

CONTAMINACIÓN Y FÓSILES EN LA CUENCA DEL RÍO LUJÁN

Karina Vanesa Chichkoyan

CONICET, Grupo de Estudios sobre Sistemas de Información Geográfica en Arqueología, Paleontología e Historia (SIGAPH), Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires, Argentina.

karinavch@gmail.com

Jonatan Gómez

Grupo de Estudio en Líquenes Argentinos (GELA), Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires, Argentina.

Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), La Plata, Buenos Aires, Argentina.

gomezjonatanjose86@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo presenta los lineamientos generales de una línea de trabajo que involucra el estudio de contaminantes actuales en restos fósiles a través del uso de Espectroscopia Infrarroja Mediante Transformada de Fourier. Esta herramienta se usa para caracterizar estructuras químicas de distintos materiales, incluyendo material óseo. Se presenta la normativa que refiere al Patrimonio Arqueológico y Paleontológico (en el que se incluyen huesos de distintos periodos) en particular y de las matrices de suelo y agua en las que se encuentra contenido este patrimonio. Se propone que la contaminación de estas matrices puede afectar este importante recurso de nuestro pasado, lo que tendría implicaciones a nivel ambiental y social, como también académico. La cuenca del río Luján es un caso de estudio preliminar debido a que en su recorrido se desarrollan actividades industriales y agrícola-ganaderas, que involucra a una alta concentración poblacional; así como también un rico patrimonio fosilífero de al menos 10.000 años de antigüedad.

Palabras clave: FTIR, megafauna, Protección del patrimonio, Ambiente

ABSTRACT

This paper presents the general guidelines for a line of research involving the study of modern contaminants in fossil remains using Fourier Transform Infrared Spectroscopy. This tool is used to characterize the chemical structures of various materials, including bone material. The study reviews regulations concerning archaeological and paleontological heritage—encompassing bones from various periods—as well as the soil and water matrices in which this heritage is embedded. It is proposed that contamination of these matrices could impact this vital resource from our past, carrying environmental, social, and academic implications. The Luján River basin serves as a preliminary case study due to the presence of industrial and agricultural-livestock activities—associated with high population density—alongside a rich fossil heritage dating back at least 10,000 years.

Keywords: FTIR, megafauna, Protection of Heritage, Environment

INTRODUCCIÓN

Las mayores cuencas que recorren perpendicularmente la región metropolitana de Buenos Aires son la de los ríos Luján, Reconquista y Matanzas-Riachuelo. Éstas se encuentran contaminadas debido a la histórica ubicación de las industrias en sus costas, la actividad rural y, desde el siglo XX, el crecimiento urbano y de barrios privados a partir de las autopistas (Rotger 2018). De las tres, es en la del río Luján donde se detectó una alta sensibilidad de hallazgos patrimoniales arqueológicos y paleontológicos (Acuña Suarez 2019; Lanzelotti, 2023). Este tipo de material es escaso en la región metropolitana, ya que la remoción de suelos fue extrema desde al menos fines de siglo XIX. Así, la cuenca del río Luján, se torna un caso de estudio para profundizar en la interacción entre la contaminación actual y restos fósiles y evaluar si la primera puede influir en la composición de los segundos.

El análisis por FTIR (Espectroscopia Infrarroja Mediante Transformada de Fourier) representa una herramienta espectroscópica alternativa para el estudio de la presencia e identificación de contaminantes de origen antrópico reciente que afectan diferentes matrices (e.g.; suelo, agua), particularmente, sobre la huella química (estructura química) de los huesos. Esta técnica analítica es utilizada en distintas áreas como farmacéutica, forense química, biología y arqueología (Berna 2017; Siddique 2024). En esta última, al menos desde 2007 se usa para identificar la composición orgánica e inorgánica de distintos artefactos arqueológicos, alteraciones térmicas, estado de preservación, micromorfología de suelos, y en el caso de los huesos, para caracterizar el estado de preservación (Berna 2017; Vitale et al. 2019; Siddique 2024).

El objetivo de este trabajo es múltiple:

- (i) considerar las Leyes Nacionales y Provinciales que legislan sobre contaminación ambiental en suelo y agua y que, por ende, involucran al Patrimonio Arqueológico y Paleontológico (entre el que se encuentran incluidos los huesos).
- (ii) Relacionar las matrices de suelo y agua y cómo la contaminación de estas matrices puede afectar al patrimonio fósil contenido, además de explorar en forma preliminar la posibilidad de que la técnica de FTIR pueda servir para detectar esta contaminación.
- (iii) justificar la proposición de la cuenca del río Luján como caso de estudio

MARCO NORMATIVO

A nivel Nacional, los restos fósiles forman parte del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico, que se encuentra legislado por la ley nacional Ley 25.743. La misma organiza las autoridades de aplicación, el registro del patrimonio, la tenencia por particulares, el traslado de material y establece los delitos y penas, entre otras cuestiones (Endere 2018).

Además, los restos fósiles estarían incluidos en el inciso “a” del artículo 2 de la Ley de Presupuestos Mínimos 25.675 (Ley General del Ambiente), que propone “*Asegurar la preservación, conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de los recursos ambientales, tanto naturales como culturales, en la realización de las diferentes actividades antrópicas*”. En este sentido, el Patrimonio Arqueológico y Paleontológico es parte de los recursos ambientales en su calidad de ser recursos naturales y culturales (García y Veneziano 2016), en base a lo que plantea la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural de la UNESCO de 1972. En la misma, dentro de la definición del Patrimonio Cultural (artículo 1), la UNESCO incluye “*los lugares arqueológicos que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista histórico, estético, etnológico o antropológico*”, mientras que en el artículo 2, como Patrimonio Natural incluye “*los monumentos naturales constituidos por formaciones físicas y biológicas o por grupos de esas formaciones que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista estético o científico*”. En esta Convención se establece el deber de proteger el Patrimonio Cultural y Natural que están cada vez más amenazados, entre otras cosas, por “*la evolución de la vida social y económica que las agrava con fenómenos de alteración o de destrucción*” y que la desaparición de estos patrimonios significa un “*empobrecimiento nefasto del patrimonio de todos los pueblos del mundo*”. Por lo que cabe considerar a los restos fósiles de la cuenca del río Luján como parte de los recursos ambientales a proteger de las actividades antrópicas nocivas.

En forma consecuente a las anteriores leyes, el Patrimonio Arqueológico y Paleontológico está considerado en el Artículo 41 de la Constitución Nacional “*Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley*” (Endere 2018). Por otra parte, los restos fósiles, al formar parte de la matriz suelo y ser afectado por la matriz agua (ver siguiente apartado) es susceptible de ser protegido a través de leyes nacionales y provinciales que legislan en materia de contaminantes que se depositan en estas matrices.

Entre las nacionales, se considera la Ley 24.051 de Residuos Peligrosos que define y regula la “*generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos*” (Artículo 1),

enumerados en el Anexo 1 de esta Ley. Entre éstos, se encuentran alguno de los metales pesados medidos en la cuenca del río Luján (ver subsiguientes apartados), como por ejemplo Y21 a Y24, que se refieren a compuestos de cromo hexavalente, cobre, zinc y arsénico respectivamente, Y26 que refiere al cadmio, Y31 al plomo o Y37 a compuestos orgánicos de fósforo. Además, amonio o nitritos también están regulados en el Decreto 831 de esta respectiva Ley. Los compuestos de metales pesados también se encuentran considerados en la Ley 25.612 de Residuos Industriales. Esta es una ley de presupuestos mínimos que gestiona sobre “*elemento, sustancia u objeto*” (Artículo 2) proveniente de esta actividad. También se encuentra involucrada la Ley 25.688 de Régimen de Gestión Ambiental de Aguas, que es de presupuestos mínimos y que tiene entre sus objetivos, “*la preservación de las aguas*” (Artículo 1).

A nivel provincial, la provincia de Buenos Aires se adhiere a la ley 25.743, a través del Centro de Registro del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico (CRePAP), que pertenece a la Dirección Provincial de Patrimonio Cultural del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires (<https://sites.google.com/view/crepap/p%C3%A1gina-principal>). Sin embargo, la provincia también cuenta con leyes que involucran las matrices de suelo y agua. En primer lugar, se encuentra el Artículo 28 de la Constitución de la Provincia de Buenos Aires, cuyo primer párrafo especifica que “*Los habitantes de la Provincia tienen el derecho a gozar de un ambiente sano y el deber de conservarlo y protegerlo en su provecho y en el de las generaciones futuras*”. La Ley 11.720 de Residuos Especiales tiene en cuenta los mismos compuestos que la Ley Nacional 24.051 y regula la “*generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales*” (Artículo 1). En cuanto al agua, se destaca el Código de aguas o Ley 12.257 que “*establece el régimen de protección, conservación y manejo del recurso hídrico*” (Artículo 1) y la Ley 5965, de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera, que prohíbe expresamente el envío de contaminantes a cualquier tipo de curso de agua en la provincia (Artículo 2).

De esta manera, el Patrimonio Arqueológico y Paleontológico tiene su ley propia, que lo protege y lo regula. Pero también es necesario que sea considerado dentro del resto de las normativas Nacionales y Provinciales que regulan en cuestiones de contaminación ambiental del suelo y del agua y, como se verá a continuación, influyen en los restos fósiles.

MATRICES DE SUELO, AGUA, FÓSILES Y FTIR

El registro fósil de vertebrados terrestres se encuentra contenido por la matriz suelo. Las comunidades faunísticas del pasado se integraron a ésta una vez muertas por distintas causas. Sus restos pueden localizarse en distintos sectores de los estratos sedimentarios, bien hacia el interior de la planicie, lo que les provee cierta protección contra las actividades antrópicas, o bien en sus orillas donde esas actividades tienden a concentrarse.

En este último caso, los huesos no solo forman parte de la matriz suelo, sino que también son afectados por la matriz agua, ya que, durante las crecidas del caudal, este elemento penetra en el suelo, interactuando con los mismos. Además, en la ribera se pueden encontrar restos fósiles debido a la acción del arrastre de la corriente hídrica, que deposita material, y también erosiona el suelo. Por un lado, los huesos pueden ser transportados y depositados por la corriente en relación a su densidad, tipo de elemento, nivel de fraccionamiento, entre algunas de sus características. También influye la velocidad de la corriente o su recorrido, entre los principales componentes del transporte fluvial (Lyman 1994). De esta manera, el agua es un doble agente que arrastra material y lo deposita en distintos puntos de su curso. Por otra parte, en su accionar erosivo, el agua remueve también sedimentos de la ribera, lo que puede dejar al descubierto restos de animales muertos “*in situ*”. Es en este permanente contacto con el agua el que hace que los restos fósiles de la matriz suelo, se interseccionen con la matriz agua.

De esta manera, al momento de la muerte del organismo y cuando comienza la interacción de éste con el ambiente que lo rodea (diagénesis), los componentes de ambas matrices van a influir en este proceso. La composición del sedimento, pH, humedad, presencia de plantas, presión, bacterias, influyen en cambios químicos y físicos del hueso y determina el proceso de fosilización (Lyman 1994;

Pearce et al. 2025). Los cambios estructurales se dan en los dos componentes principales de los huesos: un 60%-70% de fracción mineral (principalmente calcio, fosfato y carbonato) y un 20%-30% de colágeno tipo 1 (la parte orgánica), mientras que el resto es agua. La fracción mineral, conocida como hidroxiapatita o biapatita, está compuesta de cristales ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), que en la diagénesis se modifican. Puede haber un aumento en la cristalinidad o una recristalización, que implica un aumento o cambio en la forma del cristal, como la incorporación de iones o la disolución por la influencia del agua. El colágeno se degrada por la temperatura, la alcalinidad o acidez del suelo, el contacto con el agua o la meteorización (Colmenares-Prado et al. 2025; Pearce et al. 2025). La pérdida de colágeno también influye a que la matriz mineral esté más expuesta a los agentes posdeposicionales que cambian la estructura de éste.

Por lo tanto, en el proceso de diagénesis, el hueso comienza a actuar con la matriz sedimentaria que lo rodea, así como también con el agua que, en forma permanente, o periódica lo inunda. Estas matrices pueden estar contaminadas con desechos de actividades antrópicas, que pueden ser absorbidos por la bioapatita o el colágeno. Saber si estas fracciones están contaminadas es útil para distintas cuestiones. Por un lado, sirve para detectar a nivel general los suelos contaminados, los componentes de esta contaminación, los procesos posdeposicionales que afectan a los huesos una vez enterrados y también puede tener incidencias en el manejo y exposición del material al público. Además, los fósiles pueden ser un indicador de contaminación histórico de las matrices agua y suelo debido a su carácter acumulativo y de su generalmente larga permanencia en un mismo lugar. Esto los diferencia de los métodos físicos y químicos, que, en el caso de los ríos, son indicadores de contaminación del momento de la toma de muestra (Momo et al. 2003). Por último, este tipo de trabajo abarca temas generales como la conservación del patrimonio y los efectos de las actividades actuales en el mismo. También temáticas más específicas como la evaluación de los restos orgánicos como *proxies* directos para entender condiciones paleoambientales pasadas y de la calidad del colágeno para realizar dataciones (Vitale et al 2019).

La utilización del FTIR para indagar la contaminación de restos óseos se orientó a nivel nacional específicamente al componente del colágeno, debido a su utilidad en la datación de ^{14}C (Vitale et al. 2019). El FTIR permite caracterizar la estructura molecular orgánica e inorgánica en el espectro medio. Los grupos funcionales que se pueden reconocer son: amida, fosfato, carbonato e hidroxilo. La muestra es irradiada con luz infrarroja, registrándose los modos vibracionales de las moléculas (absorción) y la transmitancia de la luz. A partir de la transformación de Fourier (un cálculo matemático) se obtiene el espectro de vibración de longitudes de onda entre los 4000 a 400 cm^{-1} (Berna 2017; Siddique 2024; Colmenares-Prado et al. 2025). Esta técnica de fácil acceso en laboratorios de Universidades Nacionales (e.g. Universidad Nacional de Luján) (Figura 1) y bajo costo, podría aplicarse para analizar la huella química de los huesos que se ve alterada por su interacción con las matrices suelo y agua. El análisis del perfil espectral y su comparación con espectros de referencia (provenientes de muestras con y sin indicios de exposición a agentes externos) podría transformarse, a largo plazo, en una vía para detectar la estructura fisicoquímica de alteraciones recientes e identificar los compuestos de origen antrópico asociados. Como paso preliminar, se están estableciendo los protocolos de trabajo, que incluyen la selección de restos óseos, el muestreo mínimo de tejido para preparar las pastillas de KBr, la obtención de los espectros y la selección de perfiles comparativos de bibliotecas virtuales o publicaciones para identificar las huellas espectrales

Figura 1: Modelo FTIR en la Universidad Nacional de Luján. Autor: Karina V. Chichkoyan

CUENCA RÍO LUJÁN COMO CASO DE ESTUDIO

La cuenca de río Luján tiene 3.778 km² extendiéndose con orientación Oeste-Este en el noroeste de la provincia de Buenos Aires (Lanzelotti 2019). Se divide en 3 sectores: cuenca Superior o Alta (hasta la localidad de Jauregui), Media (hasta Pilar) e Inferior o Baja (hasta el Delta del Paraná), recorriendo desde sectores más rurales a más industriales respectivamente (Principi 2019a). A nivel hidrológico, posee una forma meandrosa, alimentado por un régimen pluvial (aproximadamente 1.000 mm anuales), con un caudal medio de 5,4 m³/s. Geomorfológicamente se ubica en la Pampa Ondulada, por lo que su relieve es llano, con escasa pendiente, con sus alturas mayores ubicándose en la cuenca Superior con 60 msnm (Principi 2019b). El tramo de la cuenca Inferior se ubica en la región del Delta, con un paisaje más insular, que desemboca en el río de la Plata (Principi 2019b). A nivel sedimentario, la cuenca se compone de sedimentos de origen fluvial, eólico y loessico, que, junto a eventos de deflación y formación de suelos, componen una estratificación compleja (Matteucci 2012). Esta génesis además propició la generación de suelos fértiles, que, al igual que en toda la zona pampeana, permitió el desarrollo de actividades agrícola-ganaderas desde la entrada europea (Matteucci 2012). Actualmente estas se ubican en la cuenca Alta, mientras que parques industriales y urbanizaciones cerradas se desarrollan en la cuenca Media, que se intensifican hacia la Baja (Chiaso y Contreras 2024). Por eso la mayor concentración de población se da en esta última, formando un tejido urbano más denso, que decrece paulatinamente hacia el Oeste, correlacionado el aumento de la actividad agrícola-ganadera y establecimientos involucrados (Montes-Galvan 2019; Chiaso y Contreras 2024).

La contaminación con elementos y compuestos químicos y con metales pesados en las matrices agua y suelo del río Luján se registran hace varias décadas, a lo largo de todo su recorrido. Esta contaminación es resultado de la actividad agrícola, industrias y desarrollo urbano que utilizan las riberas como lugares de asentamiento y de desecho. A esto se suma la falta de plantas de tratamientos de líquidos cloacales y la presencia del mayor basurero al aire libre del país (Chiaso y Contreras 2024; Schiaffino 2024). Una serie de estudios comprobaron la presencia de contaminantes las matrices del suelo y del agua:

- En 2003 se señaló que la cuenca Media, entre Mercedes y Luján presenta una marcada contaminación orgánica debido a efluentes y actividad agropecuaria. También se señaló la presencia de metales pesados (Momo et al. 2003).
- En 2013, el análisis de suelo, agua y vegetales en la localidad de Mercedes (cuenca Alta) detectó cromo en cantidades superiores en las tres matrices (Pérez Carrera et al. 2013). Este elemento traza se relacionó con el vertido de las industrias curtidoras en la zona.

- En 2017 se detectó en la matriz agua niveles de fosforo, amonio y nitritos por arriba de lo que permite la legislación. También metales pesados como manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), cromo (Cr), plomo (Pb) y cadmio (Cd) superaron en, algunas mediciones, el límite permitido (Ossana et al. 2017).
- En 2023 se señaló el aumento de nitratos, amonio y cloruros en el Arroyo Lo Leones (cuenca Alta) en el período 1996-2006. Este aumento se relaciona al ingreso de fertilizantes y de efluentes cloacales. Otros arroyos de la cuenca Media registraron aumento de fosfatos (Feijoó et al. 2023).
- En 2024 se midió en la cuenca Alta y Media, altas cantidades de metales pesados de arsénico (As) y Cd (González Núñez et al. 2024).

Por otro lado, los mapas de sensibilidad del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico han detectado una alta sensibilidad de este tipo de hallazgos (Acuña Suarez 2019; Lanzaletti, 2023). Esto se debe a que la cuenca se caracterizó hasta hace 10.000 años atrás, por estar habitada por comunidades de megafauna, especies mamíferas mayores de 1.000 kg. El estudio sistemático de estas comunidades que realizó Florentino Ameghino desde mediados de siglo XIX sentaron las bases a nivel mundial del conocimiento de las mismas (Acuña Suarez 2021).

Como se mencionó, la zona de ribera es también donde generalmente se localizan los restos fósiles (Figura 2). El contacto permanente de los huesos con los sedimentos y agua que los rodea podría incorporar alguno de los contaminantes encontrados en la cuenca del río Luján durante su proceso diagenético, al igual que sucede con otros elementos que incorpora el hueso durante el proceso de fosilización.

Figura 2: Rescate de restos fósiles en la vera del río Lujan. Autor: Karina V. Chichkoyan



A partir de los antecedentes propuestos, se plantea el siguiente interrogante: considerando que el proceso diagenético facilita la incorporación de metales pesados en la matriz ósea, ¿es posible que los fósiles de megafauna actúen también como sumideros de otros contaminantes de origen antrópico reciente derivados de actividades agrícolas, industriales y domiciliarias (e.g., hidrocarburos, agroquímicos, efluentes)? A futuro, el objetivo será explorar la presencia de estos compuestos de origen antrópico reciente en la estructura fisicoquímica de restos óseos extraídos en la ribera de la cuenca media y superior del río Luján a través de espectroscopia FTIR.

CONCLUSIONES

El Patrimonio Arqueológico y Paleontológico se encuentra protegido por la Ley 25.743, sin embargo, indirectamente, también se encuentra protegido por otros marcos regulatorios (e.g. UNESCO, Constitución Nacional, Ley 25.675, entre otras) que regulan este patrimonio, el agua y el suelo en el que están contenidos. Por ello es susceptible de ser contaminado, como cualquier otro elemento biótico o abiótico que se encuentran en estas matrices. Este patrimonio es evidencia del pasado, pero también es un recurso con valor científico o social actual. Por lo que es necesario seguir implementando nuevas medidas que permitan su protección.

Los restos fósiles en particular, debido a su constitución orgánica, siguen interactuando con las matrices de suelo y agua mucho tiempo después de la muerte de los individuos. En este proceso, la absorción de componentes contaminantes se puede estudiar a partir del uso de FTIR, que ya es una técnica utilizada en restos óseos.

La cuenca del río Luján presenta un importante registro de restos faunísticos de poblaciones de animales que vivieron al menos 10.000 años atrás, además de que tiene antecedentes de contaminación de las matrices de suelo y agua en distintos puntos de la cuenca. Se plantea explorar esta técnica a futuro en restos obtenidos en la ribera de la cuenca Alta y Media. Este trabajo es la presentación de los primeros aspectos de un eje de investigación que se seguirá profundizando.

BIBLIOGRAFÍA

ACUÑA SUAREZ, G. E. (2019). Patrimonio cultural paleontológico. En G. D. Buzai y S. L. Lanzelotti (Eds.), *Atlas de Geografía Humana de la cuenca del Río Luján* (pp. 158-160). Instituto de Investigaciones Geográficas, Universidad Nacional de Luján.

ACUÑA SUAREZ, G. E. (2021). Luján, cuna de la paleontología. *RED Sociales*, 8(5), 6-23.

BERNA, F. (2017). FTIR microscopy. En C. Nicosia y G. Stoops (Eds.), *Encyclopedia of Archaeological Soil and Sediment Micromorphology* (pp. 411-415). John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.

CHIASO, C. M., Y CONTRERAS, S. L. (2024). Ordenación ambiental y actividad industrial en la cuenca del río Luján, Provincia de Buenos Aires, en la actualidad. *Anuario de la División Geografía*, 18, 1-14.

COLMENARES-PRADO, M., CORTIZAS, A. M., VEIGA-RILO, C., Y LÓPEZ-COSTAS, O. (2025). Application of FTIR spectroscopy to infer ante-and post-mortem changes in archaeological human bone. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 330, 125675.

ENDERE, M. L. (2018). Algunas reflexiones sobre la protección del patrimonio arqueológico a quince años de la sanción de la ley 25.743. *Práctica Arqueológica*, 1(3), 1-15.

FEIJOÓ, C.S; GIORGI A., SANCHEZ CARO A.E. (2023). Ecología de la cuenca del río Luján: Calidad del agua del río. En E. Craig (Ed.) *Estudios de la cuenca del Río Luján: distintas miradas desde la Universidad Nacional de Luján* (pp. 225-234). EDUNLU, Universidad Nacional de Luján.

- GARCÍA, M. C., Y VENEZIANO, M. F. (2016). Normativa y gestión del patrimonio paleontológico en municipios costeros de provincia de Buenos Aires, Rca. Argentina. *Contribuciones Científicas*, 28, 119-132.
- LANZELOTTI, S. L. (2019). Delimitación y Extensión (pp. 38-39). En G. D. Buzai y S. L. Lanzeletti (Eds.), *Atlas de Geografía Humana de la cuenca del Río Luján* (pp. 38-39). Instituto de Investigaciones Geográficas, Universidad Nacional de Luján.
- LANZELOTTI, S. L. (2023). Diagnóstico para la gestión sustentable del patrimonio arqueológico y paleontológico de la cuenca superior del río Luján. En E. Craig (Ed.) *Estudios de la cuenca del Río Luján: distintas miradas desde la Universidad Nacional de Luján* (pp. 337-348). EDUNLU, Universidad Nacional de Luján.
- LYMAN, R. L. (1994). *Vertebrate taphonomy*. Cambridge University Press.
- Matteucci, S. D. 2012. Ecorregión Pampa. En J. Morello, S. D. Matteucci, A. F. Rodríguez y M. Silva (Eds.) *Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos* (pp. 391-447). Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires, Argentina.
- MOMO, F., ZALTS, A., HUGHES, E., VENTURA, A., MACCOR, T., CERETTI, H., Y RAMÍREZ, S. (2003). Estado ecológico de la cuenca del río Luján y utilidad de los indicadores biológicos para su control. En G. Alsina (Ed) *Las aguas bajan turbias en la región metropolitana del Gran Buenos Aires* (pp. 341-355). CoEd, Al Margen y Universidad Nacional de General Sarmiento, Buenos Aires, Argentina.
- MONTES-GALBÁN, E. (2019). Distribución espacial de la población. En G. D. Buzai y S. L. Lanzeletti (Eds.), *Atlas de Geografía Humana de la cuenca del Río Luján* (pp. 92-93). Instituto de Investigaciones Geográficas, Universidad Nacional de Luján.
- NÚÑEZ, A. A. G., PALACIO, M. J., TRIPOLI, L. I., PIGHIN, A. F., Y OSSANA, N. A. (2024). Environmental health in the upper-middle Luján River basin from a multi-biomarker approach. *Environmental Pollution*, 359, 124541.
- OSSANA, N. A., CASTAÑÉ, P. M., EISSA, B. L., Y SALIBIÁN, A. (2017). Water pollution monitoring of the Lujan River (Argentina): chemical analyses and hepatic biomarkers in *Lithobates catesbeianus* tadpoles. *International Journal of Environment and Health*, 8(2), 150-163.
- PEARCE, C., LÉONARD, F., MAGDYSYUK, O. V., THICKETT, D., BURCA, G., & ODLYHA, M. (2025). Non-Invasive Preservation Assessment of Archaeological Animal Bones by Complementary Imaging Techniques. *Heritage*, 8(9), 347. <https://doi.org/10.3390/heritage8090347>
- PÉREZ CARRERA, A., FERNÁNDEZ CIRELLI, A., Y CASTILLO PARRA, C. (2013). Elementos traza en matrices ambientales en la cuenca alta del río Luján, provincia de Buenos Aires. En *Actas VII Congreso de Medio Ambiente AUGM* (pp. 1-22). UNLP, La Plata, Argentina
- PRINCIPI, N. (2019a). Cuenca del río Luján: Sectores. En G. D. Buzai y S. L. Lanzeletti (Eds.), *Atlas de Geografía Humana de la cuenca del Río Luján* (pp. 40-41). Instituto de Investigaciones Geográficas, Universidad Nacional de Luján.
- PRINCIPI, N. (2019b). Relieve . En G. D. Buzai y S. L. Lanzeletti (Eds.), *Atlas de Geografía Humana de la cuenca del Río Luján* (pp. 46-47). Instituto de Investigaciones Geográficas, Universidad Nacional de Luján.
- ROTGER, D. V. (2018). Gestión de cuencas en la región Metropolitana de Buenos Aires. Historia y actualidad de un territorio en conflicto ambiental: El caso del Gran La Plata. *Cuaderno Urbano*, 24(24), 7-26.

SCHIAFFINO, G. N. (2024). *Residuos sólidos urbanos - basural a cielo abierto en la localidad de Luján* (Trabajo final integrador). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/4936>

SIDDIQUE, I. (2024). Exploring functional groups and molecular structures: a comprehensive analysis using FTIR spectroscopy. *Chemistry Research Journal*, 9(2), 70-76.

UNESCO. (1972). Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural.

VITALE, P., TASCA, J., BAX, M., FLORES, A., POLITIS, G. G., & VALENZUELA, L. (2019). Análisis mediante FTIR de la conservación del colágeno y la posible contaminación en muestras óseas del Cuaternario pampeano. *Anales de arqueología y etnología*, 74(2), 169-189.

Recibido: 5 de mayo de 2026 / Aprobado: 10 de junio de 2026 / Publicado: 22 de junio de 2026

© 2026 Los autores



Esta obra se encuentra bajo Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0. Internacional. Reconocimiento - Permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas siempre y cuando reconozca y cite al autor original. No Comercial – Esta obra no puede ser utilizada con fines comerciales, a menos que se obtenga el permiso.
