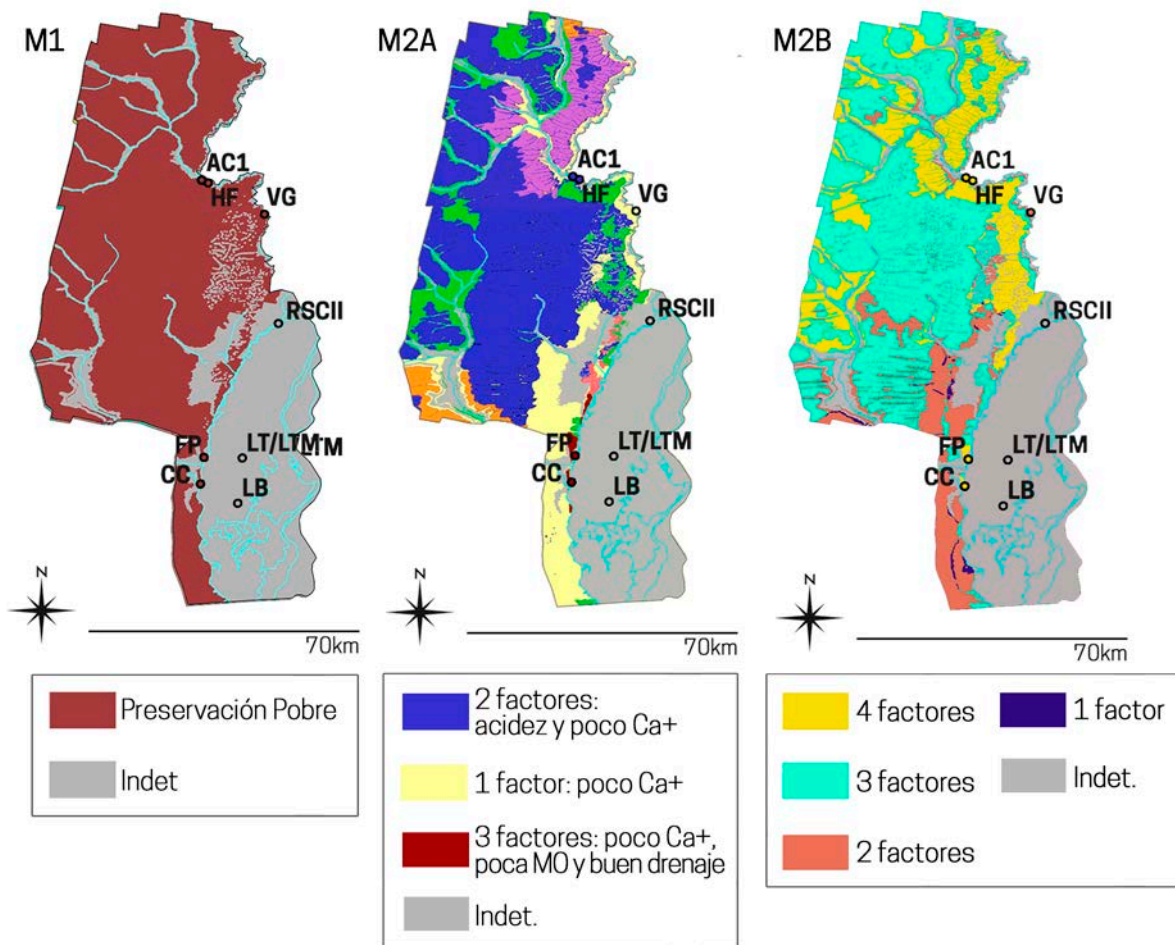


Figura 15.2-1. Modelos predictivos de preservación ósea sobre los cuales se superponen los sitios arqueológicos estudiados.

en cuyas localizaciones no hay datos a las escalas requeridas, se emplazan en zonas en las que las probabilidades de preservación ósea es media o baja. De acuerdo al M1, todos los sitios presentan probabilidades de preservación bajas. En cambio, los modelos 2A y 2B muestran algunas diferencias en la cantidad de factores que actúan en cada zona, distinguiéndose tres condiciones. Por un lado, el sitio VG (CSDO) se ubica en un área con una sola variable negativa (poco  $\text{Ca}^+$ ) en el modelo 2A y dos en el modelo 2B (poco  $\text{Ca}^+$  y sodicidad), mostrando una probabilidad de preservación media en ambos casos. Por otro lado, los sitios AC1 y HF, también ubicados en la CSDO, presentan expectativas de preservación media de acuerdo al M2A y bajas según el M2B, ya que estarían afectados por dos (acidez y poco  $\text{Ca}^+$ ) y cuatro factores (acidez, poco  $\text{Ca}^+$ , sodicidad, y actividades agrícolas) respectivamente. Por último, los sitios FP y CC (CCDA) presentan probabilidades bajas en ambos modelos, con tres (poco  $\text{Ca}^+$ , poca MO y buen drenaje) y cuatro (se suman las actividades agrícolas) factores negativos para la preservación ósea a largo plazo.

Como fuera expresado en el Capítulo 12, las variables que describen el estado de preservación macroestructural de los huesos (marcas de roedores y raíces, hoyos de disolución química y craquelado), así como aquellas que registran las condiciones del entorno (depósitos de  $\text{CaCO}_3$  y tinción con  $\text{MnO}_2$ ), manifiestan diferencias espaciales en su representación a nivel de los conjuntos estudiados (Figura 15.2-2). La Figura 15.2-3 muestra la comparación entre el mapa de la

Coordenada 1 del análisis de escalamiento multidimensional no métrico descripto en el Apartado 15.1 —que resume a todas las variables de preservación macroestructural mencionadas— y el mapa de la mediana del IHO para cada sitio estudiado. En este caso, también, se verifican diferencias notorias en la distribución espacial de estas variables. Sin embargo, puede apreciarse que la zona que parece estar proporcionando las mejores condiciones para la preservación ósea a largo plazo es la LLAP. Tanto la CCDA como la CSDO presentan valores altos, para una u otra variable, lo que estaría indicando condiciones generales de preservación menos favorables.

En la Tabla 15.2-1 se comparan las predicciones de los tres modelos con la información arqueológica derivada del estudio de los diferentes conjuntos óseos, distribuidos por zonas. La columna de la derecha contiene una valoración del grado de preservación general de los huesos realizada a partir de los valores disponibles para las dos variables mencionadas más arriba y para dos variables descriptivas de la cantidad y calidad del colágeno, el %colágeno y la razón C/N. Aquí también resulta claro que la LLAP es la zona que proporciona las mejores condiciones de preservación ósea, seguida por la CSDO y la CCDA. Esta valoración empírica concuerda, en mayor medida, con las predicciones del modelo 2A, aquel basado en la noción de suelos corrosivos y benignos de Nielsen-Marsh *et al.* (2007). Desafortunadamente, no pueden hacerse predicciones para los suelos de la LLAP debido a la ausencia de datos, aunque todo

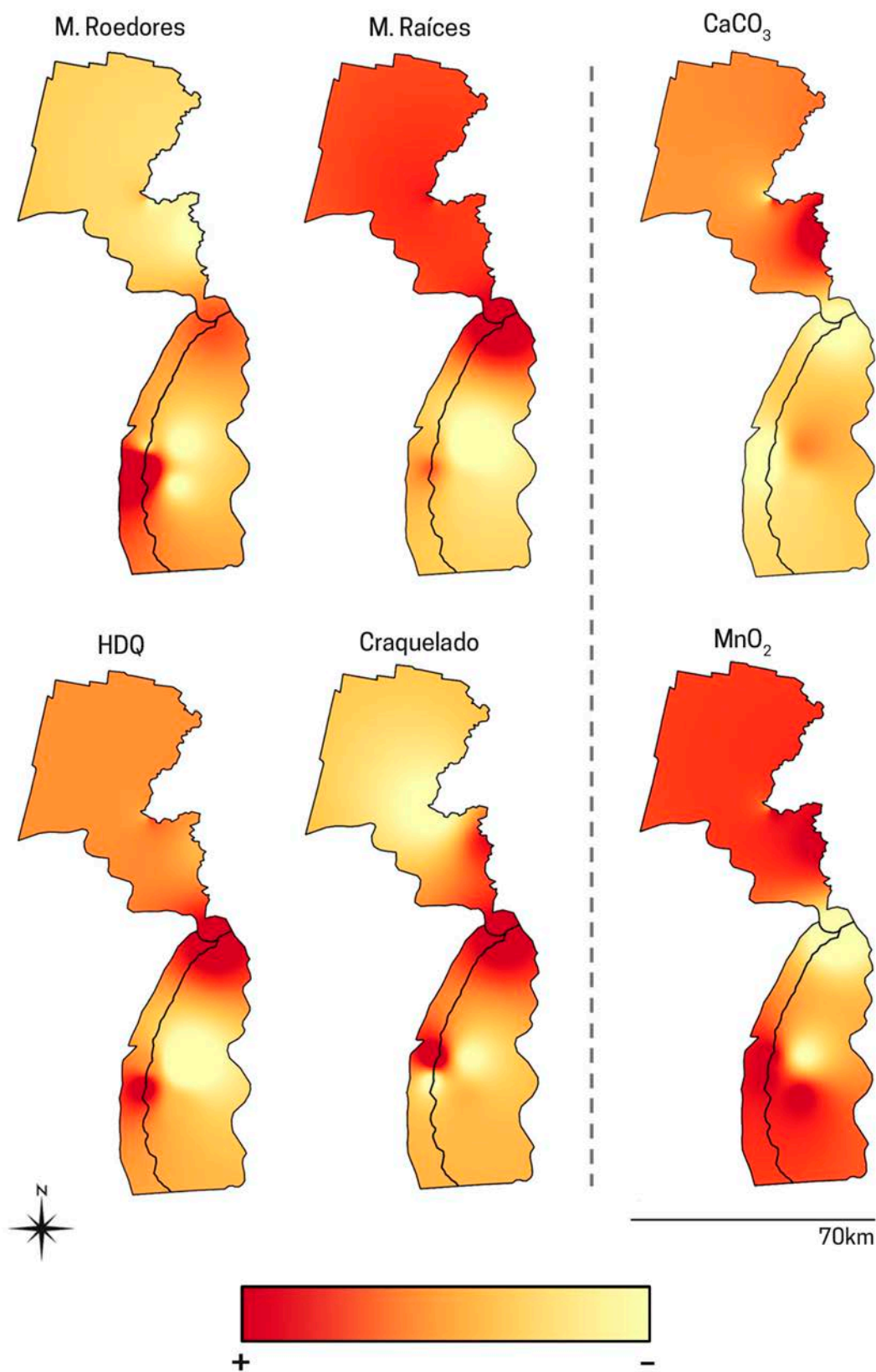


Figura 15.2-2. Mapas generados por interpolación a partir de los valores porcentuales de cada variable analizada. A la izquierda de la línea de puntos se muestran las variables que implican daño a los huesos (marcas de roedores, marcas de raíces, hoyos de disolución química y craquelado) y, a la derecha, aquellas que registran condiciones del entorno (CaCO<sub>3</sub> y MnO<sub>2</sub>).

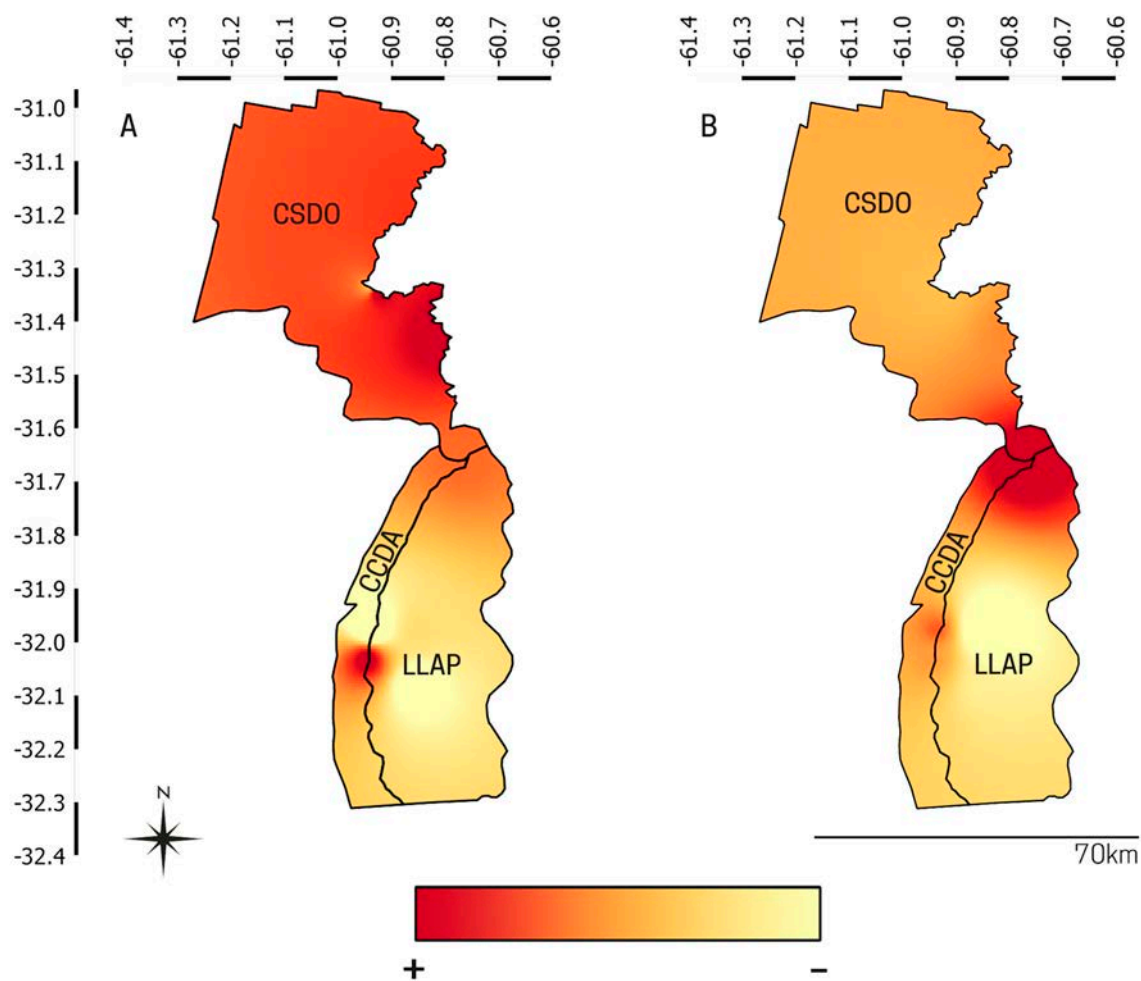


Figura 15.2-3. Mapas generados por interpolación a partir de A) los datos de la Coordenada 1 del análisis de escalamiento multidimensional no métrico realizado en base a las variables de preservación macroestructural B) la mediana del IHO para cada sitio estudiado.

LOCALIZACIÓN		PROBABILIDAD DE PRESERVACIÓN ÓSEA			VALORES EMPÍRICOS				
ZONA	SITIO	M1	M2A	M2B	COORD.1	MED. IHO	%Col.	C/N	PRESERV.
LLAP	LT	s.d.	s.d.	s.d.	-0,520650	3,5	11	4,34	buena
LLAP	LB	s.d.	s.d.	s.d.	-0,162090	2,5	7	6,07	buena
CSDO	AC1	baja	media	baja	-0,075613	1,5	8	2,86	media
CSDO	HF	baja	media	baja	-0,033182	s.d.	s.d.	s.d.	media
CSDO	VG	baja	media	media	0,095306	s.d.	s.d.	s.d.	baja
CCDA	CC	baja	baja	baja	0,068203	0,0	0	0,00	baja
CCDA	FP	baja	baja	baja	0,170270	3,0	3	5,03	baja
CCDA	RSCII	s.d.	s.d.	s.d.	0,457760	1,0	s.d.	s.d.	baja

Tabla 15.2-1. Comparación de las probabilidades de preservación ósea de acuerdo a cada uno de los modelos generados y valores empíricos obtenidos de los análisis realizados (Coordenada 1, mediana del IHO, % de colágeno, razón C/N y estado de preservación de cada conjunto de acuerdo a los resultados obtenidos).

parece indicar que resultan los más benignos a pesar de las fluctuaciones notables en las condiciones hidrológicas imperantes en este ambiente. Los suelos de la CSDO, que tanto para el modelo 1 como para el 2B presentan bajas probabilidades de preservación ósea, exhiben una probabilidad media según el modelo 2B, lo que coincide con la evidencia empírica disponible. En el caso de la CCDA, todos los modelos concuerdan en la baja probabilidad de que sus suelos favorezcan la preservación a largo plazo de los huesos en ellos enterrados, lo cual se corresponde con los datos obtenidos en este estudio.

A modo de síntesis, puede decirse que la tesis subsidiaria posee un apoyo empírico razonable, por lo que puede aceptarse provisionalmente hasta contar con mayor cantidad y calidad de evidencia. En particular, el modelo 2A parece ser el que posee el mayor poder predictivo, el cual deberá ser mejorado incorporando información pedológica/edafológica pertinente proveniente de la LLAP. Este es un esfuerzo que probablemente deba ser asumido a futuro por equipos interdisciplinarios de arqueólogos y especialistas en el estudio de suelos, ya que no resulta esperable que organismos como el INTA lo realicen, debido a la importancia agropecuaria marginal de este ambiente.

### 15.3| Hacia un modelo diagenético regional

La evidencia presentada en los diferentes capítulos de este trabajo permite proponer un modelo tentativo acerca del conjunto de los factores y procesos que determinaron la historia diagenética de los conjuntos

depositados en los diferentes sitios y zonas del área de estudio. En particular, los datos disponibles indican que de las cuatro vías diagenéticas identificadas por Smith *et al.* (2007), las que tuvieron una importancia preponderante fueron, probablemente, el ataque bacteriano y la disolución mineral catastrófica, produciendo huesos de los tipos 3 y 4 y formas intermedias (Figura 15.3-1).

En suelos oxigenados y bien drenados, como los de la CCDA, la actividad bacteriana y la hidrólisis química del colágeno óseo (Collins *et al.* 1995; Smith 2002; Smith *et al.* 2007), que se controla principalmente por la temperatura (Hedges 2002; Ortner *et al.* 1972; Von Endt y Ortner 1984) se desarrollan en paralelo, aunque a diferentes velocidades. En ambos casos, el resultado neto es una pérdida gradual del contenido de colágeno a lo largo del tiempo (Turner-Walker 2008: 22). La mayor porosidad de los huesos debido a la bioerosión también aumenta las posibilidades de lixiviación de la fase mineral (Kendall *et al.* 2018; Smith *et al.* 2007), que es relativamente rápida en suelos bien drenados expuestos a regímenes hidrológicos de recarga o de flujo hidráulico (Hedges 2002; Hedges y Millard 1995; Nielsen-Marsh y Hedges 2000; Nielsen-Marsh *et al.* 2007; Pike *et al.* 2001). La interacción de estos procesos puede explicar mucho de lo que se observa en conjuntos de huesos como los de RSCII, FP y, principalmente, CC. Además, los suelos de esta zona resultan corrosivos según los criterios de Nielsen-Marsh *et al.* (2007) (*i.e.* presentan escasez de calcio, poca materia orgánica y textura arenosa, aunque

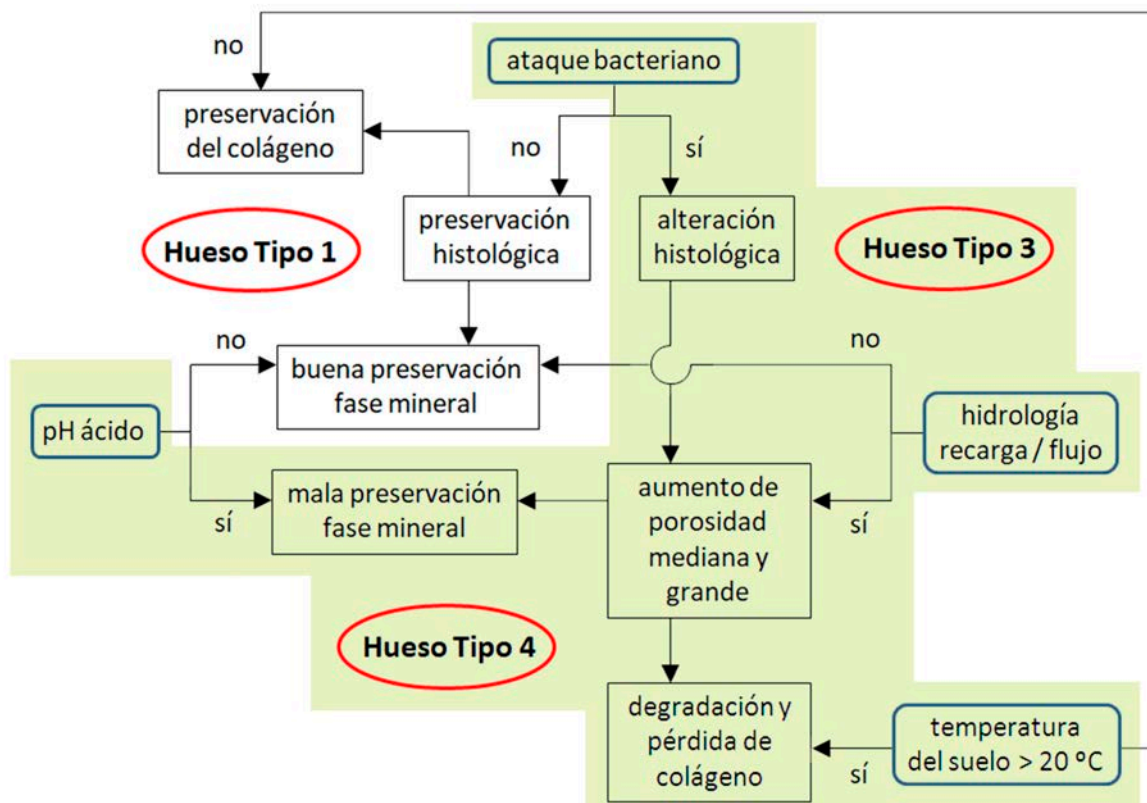


Figura 15.3-1. Modelo de diagénesis expuesto en el Apartado 2.3 (Figura 2.3-4), en el cual se resaltan en verde los factores y procesos que habrían determinado el estado de preservación de los restos óseos recuperados en los diferentes sitios y zonas del área de estudio.

con valores de pH actuales alrededor de la neutralidad), por lo que los huesos no se encuentran, desde un punto de vista químico, en una situación estable (*i.e.* poseen una baja probabilidad de reemplazo, por iones de Ca, de los protones de hidrogeno incorporados por la hidroxiapatita a medida que ésta se degrada; White y Hannus 1983: 322).

El carácter menos corrosivo de los suelos de la CSDO —con menor permeabilidad y mayor presencia de calcio, al menos en la zona en la que están los sitios estudiados— así como otros factores que aún no resulta posible dilucidar, pueden haber atenuado los procesos de disolución y pérdida de mineral en los huesos, aunque no parecen haber influido sobre el ataque bacteriano, que resulta

intenso, sobre todo en las muestras humanas.

Como ya fuera mencionado, las características de los suelos que contribuyeron a la relativamente buena preservación de los huesos en los ambientes de entierro de la LLAP son actualmente difíciles de discernir, en ausencia de información relevante, por lo que deberán ser objeto de un profundo estudio en el futuro inmediato. Obtener ese conocimiento resulta particularmente crítico debido a que las mejores perspectivas de recuperar muestras humanas y faunísticas que permitan extraer información con significado biológico y cultural —algo difícil de obtener en las otras dos zonas del área— parecen estar en algunos de los ambientes de isla de la LLAP.

Además de los procesos diagenéticos

universales mencionados, factores estrictamente locales parecen haber tenido relevancia en la historia tafonómica reciente de algunos conjuntos, tales como aquellos vinculados con los procesos de urbanización creciente del entorno de los sitios RSCII y FP (discutidos extensamente en trabajos previos; Balducci *et al.* 2017, 2019; Galligani 2013; Galligani *et al.* 2016, 2019a). En ambos sitios, factores

tales como la compactación de los sedimentos y, sobre todo, el crecimiento de árboles han tenido una importancia fundamental en la fragmentación de los huesos, pero habrían operado sobre elementos ya debilitados por procesos diagenéticos de larga data, como aquellos implicados en el aumento de la porosidad, la pérdida del colágeno y la disolución del componente mineral.



## 16 | CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados presentados en este trabajo deben ser considerados como una primera aproximación al problema de la diagénesis ósea en un área del país caracterizada por un clima actual de tipo subtropical húmedo, como es el centro-este de la provincia de Santa Fe. Como tal, constituyen el punto de partida para futuras investigaciones sobre este tema. El objetivo central ha sido abordar lo que se ha identificado como un problema tafonómico de alcance regional, consistente en el alto grado de fragmentación y deterioro físico-químico —a nivel superficial y estructural— que presentan los huesos humanos y faunísticos recuperados en diferentes sitios y zonas del área de estudio, correspondientes a distintos momentos del Holoceno tardío.

En relación con este problema, se ha intentado sostener dos tesis. La principal, referida a la importancia de los suelos en la regulación de procesos diagenéticos universales tales como el aumento de la porosidad, la pérdida de colágeno y contenido mineral de los huesos y la subordinada, referida a la posibilidad de predecir el estado de alteración diagenética de los restos óseos

a partir de modelos espaciales que tengan en cuenta, principalmente, variables de naturaleza pedológica/edafológica. Para evaluar ambas proposiciones, se realizaron investigaciones de campo y de laboratorio basadas en el uso de diferentes técnicas y metodologías, así como de diversas fuentes de información, intentando desarrollar un enfoque lo más abarcativo e integral posible dentro de los límites impuestos por el tiempo y los recursos disponibles.

Por un lado, se utilizaron datos ambientales —específicamente edafológicos— existentes para la región de estudio, los cuales se obtuvieron a partir de bases de datos libres, que pueden ser consultadas en la web. Para su procesamiento y análisis, se emplearon sistemas de información geográfica (SIG), poniendo a punto técnicas y herramientas de manejo de información espacial relativamente sencillas, que resultaron útiles para la resolución de los objetivos propuestos pero que también pueden utilizarse con otro tipo de datos —tanto tafonómicos como arqueológicos en general— y otros propósitos, resolubles a diferentes escalas espaciales. De este modo, se logró generar

una serie de modelos predictivos, que luego fueron contrastados con información arqueológica proveniente de análisis que se realizaron sobre los restos óseos recuperados en sitios arqueológicos localizados en tres diferentes zonas del área de estudio.

Asimismo, se avanzó con el relevamiento y digitalización de datos y plantas provenientes de libretas de campo y planillas que fueron elaboradas por otros investigadores, las cuales estaban disponibles en formato analógico. Se llevó a cabo, también, el acondicionamiento y análisis de los restos óseos humanos recuperados en sitios arqueológicos de la zona de estudio. Dentro de los mismos, se pudieron analizar los restos del denominado “Hombre Fósil de Esperanza” u “Hombre Fósil del Cululú”, que fue objeto de debates acerca de la antigüedad del hombre americano en los inicios del siglo pasado, así como otros hallazgos que se alojan en diferentes museos de la provincia, que no habían sido estudiados sistemáticamente hasta el momento.

Paralelamente, se comenzaron a prospeccionar, desde un punto de vista arqueológico, nuevas zonas de la provincia de Santa Fe (v.g. cuenca del arroyo Cululú) que, si bien contaban con antecedentes arqueológicos, los mismos provenían de hallazgos fortuitos realizados a comienzo del siglo XX y en la década de 1990. Como resultado de esas prospecciones —y gracias a la ayuda desinteresada de vecinos y personas que nos han brindado información— se localizaron dos nuevos sitios (AC1 y LA1), uno de los cuales comenzó a ser excavado y analizado durante la realización de este

trabajo. Se espera, en este sentido, poder continuar con el estudio de los mismos, así como también proseguir con las exploraciones iniciadas, especialmente en aquellas zonas en las que no se hallaron, hasta el momento, sitios arqueológicos (v.g. cuenca del arroyo Colastiné).

Una de las líneas desde las cuales se abordó el problema de la preservación es la que concierne a los procesos de bioerosión ósea. Los análisis realizados al respecto constituyen un aporte inicial al conocimiento de esta variable no sólo para la región de estudio sino también —de manera más amplia— para ambientes húmedos subtropicales, ya que la mayoría de datos de este tipo provienen de otras zonas climáticas, específicamente del área templada de Europa. Si bien los datos obtenidos concuerdan con algunas tendencias observadas en esta última zona, manifiestan también ciertas diferencias —compartidas con el sudeste de la Región Pampeana— que señalan la posible importancia de factores como la temperatura del suelo y los diferentes niveles de actividad bacteriana vinculados, que no habían sido suficientemente abordados hasta el presente. En relación con este tema, se espera a futuro poder ampliar el tamaño de la muestra, incorporando más casos por sitio, a la vez que investigar con mayor profundidad la relación entre la temperatura del suelo, los niveles de actividad bacteriana y la bioerosión ósea desde una perspectiva observacional y experimental.

Asimismo, resulta necesario profundizar en el estudio de otros parámetros diagenéticos, el contenido y la calidad del

colágeno, para los cuales se cuenta aún con evidencia insuficiente. En este punto, los pocos datos disponibles indican un alto grado de degradación y alteración de la proteína ósea, lo cual alerta acerca de la necesidad de controlar más este factor, particularmente cuando se realizan análisis que dependen de las propiedades químicas de esta fracción, como los de isótopos estables y las dataciones radiocarbónicas.

Finalmente, se destaca que el grado relativamente alto de ajuste entre las observaciones empíricas realizadas y las predicciones del denominado modelo 2A, que distingue entre suelos corrosivos y benignos para la preservación ósea sobre la base de una cantidad limitada de variables pedológicas/edafológicas de amplia disponibilidad, abre nuevas perspectivas

no sólo para los estudios arqueológicos regionales, sino también para el manejo de los recursos de interés patrimonial. En este sentido, se espera poder ampliar la base de datos de suelos para la llanura aluvial del río Paraná, un área que se presenta como la de mayor potencial de preservación ósea pero de la cual se desconocen los valores de los principales parámetros que describen sus propiedades edafológicas.

Lograr un abordaje integral y coherente de los diferentes problemas identificados en este trabajo, así como de las diversas líneas de investigación implicadas, representará sin duda un interesante desafío para los próximos años pero, sobre todo, una oportunidad de aprendizaje en un área de conocimiento crítica para los estudios arqueológicos regionales.





# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Abad de Santillán, D. 1971. *Historia Argentina*. Tipográfica Editora Argentina, Buenos Aires.
- Acosta, A. 1997. Tafonomía de restos óseos humanos del norte de la provincia de Buenos Aires. En *Actas de las II Jornadas Chivilcoyanas en Ciencias Sociales y Naturales*, pp. 11–15. Chivilcoy.
- Alberdi, R. y C. Ramonell 2013. Evaluación de cambios morfométricos recientes en cauces menores del río Paraná medio. En *Actas del 6° Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos*, pp. 15. Santa Fe.
- Alcántara, V., R. Barba, J. Barral, A. Crespo, A. Eiriz, A. Falquina, S. Herrero, A. Ibarra, M. Megías, M. Pérez, V. Pérez, J. Rolland, J. Yravedra, A. Vidal y M. Domínguez-Rodrigo 2006. Determinación de procesos de fractura sobre huesos frescos: un sistema de análisis de los ángulos de los planos de fracturación como discriminador de agentes bióticos. *Trabajos de Prehistoria* 63: 25–38.
- Ambrose, S. H. 1990. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. *Journal of Archaeological Science* 17: 431–451.
- Anderson, R., M. Doherty, N. Berg y J. Friedrich (2005). Sample size and the detection of correlation--A signal detection account: Comment on Kareev (2000) and Juslin and Olson (2005). *Psychological Review* 12 (1): 268–279.
- Andrews, P. 1990. *Owls, Caves and Fossils*. University of Chicago Press, Chicago.
- Andrews, P. 1995. Experiments in taphonomy. *Journal of Archaeological Science* 22: 147–153.
- Andrews, P. y M. Armor-Chelu 1998. Taphonomic observations on a surface bone assemblage in a temperature environment. *Bulletin de la Société Géologique de France* 169(3): 433–442.
- Andriulo, A., J. Balesdent, J. Guillemot y G. Cardone 2002. Abundancia natural en  $^{13}\text{C}$  y  $^{14}\text{C}$  de suelo en relación a los cambios ambientales del Holoceno tardío en la Región Pampeana húmeda. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias* 1: 7–25.
- Arturi, M. 2005. Situación ambiental en la ecorregión Espinal. En A. D. Brown y J. Corcuera (eds.), *Situación Ambiental Argentina*, pp. 240–246. Editorial Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires.
- Assis, S., A. Keenleyside, A. L. Santos y F. A. Cardoso 2015. Bone Diagenesis and its Implication for Disease Diagnosis: The Relevance of Bone Microstructure Analysis for the Study of Past Human Remains. *Microscopy and Microanalysis* 21: 805–825.
- Astiz, M. E., A. De-Giácomo, A. E. Koldorf e I. Maldonado 1975. Nota preliminar sobre un sitio arqueológico en la margen derecha del río Coronda (Pcia. de Santa Fe). En *Actas y Trabajos del I Congreso de Arqueología Argentina*, pp. 243–249. Artes Gráficas, Buenos Aires.
- Ayuso, M. P., C. Gabrielloni, J. Cornaglia Fernández y C. Piccoli 2006. Aproximación a los procesos tafonómicos sobre restos óseos humanos en ambientes lagunares ecotonales. Laguna El Doce sitio 1, San Eduardo, Provincia de Santa Fe. *Revista de la Escuela de Antropología XII*: 163–172.
- Bacchiaga, J. D., J. C. Bertoni y J. A. Maza 2003. *Pericia Hidráulica correspondiente al Expediente N° 1341/2003*. Poder Judicial de la Provincia de Santa Fe, Anexo V.
- Badano, V. 1940. Piezas enteras de alfarería del Litoral existentes en el museo de Entre Ríos. Notas arqueológicas II. *Memorias del Museo de Entre Ríos* 14: 4–23.

- Balducci, F. 2014. *Ocupaciones Humanas del Holoceno Tardío: Estudio Arqueopalinológico del Sitio Familia Primón (Provincia de Santa Fe)*. Tesis de Licenciatura inédita. Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario.
- Balducci, F., P. E. Galligani y J. Sartori 2019. Caracterización del registro cerámico del sitio arqueológico Familia Primón (Coronda, Santa Fe, Argentina): diversidad de líneas de abordaje. *Folia Histórica del Nordeste* 34: 91-108.
- Balducci, F., S. Garralla y J. Sartori 2017. Condiciones paleoambientales y ocupaciones humanas en el sitio Familia Primón (Coronda, Santa Fe): aportes desde la arqueopalinología. *Arqueología* 23(2): 63–80.
- Balzer, A., G. Gleixner, G. Grupe, H. L. Schmidt, S. Schramm y S. Turban-Just 1997. In vitro decomposition of bone collagen by soil bacteria: the implications for stable isotope analysis in archaeometry. *Archaeometry* 39: 415–429.
- Barboza, C. 2014. Análisis arqueofaunístico del sitio Paso del Tala (Goya, Corrientes, Argentina). *Revista del Museo de Antropología* 7: 219–226.
- Barrientos, G. 1991. Hacia la aplicación de un enfoque tafonómico regional en el área de la Depresión del Río Salado (Pcia. de Buenos Aires). *Boletín del Centro* 2: 29–39.
- Barrientos, G. 1997. *Nutrición y Dieta De Las Poblaciones Aborígenes Prehispánicas Del Sudeste De La Región Pampeana*. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.
- Barrientos, G. 2000. Los entierros humanos como experimentos tafonómicos naturales: problemas, vías de análisis e interpretación. En *Resúmenes de II Congreso de Arqueología de la Región Pampeana Argentina*, pp. 29. Mar del Plata.
- Barrientos, G. y M. Gutiérrez 1996. Taphonomic and diagenetic processes of human bone remains in the Arroyo Seco 2 site, Pampean Region, Argentina. Trabajo presentado en el *61st Annual Meeting, Society for American Archaeology*. Nueva Orleans.
- Barrientos, G., P. E. Galligani y N. S. Morales 2018. Gut or soil? Revisiting the issue of the sources of bacterial bioerosion in archaeological bone. En *Taphos-Nomos*, pp. 9. Preston, Reino Unido.
- Barrientos, G., F. Oliva y M. Del Papa 2002. Historia pre y postdeposicional del enterramiento secundario del sitio Laguna Los Chilenos 1 (provincia de Buenos Aires). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología XXVII*: 303–325.
- Barrientos, G., P. Sarmiento y P. E. Galligani 2016. Evaluación de la diagénesis ósea mediante el uso de microscopía electrónica de barrido (MEB): aproximaciones analíticas aplicables a muestras arqueológicas. *Revista Argentina de Antropología Biológica* 18(2): 1–13.
- Barrientos, G., R. Goñi, A. Zangrando, M. Del Papa, S. García Guraieb, M. J. Arregui y C. Negro 2007. Human taphonomy in southern Patagonia: a view from the Salitroso lake basin (Santa Cruz, Argentina). En M. Gutiérrez, L. Miotti, G. Barrientos, G. Mengoni Goñalons y M. Salemme (eds.), *Taphonomy and Zooarchaeology in Argentina*, pp. 187–201. BAR International Series 1601. Archaeopress, Oxford.
- Bartel, B. 1982. A historical review of ethnological and archaeological analyses of mortuary practice. *Journal of Anthropological Archaeology* 1: 32–58.

- Baxter, K. 2004. Extrinsic factors that effect the preservation of bone. *The Nebraska Anthropologist* 19: 38–45.
- Behrensmeyer, A. 1975. The taphonomy and paleoecology of Plio-Pliostecene vertebrate assemblage of Lake Rudolph, Kenya. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 146: 473–578.
- Behrensmeyer, A. 1978. Taphonomic and ecological information from bone weathering. *Paleobiology* 4(2): 150–162.
- Behrensmeyer, A. y S. Kidwell 1985. Taphonomy's contributions to paleobiology. *Paleobiology* 11(1): 105–119.
- Behrensmeyer, A., S. Kidwell y R. A. Gastaldo 2000. Taphonomy and paleobiology. *Paleobiology* 26(4): 103–147.
- Bell, L. S. 1995. *Post Mortem Microstructural Change to the Skeleton*. Faculty of Science, Department of Anatomy and Developmental Biology. University of London.
- Bell, L. S. 2012. Histotaphonomy. En C. Crowder y S. Stout (eds.), *Bone Histology. An Anthropological Perspective*, pp. 241–251. CRC Press, Boca Raton.
- Bell, L. S., A. Boyde y S. J. Jones 1991. Diagenetic alteration to teeth in-situ illustrated by backscattered electron imaging. *Scanning* 13: 173–183.
- Bell, L. S., M. F. Skinner y S. J. Jones 1996. The speed of post mortem change to the human skeleton and its taphonomic significance. *Forensic Science International* 82: 129–140.
- Bello, S. M., A. Thomann, M. Signoli, O. Dutour y P. Andrews 2006. Age and sex bias in the reconstruction of past population structures. *American Journal of Physical Anthropology* 129(1): 24–38.
- Bennàsar Serra, M. 2010. *Tafonomía de Micromamíferos del Pleistoceno Inferior de la Sierra de Atapuerca (Burgos): la Sima del Elefante y la Gran Dolina*. Tesis Doctoral inédita. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.
- Berna, F., A. Matthews y S. Weiner 2004. Solubilities of bone mineral from archaeological sites: the recrystallization window. *Journal of Archaeological Science* 31(7): 867–882.
- Bethell, P. H. y M. O. H. Carver 1987. Detection and enhancement of decayed inhumations at Sutton Hoo. En A. Boddington, A. N. Garland y R. C. Janaway (eds.), *Death, Decay and Reconstruction: Approaches to Archaeology and Forensic Science*, pp. 10–21. Manchester University Press, Manchester.
- Biasatti, N. R., J. C. Rozzatti, B. Fandiño, A. Pautaso, E. Mosso, G. Marteleur, N. Algarañaz, A. Giraudo, C. Chiarulli, M. Romano, P. Ramírez Llorens y L. Vallejos 2016. *Las Ecorregiones, su Conservación y las Áreas Naturales Protegidas de la Provincia de Santa Fe*. Ministerio de Medio Ambiente, Santa Fe.
- Biederbeck, V. O. y C. A. Campbell 1973. Soil microbial activity as influenced by temperature trends and fluctuations. *Canadian Journal of Soil Science* 53: 363–376.
- Binford, L. 1971. Mortuary practices: Their study and their potential. En J. Brown (ed.), *Approaches to Mortuary Practices* 25, pp. 6–29. *Memoirs of the Society for American Archaeology*, Washington D.C.
- Binford, L. 1981. *Bones: Ancient Men and Modern Myths*. Academic Press, Nueva York.

- Blume, H. P., G. W. Brümmer, H. Fleige, R. Horn, E. Kandeler, I. Kögel-Knabner, R. Kretschmar, K. Stahr y B. M. Wilke 2016. *Scheffer/Schachtschabel Soil Science*. Springer, Heidelberg.
- Boaks, A., D. Siwek y F. Mortazavi 2014. The temporal degradation of bone collagen: a histochemical approach. *Forensic Science International* 240: 104–110.
- Bocherens, H., A. Tresset, F. Wiedemann, F. Giligny, F. Lafage, Y. Lanchon y A. Mariotti 1997. Bone diagenetic evolution in two French Neolithic sites. *Bulletin de la Société Géologique de France* 168(5): 555–564.
- Bonomo, M. 2012. *Historia Prehispánica de Entre Ríos*. Fundación de Historia Natural Félix de Azara, Buenos Aires.
- Bonomo, M., G. Politis y J. C. Castro 2010. Primeros resultados de las investigaciones arqueológicas en el delta superior del Paraná y su contribución al atlas arqueológico de la provincia de Entre Ríos. *Folia Histórica del Nordeste* 18: 33–58.
- Booth, T. J. 2016. An investigation into the relationship between funerary treatment and bacterial bioerosion in european archaeological human bone. *Archaeometry* 58(3): 484–499.
- Booth, T. J. 2017. The rot sets in: low-powered microscopic investigation of taphonomic changes to bone microstructure and its application to funerary contexts. En D. Erickson y T. Thompson (eds.), *Human Remains: Another Dimension. The Application of Imaging to the Study of Human Remains*, pp. 7–28. Academic Press, Londres.
- Borella, F. 2004. *Tafonomía Regional y Estudios Arqueofaunísticos de Cetáceos en Tierra del Fuego y Patagonia Meridional*. British Archaeological Reports, International Series 1257. Archaeopress, Oxford.
- Borella, F., C. Mariano y C. Favier Dubois 2007. Procesos tafonómicos en restos humanos de la localidad arqueológica de Bajo la Quinta, Golfo San Matías (Río Negro), Argentina. En *Libro de Resúmenes de las Sextas Jornadas de Arqueología de la Patagonia*, pp. 25. Punta Arenas.
- Borg, I. y P. J. F. Groenen 2005. *Modern Multidimensional Scaling: Theory and Applications*. 2<sup>nd</sup>. Edition. Springer, Nueva York.
- Borrazzo, K. 2011. Tafonomía lítica y pseudoartefactos: el caso de la península El Páramo (Tierra del Fuego, Argentina). *Intersecciones en Antropología* 12: 261–273.
- Borrego Alonso, S. F. e I. Perdomo Amistad 2014. Caracterización de la microbiota aérea en dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba. *Revista Iberoamericana de Micología* 31(3): 182–187.
- Borrego Alonso, S. F., I. Perdomo Amistad, J. de la Paz, S. G. Gómez de Saravia y P. S. Guiamet 2011. Relevamiento microbiológico del aire y de materiales almacenados en el Archivo Histórico del Museo de La Plata, Argentina y en el Archivo Nacional de la República de Cuba. *Revista del Museo de La Plata, Sección Botánica* 18(119): 1–18.
- Borrero, L. 1988. Tafonomía regional. En N. Ratto y A. F. Haber (eds.), *De Procesos, Contextos y otros Huesos*, pp. 9–15. ICA (Sección Prehistoria), Universidad de Buenos Aires.
- Borrero, L. 2000. Ten Years After: esquema para una tafonomía regional de la Patagonia meridional y norte de Tierra del Fuego. En J. B. Belardi, F. Carballo Marina y S. Espinosa (eds.), *Desde el País de los Gigantes. Perspectivas Arqueológicas en Patagonia*. Tomo I, pp. 183–193. Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Río Gallegos.

- Borrero, L. 2001. Tafonomía regional en el istmo Bahía Inútil-Bahía San Sebastián (Tierra del Fuego). *Noticias de Antropología y Arqueología*, vol. 1 (cd rom). NAYA, Buenos Aires.
- Borrero, L. 2011. La función transdisciplinaria de la arqueozoología en el siglo XXI: restos animales y más allá. *Antípoda* 13: 267–274.
- Breitmeier, D., U. Graefe-Kirci, K. Albrecht, M. Weber, H. D. Tröger y W. J. Kleemann 2005. Evaluation of the correlation between time corpses spent in in-ground graves and findings at exhumation. *Forensic Science International* 154: 218–223.
- Bresler, E., B. Mc Neal y D. Carter 1982. *Saline and Sodic Soils. Principles Dynamics Modelling*. Springer, Berlín.
- Briggs, D. y S. McMahon 2016. The role of experiments in investigating the taphonomy of exceptional preservation. *Palaeontology* 59(1): 1–11.
- Brönnimann, D., C. Portmann, S. L. Pichler, T. J. Booth, B. Röder, W. Vach, J. Schibler y P. Rentzel 2018. Contextualising the dead – Combining geoarchaeology and osteoanthropology in a new multi-focus approach in bone histotaphonomy. *Journal of Archaeological Science* 98: 45–58.
- Brown, J. 1995. On mortuary analysis—with special reference to the Saxe-Binford research program. En L. A. Beck (ed.), *Regional Approaches to Mortuary Practices*, pp. 3–26. Plenum, Nueva York.
- Brunetto, E., D. Kröhling, M. C. Salazar y M. C. Francisconi 2017. Analysis of the interaction between neotectonic and surface processes in a low-land intracratonic setting of South America. *Quaternary International* 438: 141–159.
- Buckley, M., A. Walker, S. Y. W. Ho, Y. Yang, C. Smith, P. Ashton, J. T. Oates, E. Cappellini, H. Koon, K. Penkman, B. Elsworth, D. Ashford, C. Solazzo, P. Andrews, J. Strahler, B. Shapiro, P. Ostrom, H. Gandhi, W. Miller, B. Raney, M. I. Zylber, M. T. P. Gilbert, R. V. Prigodich, M. Ryan, K. F. Rijdsdijk, A. Janoo y M. J. Collins 2008. Comment on “Protein sequences from mastodon and *Tyrannosaurus rex* revealed by mass spectrometry”. *Science* 319: 33.
- Burkart, R., N. Bárbaro, R. Sánchez y D. Gómez 1999. *Ecorregiones de la Argentina*. Administración de Parques Nacionales, Buenos Aires.
- Cabrera, A. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 14(1-2): 1–50.
- Campos, M., G. L. L’Heureux y A. Castro Esnal 2019. La fauna del sitio Casa de Piedra de Roselló, Aldea Beleiro, sudoeste de Chubut. Primeros resultados de los contextos del Holoceno medio. En *Libro de Resúmenes del V Congreso Nacional de Zooarqueología*, pp. 84. San Fernando del Valle de Catamarca.
- Carignano, C. 1999. Late Pleistocene to recent climate change in Córdoba Province, Argentina: Geomorphological evidence. *Quaternary International* 57–58: 117–134.
- Carr, C. 1995. Mortuary practices: Their social, philosophical-religious, circumstantial, and physical determinants. *Journal of Archaeological Method and Theory* 2(2): 105–200.
- Castellanos, A. 1922. Sobre un instrumento óseo del Pampeano medio del arroyo Cululú (alrededores de Esperanza, provincia de Santa Fe). *Anales del Museo Nacional de Historia Natural del Buenos Aires* 31: 465–469.

- Castellanos, A. 1924. Contribución al estudio de la paleoantropología argentina. Restos descubiertos en el arroyo Cululú (Pcia. de Santa Fe). *Revista de la Universidad Nacional de Córdoba* XI(7-9): 48.
- Castellanos, A. 1926. Hornos en el post-pampeano de la región de Esperanza. Provincia de Santa Fe, República Argentina. *Actas del Congreso de Praga*, pp. 301–303. París.
- Castellanos, A. 1929. Nuevos restos del hombre fósil (nota informativa). *Physis* 10: 175–181.
- Castillejo, A. 2012. Geoestadística y arqueología: una nueva perspectiva analítico-interpretativa en el análisis espacial intra-site. *Analítica, Revista de análisis estadístico* 4(2): 83–95.
- Castillejo, A. 2013. Datos óptimos para la caracterización espacial y temporal de la variabilidad arqueológica a escala intra-site. *GeoFocus* 13(1): 131–153.
- Catella, L. 2014. *Movilidad y Utilización del Ambiente en Poblaciones Cazadoras-Recolectoras del Sur de la Región Pampeana: La Cuenca del Arroyo Chasicó como Caso de Estudio*. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.
- Ceruti, C. 1986. Algo sobre crítica y autocrítica en arqueología. *Revista de Antropología* 1: 19–24.
- Ceruti, C. 1988. *Modificación Ambiental y Adaptación Cultural en la Cuenca del Paraná Medio*. Informe CONICET.
- Ceruti, C. 1991. Modificación ambiental y adaptación en la cuenca del Paraná medio. Trabajo presentado en *IX Congreso Nacional de Arqueología Argentina*. Buenos Aires.
- Ceruti, C. 1992. Cambios climáticos y poblaciones prehispánicas en el Litoral Argentino. En M. Iriondo (ed.), *El Holoceno en la Argentina*, vol. 1, pp. 39–49. CADINQUA, Paraná.
- Ceruti, C. 1993. Arqueología. En A. Renna (ed.), *Nueva Enciclopedia de la Provincia de Santa Fe*, IV, pp. 557–580. Ediciones Sudamérica, Santa Fe.
- Ceruti, C. 1995a. Reinterpretación de algunos sitios arqueológicos tempranos en la provincia de Santa Fe: cuenca del Salado-Cululú. *Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael* 27(1): 103–121.
- Ceruti, C. 1995b. *Libreta de Campaña*. Manuscrito Inédito en posesión del autor.
- Ceruti, C. 1995c. *Informe a la Municipalidad de Esperanza*. Manuscrito Inédito en posesión del autor.
- Ceruti, C. 1999. La tradición de las Llanuras Centrales. En *Homenaje a Alberto Rex González, 50 Años de Aportes al Desarrollo y la Consolidación de la Antropología Argentina*, pp. 181–197. FADA-Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires.
- Ceruti, C. 2000. Ríos y praderas los pueblos del Litoral. En M. Tarragó (dir. De Tomo I), *Nueva Historia Argentina. Los Pueblos Originarios y la Conquista*, pp. 105–146. Ed. Sudamericana, Buenos Aires.
- Ceruti, C. 2003. Entidades culturales presentes en la cuenca del Paraná Medio (margen entrerriana). *Mundo de Antes* 3: 111–135.
- Ceruti, C. 2006. Movimientos poblacionales en el Chaco santafesino. Una visión desde la arqueología. *Folia Histórica del Nordeste* 16: 21–38.

- Ceruti, C. y M. I. González 2007. Modos de vida vinculados con ambientes acuáticos del Nordeste y Pampa bonaerense de Argentina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 32: 101–140.
- Chaplin, R. E. 1971. *The Study of Animal Bones from Archeological Sites*. Academic Press, Nueva York.
- Child, A. M. 1995a. Microbial taphonomy of archaeological bone. *Studies in Conservation* 40: 19–30.
- Child, A. M. 1995b. Towards and understanding of the microbial decomposition of archaeological bone in the burial environment. *Journal of Archaeological Science* 22: 165–174.
- Clark, J. y K. Kietzke 1967. Paleoecology of the lower Nodular Zone, Brule Formation, in the Big Badlands of South Dakota. En J. Clark, J. R. Beerbower y K. Kietzke (eds.), *Oligocene Sedimentation, Stratigraphy, Paleoecology and Paleoclimatology in the Big Badlands of South Dakota*. *Fieldiana Geology Memoirs* Vol. 5, pp. 111–155. Field Museum of Natural History, Chicago.
- Cleland, C. E. 2002. Methodological and epistemic differences between historical science and experimental science. *Philosophy of Science* 69: 474–496.
- Cocco, G., M. R. Feuillet Terzaghi y L. Campagnolo 2009. Estudios de impacto arqueológico en sitios prehistóricos localizados en áreas urbanas en la provincia de Santa Fe, Argentina. En L. Beovide, C. Erchini y G. Figueredo (comps.), *La Arqueología Como Profesión: Los Primeros 30 años*, pp. 547–560. Asociación Uruguaya de Arqueología, Montevideo.
- Cocco, G., G. Frittegotto, N. Bonomo, M. de la Vega y A. Osella 2010. Geofísica aplicada a la arqueología: la localización del fuerte Sancti Spíritus (1527-1529), Puerto Gaboto, provincia de Santa Fe. En *Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, pp. 1411–1416. Mendoza.
- Collins, M. J., M. Riley, A. Child y G. Turner-Walker 1995. A basic mathematical simulation of the chemical degradation of ancient collagen. *Journal of Archaeological Science* 22: 175-83.
- Collins, M. J., C. M. Nielsen-Marsh, J. Hiller, C. I. Smith, J. P. Roberts, R. V. Prigodich, T. J. Wess, J. Csapò, A. R. Millard y G. Turner-Walker 2002. The survival of organic matter in bone: a review. *Archaeometry* 44(3): 383–394.
- Colobig, M. M., C. Píccoli y C. Barboza 2017. Primera aproximación a la identificación de granos de almidón en tuestos del sitio Los Bananos (Goya, Corrientes, Argentina). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* XLI (2): 431–440.
- Connolly, J. y M. Lake 2006. *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Conti, M. E. (ed.) 2000. *Principios de Edafología. Con Énfasis en Suelos Argentinos*. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Corfield, M. 1996. Preventive conservation for archaeological sites. En A. Roy y P. Smith (eds.), *Archaeological Conservation and its Consequences Preprints of the Contributions to the Copenhagen Congress*, pp. 32–37. Londres.
- Cornaglia Fernández, J. 2009. *Zooarqueología del Holoceno Tardío en el Sur de Santa Fe. El Sitio Laguna El Doce*. Tesis de Licenciatura inédita. Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario.

- Cornaglia Fernández, J. 2012. El carbonato de calcio y sus implicancias en el análisis de conjuntos arqueofaunísticos. El caso Laguna El Doce (Departamento General López, Provincia de Santa Fe). *Revista del Museo de Antropología* 5: 185–194.
- Cornero, S. 1999. Enterratorios humanos en el Litoral: Sitio La Lechuza, Alejandra, depto. San Javier, Santa Fe. *Actas XII Congreso Nacional de Arqueología Argentina III*. La Plata.
- Cornero, S. y G. Cocco 1994. Arqueología de rescate del sitio Isla Barranquita. *Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael* 27: 1–4.
- Cornero, S., P. del Río y C. Ceruti 2013. Sitios con “hornitos” del Holoceno tardío en el Chaco austral. Colonia Dolores, depto. San Justo, pcia. De Santa Fe. *Anuario de Arqueología* 5: 103–115.
- Cornero, S., A. Rigalli y R. Puche 2008. Patología de columna vertebral de una población prehistórica costera del río San Javier (Alejandra, Santa Fe, Argentina). *Actualizaciones en Osteología* 4(3): 113–119.
- Cruz, I. 2003. *Paisajes Tafonómicos de Restos de Aves en el Sur de Patagonia Continental. Aportes para la Interpretación de Conjuntos Avifaunísticos en Registros Arqueológicos del Holoceno*. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- Cruzate, G., E. Rivero y R. Turati 2006. Cobre, Hierro y Manganeso: mapas de disponibilidad y respuesta a la fertilización en suelos de la región pampeana. En *Actas del XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. I Reunión de Suelos de la Región Andina*. En CD. Salta-Jujuy, Argentina.
- Damann, F. E. y M. M. E. Jans 2017. Microbes, anthropology, and bones. En D. Carter, J. K. Tomberlin, M. Benbow y J. L. Metcalf (eds.), *Forensic Microbiology*, pp. 312–327. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex.
- Daniels, V. 1981. Manganese-containing stains on excavated pottery sherds. *Masca Journal* 1: 230–231.
- Darrigran, G. e I. Ezcurra de Drago 2000. Distribución de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), en la Cuenca del Plata, Región Neotropical. *Medio Ambiente* 13(2): 75–79.
- Darwin, C. 1881. *The Formation of Vegetable Mould Through the Action of Worms with Observation on their Habits*. John Murray, Londres.
- Dávila, F., C. Lithgow-Bertelloni y M. Giménez 2010. Tectonic and dynamic controls on the topography and subsidence of the Argentine Pampas: The role of the flat slab. *Earth and Planetary Science Letters* 295: 187–194.
- Davis, P. G. 1997. The bioerosion of bird bones. *International Journal of Osteoarchaeology* 7: 388–401.
- Deaton, A. 2009. *Instruments of Development: Randomization in the Tropics, and the Search for the Elusive Keys to Economic Development*. Working Paper 14690. National Bureau of Economic Research, Cambridge.
- DeNiro, M. J. 1985. Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature* 317: 806–809.
- Denys, C. 2002. Taphonomy and experimentation. *Archaeometry* 44(3): 469–484.
- Depetris, P. J. y A. I. Pasquini 2007. The geochemistry of the Paraná River: an overview. En M. Iriondo, J. C. Paggi y M. J. Parma (eds.), *The Middle Parana River: Limnology of a Subtropical Wetland*, 143–174. Springer, Berlín.

- Di Donato, R. M. y M. Del Papa 2010. "Todas las criaturas grandes y pequeñas..." El rol de Insecta en tafonomía humana. En *Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, pp. 231–236. Mendoza.
- Dixon, R. A., L. Dawson y D. Taylor 2008. The experimental degradation of archaeological human bone by anaerobic bacteria and the implications for the recovery of Ancient DNA. En C. L. Greenblatt, M. Spigelman, M. Cipollaro, N. G. Nerlich y H. W. Witas (eds.), *The Proceedings of the 9th International Conference on Ancient DNA and Associated Biomolecules*, pp. 1–10. Pompeii.
- Dobberstein, R. C., M. J. Collins, O. E. Craig, G. Taylor, K. E. H. Penkman y S. Ritz-Timme 2009. Archaeological collagen: Why worry about collagen diagenesis? *Archaeological and Anthropological Sciences* 1: 31–42.
- Douterelo, I., R. Goulder y M. Lillie 2010. Soil microbial community response to land-management and depth, related to the degradation of organic matter in english wetlands: Implications for the *in situ* preservation of archaeological remains. *Applied Soil Ecology* 44: 219–227.
- Duday, H. 2009. *The Archaeology of the Dead. Lectures in Archaeoethanatology*. Oxbow Books, Oxford.
- Dunham, G., D. Gold y J. Hantman 2003. Collective burial in late prehistoric Virginia: Excavation and analysis of the Rapidan Mound. *American Antiquity* 68: 109–128.
- Dunn, O. J. 1964. Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics* 6: 241–252.
- Ecker, H. 1989. The characterization of weathering effects and the conservation of a mammoth tusk from Roxton, Bedfordshire. *Institute of Archaeology Bulletin* 26: 183–223.
- Efremov, I. 1940. Taphonomy: new branch of paleontology. *Pan-American Geologist* 74: 81–93.
- Egerton, R. 2005. *Physical Principles of Electron Microscopy. An Introduction to TEM, SEM, and AEM*. Springer, Berlín.
- Escosteguy, P. y A. Fernández 2019. Marcas de insectos en restos óseos de la localidad arqueológica La Guillerma (Depresión del Río Salado bonaerense). *Libro de Resúmenes del V Congreso Nacional de Zooarqueología*, pp. 18. San Fernando del Valle de Catamarca.
- Escudero, S. y F. Letieri 1995. Informe preliminar del sitio "Bajada Guereño" (Villa Gobernador Gálvez, Pcia. de Santa Fe). En *Actas y Memorias del XI Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, pp. 69–74. San Rafael.
- Escudero, S., M. R. Feuillet Terzaghi y M. Núñez Camelino 2011. Los modelos teóricos imperantes en la arqueología del Nordeste argentino: los casos de las provincias de Santa Fe y Corrientes. *Arqueología* 17: 97–118.
- Evans, F. G. 1973. Factors affecting the mechanical properties of bone. *Bulletin of the New York Academy of Medicine* 49(9): 751–764.
- Fadda, G. S. 2005. *Clasificación de Suelos. Edafología. Facultad Ciencias Agrarias y Zootecnia*. Universidad Nacional de Tucumán (Dirección Internet: [http://www.edafo.com.ar /Paginas/descargas.html](http://www.edafo.com.ar/Paginas/descargas.html)).

- Fernández, F., L. M. del Papa, G. J. Moreira, L. Prates y L. J. M. De Santis 2011. Small mammal remains recovered from two archaeological sites in the middle and lower Negro River valley (Late Holocene, Argentina): Taphonomic issues and paleoenvironmental implications. *Quaternary International* 245: 136–147.
- Fernández-Jalvo, Y. y P. Andrews 2003. Experimental effects of water abrasion on bone fragments. *Journal of taphonomy* 1(3): 147–163.
- Fernández-Jalvo, Y. y P. Andrews 2016. *Atlas of Taphonomic Identifications: 1001 + Images of Fossil and Recent Mammal Bone Modification*. Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology Series Springer, Dordrecht.
- Fernández Jalvo, Y., B. Sánchez Chillón, P. Andrews, S. R. Fernández López y L. Alcalá 2002. Morphological taphonomic transformations of fossil bones in continental environments, and repercussions on their chemical composition *Archaeometry* 44: 353–361.
- Fernández-Jalvo, Y., P. Andrews, M. D. Pesquero, C. Smith, D. Marín-Monfort, B. Sánchez, E. M. Geigl y A. Alonso 2010. Early bone diagenesis in temperate environments. Part I: Surface features and histology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 288: 62–81.
- Feuillet Terzaghi, M. R. 2009. *El Registro Arqueológico del Uso del Espacio en la Cuenca Inferior del Río Salado y Superior del Río Coronda, pcia. de Santa Fe. Argentina*. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario.
- Feuillet Terzaghi, M. R y S. Deluca 2011. Arqueología en la cuenca inferior del río Salado (provincia de Santa Fe). Primeras aproximaciones al estudio de un sitio arqueológico con enterratorios múltiples. *Folia Histórica del Nordeste* 19: 23–50.
- Feuillet Terzaghi, M. R. y S. Escudero 2009. Viejas y nuevas: evidencias de ocupación humana en el Holoceno tardío en la cuenca inferior del río Salado y superior del río Coronda (provincia de Santa Fe). En M. Berón, L. Luna, M. Bonomo, C. Montalvo, C. Aranda y M. Carrera Aizpitarte (eds.), *Mamül Mapu: Pasado y Presente Desde la Arqueología Pampeana*, pp. 215–226. Libros del Espinillo, Buenos Aires.
- Feuillet Terzaghi, M. R., D. Casal, L. Campagnolo y G. Cocco 2007. Intervención arqueológica en un sitio con enterratorios múltiples en la localidad de Coronda, pcia. de Santa Fe. En C. Bayón, A. Pupio, M. I. González, N. Flegenheimer y M. Frère (eds.), *Arqueología de las Pampas*, pp. 95–108. Sociedad Argentina de Antropología, Buenos Aires.
- Fisher, J. 1995. Bone surface modifications in zooarchaeology. *Journal of Archaeological Method and Theory* 2(1): 7–68.
- Flores García, A. 1991. *Suelos Salinos y Sódicos: Breve Revisión Bibliográfica*. Departamento de Suelos y Riego, Facultad de Agronomía, La Habana.
- Freguelli, J. 1920. Excursión a los alrededores de Esperanza. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 24: 257–292.
- Freguelli, J. 1932. Perfiles geológicos de las márgenes del río Salado (Santa Fe). *Publicaciones Museo Antropológico y Etnográfico serie A* 2: 83–97.
- Freguelli, J. 1941. Nuevos datos acerca de “hornos” indígenas. *Anales del Instituto de Etnografía Americana* 2: 189–206.

- FUNDARQ 1995. *Informe de Actividades en el Sitio LT*. Museo Municipal de Coronda J. Maciel. Ms.
- Gabrielloni, C. 2012. *Estudios Tafonómicos Sobre Restos Óseos Humanos. Sitio Laguna El Doce, Departamento General López, Provincia de Santa Fe*. Academic Publishing GmbH & Co. KG. Saarbrücken, Alemania.
- Galligani, P. E. 2013 *Tafonomía de los Entierros Humanos del Sitio RSCII*. Tesis de Licenciatura inédita. Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario.
- Galligani, P. E. 2017. Análisis de fracturas óseas arqueológicas: examen colorimétrico a partir de un software libre. Trabajo presentado en *VIII Congreso de Arqueología de la región Pampeana*. Luján.
- Galligani, P. E. y G. Barrientos 2016. El manejo de la información espacial en estudios de tafonomía humana en la escala de sitio: ejemplos de aplicación. *Revista de Antropología del Museo de Entre Ríos* 2: 120–130.
- Galligani, P. E., M. R. Feuillet Terzaghi y G. Barrientos 2016. Los entierros humanos del sitio Río Salado-Coronda II: una aproximación tafonómica a los procesos de modificación ósea postdeposicional en el centro-este de la provincia de Santa Fe, República Argentina. *Intersecciones en Antropología* 17: 187–200.
- Galligani, P. E., M. R. Feuillet Terzaghi y G. Barrientos 2019a. Delimitación del área probable de entierros del sitio RSCII (Santo Tomé, Santa Fe) mediante el análisis químico del suelo. *Revista del Museo de Antropología* 12(1): 45–56.
- Galligani, P. E., J. Sartori y F. Balducci 2015. Procesos postdeposicionales en restos humanos: el sitio Campo Cervi (cuenca fluvial del río Coronda, centro-este de Santa Fe, Argentina). *Comechingonia. Revista de Arqueología* 19(2): 347–357.
- Galligani, P. E., J. Sartori y G. Barrientos 2019b. Bacterial bioerosion in human and animal bones from subtropical environments (Northern Pampa/Middle Paraná River Basin, República Argentina). *Journal of Archaeological Science: Reports* 25: 561–574.
- Galligani, P. E., F. Balducci, J. Sartori y M. Riberi 2018. Análisis del registro cerámico desde una perspectiva tafonómica: El caso de los sitios arqueológicos Familia Primón y Los Bañados (centro-este de Santa Fe, Argentina). *Mundo de Antes* 12(1): 107–133.
- Galligani, P. E., J. Sartori, F. Balducci y G. Barrientos 2017a. Nuevos hallazgos en la cuenca del río Salado del Norte: el sitio arqueológico Arroyo Cululú 1 (Esperanza, departamento Las Colonias, Santa Fe, Argentina). *Anuario de Arqueología* 9: 5–24.
- Galligani, P. E., A. Tisocco, A. Castagnola y F. Lancellotti 2017b. Marcas de raíces en huesos arqueológicos: una clasificación a partir del análisis de los restos humanos del sitio Familia Primón (Coronda, Santa Fe). Póster presentado en *VIII Congreso de Arqueología de la región Pampeana*. Luján.
- Galloway, A. 1997. The process of decomposition: a model from the Arizona Sonoran Desert. En W. D. Haglund y M. H. Sorg (eds.), *Forensic Taphonomy*, pp. 139–150. CRC Press, Nueva York.
- Galloway, A., W. H. Birkby, A. M. Jones, T. E. Henry y B. O. Parks 1989. Decay rates of human remains in an arid environment. *Journal of Forensic Sciences* 34: 607–616.

- García Sanjuán, L., D. W. Wheatley, P. Murrieta Flores y J. Márquez Pérez 2009. Los SIG y el análisis espacial en arqueología. Aplicaciones en la prehistoria reciente del sur de España. En F. X. Nieto Prieto y M. A. Cau Ontiveros (eds.), *Arqueología Nàutica Mediterrània. Monografías del Centro de Arqueología Subacuática de Cataluña* 8, pp. 163–180. CASC, Girona.
- Garland, A. N. 1989. Microscopical analysis of fossil bone. *Applied Geochemistry* 4: 215–229.
- Gaspary, F. 1950. Investigaciones arqueológicas y antropológicas en un “cerrito” de la isla Los Marinos (Dpto. Victoria, Entre Ríos) situada frente a Rosario. *Publicaciones del Instituto de Arqueología, Lingüística y Folclore* 23: 3–66.
- Gentner, D. 1983. Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science* 7: 155–170.
- Ghantus, M. 1951. Growth of the shaft of the human radius and ulna during the first two years of life. *American Journal of Roentgenology* 65: 784–786.
- Gifford-Gonzalez, D. P. 1991. Bones are not enough: Analogues, knowledge, and interpretive strategies in zooarchaeology. *Journal of Anthropological Archaeology* 10: 215–254.
- Gindhart, P. 1973. Growth standards for the tibia and radius in children aged one month through eighteen years. *American Journal of Physical Anthropology* 39: 41–48.
- Giorgi, R. s/f. El relevamiento sistemático de los suelos de la Provincia de Santa Fe. Disponible en [http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/suelos/texto\\_relevamiento\\_suelos\\_santafe.htm](http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/suelos/texto_relevamiento_suelos_santafe.htm)
- Giraut, M., C. Luprano, A. Soldano y C. Rey 2007. *Cartografía Hídrica Superficial Digital de la Provincia de Santa Fe. Subsecretaría de Recursos Hídricos (SsRH)*. Secretaría de Obras Públicas de la Nación. Buenos Aires. <http://www.hidricosargentina.gov.ar/documentos>.
- Gisbert Blanquer, J. M., S. Ibañez Asensio y H. Moreno Ramón 2010. *La Textura del Suelo*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia.
- Giunta, R. C. 2005. *Superficie Ganadera y Recursos Forrajeros de la Provincia de Santa Fe Año 2002*. Ministerio de la Producción, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Naturales. Gobierno de la provincia de Santa Fe.
- González, A. R. 1977. *Arte Precolombino en Argentina*. Filmediciones Valero, Buenos Aires.
- González, M. 2007. Estudios de interés tafonómico en los restos óseos humanos de Laguna Tres Reyes 1 (Partido de Adolfo Gonzales Chaves, provincia de Buenos Aires). *Intersecciones en Antropología* 8: 215–233.
- González, M. 2008. Cuantificación anatómica y dispersión espacial de restos humanos del sitio Laguna Tres Reyes 1 (Área Interserrana Bonaerense). *Comechingonia* 2(1): 47–77.
- González, M. 2009. Análisis de los efectos tafonómicos de los restos óseos humanos de Laguna Tres Reyes 1: la actividad perturbadora de los roedores. En T. Bourlot, D. Bozzuto, C. Crespo, A. Hecht y N. Kuperszmit (eds.), *Entre Pasados y Presentes II Estudios Contemporáneos en Ciencias Antropológicas*, pp. 307–322. Ed. Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Buenos Aires.
- González, M. 2013. Procesos de formación y efectos tafonómicos en entierros humanos: el caso del sitio Paso Alsina 1 en Patagonia Nororiental argentina. *Magallania* 41(1): 133–154.

- González, M. 2014. Procesos de formación y efectos tafonómicos en entierros humanos: el caso del sitio Arroyo Seco 2 en la región pampeana, Argentina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 39(1): 175–202.
- González Baroni., L., S. Hocsmán y C. Aschero 2017. Prácticas mortuorias de cazadores-recolectores tardíos de los desiertos de altura del noroeste argentino: el fardo funerario de Quebrada Seca 3. *Revista Argentina de Antropología Biológica* 18(1): 1–18.
- Goñi, R. A., M. Del Papa y S. García Guraieb 2002. Aspectos tafonómicos en entierros humanos de Patagonia. *Libro de Resúmenes del XIV Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, pp. 240–241. Rosario.
- Goodhew, P. J., J. Humphreys y R. Beanland 2001. *Electron Microscopy and Analysis*. Taylor & Francis, Londres.
- Gordón, F. 2009. Tafonomía humana y lesiones traumáticas en colecciones de museos. Evaluación de cráneos del noreste de Patagonia. *Intersecciones en Antropología* 10: 27–41.
- Gordon, C. J. y J. E. Buikstra 1981. Soil pH, bone preservation and sampling bias at mortuary sites. *American Antiquity* 46: 566–571.
- Gray, T. R. G. y S. T. Williams 1971. *Soil Microorganisms*. Hafner, Nueva York.
- Grayson, D. K. 1988. Danger cave, last supper cave, and hanging rock shelter: The faunas. *American Museum of Natural History Anthropological Papers* 66(1): 1–130.
- Grine, F. E., T. G. Bromage, D. J. Daegling, D. B. Burr y C. K. Brain 2015. Microbial osteolysis in an early Pleistocene hominin (*Paranthropus robustus*) from Swartkrans, South Africa. *Journal of Human Evolution* 85: 126–135.
- Grupe, G. 1995. Preservation of collagen in bone from dry sandy soil. *Journal of Archaeological Science* 22: 193–199.
- Grupe, G. y U. Dreses-Werringloer 1993. Decomposition phenomena in thin-sections of excavated human bones. En G. Grupe y A. N. Garland (eds.), *Histology of Ancient Human Bone: Methods and Diagnosis*, pp. 27–36. Springer, Berlín.
- Grupe, G., U. Dreses-Werringloer y F. Parsche 1993. Initial stages of bone decomposition: causes and consequences. En J. B. Lambert y G. Grupe (eds.), *Prehistoric Human Bone. Archaeology at the Molecular Level*, pp. 257–274. Springer, Berlín-Heidelberg.
- Guarino, F. M., F. Angelini, C. Vollono y C. Orefice 2006. Bone preservation in human remains from the Terme del Sarno at Pompeii using light microscopy and scanning electron microscopy. *Journal of Archaeological Science* 33: 513–520.
- Guichón, R. A., A. S. Muñoz y L. Borrero 2000. Datos para una tafonomía de restos óseos humanos en Bahía San Sebastián, Tierra del Fuego, Argentina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 25: 297–313.
- Gutiérrez, M. 1998. *Taphonomic Effects and State of Preservation of the Guanaco (Lama guanicoe) Bone Bed from Paso Otero 1 (Buenos Aires Province, Argentina)*. Tesis de Maestría inédita. Texas Tech University, USA.
- Gutiérrez, M. 2001. Bone diagenesis and taphonomic history of the Paso Otero 1 Bone Bed, Pampas of Argentina. *Journal of Archaeological Science* 28: 1277–1290.

- Gutiérrez, M. 2004. *Análisis Tafonómicos en el Área Interserrana (Provincia de Buenos Aires)*. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.
- Gutiérrez, M. 2006. Efectos, agentes y procesos tafonómicos en el Área Interserrana Bonaerense. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 31: 201–228.
- Haber, A. F. y N. Ratto 1988. De procesos, contextos y otros huesos: Presentación. En N. R. Ratto y A. F. Haber (eds.), *Análisis Faunístico de Vertebrados e Invertebrados de los Sitios Arqueológicos*, pp. 1–7. FFyL-UBA, Buenos Aires.
- Hackett, C. J. 1981. Microscopical focal destruction (tunnels) in exhumed human bones. *Medicine, Science and the Law* 21: 243–265.
- Haglund, W. D. y M. C. Sorg (eds.) 1997. *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*. CPR Press, Nueva York.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper y P. D. Ryan 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9.
- Hanson, D. B. y J. E. Buikstra 1987. Histomorphological alteration in buried human bone from the Lower Illinois Valley: implications for palaeodietary research. *Journal of Archaeological Science* 14: 549–563.
- Hare, P. 1980. Organic geochemistry of bone and its relation to the survival of bone in the natural environment. En A. Behrensmeyer y A. Hill (eds.), *Fossil in the Making*, pp. 208–219. University of Chicago Press, Chicago.
- Hauke, J. y T. Kossowski 2011. Comparison of Pearson's and Spearman's Correlation Coefficients on the Same Sets of Data. *Quaternary Geochronology* 30: 87–93.
- Hayman, J. y M. Oxenham 2016. Peri-mortem disease treatment: a little known cause of error in the estimation of the time since death in decomposing human remains. *Australian Journal of Forensic Sciences* 48(2): 171–185.
- Heckman, J. J. y J. A. Smith 1995. Assessing the case for social experiments. *Journal of Economic Perspectives* 9(2): 85–110.
- Hedges, R. E. M. 2002. Bone diagenesis: An overview of processes. *Archaeometry* 44: 319–328.
- Hedges, R. E. M. y A. R. Millard 1995. Bones and groundwater: Towards the modelling of diagenetic processes. *Journal of Archaeological Science* 22: 155–164.
- Hedges, R. E. M., A. R. Millard y A. W. G. Pike 1995. Measurements and relationships of diagenetic alteration of bone from three archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 22: 201–209.
- Hedges, R. E. M., J. G. Clement, C. D. L. Thomas y T. C. O'Connell 2007. Collagen turnover in the adult femoral mid-shaft: Modeled from anthropogenic radiocarbon tracer measurements. *American Journal of Physical Anthropology* 133(2): 808–816.
- Henderson, J. 1987. Factors determining the state of preservation of human remains. En A. Boddington, A. N. Garland, y R. C. Janaway (eds.), *Death, Decay, and Reconstruction: Approaches to Archaeology and Forensic Science*, pp. 43–54. Manchester University Press, Manchester.
- Herrmann, N. 2002. GIS applied to bioarchaeology: An example from the Río Talgua caves in northeast Honduras. *Journal of Cave and Karst Studies* 64(1): 17–22.

- Hesse, B. y P. Wapnish 1985. *Animal bone archeology*. Taxacum Press, Washington D.C.
- High, K., N. Milner, I. Panter y K. E. H. Penkman 2015. Apatite for destruction: investigating bone degradation due to high acidity at Star Carr. *Journal of Archaeological Science* 59: 159–168.
- Historic England 2015. *Piling and Archaeology. Guidelines and Best Practice*. Historic England, Swindon.
- Historic England 2016. *Preserving archaeological remains: Decision-Taking for Sites Under Development*. Historic England, Swindon.
- Historic England 2017. *Land Contamination and Archaeology. Good Practice Guidance*. Historic England, Swindon.
- Hollund, H. I., M. Blank y K-G. Sjögren 2018. Dead and buried? Variation in post-mortem histories revealed through histotaphonomic characterisation of human bone from megalithic graves in Sweden. *PLoS ONE* 13(10): e0204662.
- Hollund, H. I., M. M. E. Jans y H. Kars 2014. How are teeth better than bone? An investigation of dental tissue diagenesis and state of preservation at a histological scale (with photo catalogue). *Internet Archaeology* 36.
- Hollund, H. I., M. M. E. Jans, M. J. Collins, H. Kars, I. Joosten y S. M. Kars 2012. What happened here? Bone histology as a tool in decoding the postmortem histories of archaeological bone from Castricum, The Netherlands. *International Journal of Osteoarchaeology* 22(5): 537–548.
- Hutton, J. 1788. Theory of the Herat. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 1: 209–304.
- Huisman, D. J. (ed.) 2009. *Degradation of archaeological remains*. Den Haag.
- Hyde, E. R., J. L. Metcalf, S. R. Bucheli, A. M. Lyne y R. Knight 2017. Microbial communities associated with decomposing corpses. En D. Carter, J. K. Tomberlin, M. Benbow y J. L. Metcalf (eds.), *Forensic Microbiology*, pp. 245–273. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex.
- Imai, K., D. Tingley y T. Yamamoto 2013. Experimental designs for identifying causal mechanisms (with discussion). *Journal of the Royal Statistical Society* 176: 5–51.
- Imhoff, S., M. A. Pilatti, M. E. Carrizo, M. J. Masola, R. Marano y O. Felli 2018. Compactación en suelos del centro y norte de Santa Fe. En P. Imbellone y C. Álvarez (eds.), *Compactaciones Naturales y Antrópicas en Suelos Argentinos*, pp. 279–302. Asociación Argentina Ciencia del Suelo.
- INTA 1965-1998. *Mapa básico de Suelos de la Provincia de Santa Fe (escala 1:50.000)*. Disponible en <http://visor.geointa.inta.gob.ar/?p=96>.
- INTA-MAG 1981. *Mapas de Suelos de la Provincia de Santa Fe. Escala 1:50000*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)-Estación Experimental Agropecuaria (EEA), Rafaela.
- Iribarne, E. 1937. Algunos vasos indígenas de las márgenes del Paraná inferior. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 1: 181–190.
- Iriondo, M. 1980. El Cuaternario de Entre Ríos. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 11: 125–141.
- Iriondo, M. 1987. Geomorfología y Cuaternario de la Prov. de Santa Fe. *D'Orbignyana* 4: 1–54.

- Iriondo, M. 1990. Map of the South American plains - its present state. En J. Rabassa (ed.), *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 6, pp. 297–308. A. A. Balkema Publ., Rotterdam.
- Iriondo, M. 1994. Los climas cuaternarios de la región pampeana. *Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino"* (N. S.) 4(2): 1–48.
- Iriondo, M. 2007. El Chaco santafesino, neogeno y geomorfología. *Comunicaciones Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino"* (N. S.) 13(1): 1–38.
- Iriondo, M. 2010. *Geología del Cuaternario en Argentina*. Ed. Moglia S.R.L., Corrientes.
- Iriondo, M. 2012. *Aguas Subterráneas y Superficiales de la Provincia de Santa Fe*. Ed. Moglia S.R.L., Corrientes.
- Iriondo, M. y D. Kröhling 1995. El Sistema Eólico Pampeano. *Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino"* (N. S.) 5(1): 1–68.
- Iriondo, M., J. C. Paggi y M. J. Parma (eds.) 2007. *The Middle Parana River: Limnology of a Subtropical Wetland*. Springer, Berlín.
- Jackes, M., R. Sherburne, D. Lubell, C. Barker y M. Wayman 2001. Destruction of microstructure in archaeological bone: a case study from Portugal. *International Journal of Osteoarchaeology* 11: 415–432.
- Janaway, R. C. 1987. The preservation of organic materials in association with metal artifacts deposited in inhumation graves. En A. Boddington, N. Garland y R. C. Janaway (eds.), *Death, Decay and Reconstruction*, pp. 127–148. Manchester University Press, Manchester.
- Jans, M. M. E. 2005. *Histological Characterisation of Diagenetic Alteration of Archaeological Bone*. Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies 4. Vrije University, Amsterdam.
- Jans, M. M. E. 2008. Microbial bioerosion of bone - a review. En M. Wisshak y L. Tapanila (eds.), *Current Developments in Bioerosion*, pp. 397–413. Springer, Berlín.
- Jans, M. M. E. 2014. Microscopic destruction of bone. En J. T. Pokines y S. A. Symesv(eds.), *Manual of Forensic Taphonomy*, pp. 19–36. CRC Press, Boca Raton.
- Jans, M. M. E., C. M. Nielsen-Marsh, C. I. Smith, M. Collins y H. Kars 2004. Characterisation of microbial attack on archaeological bone. *Journal of Archaeological Science* 31: 87–95.
- Jans, M. M. E., H. Kars, C. M. Nielsen-Marsh, C. I. Smith, A. G. Nord, P. Arthur y N. Earl 2002. *In situ* preservation of archaeological bone: a histological study within a multidisciplinary approach. *Archaeometry* 44(3): 343–352.
- Johns, C. 2006. An Iron Age sword and mirror cist burial from Bryher, Isles of Scilly. *Cornish Archaeology* 41: 1–80.
- Johnson, E. 1985. Current developments in bone technology. *Advances in Archaeological Method and Theory* 8: 157–235.
- Johnson, D. L. 2002. Darwin would be proud: Bioturbation, dynamic denudation, and the power of theory in science. *Geoarchaeology: An International Journal* 17(1): 7–40.
- Karr, L. y A. K. Outram 2012. Actualistic research into dynamic impact and its implications for understanding differential bone fragmentation and survivor. *Journal of Archaeological Science* 39: 3443–3449.

- Kars, H. 1997. Conservation science and the archaeological property: a review of current research, needs and opportunities. En W. J. H. Willems, H. Kars y D. P. Hallewas (eds.), *Archaeological Heritage Management in the Netherland. Fifty years State Service for Archaeological Investigations*, pp. 173–191. Van Gorcum, Assen.
- Kars, H. 1998. Preserving our *in situ* archaeological heritage: a challenge to the geochemical engineer. *Journal of Geochemical Exploration* 62: 139–147.
- Kars, E. A. K. y H. Kars 2002. *The Degradation of Bone as an Indicator in the Deterioration of the European Archaeological Property. Final Report*. Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, Amersfoort.
- Keenan, S. W., A. L. Emmons, L. S. Taylor, G. Phillips, A. R. Mason y A. Z. Mundorff 2018. Spatial impacts of a multi-individual grave on microbial and microfaunal communities and soil biogeochemistry. *PLoS ONE* 13(12): e0208845.
- Kendall, M. G. 1948. *The Advanced Theory of Statistics*. Vol. 1., 4<sup>th</sup> ed. Charles Griffin & Company, Londres.
- Kendall, C., A. M. Høier Eriksen, I. Kontopoulos, M. Collins y G. Turner-Walker 2018. Diagenesis of archaeological bone and tooth. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 491: 21–37.
- Kibblewhite, M., G. Tóth y T. Hermann 2015. Predicting the preservation of cultural artefacts and buried materials in soil. *Science of the Total Environment* 529: 249–263.
- Klein, R. G. y K. Cruz-Urbe 1984. *The Analysis of Animal Bones from Archaeological Sites*. Chicago University Press, Chicago.
- Kontopoulos, J., P. Nystrom y L. White 2016. Experimental taphonomy: post-mortem microstructural modifications in *Sus scrofa domesticus* bone. *Forensic Science International* 266: 320–328.
- Krenzer, U. 2006. *Compendio de Métodos Antropológico Forenses Para la Reconstrucción del Perfil Osteo-biológico*. DED, Guatemala.
- Kristensen, E., G. Penha-Lopes, M. Delefosse, T. Valdemarsen, C. O. Quintana y G. T. Banta 2012. What is bioturbation? The need for a precise definition for fauna in aquatic sciences. *Marine Ecology Progress Series* 446: 285–302.
- Kröhling, D. 1998. *Geomorfología y Geología del Cuaternario de la Cuenca del río Carcarañá, Desde la Confluencia de los Ríos Tercero y Cuarto, Provincias de Sta. Fe y Córdoba*. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.
- Kröhling, D. y E. Brunetto 2013. Marco geológico y geomorfológico de la cuenca del Arroyo Cululú. En O. Giayetto, J. Plevich, V. H. Lallana y M. Pilatti (comps.), *Bases Conceptuales y Metodológicas Para el Ordenamiento Territorial del Medio Rural*, pp. 485–511. Libroclíc ediciones, Río Cuarto.
- Kruskal, W. H. y W. A. Wallis 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association* 47: 583–621.
- Lanata, J. 1988. ¿Huesos quemados, huesos contados? Los datos de un experimento. En N. Ratto y A. Haber (eds.), *De Procesos, Contextos y Otros Huesos*, pp. 75–90. ICA (Sección Prehistoria), FFyL, Universidad de Buenos Aires.

- Larguía de Crouzeilles, A. 1936. Datos arqueológicos sobre paraderos indígenas de Santa Fe (isla del Periquillo, Helvecia y Sauce Viejo). *Anales de la Sociedad Científica Argentina* CXXII: 326–ss.
- Lawrence, D. 1968. Taphonomy and information losses in fossil communities. *Geological Society of America Bulletin* 79: 1315–1330.
- Lawrence, D. 1971. The nature and structure of paleoecology. *Journal of Paleontology* 45(4): 593–607.
- Le Grand H. M. y K. E. Fabricius 2011. Relationship of internal macrobioeroder densities in living massive Porites to turbidity and chlorophyll on the Australian Great Barrier Reef. *Coral Reefs* 30: 97–107.
- Linse, A. R. 1992. Is bone safe in a Shell Midden? En J. K. Stein (ed.), *Deciphering a Shell Midden*, pp. 327–347. Academic Press, California.
- Liu, D., Y. Yang, S. An, H. Wang y Y. Wang 2018. The biogeographical distribution of soil bacterial communities in the loess plateau as revealed by high-throughput sequencing. *Frontiers in Microbiology* 9: 2456.
- Lucas, G. 2012. *Understanding the Archaeological Record*. Cambridge University Press, New York.
- Lyell, C. 1830. *Principles of Geology 1*. John Murray, Londres.
- Lyman, R. L. 1982. *The Taphonomy of Vertebrate Archaeofaunas: Bone Density and Differential Survival of Fossil Classes*. Tesis doctoral, University of Washington. University Microfilms, Ann Arbor.
- Lyman, R. L. 1987. Archaeofaunas and butchery studies: a taphonomic perspective. *Advances in Archaeological Method and Theory* 10: 249–337.
- Lyman, R. L. 1994. *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lyman, R. L. 2008. *Quantitative Paleozoology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- MacQueen, J. 1967. Some methods for classification and analysis of multivariate observation. *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probabilities* 1: 281–296.
- Magnin, L. 2010. *Distribuciones Arqueológicas en la Meseta Central de Santa Cruz. Implicancias Para los Estudios del Uso del Espacio y Movilidad de Sociedades Cazadoras-Recolectoras*. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.
- Mallo, A., L. Elíades, D. Nitiu y M. Saparrat 2017. Fungal monitoring of the indoor air of the Museo de La Plata Herbarium, Argentina. *Revista Iberoamericana de Micología* 34(2): 99–105.
- Manifold, B. M. 2012. Intrinsic and extrinsic factors involved in the preservation of non-adult Skeletal remains in archaeology and forensic science. *Bulletin of the International Association for Paleodontology* 6(2): 51–69.
- Mant, A. K. 1987. Knowledge acquired from post-war exhumations. En A. Boddington, A. N. Garland, R. C. Janaway (eds.), *Death, Decay and Reconstruction: Approaches to Archaeology and Forensic Science*, pp. 65–78. Manchester University Press, Manchester.

- Marchetti, Z., A. Giraudo, C. Ramonell e I. Barberis 2013. Humedales del Paraná con grandes lagunas. En L. Benzaquén, D. Blanco, R. Bó, P. Kandus, G. Lingua, P. Minotti, R. Quintana, S. Sverlij y L. Vidal (eds.), *Sistemas de Paisajes de Humedales del Corredor Fluvial Paraná-Paraguay*, pp. 169–175. Secretaría de Ambiente de la Nación, Argentina.
- Marchiafava, V., L. Bonuci y A. Ascenzi 1974. Fungal osteoclasia: a model of dead bone resorption. *Calcified Tissue Research* 14: 195–210.
- Marean, C. 1995. Of Taphonomy and zooarchaeology. *Evolutionary Anthropology* 4: 64–72.
- Marengo, L. 2003. Uso de analogías en tafonomía. En A. Godoy (ed.), *Problemas del Conocimiento en Ingeniería y Geología* vol. I, pp. 19–32. Editorial Universitas, Córdoba.
- Mareš, M. M. 1970. Measurements from roentgenograms. En R. W. McCammon (ed.), *Human Growth and Development*, pp. 157–200. C. C. Thomas, Springfield.
- Martin, F. M. 2004. Tendencias tafonómicas en el registro óseo humano del norte de Tierra del Fuego. En L. Borrero y R. Barberena (eds.), *Temas de Arqueología. Arqueología del Norte de la Isla Grande de Tierra del Fuego*, pp. 107–133. Ed. Dunken, Buenos Aires.
- Mattsson, E., A. G. Nord, K. Tronner, M. Fjaestad, A. Lagerlöf, I. Ullén y G. Borg 1996. *Deterioration of Archaeological Material in Soil. Results on Bronze Artefacts*. Riksantikvarieämbetet och Statens Historiska Museer Rapport 10, Stockholm.
- Mays, S. 1992. Taphonomic factors in a human skeletal assemblage. *Circaea* 9: 54–58.
- Mays, S. 1998. *The Archaeology of Human Bones*. Routledge, Londres.
- Mazza, B. 2015. Colecciones antiguas, datos nuevos: Primeros resultados del análisis de las colecciones bioarqueológicas del humedal del Paraná inferior. *Revista del Museo de Antropología* 8(1): 133–146.
- Mazza, B. y D. Loponte 2012. Las prácticas mortuorias en el humedal del Paraná inferior. *Arqueología Iberoamericana* 13: 3–21.
- McCoy, M. D. y T. N. Ladefoged 2009. New developments in the use of spatial technology in archaeology. *Journal of Archaeological Research* 17: 263–295.
- McPhee, R. 2009. Insulae infortunatae: Establishing a chronology for late quaternary mammal extinctions in the west Indies. En G. Haynes (ed.), *American Megafaunal Extinctions at the End of the Pleistocene*, pp. 169–193. Springer Science + Business Media B. V., Luxemburgo.
- Meadow, R. H. 1980. Animal bones: problems for the archaeologist together with some possible solutions. *Paléorient* 6: 65–77.
- Mendonça, O. J., J. A. Cocilovo e I. Pereda 1984-1985. Observaciones de interés tafonómico en los restos óseos humanos del sitio “Las Lagunas” (Provincia del Neuquén). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* XVI: 235–248.
- Mengoni Goñalons, G. 1988a. El estudio de huellas en arqueofaunas. Una vía para re-construir situaciones interactivas en contextos arqueológicos: aspectos teórico-metodológicos y técnicas de análisis. En N. R. Ratto y A. F. Haber (eds.), *De Procesos, Contextos y Otros Huesos*, pp. 17–28. ICA (Sección Prehistoria), FFyL, Universidad de Buenos Aires.

- Mengoni Goñalons, G. 1988b. Análisis de materiales faunísticos de sitios arqueológicos. Arqueología y zoología, enfoque multidisciplinario para el reconocimiento e interpretación de restos provenientes del registro cultural prehistórico. *Xama* 1: 71–121.
- Mengoni Goñalons, G. 2006/2010. Zooarqueología en la práctica: algunos temas metodológicos. *Xama* 19-23: 83–113.
- Metcalfe, J. L., D. Carter y R. Knight 2016. Microbiology of death. *Current biology* 26: 561–563.
- Metcalfe, J. L., Z. Z. Xu, S. Weiss, S. Lax, W. Van Treuren, E. R. Hyde, S. J. Song, A. Amir, P. Larsen, N. Sangwan, D. Haarmann, G. C. Humphrey, G. Ackermann, L. R. Thompson, C. Lauber, A. Bibat, C. Nicholas, M. J. Gebert, J. F. Petrosino, S. C. Reed, J. A. Gilbert, A. M. Lynne, S. R. Bucheli, D. O. Carter y R. Knight 2015. Microbial community assembly and metabolic function during mammalian corpse decomposition. *Science* 351: 158–162.
- Miguez, G. 2012. Lo pasado... arado: impacto del desarrollo agrícola moderno sobre el patrimonio arqueológico prehispánico del área pedemontana meridional de la provincia de Tucumán (Argentina). *Comechingonia. Revista de Arqueología* 2: 31–54.
- Mikulás, R. 1999. Notes to the concept of plant trace fossils related to plant-generated sedimentary structures. *Bulletin of the Czech Geological Survey* 74(1): 39–42.
- Mondini, M. 1995. Artiodactyl prey transport by foxes in Puna rock shelters. *Current Anthropology* 36: 520–524.
- Mondini, M. 2002. Carnivore taphonomy and the early human occupations in the Andes. *Journal of Archaeological Science* 29: 791–801.
- Mondini, M. 2003. Modificaciones óseas por carnívoros en la Puna argentina. Una mirada desde el presente a la formación del registro arqueofaunístico. *Mundo de Antes* 3: 87–108.
- Mondini, M. 2012. Tafonomía de carnívoros en los Andes Centro-Sur. Madrigueras actuales y sus implicaciones para el registro arqueofaunístico. En A. Acosta, D. Loponte y L. Muccioli (comps.), *Temas de Arqueología. Estudios Tafonómicos y Zooarqueológicos* (II), pp. 67–105. INAPL, Buenos Aires.
- Montalvo, C. I. 2002. Root traces in fossil bones from the Huayquerian (Late Miocene) faunal assemblage of Telén, La Pampa, Argentina. *Acta Geológica Hispánica* 37(1): 37–42.
- Morales, N., L. Catella y F. Oliva 2012. Una primera aproximación a los agentes y procesos post-depositacionales actuantes en los paisajes arqueológicos de la cuenca del arroyo Chasicó, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Trabajo presentado en *Simposio Paisajes Arqueológicos en el Holoceno Tardío*. Universidad Nacional de Rosario.
- Morales, N., P. Sarmiento y G. Barrientos 2017. Estudio comparativo de bioerosión microbiana en muestras óseas humanas y faunísticas del sur de la Región Pampeana. *Libro de Resúmenes 8º Congreso de Arqueología de la Región Pampeana Argentina*, pp. 108–109. Luján.
- Morales, N., G. Barrientos, F. Oliva y L. Catella 2018a. La producción de mapas, una aspiración mayormente incumplida de la tafonomía regional: vías metodológicas para su abordaje. *Libro de Resúmenes IV Encuentro Latinoamericano de Zooarqueología*, pp. 111–112. Río Gallegos.

- Morales, N., L. Catella, F. Oliva, P. Sarmiento y G. Barrientos 2018b. A SEM-based assessment of bioerosion in Late Holocene faunal bone assemblages from the southern Pampas of Argentina. *Journal of Archaeological Science: Reports* 18: 782–791.
- Morlan, R. 1980. *Taphonomy and Archaeology in the Upper Pleistocene of the Northern Yukon Territory: A Glimpse of the Peopling of the New World*. Archaeological Survey of Canada Paper N° 94, Mercury Series, National Museum of Man, Ottawa.
- Morlan, R. E. 1984. Toward the definition of criteria for the recognition of artificial bone alterations. *Quaternary Research* 22: 160–171.
- Müller, A. H. 1951. Grundlagen der Biostratonomie. *Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* 3: 1–147.
- Müller, A. H. 1963. *Lehrbuch der Paläozoologie Band 1: Allgemeine Grundlagen*. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Mulville, J., R. Madgwick, A. Powell y M. Parker Pearson 2011. Flesh on the bones: Animal bodies in Atlantic roundhouses. En A. Pluskowski (ed.), *Animal ritual killing and burial: European perspectives*, pp. 205-219. Oxbow Books, Oxford.
- Muñoz, S. y I. Cruz. 2014. Estado actual de las investigaciones tafonómicas naturalistas en Punta Entrada y Monte León (Patagonia meridional). *Revista Chilena de Antropología* 29: 102–108.
- Muñoz, S. y F. Savanti 1998. Observaciones tafonómicas sobre restos avifaunísticos de la costa noreste de Tierra del Fuego. *Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael* 20: 107–121.
- Myers, T. P., M. R. Voorhies y R. G. Corner 1980. Spiral fractures and bone pseudotools at paleontological sites. *American Antiquity* 45: 483–490.
- Neumann, A. C. 1966. Observations on coastal erosion in Bermuda and measurements of the boring sponge, *Cliona lampa*. *Limnology Oceanography* 11: 92–108.
- Neumann, A. C. 2008. Bioerosion: one man's beginning. En M. Wisshak y L. Tapanila (eds.), *Current Developments in Bioerosion*, pp. V–IX. Springer-Verlag, Berlín-Heidelberg.
- Nicholson, R. A. 1996. Bone degradation, burial medium and species representation: Debunking the myths, an experiment based approach. *Journal of Archaeological Science* 23: 513–533.
- Nicholson, R. A. 1998. Bone degradation in a compost heap. *Journal of Archaeological Science* 25: 393–403.
- Nielsen-Marsh, C. M. 1997. *Studies in Archaeological Bone Diagenesis*. Tesis Doctoral inédita. University of Oxford.
- Nielsen-Marsh, C. M. y R. Hedges 2000. Patterns of diagenesis in bone I: the effects of site environments. *Journal of Archaeological Science* 27: 1139–1150.
- Nielsen-Marsh, C. M., A. Gernaey, G. Turner-Walker, R. Hedges, A. Pike y M. Collins 2000. The chemical degradation of bone. En M. Cox y S. Mays (eds.), *Human Osteology in Archaeology and Forensic Science*, pp. 439–454. Greenwich Medical Media, Londres.
- Nielsen-Marsh, C. M., C. I Smith, M. M. E. Jans, A. Nord, H. Kars y M. Collins 2007. Bone diagenesis in the European Holocene II: taphonomic and environmental considerations. *Journal of Archaeological Science* 34: 1523–1531.

- Nitiu, D. S., A. C. Mallo, L. A. Elíades, C. San Martín y M. N. C. Saparrat 2015. Estrategias metodológicas para el monitoreo aeromicológico en el Museo de la Plata. Trabajo presentado en *IV Congreso Iberoamericano y XII Jornada de Técnicas de Reparación y Conservación del Patrimonio*. La Plata.
- Olson, E. C. 1980. Taphonomy: its history and role in community evolution. En A. K. Behrensmeyer y A. P. Hill (eds.), *Fossils in the Making: Vertebrate Taphonomy and Paleoecology*, pp. 5–19. University of Chicago Press, Chicago.
- Orellana, J. A. y H. Bertoldi De Pomar 1969. Introducción al estudio de los suelos isleños del Paraná medio. En *Actas de la 5ta. Reunión Argentina de Ciencias del Suelo*, pp. 417–423. Asociación Argentina de Ciencias del Suelo, Santa Fe.
- Ortiz López, A. 2011. Los procesos tafonómicos en la formación de los depósitos funerarios. *Estrat Crític* 5(1): 452–460.
- Ortner, D. J., D. W. Von Endt y M. S. Robinson 1972. The effect of temperature on protein decay in bone: its significance in nitrogen dating of archaeological specimens. *American Antiquity* 37: 514–520.
- Otaola, C. 2012. *Tafonomía y Zooarqueología en el Sur de Mendoza*. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- Otondo, J., E. Melani, A. Casal, J. D. Coria, M. J. Martinefsky y J. P. Némoz 2014. *Las Inundaciones, los Pastizales y los Suelos*. Grupo Pastizales Naturales, INTA EEA, Cuenca del Salado.
- Ottalagano, F. y D. Loponte 2016. Stable isotopes and diet in complex hunter-gatherers of Parana River Basin, South America. *Archaeological and Anthropological Science* 9(5): 865–877.
- Outram, A. K. 1998. *The Identification and Palaeoeconomic Context of Prehistoric Bone Marrow and Grease Exploitation*. Tesis Doctoral inédita. University of Durham.
- Outram, A. K. 2001. A new approach to identifying bone marrow and grease exploitation: why the ‘indeterminate’ fragments should not be ignored. *Journal of Archaeological Science* 28(4): 401–410.
- Outram, A. K. 2002. Bone fracture and withinbone nutrients: an experimentally based method for investigating levels of marrow extraction. En P. Miracle y N. Milner (eds.), *Consuming Passions and Patterns of Consumption*, pp. 51–62. McDonald Institute for Archaeological Research, Cambridge.
- Oyarzábal, M., J. Clavijo, L. Oakley, F. Biganzoli, P. Tognetti, I. Barberis, H. Maturo, R. Aragón, P. Campanello, D. Prado, M. Oesterheld y R. León 2018. Unidades de vegetación en la Argentina. *Ecología Austral* 28: 40–63.
- Paoli, C. U. 2004. Inundaciones ribereñas en el tramo del Paraná Medio. En J. C. Bertoni (ed.), *Inundaciones Urbanas en Argentina*, pp. 75–114. Córdoba.
- Pardiñas, U. 1999. *Los Roedores Muroideos del Pleistoceno Tardío-Holoceno en la Región Pampeana (Sector Este) y Patagonia (República Argentina): Aspectos Taxonómicos, Importancia Bioestratigráfica y Significación Paleoambiental*. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

- Pastorino, G., G. Darrigran, S. Martín y L. Lunaschi 1993. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor en aguas del Río de la Plata. *Neotrópica* 39: 34.
- Pesquero, M. D., C. Ascaso, Y. Fernández-Jalvo y L. Alcalá 2010. A new taphonomic bioerosion in a Miocene lakeshore environment. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 295: 192–198.
- Pereira, M. S. 2016. *Análisis Geomorfológico en el Sitio Familia Primón (Santa Fe, Argentina)*. Informe Técnico, FUNDARQ. Ms.
- Pfretzschner, H. U. y T. Tütken 2011. Rolling bones – taphonomy of Jurassic dinosaur bones inferred from diagenetic microcracks and mineral infillings. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 310: 117–123.
- Píccoli, C. V. y M. C. Barboza 2016. Empleo del análisis de correspondencias en el estudio de conjuntos cerámicos fragmentarios del Paraná medio. *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano* 25: 94–111.
- Piepenbrink, H. 1986. Two examples of biogenous dead bone decomposition and their consequences for taphonomic interpretation. *Journal of Archaeological Science* 13: 417–430.
- Pietikäinen, J., M. Pettersson y E. Bååth 2005. Comparison of temperature effects on soil respiration and bacterial and fungal growth rates. *FEMS Microbiology Ecology* 52: 49–58.
- Pike, A., C. M. Nielsen-Marsh y R. Hedges 2001. Modelling bone dissolution under different hydrological regimes. En R. A. Millard (ed.), *Archaeological Sciences 97. Proceedings of the Conference Held at the University of Durham*, pp. 127–132. British Archaeological Reports, International Series 939. Archaeopress, Oxford.
- Pinhasi, R. y C. Bourbou 2008. How representative are human skeletal assemblages for population analysis? En R. Pinhasi y S. Mays (eds.), *Advances in Human Palaeopathology Centre for Archaeology*, pp. 31–44. John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- Piovano, E., D. Ariztegui, S. Bernasconi, y J. McKenzie 2004. Stable isotopic record of hydrological changes in subtropical Laguna Mar Chiquita (Argentina) over the last 230 years. *Holocene* 14: 525–535.
- Piovano, E., D. Ariztegui, F. Córdoba, M. Cioccale y F. Sylvestre 2009. Hydrological variability in South America below the tropic of Capricorn (Pampas and eastern Patagonia, Argentina) during the last 13.0 ka. En F. Vimeux, F. Sylvestre y M. Khodri (eds.), *Past Climate Variability in South America and Surrounding Regions* 14, pp. 323–351. Developments in Paleoenvironmental Research, Dordrecht.
- Pokines, J. T. y S. A. Symes 2014. *Manual of Forensic Taphonomy*. CRC Press, Nueva York.
- Politis, G. 2008. The pampas and the campos of South America. En H. Silverman y W. W. Isbell (eds.), *The Handbook of South American Archaeology*, pp. 235–260. Springer, Nueva York.
- Politis, G. y M. Bonomo 2012. La entidad arqueológica Goya-Malabrigo (ríos Paraná y Uruguay) y su filiación Arawak. *Boletín de la Sociedade de Arqueologia Brasileira* 25(1): 10–46.
- Politis, G. y M. Bonomo (eds.) 2018. *Goya-Malabrigo. Arqueología de una Sociedad Indígena del Noreste Argentino*. Editorial UNICEN, Olavarría.

- Politis, G. y P. Madrid 1988. Un hueso duro de roer: Análisis preliminar de la tafonomía del sitio Laguna Tres Reyes 1 (Pdo. de Adolfo González Chaves, Pcia. de Buenos Aires). En N. Ratto y A. Haber (eds.), *De Procesos, Contextos y Otros Huesos*, pp. 29–44. ICA (Sección Prehistoria), FFyL, Universidad de Buenos Aires.
- Politis, G., P. Messineo y C. Kaufmann 2004. El poblamiento temprano de las llanuras pampeanas de Argentina y Uruguay. *Complutum* 15: 207–224.
- Postma, J. 2013. *Estudio Edafológico de los Sitios Arqueológicos Río Salado-Coronda II (RSCII) y Familia Primón (FP), Provincia de Santa Fe*. Informe presentado a la Fundación Arqueológica del Litoral (FUNDARQ), Santa Fe. MS.
- Prevosti, F., M. Bonomo y E. Tonni 2004. La distribución de *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1811) (Mammalia, Carnivora, Canidae) durante el Holoceno en la Argentina: implicancias paleoambientales. *Mastozoología Neotropical* 11: 27–43.
- Raffino, R. A. 2006. La antropología y los historiadores. *La Junta de Historia y Numismática Americana y el Movimiento Historiográfico en la Argentina (1893-1938)*. Tomo II, pp. 255–272. Academia Nacional de la Historia, Buenos Aires.
- Recorriendo Santa Fe 2009. *Capítulo 18: Las Algas*. Dirección de Comunicación Institucional. Universidad Nacional del Litoral.
- Reiche, I., L. Favre-Quattropani, C. Vignaud, H. Bocherens, L. Charlet y M. Menu 2003. A multi-analytical study of bone diagenesis: the Neolithic site of Bercy (Paris, France). *Measurement Science and Technology* 14: 1608.
- Rengel, Z. 2015. Availability of Mn, Zn and Fe in the rhizosphere. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 15(2): 397–409.
- Rho, J., L. Kuhn-Spearing y P. Zioupos 1998. Mechanical properties and the hierarchical structure of bone. *Medical Engineering & Physics* 20: 92–102.
- Richter, R. 1952. Fluidal-Textur in Sediment-Gesteinen und über Sedifluktion überhaupt. *Notizblatt des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zu Wiesbaden* 6: 67–81.
- Ringuelet, R. 1961. Rasgos fundamentales de la zoogeografía argentina. *Physis* 22: 151–170.
- Rizzo, F. 2017. Sitio Acevedo 1: restos humanos en el bosque del noroeste de Patagonia (localidad de Río Pico, provincia del Chubut). *Intersecciones en Antropología* 18: 103–112.
- Rodríguez, J. A. y C. Ceruti 1999. Las tierras bajas del Nordeste y Litoral mesopotámico. En Academia Nacional de la Historia (ed.), *Nueva Historia de la Nación Argentina I*, pp. 109–133. Ed. Planeta, Buenos Aires.
- Rogel, M. R., H. J. Qiu y G. A. Ameer 2008. The role of nanocomposites in bone regeneration. *Journal of Materials Chemistry* 18: 4233–4241.
- Ross, M. H. y W. Pawlina 2007. *Histología*. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires.
- Roux, W. 1887. Über eine Knochen lebende gruppe von faderpilzen (*Mycelites ossifragus*). *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie* 45: 227–254.
- Rozas López, J. L. 2010. *Diccionario de Términos Edafológicos*. Publicación del Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino, España.

- Santiago, F., M. Salemme, J. Suby y R. Guichón 2011. Restos óseos humanos en el norte de Tierra del Fuego. Aspectos contextuales, dietarios y paleopatológicos. *Intersecciones en Antropología* 12: 155–170.
- Santos, D. J., M. G. Wilson y M. Ostinelli 2012. *Metodología de Muestreo de Suelo y Ensayos a Campo. Protocolos Básicos Comunes*. Ediciones INTA, Paraná.
- Sapino, V., C. León Giacossa y R. Tosolini 2014. *Mapas de Suelo de la Provincia de Santa Fe*. INTA-EEA, Rafaela.
- Sartori, J. 2008. *La Cuenca Inferior del Río Salado: un Desafío Para los Análisis Arqueofaunísticos*. Tesis de Licenciatura inédita. Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario.
- Sartori, J. 2013. *Variabilidad Arqueofaunística en la Cuenca Media e Inferior del Río Coronda*. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario.
- Sartori, J. 2015. Pasado y presente de las investigaciones arqueológicas en el sitio Las Tejas (Santa Fe, Argentina). *Revista de Antropología del Museo de Entre Ríos* 1(2): 109–120.
- Sartori, J. y M. R. Feuillet Terzaghi 2007. El registro arqueológico del sitio río Salado-Coronda. Dpto. La Capital Pcia. de Santa Fe. En *Actas de XXVI Encuentro de Geohistoria Regional*, pp. 496–502. IIGHI/CONICET. Resistencia.
- Sartori, J., F. Balducci y P. E. Galligani 2018. Primeras evidencias de macrorrestos vegetales en el sitio arqueológico Familia Primón (Santa Fe, Argentina). *Revista de Arqueología Iberoamericana* 37: 48–52.
- Sartori, J., F. Balducci, P. E. Galligani y E. Vallone 2019. Ichthioarchaeology on a site located in the border of the aluvial plain of the Paraná River: Familia Primón case (Santa Fe, Argentina). Trabajo enviado.
- Saul, F. y J. Saul 1997 The Preclassic skeletons from Cuello. En S. L. Whittington y D. M. Reed (eds.), *Bones of the Maya: Studies in Ancient Skeletons*, pp. 116–126. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- Sayer, D. y M. Wienhold 2013. A GIS-Investigation of four early anglo-saxon cemeteries: Ripley's K-function analysis of spatial groupings amongst graves. *Social Science Computer Review* 31(1): 71–89.
- Scabuzzo, C., A. Ramos Van Raap, M. Bonomo y G. Politis 2015. Estudios bioarqueológicos en el sitio Los Tres Cerros 1 (Delta Superior del río Paraná, Entre Ríos, Argentina). *Boletim Museo Paranaense Emilio Goeldi* 10: 509–535.
- Schaefer, M., S. Black y L. Scheuer 2009. *Juvenile Osteology. A Laboratory and Field Manual*. Academic Press, Burlington.
- Schaffer J. R. 1895. Bemerkungen zur Geschichte der Bohrkanäle in Knochen und Zähnen. *Anatomischer Anzeiger* 10: 459–464.
- Scharff, W. 1993. *Gefährdung Archäologischer Funde Durch Immissions-bedingte Boden-versauerung*. Landesdenkmalamt Baden-Württemberg, Schwäbisch Gmünd.
- Schiffer, M. B. 1987. *Formation Processes of the Archaeological Record*. University of New Mexico Press, Albuquerque.

- Schroeder, S. 2001. Secondary disposal of the dead: Cross-cultural codes. *World Cultures* 12: 77–93.
- Serrano, A. 1923. Arqueología de Las Tejas (provincia de Santa Fe). *Revista Universitaria del Litoral* 12: 15–64.
- Serrano, A. 1931. Arqueología del Litoral. *Memorias del Museo de Paraná* 4: 1–24.
- Serrano, A. 1933. Las culturas protohistóricas del este argentino y Uruguay. *Memorias del Museo del Paraná* 7: 1–44.
- Serrano, A. 1954. Contenido e interpretación de la arqueología argentina. El área Litoral. *Revista de la Universidad Nacional del Litoral* 29: 15–26.
- Serrano, A. 1972. *Líneas Fundamentales de la Arqueología del Litoral: una Tentativa de Periodización*. Instituto de Antropología, Universidad Nacional de Córdoba.
- Shadish, W. R., T. D. Cook y D. T. Campbell 2002. *Experimental and Quasi-experimental Designs for Generalized Causal Inference*. Houghton Mifflin, Nueva York.
- Shipman, P. 1981. *Life History of a Fossil: An Introduction to Taphonomy and Paleoecology*. Harvard University Press, Cambridge.
- Shott, M. 2006. *Formation theory in archaeology: readings from American antiquity and Latin American antiquity*. The Society for American Archaeology, Washington D.C.
- Siegel, S. y N. J. Castellan Jr. 1988. *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*. McGraw Hill, Nueva York.
- Silveira, M. y M. Fernández 1988. Huellas y marcas en el material óseo de Fortín Necochea (Partido de General La Madrid, Provincia de Buenos Aires). En N. Ratto y A. Haber (eds.), *De Procesos, Contextos y Otros Huesos*, pp. 45–52. ICA (Sección Prehistoria), FFyL, Universidad de Buenos Aires.
- Simkiss, K. 1967. *Calcium in Reproductive Physiology*. Chapman and Hall, Londres.
- Smith, C. 2002. *Modelling Diagenesis in Archaeological Bone*. Tesis Doctoral inédita. University of Newcastle-Upon-Tyne.
- Smith, C. I., C. M. Nielsen-Marsh, M. M. E. Jans y M. J. Collins 2007. Bone diagenesis in the European Holocene I: patterns and mechanisms. *Journal of Archaeological Science* 34: 1485–1493.
- Soil Survey Staff 1975. *Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys (1<sup>st</sup> edition)*. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, EE.UU.
- Soil Survey Staff 2006. *Keys to soil taxonomy (10th edition)*. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, EE.UU.
- Sørensen, S. P. L. 1909. Enzymstudien II: Mitteilung. Über die Messung und die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration bei enzymatischen Prozessen. *Biochemische Zeitschrift* 21: 131–304.
- SPANP (Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas) 1997. *Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas*. Gob. de la Prov. de Santa Fe, Administración de Parques Nacionales. Publicación de la Asociación Cooperadora de la E.Z.E. Santa. Fe.
- Sprague, R. 2005. *Burial Terminology: A Guide for Researchers*. Altamira Press, Oxford.

- Stuiver, M., P. Reimer y R. Reimer 2005. *Calib Radiocarbon Calibration version 7.0.2*. <http://calib.qub.ac.uk/calib/index.html>. (Acceso Abril, 2019).
- Surabian, D. 2012. *Preservation of Buried Human Remains in Soil*. Natural Resources Conservation Service, U.S. Department of Agriculture, Connecticut.
- Sylvester, F. 2006 *Biología Alimentaria y Ecología del Molusco Invasor Limnoperna fortunei (Mytilidae) en el Paraná inferior y Río de la Plata*. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
- Swift, M. J., O. W. Heal y J. M. Anderson 1979. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. Vol. 5. University of California Press, Berkeley.
- Taller Ecologista 2010. *Humedales del Paraná: Biodiversidad, Usos y Amenazas en el Delta Medio*. Rosario, Argentina. Disponible en: <http://tallerecologista.org.ar/menu/archivos/Humedales%20del%20Parana.pdf>.
- Tapia, A., P. Solá y M. Rosenbusch 2013 Efectos posdeposicionales en la cerámica del sitio Rancho José, Baradero, provincia de Buenos Aires. En M. Ramos, M. Lanza, V. Helfer, V. Pernicone, F. Bognanni, C. Landa, V. Aldazabal y M. Fernández (eds.), *Arqueometría Argentina. Estudios Pluridisciplinarios*, pp. 1–14. Editorial Aspha, Luján.
- Tavarone, A., M. Dantas y M. Fabra 2016. Tafonomía de restos óseos humanos arqueológicos en ambientes lacustres. El caso del sitio El Diquecito (Laguna Mar Chiquita, Córdoba, Argentina). *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano* 25(2): 191–210.
- Teuscher, H. y R. Adler 1960. *The Soil and Its Fertility*. Reinhold Publishing Corp., Nueva York.
- Tibbett, M. y D. O. Carter 2008 (eds.). *Soil Analysis in Forensic Taphonomy: Chemical and Biological Effects of Buried Human Remains*. CRC Press, Boca Raton.
- Tonni, E. 2006. Cambio climático en el Holoceno tardío de la Argentina. Una síntesis con énfasis en los últimos 1000 años. *Folia Histórica del Nordeste* 16: 187–195.
- Trinkaus, E. 1995. Neanderthal mortality patterns. *Journal of Archaeological Science* 22: 121–142.
- Trueman, C. N. G. y D. M. Martill 2002. The long-term survival of bone: the role of bioerosion. *Archaeometry* 44: 371–382.
- Trueman, C., A. Behrensmeyer, N. Tuross y S. Weiner 2004. Mineralogical and compositional changes in bones exposed on soil surfaces in Amboseli National Park, Kenya: diagenetic mechanisms and the role of sediment pore fluids. *Journal of Archaeological Science* 31: 721–739.
- Turner-Walker, G. 1993. *The Characterization of Fossil Bone*. Tesis Doctoral inédita. University of Durham.
- Turner-Walker, G. 1999. Pyrite and bone diagenesis in terrestrial sediments: evidence from the West Runton freshwater bed. *Bulletin of the Geological Society of Norfolk* 48: 3–26.
- Turner-Walker, G. 2008. The chemical and microbial degradation of bones and teeth. En R. Pinhasi y S. Mays (eds.), *Advances in Human Palaeopathology*, pp. 3–29. John Wiley & Sons, Chichester.

- Turner-Walker, G. 2009. Degradation pathways and conservation strategies for ancient bone from wet, anoxic sites. En H. D. J. Huisman y K. Straetkvern (eds.), *Proceedings of the 10th Triennial Meeting of the Icom-CC Working Group for Wet Organic Archaeological Materials*, pp. 659–675. Amsterdam.
- Turner-Walker, G. 2012. Early bioerosion in skeletal tissues: persistence through deep time. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie* 265: 165–183.
- Turner-Walker, G. y M. C. Jans 2008. Reconstructing taphonomic histories using histological analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 266: 227–235.
- Turner-Walker, G., C. M. Nielsen-Marsh, U. Syversen, H. Kars y M. J. Collins 2002. Submicron spongiform porosity is the major ultra-structural alteration occurring in archaeological bone. *International Journal of Osteoarchaeology* 12: 407–414.
- Ubelaker, D. 1974. *Reconstruction of demographic profiles from ossuary skeletal samples. A case study from the Tidewater Potomac*. Smithsonian Contributions to Anthropology N° 18.
- Ubelaker, D. 1982. *Human Skeletal Remains*. Taraxacum, Washington.
- Valla, J. 2004. *Morfología de las Plantas Superiores*. Hemisferio Sur, Buenos Aires.
- van Klinken, G. J. 1999. Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements. *Journal of Archaeological Science* 26: 687–695.
- Vass, A. A., W. M. Bass, J. D. Wolt, J. E. Foss y J. T. Ammons 1992. Time since death determinations of human cadavers using soil solution. *Journal of Forensic Science* 37: 1236–1253.
- Vignati, M. 1923. Nótula sobre el hombre fósil del Arroyo Cululú, Provincia de Santa Fe. *Physis* 7: 62–65.
- Vignati, M. 1928. El “horno de tierra” y el significado de las “tinajas” de las provincias del occidente argentino. *Physis* 9: 241–253.
- Vignati, M. 1931. Un vestigio de la queratotecnia del hombre fósil de Esperanza. *Notas preliminares del Museo de La Plata* 1: 7–17.
- Vignati, M. 1934. El hombre fósil de Esperanza. *Notas preliminares del Museo de La Plata* 3: 7–75.
- Villa, P. y E. Mahieu 1991. Breakage patterns of human long bones. *Journal of Human Evolution* 21: 27–48.
- Vincenti, R. D. 2013. Los cambios ambientales en el Nordeste argentino durante el Holoceno. *Revista Geográfica* 141: 53–110.
- Vitores, M., M. Bednarz y A. Svoboda 2010. Entrevista al arqueólogo Carlos N. Ceruti. *La Zaranda de Ideas. Revista de Jóvenes Investigadores en Arqueología* 6: 153–164.
- Von Endt, D. W. y D. J. Ortner 1984. Experimental effects of bone size and temperature on bone diagenesis. *Journal of Archaeological Science* 11: 247–253.
- Wagner, D., F. Dakoronia, C. C. Ferguson, W. R. Fischer, C. Hills, H. Kars y R. Meijers 1997. Soil archive classification in terms of impact on conservability of archaeological heritage. En I. D. MacLeod, S. L. Pennec y L. Robbiola (eds.), *METAL 95. Proceedings of the International Conference on Metals Conservation*, pp. 21–26. ICOM CC Metals Working Group, Semur en Auxois.

- Ward, G. y S. Wilson 1978. Procedures for comparing and combining radiocarbon age-determinations – critique. *Archaeometry* 20: 19–31.
- Watson, J. P. 1967 A termite mound in an iron age burial ground in Rhodesia. *Journal of Ecology* 55(3): 663–669.
- Wedl, C. 1864. Ueber einen im Zahnbein und Knochen keimenden Pilz. *Mineralogie, Biologie, Erdkunde* 50: 171–193.
- Weiner, S. 2010. *Microarchaeology: Beyond the Visible Archaeological Record*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Weiss-Krejci, E. 2011. The formation of mortuary deposits: implications for understanding mortuary behavior of past populations. En S. C. Agarwal y B. Glencross (eds.), *Social Bioarchaeology*, pp. 68–106. Blackwell Studies in Global Archaeology (Series editors Rosemary Joyce and Lynn Meskell).
- Welsch, U. y J. Sobotta 2008. *Histología*. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires.
- Wheatley, B. P. 2008. Perimortem or postmortem bone fractures? An experimental study of fracture patterns in deer femora. *Journal of Forensic Science* 53(1): 1–4.
- Wheeler, A. y A. Jones 1989. *Fishes*. Cambridge University Press, Nueva York.
- White, L. y T. J. Booth 2014. The origin of bacteria responsible for bioerosion to the internal bone microstructure: results from experimentally-deposited pig carcasses. *Forensic Science International* 239: 92–102.
- White, T. D. y P. A. Folkens 2005. *The Human Bone Manual*. Elsevier Academy Press, EE.UU.
- White, E. M. y L. A. Hannus 1983. Chemical weathering of bone in archaeological soils. *American Antiquity* 48: 316–322.
- Wilhelmson, H. y N. Dell'Unto 2015. Virtual taphonomy: A new method integrating excavation and postprocessing in an archaeological context. *American Journal of Physical Anthropology* 157: 305–321.
- Willems, W. J. H., H. Kars y D. P. Hallewas (eds.) 1997. *Archaeological Heritage Management in the Netherlands*. Van Gorcum, Assen.
- Williams, J. y M. Corfield 2003. Construction impacts on *in situ* preservation of archaeological sites and artefacts. En *Proceedings of the 5th European Commission Conference on Cultural Heritage Research: a pan European Challenge*. European Commission, Bruselas.
- Wisshak M. 2006. High-latitude bioerosion: the Kosterfjord experiment. *Lecture Notes in Earth Sciences* 109: 1–202.
- Wisshak, M. y L. Tapanila 2008. *Current Developments in Bioerosion*. Springer-Verlag, Berlín-Heidelberg.
- Zangrando, F., L. M. Del Papa, C. Negro y M. J. Arregui 2004. Estudios tafonómicos en entierros humanos de la cuenca del lago Salitroso, Santa Cruz. En M. Civalero, P. Fernández y A. Guráieb (eds.), *Contra Viento y Marea. Arqueología de Patagonia*, pp. 375–386. INAPL, Sociedad Argentina de Antropología, Buenos Aires.