

Presencia de adipocira en restos óseos humanos contemporáneos: su importancia en contextos forenses (Argentina)

Linda Jezabel Miguez¹, Marcos Plischuk^{1,2}, Guillermo Lamenza^{2,3}, Liz Carla Cesa¹ y Bárbara Desántolo¹

¹Laboratorio de Investigaciones en Ciencias Forenses (LICIF), Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de La Plata.

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

³Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

*Corresponding Author: ljezabelmiguez@med.unlp.edu.ar

RESUMEN

Uno de los subproductos más comunes de la degradación de lípidos es la formación de adipocira, que aparece inicialmente como una consistencia pastosa y luego se solidifica hasta asemejarse a cera dura, pudiendo ser resistente a otros cambios de putrefacción. Si bien suele hallarse en ambientes húmedos, también se ha documentado en contextos secos. Su formación es más común en individuos con alto contenido de grasa corporal y puede estar asociada a vestimenta. Entre los factores que suelen contribuir a su desarrollo se incluyen un pH alcalino, temperatura cálida, condiciones anóxicas y humedad adecuada, y la presencia *postmortem* de bacterias. El objetivo de este trabajo fue analizar la relación entre la adipocira en restos óseos humanos y diversos factores que influyen en su formación, en contextos contemporáneos de inhumación. Se estudiaron individuos de la colección osteológica "Prof. Dr. Rómulo Lambre" (Facultad de Ciencias Médicas - Universidad Nacional de La Plata) y restos exhumados arqueológicamente dentro del Cementerio Municipal de La Plata (Argentina). Los resultados muestran una mayor frecuencia de adipocira en diferentes trayectorias, en sectores anegables del cementerio y en envoltorios que retienen humedad. También se identificó una distribución anatómica y por sexo y se reconocieron dos tipos macroscópicos de adipocira (fresca y seca). Valores levemente alcalinos de pH podrían favorecer su formación. Aunque se observan asociaciones, no es posible atribuir la formación de adipocira a un único factor. Estos hallazgos aportan evidencia valiosa para la interpretación de contextos forenses y arqueológicos, contribuyendo a la reconstrucción de las condiciones de inhumación.

Palabras clave:

Adipocira
Antropología forense
Colección documentada
Tafonomía
Cementerio
Restos óseos humanos

ABSTRACT

One of the most common by-products of lipid degradation is the formation of adipocere which initially appears as a pasty substance and later solidifies into a hard wax-like material, potentially resistant to other decomposition changes. Although it is usually found in humid environments, it has also been documented in dry contexts. Its formation is more common in individuals with a high body fat content and may be associated with clothing. Factors that typically contribute to its development include an alkaline pH, warm temperature, anoxic conditions, adequate moisture, and the postmortem presence of bacteria. The aim of this study was to analyze the relationship between adipocere in human skeletal remains and various factors that influence its formation in contemporary burial contexts. Individuals from the osteological collection "Prof. Dr. Rómulo Lambre" (School of Medical Sciences - National University of La Plata) and remains archaeologically exhumed from the Municipal Cemetery of La Plata (Argentina) were studied. The results show a higher frequency of adipocere in different trajectories, in waterlogged sectors of the cemetery, and in wrappings that retain moisture. An anatomical and sex-based distribution was also identified, and two macroscopic types of adipocere (fresh and dry) were recognized. Slightly alkaline pH values may favor its formation. Although associations were observed, it is not possible to attribute adipocere formation to a single factor. These findings provide valuable evidence for the interpretation of forensic and archaeological contexts, contributing to the reconstruction of burial conditions.

Keywords:

Adipocere
Forensic anthropology
Documented collection
Taphonomy
Cemetery
Skeletal human remains

Introducción

La adipocira es una sustancia que se forma en restos en descomposición a través de la desintegración del tejido adiposo (Forbes et al., 2004). Aunque a veces se hace referencia a este proceso como “saponificación”, es importante destacar que este término se refiere específicamente a la producción de jabones dentro del proceso de formación de adipocira. A menudo se usan indistintamente los términos “saponificación”, “formación de adipocira”, “tejido saponificado” y “adipocira” (Magni, Lawn y Guareschi, 2020). La adipocira representa una alteración del proceso de descomposición, ralentizándolo o deteniéndolo, y se considera un tipo natural de conservación de los cadáveres (O’Brien y Kuehner, 2007; Ubelaker y Zarenko, 2011). Esta formación ocurre cuando la descomposición se ve inhibida por los ácidos grasos que retardan el crecimiento de bacterias putrefactas. Además, existen diferentes tipos de adipocira, dependiendo de los ácidos grasos involucrados al combinarse con sodio, potasio, calcio o magnesio (Reverte Coma, 1999; Dix y Graham, 2000; Vass, 2001; Gennard, 2007; Rogers, 2010).

Los cuerpos que contienen adipocira pueden encontrarse en una variedad de ambientes, tanto terrestres (como bóvedas y entierros) como acuáticos (en cuerpos de agua naturales o recintos artificiales). Cada uno de estos entornos puede influir de distintas maneras en su formación, favoreciendo o inhibiendo su aparición y desarrollo, a la vez que puede afectar la composición química de la sustancia. Adicionalmente, factores culturales como la disposición de prendas de vestir (Aturaliya y Lukasewycz, 1999) y el embalaje del cadáver en bolsas plásticas (Forbes, Stuart y Dent, 2005) también pueden modificar las condiciones microambientales del cuerpo, influyendo en la formación de adipocira y en el tiempo de su aparición (Guerrero et al., 2013). En contextos forenses, donde se requiere estimar el *intervalo postmortem* (IPM), es vital considerar estos factores ambientales. Dependiendo del entorno, la formación de adipocira se ha descrito como “típica” o “atípica” siendo la primera, característica de inmersión en agua, tumbas y bóvedas húmedas, mientras que las segundas se observan en condiciones secas, donde su formación es hasta diez veces más lenta que en condiciones típicas (Forbes, Stuart y Dent, 2002,

2005; Forbes, Dent y Stuart, 2005; Magni, Lawn y Guareschi 2020), como es el caso de los cerebros de La Pedraja, hallados en una fosa común de la Guerra Civil Española, donde, a pesar de su aparente descomposición, se preservaron debido a las condiciones de enterramiento (Etxeberria y Serrulla, 2020).

La composición corporal también juega un papel relevante en este proceso, dado que las mujeres tienen un porcentaje mayor de tejido adiposo, presentan una mayor predisposición a la formación de adipocira, especialmente en áreas como caderas, muslos, y glúteos (Evans, 1963; Quiroz Carmona, 2007). En los hombres en cambio, la adipocira tiende a concentrarse en la región abdominal (Evans, 1963; Quiroz Carmona, 2007), diferencias que pueden influir en los patrones de preservación observados en contextos forenses.

La formación de adipocira en restos óseos humanos sigue siendo un fenómeno poco estudiado en contextos de entierros, especialmente en ámbitos contemporáneos. Por lo expuesto anteriormente, este trabajo tiene como objetivo principal analizar las relaciones entre la presencia de adipocira en restos óseos humanos y los diferentes factores que influyen en su formación: las trayectorias de enterramiento, el tipo de envoltorio al momento de la inhumación, la ubicación dentro del cementerio, el pH del suelo y el sexo. En este sentido, se espera que aquellos individuos que han atravesado procesos de exhumación y reinhumación, o que han permanecido en sectores con alta retención de humedad y/o con envoltorios absorbentes, presentan mayor probabilidad de conservar adipocira. Asimismo, se explora la posibilidad de que existan diferencias según el sexo, considerando que los restos femeninos podrían verse más afectados. Para evaluar estas condiciones, se analizan individuos que integran la colección Lambre y restos exhumados mediante métodos arqueológicos dentro del Cementerio Municipal de La Plata.

Materiales y métodos

Se observaron esqueletos pertenecientes a la Colección Osteológica “Profesor Dr. Rómulo Lambre” (Laboratorio de Investigaciones en Ciencias Forenses, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de La Plata), la cual cuenta con datos documentales

acerca de la edad de muerte, sexo, nacionalidad, fecha y causa de deceso de los individuos (Salceda et al., 2009). Esta información fue obtenida de las Actas de Defunción del Cementerio Municipal de La Plata (CMLP), Argentina, necrópolis donde estuvieron originalmente inhumados (Plischuk et al., 2020; Miguez, Plischuk y Lamenza, 2022).

El Cementerio Municipal de la Ciudad de La Plata está situado entre las calles 131, donde se encuentra el pórtico principal, 135, 137, 72, 74 y 76, en el vértice sur de la ciudad, desarrollándose en un predio de 299.600 metros cuadrados (Sempé et al., 2009) (Figura 1). Esta área se caracteriza por su clima templado y por una abundante humedad debido a su cercanía al Río de La Plata, sumado a la vasta extensión de la necrópolis, se presentan diversas condiciones de terreno, zonas de anegamiento y diversidad en la acción de flora, lo cual permite ver diferentes procesos tafonómicos en los restos óseos, mediante su excavación sistemática. En 2002, se firmó la Ordenanza Municipal 9471/02, que permitió la cesión de restos no reclamados del CMLP a la Facultad de Ciencias Médicas (UNLP) con fines educativos y científicos (Salceda et al., 2009). Hasta el año 2019, los restos fueron exhumados por el personal del cementerio, y a partir de 2021, como parte de la tesis doctoral de uno de los autores (LJM), se realizaron excavaciones sistemáticas en la necrópolis, exhumando 14 individuos, de los cuales 10 fueron incorporados a la colección Lambre para su estudio.



Figura 1. Ubicación geográfica de la provincia de Buenos Aires, La Ciudad de La Plata y el Cementerio Municipal de La Plata.

Por lo tanto, la muestra analizada en este estudio está conformada por 70 individuos, con edades

que oscilan entre los 15 y los 58 años. De estos, 60 pertenecen a la colección Lambre, mientras que los 10 restantes fueron observados a partir de las exhumaciones realizadas por nuestro equipo de trabajo durante el 2021 y 2022 (Miguez, 2024). Los años de inhumación varían entre 1937 y 2012, lo que permite obtener un registro de la duración del enterramiento. Se incluyeron individuos que hubiesen tenido un paso de sepultura en tierra, aunque se ponderó la presencia de diversas trayectorias de los restos. Estas fueron clasificadas en T (tierra), N/T (nicho a tierra) y T/N (tierra a nicho) (Figura 2) (Miguez, Plischuk y Lamenza, 2022; Miguez, 2024). Las sepulturas en tierra se caracterizaron por profundidades variables, generalmente entre 0.60 y 0.90 m, mientras que los nichos -estructuras construidas en cemento u otro material, destinadas a alojar un ataúd- presentan dimensiones aproximadas de 2.00 m de largo, 0.70 m de ancho y 0.65 m de alto. El paso por tierra previo al nicho tuvo una duración promedio de 9 años, aunque en algunos casos se extendió hasta 41 años, mientras que en otros fue de tan solo 5 años. Por otro lado, los individuos que no fueron trasladados y permanecieron exclusivamente en tierra estuvieron inhumados por un tiempo promedio de 10 años, con extremos que van desde 5 hasta 55 años. A su vez, se intentó tener representados distintos sectores del CMLP (ver Tabla 1).



Figura 2. Diferentes tipos de entierro (trayectorias) que se encuentran en el Cementerio Municipal de La Plata.

Tabla 1. Información sobre los 70 individuos analizados

CMLP	Sección	Tipo de entierro	Año de inhumación	Traslado	Años en tierra	Años en nicho	Año de exhumación	Edad	Sexo	Adipocira
36	49-G-7	T	1995	-	9	-	2004	22	M	Ausente
37	11-G-40	T	1999	-	5	-	2004	48	M	Presente
40	18-55	T	1997	-	7	-	2004	54	M	Ausente
42	50-L-18	T	1990	-	14	-	2004	44	M	Ausente
43	26-H-44	T	1999	-	5	-	2004	33	M	Ausente
53	19-H-38	T	1997	-	7	-	2004	25	M	Ausente
54	5-228	T	1998	-	6	-	2004	58	M	Presente
59	20-K-2	T	1992	-	12	-	2004	50	M	Presente
63	20-A-27	T	1996	-	8	-	2004	49	M	Ausente
64	28-H-31	T	1995	-	9	-	2004	53	M	Ausente
72	47-L-18	T	1995	-	9	-	2004	50	F	Ausente
117	14-L-23	T/N	1972	1992	20	14	2006	53	F	Presente
119	9-156	T	2001	-	6	-	2007	46	F	Presente
120	44-K-14	T	1951	-	55	-	2006	26	F	Ausente
127	19-E-12	T/N	1980	1985	5	20	2005	58	M	Ausente
149	49-L-1	T/N	1963	1972	9	33	2005	58	F	Ausente
157	44-H-39	T/N	1967	1974	7	32	2006	36	M	Ausente
160	47-H-1	T	1998	-	9	-	2007	52	M	Ausente
164	48-E-19	T/N	1983	1989	6	17	2006	48	M	Ausente
170	17-70	T	1996	-	11	-	2007	57	F	Ausente
175	19-C-27	T	1996	-	11	-	2007	25	F	Ausente
179	29-A-37	T	1997	-	10	-	2007	40	M	Ausente
190	36-I-1	T/N	1967	1973	6	32	2005	46	M	Ausente
201	10-C-25	N/T	1981	1996	11	15	2007	56	F	Presente
204	29-B-34	T/N	1964	1972	8	33	2005	59	M	Presente
217	46-B-35	T/N	1969	1975	6	29	2004	22	F	Presente
219	56-G-35	T/N	1979	1985	6	20	2005	45	F	Ausente
223	22-527	T	1997	-	10	-	2007	48	F	Ausente
236	28-L-7	T	1995	-	6	-	2001	59	M	Presente
239	21-E-17	T	1998	-	10	-	2008	21	M	Ausente
241	16-F-36	T/N	1961	1969	8	39	2008	45	F	Ausente
242	35-C-36	T/N	1990	1996	6	18	2014	51	F	Ausente
244	16-F-36	T/N	1952	1961	9	47	2008	36	M	Ausente
250	58-J-18	T/N	1978	1984	6	16	2000	52	M	Ausente
252	29-K-16	T/N	1937	1952	15	56	2008	23	F	Ausente
253	44-H-22	T/N	1977	1984	7	24	2008	40	M	Presente
254	46-H-15	T/N	1994	2000	6	14	2014	42	F	Ausente
258	17-K-50	T/N	1937	1953	16	61	2014	33	M	Presente
261	14-B-10	T/N	1981	1988	7	20	2008	46	F	Presente
262	20-K-42	T/N	1978	1986	8	22	2008	47	F	Ausente
266	14-E-22	T/N	1977	1983	6	34	2017	49	M	Ausente

Tabla 1 (Continuación). Información sobre los 70 individuos analizados

CMLP	Sección	Tipo de entierro	Año de inhumación	Traslado	Años en tierra	Años en nicho	Año de exhumación	Edad	Sexo	Adipocira
268	41-F-4	T/N	1980	1986	6	31	2017	49	M	Presente
269	58-L-12	T/N	1990	1996	6	21	2017	55	F	Presente
270	52-D-17	T/N	1989	1995	6	22	2017	18	M	Ausente
271	57-LL-38	T/N	1974	1980	6	37	2017	51	M	Ausente
272	34-G-10	T/N	1974	1980	6	37	2017	57	F	Presente
274	24-D-30	T/N	1977	1983	6	34	2017	30	M	Presente
275	51-B-15	T/N	1967	1974	7	43	2017	43	M	Presente
276	34-B-29	T/N	1967	1974	7	43	2017	47	M	Ausente
277	10-K-37	T/N	1977	1983	6	34	2017	37	F	Presente
278	32-D-18	T/N	1923	1944	21	73	2017	26	M	Ausente
279	51-B-17	T/N	1961	1969	8	48	2017	46	F	Presente
280	8-168	T/N	1994	2001	7	16	2017	38	F	Ausente
281	52-L-24	T/N	1969	1974	5	43	2017	36	M	Ausente
282	24-N-11	T/N	1960	1967	7	50	2017	33	F	Ausente
284	58-K-11	T/N	1976	1982	6	35	2017	46	F	Presente
285	15-J-18	T/N	1964	1972	8	45	2017	20	M	Presente
288	27-H-20	T/N	1992	1999	7	18	2017	27	F	Ausente
289	41-LL-34	T/N	1967	1974	7	43	2017	32	M	Presente
292	36-G-32	T/N	2003	2011	8	6	2017	28	M	Presente
293	22-795	T	2008	-	13	-	2021	15	M	Ausente
294	35-C-33	T	2004	-	17	-	2021	40	M	Ausente
295	16-J-2bis	T	2012	-	9	-	2021	49	M	Ausente
296	18-893	T	2006	-	16	-	2022	25	M	Ausente
297	39-L-38	N/T	1975	2009	13	34	2022	54	F	Ausente
298	39-L-38	N/T	1965	1981	41	16	2022	43	M	Ausente
299	39-F-20	T	2008	-	14	-	2022	21	F	Presente
300	39-L-13	T	2009	-	13	-	2022	48	F	Ausente
301	46-C-5	T	2012	-	10	-	2022	19	F	Presente
302	62-871	N/T	1977	2010	12	33	2022	50	F	Presente

T: tierra; T/N: tierra a nicho; N/T: nicho a tierra; M: masculino; F: femenino

Análisis del material

Para el análisis de los individuos, se realizaron los inventarios correspondientes, tanto *in situ* como en el laboratorio, registrando la localización, aspecto y coloración de la adipocira. Esta sustancia fue observada utilizando un enfoque macroscópico y morfológico durante las dos etapas: en las exhumaciones controladas y en el laboratorio. Se tomaron fotografías de las áreas afectadas y, a su vez, fue registrada la presencia de vestimentas y plásticos utilizados como

envoltorios, así como fragmentos adheridos a los elementos óseos, que podrían haber influido en su formación.

La adipocira fue clasificada en fresca y seca basándose en sus diferencias, permitiendo una clara distinción entre ambos tipos. La adipocira fresca, se observó en el proceso de exhumación de los restos, caracterizándose por una textura suave, húmeda y pastosa, de color grisáceo brillante y con un olor fuerte y pronunciado (Figura 3). Por otro lado, la adipocira seca, se encontró únicamente en los restos de la

colección, que presentaba una textura dura, quebradiza y cerosa, con un color blanquecino más apagado y un

olor casi inexistente (Forbes, Stuart y Dent, 2002, 2005; Gennard, 2007; Rogers, 2010) (Figura 4).



Figura 3. A y B: Adipocira fresca en restos sin reducir. C: Envoltorio con presencia de adipocira fresca.



Figura 4. Adipocira seca en restos de la colección. A: Coxal; B: Calcáneo; C-D: Costillas; E: Sacro; F: Fémur.

Para confirmar que lo que observamos es adipocira, se realizó un análisis químico comparativo. Se tomaron muestras de la sustancia seca de los restos de la colección y una muestra de grasa animal que se utilizó como control. Las muestras fueron colocadas en tubos Falcon de 50 ml, en los que se añadieron 10 ml de bencina (Lehninger, Nelson y Cox, 2008). En cada tubo se incluyó una muestra de adipocira o una muestra de grasa animal, y se dejó actuar en intervalos de 15

minutos a lo largo de una hora. Se documentaron las observaciones de la disolución de ambas muestras, registrando cualquier separación de componentes, así como los cambios en la textura, color y claridad de las mismas.

Para evaluar el impacto de la humedad en la formación de adipocira, se consideraron las zonas inundables dentro del CMLP. Las mismas fueron definidas en colaboración con el personal del

cementerio, identificando como tales las secciones 56, 57, 58, 49, 50, 51, 34, 35, 36 y 39, mientras que el resto del cementerio, incluyendo las secciones 11, 18, 26, 19, 5, 20, 28, 47, 14, 9, 44, 48, 17, 29, 10, 46, 56, 22, 21, 41, 52, 24, 15, 27, 32 y 8, fueron consideradas no anegables (Miguez, 2024) (Figura 5).

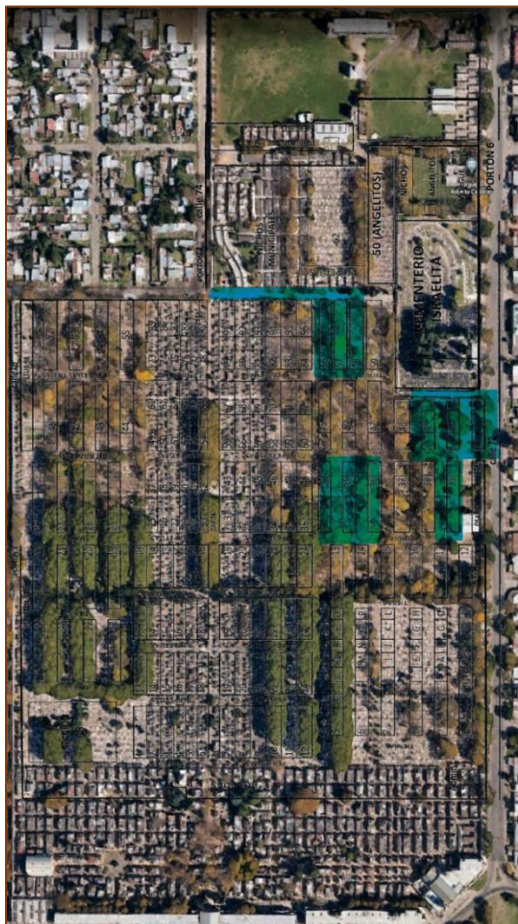


Figura 5. Se encuentran coloreadas las secciones anegables según lo informado por el personal del CMLP.

Se llevaron a cabo análisis estadísticos utilizando el software SPSS, versión 23.0, para examinar posibles correlaciones entre la adipocira y factores como las trayectorias de inhumación, tipo de envoltorio, sexo y características del terreno (zonas anegables y no anegables).

A modo exploratorio, se evaluó el posible efecto del pH en la formación de adipocira. Se realizaron mediciones de pH sólo en muestras de sedimento tomadas tanto de la superficie como del interior de las tumbas exhumadas (9 de superficie y 5 del interior). Además, se tomaron muestras de

referencia del suelo circundante al cementerio, dentro de un radio de 500 metros, para establecer los valores típicos del pH en la zona (Miguez, 2024). Las muestras de sedimento fueron preparadas siguiendo el protocolo propuesto por Beretta, Bassahum y Musselli (2014). Se dejaron secar las muestras de sedimento a temperatura ambiente durante 48 horas, luego se tamizaron y se colocaron 10 g de cada muestra en tubos Falcon de 50 ml, a los que se les añadió 25 ml de agua desionizada. La mezcla de suelo-agua se agitó durante 3 minutos y se dejó reposar por 3 minutos más, para luego realizar la medición del pH en el sobrenadante. Las mediciones de pH fueron realizadas con el equipo PHS-3D pH meter Sanxin, perteneciente al Centro de Endocrinología Experimental y Aplicada (CENEXA) de la Facultad de Ciencias Médicas-UNLP, previamente calibrado en soluciones acuosas con pH 4 y pH 7.

Consideraciones Bioéticas

Los estándares referidos al manejo de estos restos fueron evaluados por el Comité de Bioética de la FCM de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) (Exp. 800-6213812/12), considerando a su vez la Declaración de Helsinki y el artículo 4 de la “Declaración de la Asociación de Antropología Biológica Argentina” en “Relación con la Ética del Estudio de Restos Humanos” (2007) y por el “Código Deontológico para el estudio, conservación y gestión de restos humanos de poblaciones del pasado” (Aranda, Barrientos y Del Papa, 2014), debido a lo cual se garantiza un trato digno y respetuoso a los restos a través de un correcto manejo y preservación (García-Mancuso et al., 2019; Plischuk et al., 2020).

Resultados

Se identificó la presencia de adipocira seca en 26 individuos de la muestra seleccionada (37.14%) (Figura 6). Principalmente, este rasgo se encontró más representado en las zonas de ambos fémures (12), elementos de ambos pies (11 derechos y 10 izquierdos), seguido por coxales (9), tibias (8 derechas y 7 izquierdas) y en menor medida en sacro (6), escápulas (4), vértebras (4), radios (4), costillas (4), peronés (3), húmeros (2), cráneo (3) y mandíbula (2), sin observar mayores diferencias al segmentar la muestra por sexo

(Figura 7). El 43.33% de los individuos femeninos (13 individuos) presentaban adipocira, mientras que en los masculinos se encontró en el 32.5% (13 individuos) de los casos (Figura 8).

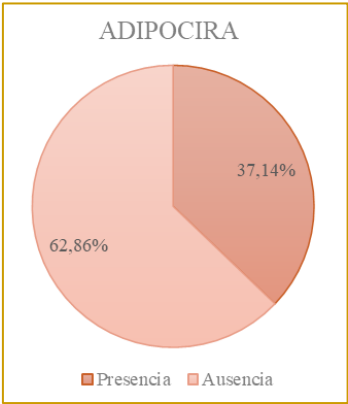


Figura 6. Ausencia/Presencia de adipocira en la muestra.

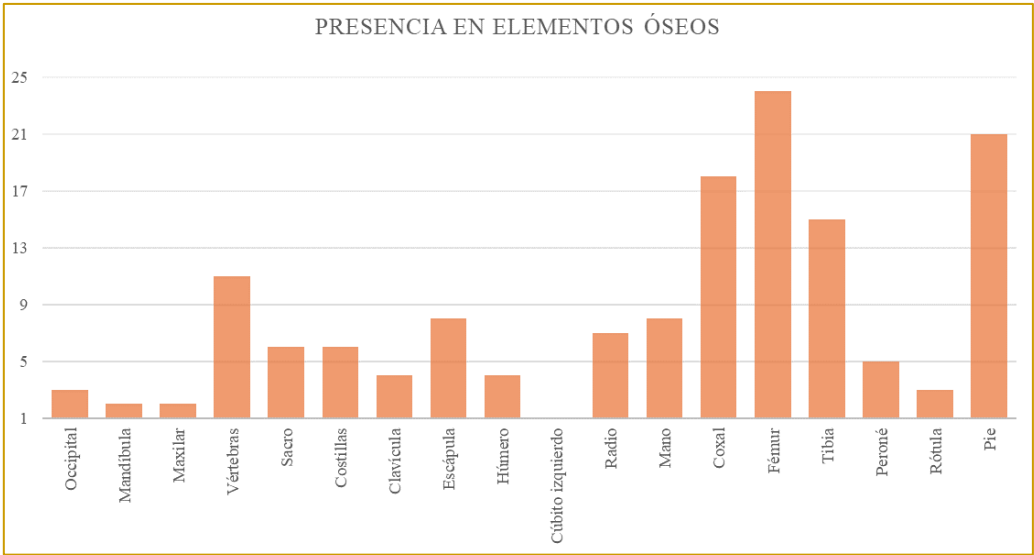


Figura 7. Número de elementos óseos con presencia de adipocira.

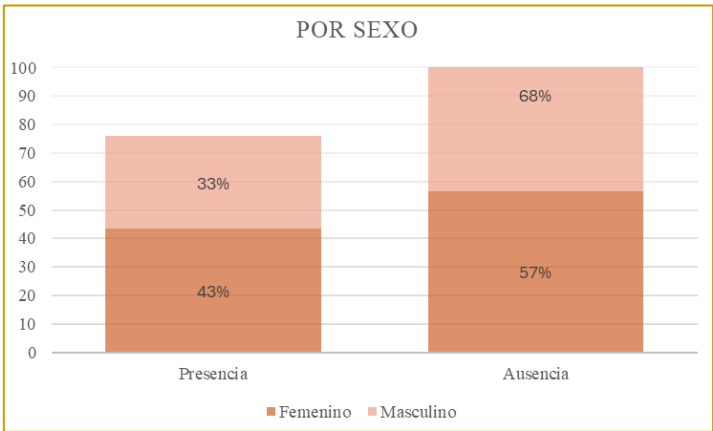


Figura 8. Presencia/Ausencia de adipocira por sexo.

En relación con las trayectorias, se observó que el 44% (17 individuos) de los que tuvieron el traslado tierra/nicho presentaron adipocira, mientras que solo el 26% de los que estuvieron inhumados directamente en tierra mostraron este rasgo (Figura 9).

Entre los cuatro con traslado de nicho/tierra, se evidenció su presencia en el 50% de los casos, siendo estos los individuos con mayor cantidad de adipocira en sus restos esqueléticos.

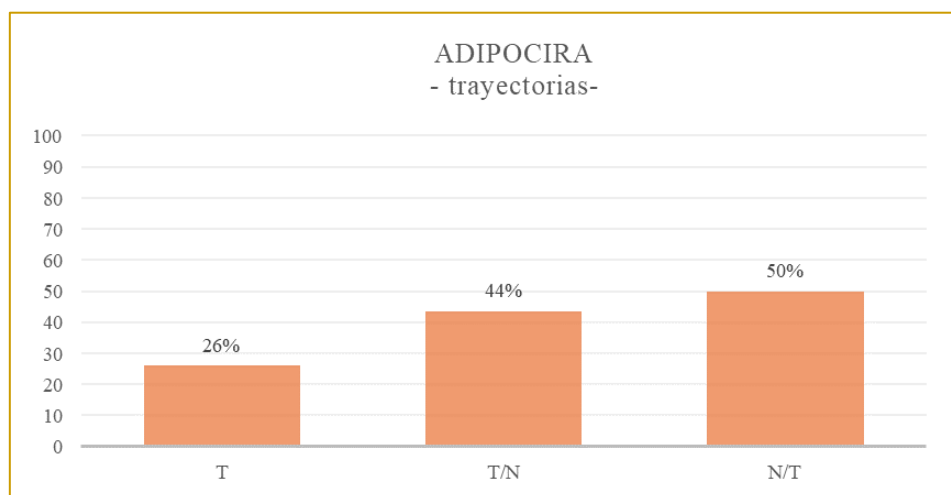


Figura 9. Adipocira presente en las diversas trayectorias (T: tierra; T/N: tierra a nicho; N/T: nicho a tierra)

En cuanto a las zonas anegables, se encontró adipocira en un 45%, mientras que en las zonas no anegables se observó en un 38% (Figura 10). Específicamente, en las zonas anegables, se halló un 46% (6 individuos) con adipocira en las trayectorias tierra/nicho y un 60% (3 individuos) en tierra. Sin embargo, no se encontraron individuos con este rastro dentro de la trayectoria nicho/tierra (Figura 11). Dentro

de las zonas no anegables, el 42% de los individuos que tuvieron el pasaje tierra/nicho presentaban adipocira. En los individuos que solo estuvieron inhumados en tierra, se encontró adipocira en el 23% (5 individuos) de los casos. En los casos con trayectorias nicho/tierra, se evidenció el 100% (2 individuos) (Figura 11).

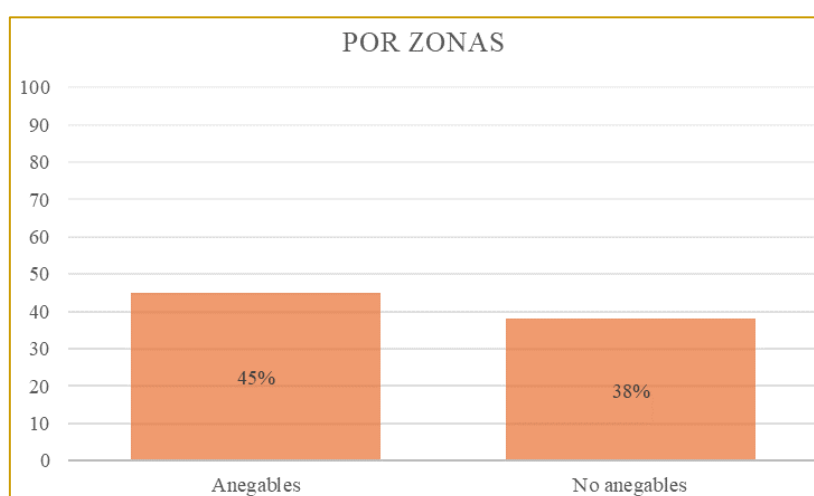


Figura 10. Adipocira por zonas.

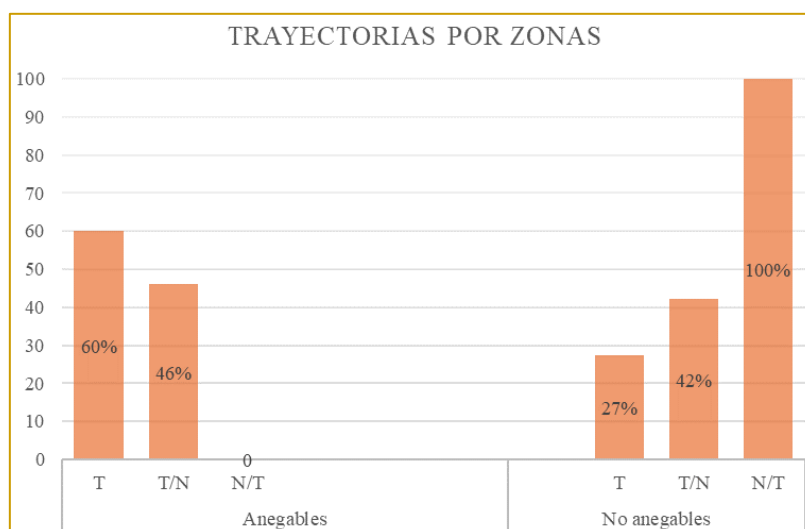


Figura 11. Adipocira por trayectorias y zonas. T: tierra; T/N: tierra a nicho; N/T: nicho a tierra.

Para evaluar la relación entre las variables previamente mencionadas, se realizaron diversos análisis estadísticos. En primer lugar, la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov dió como resultado un valor de significancia menor a 0.05. Por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y concluimos que las cuatro variables (adipocira, sexo, trayectoria y zonas anegables/no anegables) no se ajustan a una distribución normal. En segundo lugar, se seleccionó el test de Chi-cuadrado de Pearson, que nos permitió probar la independencia de dos variables entre sí mediante la presentación de los datos en tablas de contingencia. En este caso se buscó probar la correlación de adipocira con sexo, trayectorias de inhumación y características de las zonas. Los resultados mostraron que no existen diferencias entre las variables, por lo que no se puede establecer una relación estadísticamente significativa entre ellas.

El pH del sedimento se registró con valores cercanos a 7, indicando una condición neutra. Sin embargo, al analizar el pH del sedimento en la proximidad de los restos óseos, se observó un valor superior a 7, lo que señala un ambiente más alcalino en esa área específica. En algunos casos particulares, se detectaron valores más bajos de pH, lo cual puede indicar una posible acidificación localizada (Tabla 2). Al comparar los valores de pH dentro del CMLP notamos que varían en un rango más amplio (5.43 a 7.83) en comparación con los valores por fuera del

CMLP (7.06 a 7.37). Se puede decir que el pH promedio dentro del CMLP es ligeramente más ácido (6.89) en contraste con los valores promedio por fuera del CMLP (7.26) (Tabla 3).

Tabla 2. Muestras de pH del sedimento de los exhumados

Exhumación	pH	Sección CMLP
CMLP 293 – superficial	6.78	22-795
CMLP 294 - muestra 1	6.78	35-C-33
CMLP 294 - muestra 2	7.26	35-C-33
CMLP 295 – superficial	6.39	16-J-2bis
CMLP 297 – superficial	6.82	39-L-38
CMLP 299 – superficial	7.04	39-F-20
CMLP 299 – cráneo	7.03	39-F-20
CMLP 300 – superficial	7.47	39-L-13
CMLP 300 – cráneo	5.53	39-L-13
CMLP 301 – interior	5.43	46-C-5
CMLP 301 – superficial	7.76	46-C-5
CMLP 301 – cráneo	7.83	46-C-5
CMLP 302 – superficial	7.73	62-871
CMLP 302 – cráneo	6.41	62-871

Tabla 3. Muestras de pH del sedimento periferia del CMLP

Periferia CMLP	pH	Ubicación
Muestra 1	7.35	Av. 137 y Av. 72
Muestra 2	7.26	Calles 74 y 135
Muestra 3	7.25	Calles 132 e/76 y 77
Muestra 4	7.37	Av. 31 y 75
Muestra 5	7.06	Av. 72 y Av. 31

Con respecto a las pruebas químicas realizadas con bencina para corroborar la presencia de adipocira, en las muestras obtenidas del coxal, se observó, a los 15 minutos, la separación de la grasa del tejido, depositándose ésta en el fondo del tubo. A los 30 minutos, la muestra adquirió una coloración más turbia y aceitosa, sin percibir otros cambios a los 45 y 60 minutos. En la prueba control con grasa animal, la muestra a temperatura ambiente se disolvió, mientras que la muestra congelada no mostró alteraciones. Estos resultados demuestran que la bencina disuelve la grasa, lo que apoya la hipótesis de que la muestra de la colección corresponde a adipocira.

Por último, en cuanto a la adipocira fresca sólo fue observada en 5 de las 14 exhumaciones llevadas a cabo en el CMLP (exhumaciones 1, 6, 10, 11 y 14). En tres de estas exhumaciones, los restos fueron inhumados nuevamente debido a que la adipocira abarcaba gran parte del individuo, lo que indicaba que el proceso de esqueletización aún no había finalizado. En los otros dos casos, la adipocira fresca solo se encontró en pequeñas muestras adheridas al envoltorio y/o vestimenta de los individuos exhumados. Estas pequeñas muestras permitieron observar que, aunque la adipocira fresca es menos común, su presencia es significativa en los contextos donde la descomposición del cuerpo ha sido parcial.

Discusión

En este trabajo se propuso analizar la relación entre la presencia de adipocira y distintos factores que influyen en su formación, como las trayectorias *postmortem*, el tipo de envoltorio, sectores del cementerio, el pH del suelo y el sexo de los individuos. A partir del análisis de 70 casos, se identificaron tendencias que sugieren vínculos entre estas variables y la presencia de adipocira, aunque las pruebas estadísticas no permitieron confirmar asociaciones significativas.

En primer lugar, en relación a la localización de la adipocira en cada esqueleto, su presencia se concentró especialmente en los huesos correspondientes a las zonas más proclives a su formación, como los coxales y fémures, siendo esta

distribución consistente con las zonas donde se espera que la adipocira se forme debido a la mayor cantidad de tejido graso en los procesos de descomposición (Evans, 1963; Vargas, 1989; Quiroz Carmona, 2007). Sin embargo, la elevada frecuencia de adipocira encontrada en huesos del pie y tibias plantea *a priori* un aspecto por elucidar. Una posible explicación provendría de la observación práctica en las exhumaciones, en donde se ha detectado que la presencia de medias en los restos podría generar las condiciones microambientales que favorezcan su formación en estas áreas, al actuar como una especie de barrera reteniendo la humedad, con la consecuente preservación de tejido graso en estos huesos.

Otro aspecto observado tiene que ver con el sexo de los individuos donde se evidenció una mayor presencia de adipocira en el sexo femenino, en comparación con el sexo masculino (Evans, 1963). Aunque estas diferencias en nuestro trabajo no alcanzan significancia estadística, varios autores han propuesto que esta tendencia podría deberse a la distribución y composición diferenciada de la grasa corporal. Las mujeres tienen una mayor proporción de ácidos grasos insaturados y una mayor cantidad de tejido adiposo subcutáneo, lo que facilita el proceso de saponificación, crucial para la formación de adipocira. Además, los factores hormonales, como los niveles de estrógenos, influyen en la distribución y acumulación de grasa, creando un entorno más propicio para este proceso (Evans, 1963; Quiroz Carmona, 2007; Sorg, Haglund y Wren, 2012; Nociarová, 2016; Byard, Simpson y Forbes, 2020). Aunque no sea concluyente, la evidencia sugiere que ciertas características biológicas y composicionales en las mujeres estarían favoreciendo la formación de adipocira.

En cuanto a las trayectorias de entierro, se observó que los individuos que atravesaron procesos de traslado presentaron una mayor frecuencia de adipocira, en comparación con los que estuvieron inhumados solo en tierra. Es importante destacar que, de los casos en los que hubo traslado de nicho a tierra, corresponde a los individuos con mayor cantidad de adipocira en sus restos esqueléticos. Si bien el número de individuos observados en este último contexto es reducido, este fenómeno podría

atribuirse a las condiciones específicas del entierro y la composición corporal del individuo, donde la interacción entre el cajón metálico, la ubicación del nicho y la grasa corporal pudo haber facilitado la formación y preservación de la adipocira (Ferllini Timms, 1994; Guareschi, Dadour y Magni, 2019). En los casos en que los restos provienen de nichos con cajón metálico y posteriormente fueron enterrados en áreas con acumulación de agua, hemos observado que el féretro actúa como un depósito que impide el flujo de líquidos (agua y fluidos corporales), retrasando la esqueletización y favoreciendo la formación de adipocira. En este sentido, el trabajo de Guareschi, Dadour y Magni (2019), demostró que los ataúdes de roble, plomo y zinc contribuyen a la formación de adipocira, mientras que los de pino y abeto, así como los revestidos con paja, aceleran la descomposición. Un estudio similar al presente, realizado en dos cementerios del norte de Italia refuerzan esta idea, en donde se demostró que el 98.5% de los cuerpos-inhumados en fosas (tierra) estaban esqueletizados, mientras que casi el 90% de los cuerpos en tumbas de piedra (nicho) se conservaron por adipocira, esqueletizándose sólo aquellos con ataúdes dañados (Guerrero et al., 2013; Guareschi, Dadour y Magni, 2019; Magni, Lawn y Guareschi, 2020).

La ubicación de los entierros dentro del cementerio también mostró ciertas asociaciones para destacar. En las zonas anegables, se encontró más adipocira que en las zonas no anegables, tendencia que podría deberse a que las condiciones de humedad y la compactación del suelo por las losas, reducen el drenaje y el movimiento del aire, provocando estancamiento de agua que favorece la formación de adipocira (Guareschi, Dadour y Magni, 2019; Magni, Lawn y Guareschi, 2020). Sin embargo, esta diferencia sería menor a la esperada a lo sugerido en la bibliografía (Forbes, Stuart y Dent, 2002; Ubelaker y Zarenko, 2011). Creemos que, basados en la figura 11, la variable que mayor peso estaría teniendo en la formación de adipocira serían los traslados del cuerpo.

Otro componente relevante del contexto de inhumación es el tipo de envoltorio de los restos y su asociación con los tipos de adipocira. En este sentido, uno de los casos más llamativos fue el de los

restos que se encontraron en una doble bolsa roja, utilizada en la práctica forense para evitar propagaciones de enfermedades infectocontagiosas, que evitó que los líquidos escurrieran en el sedimento, ralentizando significativamente el proceso de esqueletización, a pesar de que habían transcurrido más de 10 años desde la inhumación pueden influir en la preservación de los restos y la formación de adipocira fresca (Forbes, Dent y Stuart, 2005; Guerrero et al., 2013). Sin embargo, Ubelaker y Zarenko (2011) sugieren que los materiales impermeables, como el plástico, pueden demorar la formación de adipocira al limitar la exposición a los agentes descomponedores, lo cual contradice las observaciones realizadas en el presente estudio.

Por otra parte, los restos óseos analizados de la colección Lambre y los casos de individuos con los diversos tipos de trayectoria, evidenciaron la presencia de adipocira seca, lo que estaría demostrando una mayor preservación de los tejidos (óseo y adiposo), por ende, una mayor antigüedad de la misma (Forbes, Stuart y Dent 2002, 2005; Gennard, 2007; Rogers, 2010). Si bien varios autores acuerdan que la vestimenta y el plástico promueven la formación de adipocira, nuestros resultados apoyan la propuesta de Magni, Lawn y Guareschi (2020), quienes sostienen que la ropa de poliéster facilitaría el endurecimiento de la adipocira al permitir el intercambio catiónico entre los diferentes agentes (suelo, material orgánico e inorgánico) que intervienen en el contexto de inhumación.

Por último, también se llevó a cabo un análisis exploratorio sobre la influencia del pH del suelo, con el propósito de corroborar una posible relación entre este factor y la formación de adipocira. El pH del sedimento es una variable crucial para entender el entorno en el que se han preservado los restos óseos, aunque poco se sabe sobre su efecto en los mismos (Lyman, 1984; Carter y Tibbet, 2008). Dado que el pH influye en la solubilidad y estabilidad de los minerales, conocer su comportamiento cerca de los elementos esqueléticos es fundamental para discernir los procesos postdeposicionales y tafonómicos que han afectado a los huesos a lo largo del tiempo. La variabilidad en los valores de pH observadas en el CMLP refleja las condiciones del entorno en que los restos óseos han

estado expuestos. Los valores bajos de pH (alrededor de 5 y 6) detectados en algunas áreas del cementerio nos estarían indicando una acidificación localizada, probablemente causada por la actividad microbiana durante la descomposición de la materia orgánica, la acumulación de compuestos ácidos y la descomposición de raíces muertas (Torres-Guerrero et al., 2013). Estos valores ácidos podrían acelerar la descomposición de los materiales orgánicos, mientras que los pH más altos, como los registrados en las zonas cercanas a los huesos, sugieren un ambiente alcalino, lo que podría favorecer la formación de adipocira (Lyman, 1984; Favier Dubois, 2001; Carter y Tibbet, 2008). La diferencia en los valores de pH entre el interior y la periferia del CMLP podría estar influenciada por la presencia de vegetación en el entorno, y la falta de enterramientos en esas áreas (Miguez, 2024).

Conclusiones

Los resultados obtenidos han permitido identificar una serie de tendencias relevantes a considerar en los futuros casos de hallazgos forenses con presencia de adipocira en nuestra región. Se observó una mayor frecuencia de adipocira en individuos con trayectorias complejas en sectores anegables del cementerio y en aquellos envueltos en materiales que retienen humedad, como bolsas plásticas. Si bien estas observaciones no alcanzaron significancia estadística, constituyen un aporte relevante para interpretar los factores que inciden en la conservación diferencial de los restos humanos.

Entre las principales limitaciones del estudio se encuentran el reducido número de restos exhumados por nuestro equipo, lo que imposibilita la obtención de información contextual precisa, en particular de datos como la profundidad exacta de inhumación o el tipo de envoltorios utilizados. Contar con estos datos permitiría establecer relaciones más claras entre las condiciones específicas de enterramiento y la formación de adipocira, mejorando la capacidad para identificar factores determinantes y fortalecer la interpretación de resultados.

Como líneas futuras de investigación, se propone ampliar la muestra mediante nuevas

exhumaciones controladas en el Cementerio Municipal de La Plata, aparte de realizar un seguimiento de los casos con presencia de adipocira que fueron reinhumados, con el objetivo de observar la evolución de los procesos de conservación y descomposición a lo largo del tiempo. Asimismo, se propone ampliar la muestra total, incorporar nuevos casos en condiciones controladas y sistematizar el registro de variables clave como el tipo de féretro, ropa, envoltorio y condiciones de drenaje. Finalmente, se plantea profundizar los estudios sobre el pH del suelo y su relación con la preservación diferencial, como una vía exploratoria complementaria que podría enriquecer la interpretación tafonómica en contextos de inhumación recientes.

Agradecimientos

A Javier, Niño, Teo, Carina, Alicia, Juan, Ricky y al personal del CMLP por su apoyo. Al Dr. Francini y al equipo del CENEXA por su colaboración en la medición del pH. A la Universidad Nacional de La Plata por el apoyo económico brindado (Proyecto M254). Agradecemos también a los revisores por sus valiosas contribuciones, que enriquecieron este trabajo.

Bibliografía

- Aranda C., Barrientos G., Del Papa M.C. (2014). Código deontológico para el estudio, conservación y gestión de restos humanos de poblaciones del pasado. *Rev Arg Antrop Biol* 16(2): 111-113. doi: <https://doi.org/10.17139/raab.2014.0016.02.05>
- Aturaliya S., Lukasewycz A. (1999). Experimental forensic and bioanthropological aspects of soft tissue taphonomy: 1. Factors influencing postmortem tissue desiccation rate. *J Forensic Sci* 44(5): 893-396. doi: <https://doi.org/10.1520/JFS12011J>
- Beretta A., Bassahum D., Musselli R. (2014). ¿Medir el pH del suelo en la mezcla suelo: agua en reposo o agitando? *Agrociencia (Uruguay)* 18(2): 90-94. doi: <https://doi.org/10.31285/AGRO.18.469>
- Byard R.W., Simpson E., Forbes S.L. (2020). Arid climate adipocere—The importance of microenvironment. *J*

- Forensic Sci 65(1): 327-329. doi: <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14152>
- Carter D.O., Tibbett M. (2008). Cadaver decomposition and soil: processes. En: Soil analysis in forensic taphonomy. Chemical and Biological Effects of Buried Human Remains: 29-51. CRC Press. Boca Raton, Florida. doi: <https://doi.org/10.1201/9781420069921>
- Dix J., Graham M. (2000). Time of Death, Decomposition and Identification. An atlas. Boca Raton, Florida: CRC Press. doi: <https://doi.org/10.4324/9780367806422>
- Etxebernia F., Serrulla F. (2020). The case of the brains of La Pedraja. Forensic sciences and historical memory in Spain. *Métode Sci Stud J* 10: 109-117. Doi: <https://doi.org/10.7203/metode.10.13295>
- Evans W.E. (1963). Adipocere formation in a relatively dry environment. *Med Sci Law* 3: 145-153.
- Favier Dubois C.M. (2001). Análisis geoarqueológico de los procesos de formación del registro, cronología y paleoambientes, en sitios arqueológicos de Fuego-Patagonia. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires (Argentina). https://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n3404_FavierDubois
- Ferlini Timms R. (1994). Determinación del tiempo de muerte en cadáveres putrefactos, momificados y saponificados. *Med leg Costa Rica* 10(2): 17-21.
- Forbes S.L., Dent B.B., Stuart B.H. (2005). The effect of soil type on adipocere formation. *Forensic Sci Int* 154(1): 35-43. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2004.09.108>
- Forbes S.L., Stuart B.H., Dadour I.R., Dent B.B. (2004). A preliminary investigation of the stages of adipocere formation. *J Forensic Sci* 49(3): 566-574. doi: <https://doi.org/10.1520/JFS2002230>
- Forbes S.L., Stuart B.H., Dent B.B. (2002). The identification of adipocere in grave soils. *Forensic Sci Int* 127(3): 225-230. Doi: [https://doi.org/10.1016/s0379-0738\(02\)00127-5](https://doi.org/10.1016/s0379-0738(02)00127-5)
- Forbes S.L., Stuart B.H., Dent B.B. (2005). The effect of the burial environment on adipocere formation. *Forensic Sci Int* 154(1): 24-34. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2004.09.107>
- García-Mancuso R., Plischuk M., Desántolo B., Garizoain G., Sardi, M.L. (2019). Ethical Considerations in Human Remains Based Research in Argentina. En: Ethical Approaches to Human Remains. A Global Challenge in Bioarchaeology and Forensic Anthropology: 447-463. Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-32926-6_20
- Gennard D.E. (2007). Forensic Entomology: An introduction. Chichester (UK). John Wiley & Sons. doi: <https://doi.org/10.1603/033.046.0538>
- Guareschi E., Dadour I.R., Magni P.A. (2019). A taphonomic examination of inhumed and entombed remains in Parma cemeteries, Italy. *Glob J Forensic Sci Med* 1(4): 1-8. doi: <https://doi.org/10.33552/GJFSM.2019.01.000518>
- Guerrero J.M., Villalobos C., Navarro A.I., Medina C.S. (2013). Propuesta metodológica para el abordaje forense de cadáveres en estado de adipocira. *Antistio Rev Cient INMLCF Colomb* 1(1): 71-80. doi: <https://doi.org/10.60007/antistio.4556>
- Lehninger A.L., Nelson D.L., Cox M.M. (2008). Principles of Biochemistry (5°ed.). W.H. Freeman and Co., Ltd. <http://doi.org/10.1007/978-3-662-08289-8>
- Lyman R.L. (1984). Bone density and differential survivorship of fossil classes. *J Anthropol Archaeol* 3(4): 259-299. doi: [https://doi.org/10.1016/0278-4165\(84\)90004-7](https://doi.org/10.1016/0278-4165(84)90004-7)
- Magni P.A., Lawn J., Guareschi E.E. (2020). A practical review of adipocere: Key findings, case studies and operational considerations from crime scene to autopsy. *J Forensic Leg Med* 78: 102109. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2020.102109>
- Miguez L.J. (2024). Lineamientos metodológicos para la recuperación de restos óseos humanos en contextos forenses. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata (Argentina). doi: <https://doi.org/10.35537/10915/164621>
- Miguez L.J., Plischuk M., Lamenza G. (2022). Arqueología forense. Primeras experiencias en un cementerio contemporáneo (La Plata, Argentina). *Intersec Antropol* 23 (Especial 1): 23-34. doi: <https://doi.org/10.37176/iea.23.Especial1.2022.715>
- Nociarová D. (2016). Taphonomic and anthropological analysis of unclaimed human remains from cemetery context in Barcelona. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona (España). <http://hdl.handle.net/10803/393919>
- O'Brien T.G., Kuehner A.C. (2007). Waxing grave about adipocere: soft tissue change in an aquatic context. *J Forensic Sci* 52(2): 294-301. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2006.00362.x>
- Plischuk M., Garizoain G., Petrone S., Desántolo B., García-Mancuso R., Salceda S., Inda A.M. (2020). El aporte de las colecciones osteológicas documentadas: líneas de investigación en la Colección "Prof. Dr. Rómulo Lambre" (La Plata, Argentina). *Jangwa Pana* 19(1): 5. doi: <https://doi.org/10.21676/16574923.3447>
- Quiroz Camona M.P. (2007). Necesidad de la aplicación de la entomología forense como prueba pericial en la determinación del cronotanodiagnóstico en cadáveres antiguos, encontrados al aire libre. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México (México). <https://repositorio.unam.mx/contenidos/316766>
- Reverte J.M. (1999). Antropología Forense (segunda edición). Madrid. Ministerio de Justicia, Secretaría General Técnica.

- Rogers C. (2010). Dating death: Forensic taphonomy and the postmortem interval. PhD Dissertation. University of Wolverhampton (UK). <http://hdl.handle.net/2436/210852>
- Salceda S., Desántolo B., García-Mancuso R., Plischuk M., Prat G., Inda A. (2009). Integración y conservación de la Colección Osteológica "Profesor Doctor Rómulo Lambre": Avances y Problemáticas. *Rev Arg Antrop Biol* 11(1): 133-141. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/6029>
- Sempé M.C., Viera L., García T., García B., Gómez E. (2009). Arquitectura, urbanismo y simbología masónica en cementerios urbanos. Buenos Aires, Argentina: María Carlota Sempé. (Ed.).
- Sorg M.H., Haglund W.D., Wren J.A. (2012). Current research in forensic taphonomy. En: D.C. Dirkmaat (Ed.). *A Companion to Forensic Anthropology*: 477-498. Wiley online Library. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118255377.ch24>
- Torres-Guerrero C.A., Etchevers J.D., Fuentes-Ponce M.H., Govaerts B., León-González F.D., Herrera J.M. (2013). Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. *Terra Latinoam* 31(1): 71-84.
- Ubelaker D.H., Zarenko K.M. (2011). Adipocere: what is known after over two centuries of research. *For Sci Int* 208(1-3): 167-172. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.11.024>
- Vargas E. (1989). *Medicina Legal: Compendio de Ciencias Forenses para Médicos y Abogados*. 3ra. edición. San José (Costa Rica): Lehmann.
- Vass A.A. (2001). Beyond the grave-understanding human decomposition. *Microbiol Today* 28: 190-192.