



XXIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

Suelos... Huellas del pasado, desafíos del futuro

San Fernando del Valle de Catamarca,
Prov. de Catamarca, Argentina
21 al 24 de mayo de 2024



INTERPRETACIÓN GEOPEDOCRONOLÓGICA DEL SITIO ARQUEOLÓGICO LAS MARIÁS (PROVINCIA DE BUENOS AIRES), MEDIANTE MÉTODO DE DATACIÓN OCR

Boff, L. D.^{1,2,*}, Paleo, C.^{1,3}, Pérez Meroni, M.^{1,3}

¹ Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata; ² Centro de Estudios Integrales de la Dinámica Exógena (CEIDE); ³ Laboratorio de Análisis Cerámico; * Avenida 1 nro. 644, La Plata (1900), prov. de Buenos Aires, lauraboff@fcnym.unlp.edu.ar

RESUMEN: En el sitio arqueológico Las Marías, emplazado sobre cordones litorales conchiles holocenos en el Partido de Magdalena, provincia de Buenos Aires, se realizó un análisis geopedocronológico con el fin de comprender la evolución pedoarqueológica del mismo. Se realizaron análisis pedomorfológicos, fisicoquímicos y se utilizó el método OCR (Oxidizable Carbon Ratio) para determinar las edades de cada horizonte del perfil de suelo, además se determinaron las diferencias entre las tasas de oxidación del carbono entre horizontes. Las edades estimadas se correlacionaron adecuadamente con las dataciones ¹⁴C determinadas precedentemente para el sitio y las diferencias entre tasas de oxidación mostraron valores negativos en los horizontes donde morfológicamente y analíticamente se habían definido previamente las discontinuidades, corroborando así la existencia de dos superficies de estabilización y la existencia de tres ciclos pedogenéticos. La densidad aparente y contenido de fósforo fueron buenos indicadores pedológicos como herramienta para la identificación de un piso de ocupación humana. Se considera que el análisis conjunto geopedológico, tanto morfológico como fisicoquímico, y pedocronológico, mediante la aplicación del método OCR en comparación con la técnica tradicional de datación ¹⁴C, resultó ser un abordaje adecuado y enriquecedor para comprender los procesos y evolución pedogenética en contexto arqueológico.

PALABRAS CLAVE: Pedoarqueología, Holoceno tardío, datación OCR

INTRODUCCIÓN

Geoforma y suelo se funden para formar el paisaje geopedológico, ambos tienen influencias recíprocas, coevolucionan siendo uno u otro alternativamente dominante según las condiciones y el tipo de paisaje. Los procesos y ambientes geopedológicos se utilizan como factores y marcos espaciales mientras que la datación de los suelos contribuye a reconstruir la evolución del paisaje. En sitios arqueológicos este enfoque teórico metodológico constituye una base sólida para una reconstrucción sinérgica de las condiciones paleoambientales.

En el suelo del sitio arqueológico "Las Marías", ubicado en el talar costero del Partido de Magdalena, provincia de Buenos Aires, el abordaje geopedocronológico adquiere especial significado dado que existen algunas propiedades particulares cuya identificación se dificulta a través de la sola caracterización morfológica de campo. Además permite analizar la relación espacio-tiempo que resulta de gran interés interpretativo ya que principalmente la dimensión temporal constituye un valioso parámetro para explicar la existencia de discontinuidades y la presencia de características heredadas. En este sentido, surge la importancia del riguroso empleo de criterios y técnicas pedocronológicas.

A partir de las investigaciones arqueológicas previas realizadas en el sitio Las Marías (Paleo y Pérez Meroni, 2007; 2023; Paleo *et al.* 2018), han surgido una serie de preguntas cuya resolución resulta de importancia para comprender la evolución pedoarqueológica del mismo. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo es realizar un análisis geopedológico y



pedocronológico de detalle y ponerlo en diálogo con la información geológica y arqueológica preexistente, con el fin de comprender los procesos de formación y evolución pedoarqueológica del sitio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sitio Las Marías se emplaza sobre cordones litorales conchiles holocenos en la unidad geomorfológica denominada "llanura costera Río de la Plata" (Violante 2001). Sobre estos materiales se desarrollan suelos clasificados como Haprendoles y Calcicudoles donde se implanta y nutre el bosque nativo xerófilo con predominio de tala (*Celtis tala*) y coronillo (*Scutia buxifolia*). Se lo ha caracterizado como un campamento residencial de cazadores, recolectores y pescadores, con prácticas hortícolas, donde se realizaban actividades múltiples. Se efectuaron tres dataciones ^{14}C cuyos resultados calibrados ubican al asentamiento en: 933-1047 cal BP; 1145-1291 cal BP y 1374-1513 cal BP. Las dataciones se realizaron sobre muestras de hueso correspondientes a perro doméstico (*Canis familiaris*), corvina negra (*Pogonias courbina*) y guanaco (*Lama guanicoe*) respectivamente.

En campo se realizó la descripción geomorfológica, pedomorfológica y muestreo de suelo convencional y por método del cilindro (Soil Science Division Staff, 2017).

Se desarrollaron en laboratorio análisis físicos: granulometría utilizando el método del hidrómetro y tamizado en seco (Gee y Bauder, 1986); densidad aparente por el método del cilindro y definición de clases texturales (triángulo textural USDA). Los análisis químicos fueron: pH en pasta de suelo saturada; carbono orgánico por combustión húmeda (Método de Walkley-Black, 1934) y combustión seca por método de calcinación o pérdida por ignición (loss on ignition, LOI) (Ball, 1964); fósforo (Bray Kurtz, 1945) y nitrógeno (Bremner, 1996).

Las dataciones preexistentes para el sitio fueron realizadas mediante desintegración del radioisótopo ^{14}C sobre restos óseos animales. En este trabajo se utilizó como método de datación alternativo y complementario la técnica OCR (Oxidizable Carbon Ratio) desarrollada e implementada por Douglas Frink (1995), para fechado químico de las muestras de suelo de cada horizonte del perfil. El procedimiento OCR mide la tasa específica de biodegradación del carbono orgánico, sea como material húmico del suelo o como carbón. Existen muchos procedimientos diferentes de oxidación húmeda y seca, para este y otros estudios es crucial el efecto de la temperatura a la que se está oxidando. La oxidación a alta temperatura oxidará los carbonatos y fosfatos, así como el carbono orgánico y, en ocasiones, también el carbono inorgánico. Se utilizaron originalmente los procedimientos de Ball y Walkley-Black debido a su oxidación a baja temperatura, lo que limita la inclusión de carbonos, carbonatos y fosfatos inorgánicos en los resultados (Frink, comunicación personal, 10 de julio de 2023). Esta información fue de relevancia para la elección de los métodos de cuantificación del carbono, no solo para replicar la técnica OCR sino para no sobreestimar el C ya que todas las muestras analizadas contienen carbonato de calcio.

En el método ^{14}C se mide el decaimiento de los isótopos inestables de carbón, siguiendo un modelo físico clásico de entropía, en cambio, el procedimiento OCR no mide directamente una característica intrínseca del carbono orgánico sino que modela la dinámica, el sistema no lineal del suelo y la reactividad relativa del carbono orgánico dentro del sistema. A diferencia de la datación radiocarbónica, OCR no está afectado por los efectos de la bomba atómica y el efecto reservorio, ni por las fluctuaciones en la fuerza del campo geomagnético. Con el objeto de hacerlas comparables con las fechas ^{14}C , las obtenidas por OCR están dadas en años antes del presente y se calculan desde 1950; sin embargo no necesitan ser calibradas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sitio se ubica a 1 km de la costa del Río de la Plata, en la unidad geomorfológica Llanura costera Río de la Plata sobre un cordón litoral formado por sedimentos bioclásticos carbonáticos, silicoclásticos (arenas) y rodados carbonáticos de origen marino y mixto, litoral eólico. El relieve es normal, convexo con una cota de 2 a 2,5 m s. n. m., permeabilidad moderada a alta y anegabilidad poco frecuente. La clase de drenaje natural es bien drenado. La secuencia de horizontes y su descripción morfológica se presenta en la tabla 1.

Horizontes	Descripción morfológica
A1	0-15 cm; negro (10YR 2/1) en seco y negro (N 1/0) en húmedo; franco arenoso; migajosa, media, moderada con tendencia a granular; blando, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; fuerte reacción al carbonato en la masa; fragmentos de conchilla, rodados de calcáreo abundantes y restos cerámicos; raíces muy abundantes; límite claro y plano.
A2	15-40 cm; negro (10YR 2/2) en seco y negro (N 1/0) en húmedo; franco arenoso, granular, media, débil; blando, friable; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo fragmentos de conchilla en distinto grado de fragmentación y rodados de calcáreo, raíces abundantes; límite claro y ondulado.
2A3	40-70 cm; castaño muy oscuro (10YR 2/2) en seco y negro (10YR 2/1) en húmedo; franco arenoso; bloques subangulares, gruesos, moderados con tendencia a granular, media, débil; ligeramente duro, ligeramente firme, no plástico, no adhesivo; fuerte reacción al carbonato en la masa; fragmentos de conchilla, rodados de calcáreo abundantes y restos cerámicos; raíces muy abundantes; límite claro y suave.
2AC1	70-75 cm; castaño muy oscuro a castaño grisáceo muy oscuro (10YR 2,5/2) en seco y negro (10YR 2/0) en húmedo; areno franco, granular, fina, débil con tendencia a grano suelto; blando, friable; no plástico, no adhesivo; predominio de material silicoclástico y fragmentos de conchilla fragmentados y rodados de calcáreo de 4 a 5 cm de diámetro; raíces escasas; límite neto y suave.
3AC2	75-80 cm; castaño a castaño pálido (10YR 5,5/3) en seco y castaño (10YR 4,5/3) en húmedo; areno franco, bloques subangulares, medios, fuertes con tendencia a granular, fina, débil; ligeramente duro, ligeramente firme; no plástico, no adhesivo; fragmentos de conchilla en distinto grado de fragmentación y rodados de calcáreo; raíces escasas; límite neto y suave.
3Ck	80-90 cm; gris muy oscuro a gris oscuro (10YR 3,5/1) en seco y negro (10YR 2/1) en húmedo; areno franco, bloques subangulares, gruesos, moderada; duro, firme; no plástico, no adhesivo; fragmentos de conchilla en distinto grado de fragmentación y rodados de calcáreo, carbonato pulverulento en superficies de conchilla y rodados; raíces escasas; límite neto y suave.
3C	90-110 cm +; castaño pálido (10YR 6/3) en seco y castaño (10YR 4/3) en húmedo; arenoso, grano suelto; blando, friable; no plástico, ligeramente adhesivo; fragmentos de conchilla en distinto grado de fragmentación y rodados de calcáreo; raíces no presentes.

Tabla 1 Descripción morfológica del suelo.

Los procesos pedogenéticos más intensos identificados en el desarrollo de este perfil son la melanización, la humificación, la bioturbación y carbonatación. El suelo se encuentra condicionado por el material original donde se desarrolla, la naturaleza carbonática biogénica del mismo sumado al relieve normal, clima templado húmedo con precipitaciones del orden de los 1000 mm anuales, régimen de humedad údico y una intensa actividad biológica en un ambiente boscoso. Estos factores se reflejan morfológicamente en el gran desarrollo de horizontes muy oscuros que alcanzan una profundidad de 75 cm, este proceso tan intenso enmascara otras propiedades, principalmente las discontinuidades, que quedaron evidenciadas después de un detallado análisis integral de los resultados.

Se identificaron dos discontinuidades en el perfil, a los 75 y a los 40 cm de profundidad, que separan tres ciclos pedogenéticos. Por debajo de los 75 cm se puede distinguir un material detrítico marino moderadamente melanizado en la parte superior, predominantemente biogénico, con alto grado de fragmentación y rodados calcáreos de textura arenosa a areno franca, con un alto porcentaje de fragmentos gruesos entre el 40 y el 50 % con respecto a la tierra fina en su mayoría dentro de la fracción de 2000 a 4000 micrones.

En el material suprayacente existe predominio de material silicoclástico sobre el biogénico y aunque la fracción dominante en la tierra fina sigue siendo la arenosa, se observa un marcado cambio en la participación de fragmentos gruesos que disminuyen a porcentajes de aproximadamente 11 % en el segundo ciclo pedogenético y entre 13 y 14 % en el ciclo pedogenético reciente. Además es importante destacar que hacia la superficie aumenta el porcentaje de fragmentos gruesos en las fracciones mayores a 8000 micrones donde predominan los detritos calcáreos redondeados y valvas de moluscos enteras evidenciando un cambio en el material original y en la energía de transporte del agente. Estas propiedades tanto granulométricas como composicionales, sumado a investigaciones genéticas previas (Imbellone *et al*, 2014) revelan el origen mixto litoral-eólico del material original de los ciclos pedogenéticos recientes.

A los 40 cm de profundidad se encuentra la segunda discontinuidad marcada por un cambio textural y estructural. Entre los 40 y los 70 cm se identifica el horizonte 2A3, en el que se concentra la mayor cantidad de fragmentos cerámicos, restos óseos, material lítico, evidencias de estructuras de combustión, mientras que todos los horizontes subyacentes son arqueológicamente estériles. Se encuentra muy bien estructurado en bloques subangulares, presenta mayor participación de la fracción limo y disminución de la fracción arena en comparación con los horizontes infra y suprayacentes. Este cambio también se refleja en los valores de densidad aparente que son más elevados con respecto a los horizontes mencionados a pesar de ser estos más arenosos, indicando una compactación del mismo. La baja densidad en los horizontes A1 y A2 se ve favorecida por los altos contenidos de materia orgánica.

Los porcentajes de carbono orgánico y materia orgánica son elevados, pero razonables para el contexto ambiental y fisicoquímico de este tipo de suelos. Se determinaron tenores de 7,64% de materia orgánica en el horizonte superficial disminuyendo gradualmente en profundidad hasta alcanzar valores menores a 1% en el 3Ck y 3C. No se observa distribución irregular en función de las discontinuidades, sin embargo al comparar los valores de C y N y relacionarlos se puede observar un incremento en los primeros horizontes de cada ciclo pedogenético que acompaña a las discontinuidades. Es importante destacar el incremento del contenido de P en el horizonte 2A3, acompañando el cambio en las otras propiedades mencionadas y teniendo en cuenta que la distribución del P en el perfil de un suelo homogéneo debería seguir una tendencia decreciente con la profundidad. Este incremento podría atribuirse al aporte externo como residuos de cosechas, acumulación de residuos orgánicos como huesos, espinas de pescado, abonos, fertilizantes, deyecciones humanas o ganado, residuos de alimentos que se depositaron en el suelo a lo largo del tiempo.

Las dataciones OCR se realizaron en todos los horizontes, excepto en los horizontes 3Ck y 3C donde el contenido de carbono no alcanzó los valores mínimos requeridos por el método, también se determinaron las diferencias entre las tasas de oxidación del carbono entre horizontes. Las edades estimadas para cada profundidad se correlacionaron adecuadamente con las dataciones ¹⁴C determinadas precedentemente para el sitio y las diferencias entre tasas de oxidación mostraron valores negativos en los horizontes donde morfológica y analíticamente se habían definido previamente las discontinuidades, corroborando así la existencia de dos superficies de estabilización y de tres ciclos pedogenéticos (Fig. 1)

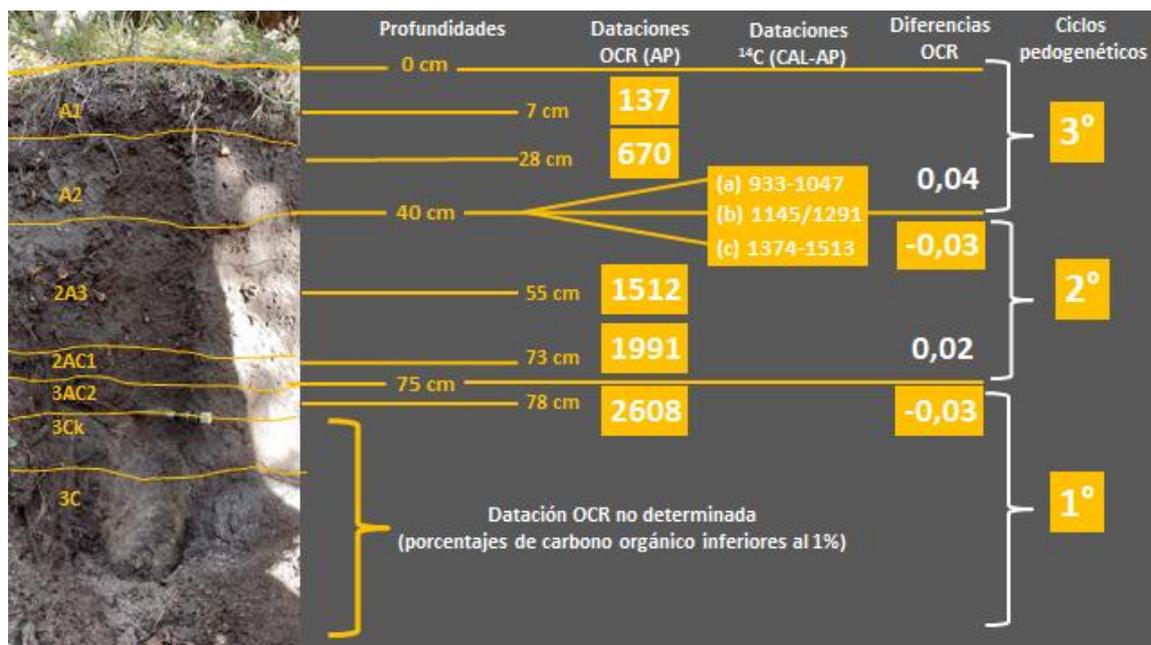


Figura 1 Secuencia de horizontes e interpretación pedocronológica. Fechados ^{14}C sobre muestras de hueso de: (a) perro doméstico (*Canis familiaris*), (b) corvina negra (*Pogonias courbina*) y (c) guanaco (*Lama guanicoe*)

Las edades OCR fueron coherentes en relación a los fechados ^{14}C realizados en materiales originales bioclásticos de la misma unidad estratigráfica en otras localidades de la cuenca del río Saladocomo Cerro de la Gloria con edades entre 4.220 ± 110 años AP a 4.800 ± 90 años AP y en Rincón de López entre 4.920 ± 220 años y 7.030 ± 320 años AP (Imbellone, 2014). Concuerdan con numerosos trabajos antecedentes que muestran una buena correlación de las edades OCR con los valores obtenidos por ^{14}C (Frink, 1994), (Favier Dubois, 1998), (Carrasco Letelier *et al.*, 2005) entre otros y además muestran que la técnica es adecuada para las características del suelo en estudio como texturas gruesas (arenosas, areno francas y franco arenosas) y buen drenaje, ya que el cálculo de edades de tiempo aparente de residencia media de la materia orgánica por OCR presenta limitaciones en suelos pobremente drenados (anaeróbicos), debido a que la ecuación corresponde a un sistema dependiente de oxígeno (Frink, 1995).

CONCLUSIONES

Las interpretaciones pedomorfológicas, fisicoquímicas y cronológicas por el método OCR mostraron coherencia con los fechados radiocarbónicos existentes para el sitio Las Marías.

Las discontinuidades definidas morfológicamente se correlacionaron con cambios en la tasa de oxidación del carbono orgánico, encontrándose diferencias negativas en la relación Carbono total/Carbono fácilmente oxidable en cada discontinuidad, corroborando la existencia de dos superficies de estabilización y la existencia de tres ciclos pedogenéticos.

Se encontró correlación entre los cambios en la tasa de degradación del carbono con la relación carbono-nitrógeno y las discontinuidades en el perfil del suelo.

La densidad aparente y contenido de fósforo fueron buenos indicadores pedológicos como herramienta para la identificación de un piso de ocupación humana ya que solo se evidenciaron valores más elevados en el horizonte 2A3 donde se encuentra la mayor concentración de artefactos arqueológicos.

Las condiciones de alcalinidad, debidas al material original, con altos contenidos de carbonato de calcio, aireación y actividad biológica intensa favorece la humificación. En estas condiciones la arcilla es estable debido a que los cationes de calcio actúan como ligantes formando complejos arcillohúmicos que permanecen floculados sin traslocarse en profundidad, evitando que las edades OCR arrojen valores rejuvenecidos que no reflejen la evolución real del proceso de transformación del carbono orgánico.

Se considera que el análisis conjunto geopedológico, tanto morfológico como fisicoquímico, y pedocronológico mediante la aplicación del método OCR en comparación con la técnica tradicional de datación ^{14}C resultó ser un abordaje adecuado y enriquecedor para comprender los procesos y evolución pedogenética en contexto arqueológico.

BIBLIOGRAFIA

Ball, D. F. (1964). Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non-calcareous soils. *J. Soil Sci.* 15: 84-92.

Bremner, J.M. (1996). Nitrogen Total. In D.L. Sparks *et al.*, Eds. *Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods*. Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, WI. 1149-1176.

Carrasco Letelier, L., Castiñeira Latorre, C., Capdepon, I., Del Puerto, L. (2005). Evaluación de método de OCR (relación de carbono oxidable) en cerritos indígenas uruguayos. XI Congreso Nacional de Arqueología Uruguaya. Salto, Uruguay.

Favier Dubois, Cristian M. (1998). Dinámica sedimentaria y cambios ambientales en relación al registro arqueológico y tafonómico del Cerro Cabeza de León, Bahía San Sebastián (Tierra del Fuego, Argentina). *Anales del Instituto de la Patagonia (Ser. Cs. Hum.)* 26: 137-152, Magallanes, Chile.

- Frink, D. (1994). The Oxidizable Carbon Ratio (OCR): a proposed solution to some of the problems encountered with radiocarbon data. *North American Archaeologist*, 15 (1): 17-29.
- Frink, D. (1995). Application of the Oxidizable Carbon Ratio Dating Procedure and its implications for pedogenic research. *Pedological Perspectives in Archeological Research*. SSSA Special Publication 44.
- Bray RH, Kurtz LT. (1945). Determination of total, organic and available forms of phosphate in soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Gee, G. W. and Bauder, J. W. (1986). "Particle-size Analysis" In: Klute, A.(Ed) *Methods of Soil Analysis, Physical and Mineralogical Method, Part1*, 1188 pg. Soil Sci. Soc. of Amer. Inc.
- Imbellone, P. A.; Giménez, J. E.; Mormeneo, M. L. (2014). Suelos calcáreos del litoral noreste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Suelos con acumulaciones calcáreas y yesíferas de Argentina*, 57–93.
- Paleo M .C. y Pérez Meronil M. M. (2007). Primeros resultados del Sitio "Las Marías" partido de Magdalena, provincia de Buenos Aires. *Arqueología Argentina en los Inicios de un Nuevo Siglo Pp: 275-283*. En Oliva, F.; De Grandis, N. y J. Rodríguez (Comp.) Universidad Nacional de Rosario. Laborde editor, Rosario.
- Paleo M .C. y Pérez Meronil M. M. (2023). Entre talares y el río. *Mirada actualizada de la arqueología del Parque Costero del Sur*. Parque Costero del Sur. Nuevos temas sobre naturaleza, conservación y patrimonio cultural. Eds J. Athor y D. Albareda. Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Buenos Aires. Pp: 482-501.
- Paleo, M.C.; Pérez Meroni, M. M.; Menestrina, F. y L. Romero. (2018). Indagando sobre prácticas alimentarias en la costa del Río de la Plata a través del estudio de residuos orgánicos en tiestos cerámicos. *Comechingonia* 22 (2): 135-165. Córdoba.
- Soil Science Division Staff. (2017). *Soil survey manual*. C. Ditzler, K. Scheffe, and H.C. Monger (eds.). USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Violante, R. A.; Parker, G. y Cavallotto, J. L. (2001). Evolución de las llanuras costeras del este bonaerense entre la bahía Samborombón y la laguna Mar Chiquita durante el Holoceno. *Rev. de la Asociación Geológica Argentina*. 56 (1):51-66.
- Walkley, A & I. A Black. (1934). An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.