

# EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA Y PROCESOS DE TIRSIFICACIÓN: EL CASO DE LA ZONA DE CAMBRONEROS (CASTRO DEL RÍO, CÓRDOBA)

José Manuel Recio Espejo

Académico Correspondiente

Pedro del Pino Guerrero

Francisco Javier Algar Leiva

Universidad de Córdoba

---

## RESUMEN

---

### PALABRAS CLAVE

Geomorfología.  
Suelos.  
Tirsificación.  
Castro del Río.  
España.

La zona de Cambroneros (Castro del Río, Córdoba) muestra la presencia de arcillas tirsificadas en dos posiciones geomorfológicas distintas, consecuencia de la evolución experimentada por el relieve invertido. En ambas posiciones estos suelos presentan idénticos cromas y contenidos en arcillas, pero difieren en el espesor, la desalinización y descarbonatación que muestran, así como en la presencia de hierro libre y grado de alteración que parece afectarles. Las cronologías revelan la rapidez e intensidad con que se ha llevado a cabo a confección del relieve y los procesos alterológicos.

---

## ABSTRACT

---

### KEYWORDS

Geomorfology.  
Soils.  
Tirsification.  
Castro del Río.  
Spain.

The Cambroneros area (Castro del Río, Córdoba) shows the presence of tirsificated clays in two different geomorphological positions, consequence of the evolution experienced by the inverted relief caused by the erosive action of the Salado stream. In both positions these soils have identical color and clay contents, but they differ in the thickness, the desalination and decarbonation they show, as well as the presence of free iron and the degree of weathering that seems to affect them. The chronologies reveal the speed and intensity with the creation of the relief and the alterological processes have been carried out.

---

## I. INTRODUCCIÓN

Derivado de una prospección de campo realizada en las inmediaciones de la zona de Cambroneros (Castro del Río, Córdoba, España), se detectó la presencia de suelos de tonalidades muy oscuras y ennegrecidas que ocupa-

ban posiciones depresionarias del relieve. Pero por otro lado se identificaron estos mismos suelos ocupando también posiciones de ladera y zonas altas del relieve, en una posición colgada con respecto al nivel de base actual que marca el cauce del arroyo Salado, tributario del río Guadajoz.

Partiendo de las investigaciones realizadas recientemente (Recio et al. 2017, 2019 y 2021), el presente trabajo pretende poner de manifiesto la naturaleza tirsificada o tan solo ennegrecida de estos suelos, establecer la cronología del proceso alterológico que los afecta así como explicar la evolución reciente experimentada por el relieve que explique las posiciones actuales que estos ocupan, y hacer resaltar las posibles diferencias físico-químicas existentes entre ellos en función de la posición geomorfológica que ocupan (espesor, color, mineralógicas, etc.)

Ello ha conllevado a la realización de una cartografía litológica más de detalle que la proporcionada por I.T.G.E. (1991), la caracterización físico-química de estos materiales parentales y el análisis del comportamiento de la red como factores intervinientes en la dinámica geo-edafológica de la zona.

Con todo ello se intenta aportar nuevos datos y consideraciones ecológicas sobre el proceso de la tirsificación y la formación de los conocidos «bujes» o Tierras Negras Andaluzas tan características del paisaje y del ambiente mediterráneo que nos rodea (Recio et al., 2017, 2019).

## II. MATERIAL Y MÉTODOS DE LABORATORIO

---

Se ha dispuesto de la cartografía geológica de la zona a escala 1:50.000 realizada por I.T.G.E. (1991), y muestreado las litologías aflorantes para su posterior análisis en el laboratorio. Se ha hecho uso de las fotografías aéreas de 1956/57 (ortofotografías BN 1 m, vuelo americano) y 1977-83 (ortofotografías BN 0.5 m, Junta de Andalucía), imágenes Google actualizada de 2018 para el análisis de cotas y topografías, y otras correspondientes a los años lluviosos de 2011 y 2013 para evaluar el comportamiento de la red.

Finalmente se procedió a la apertura de dos calicatas de suelos en las situaciones de mayor interés, área depresionaria y zona de ladera/vertiente respectivamente, donde se describieron y muestrearon los perfiles I y VI situados a coordenadas de  $37^{\circ}45'10.13''/4^{\circ}29'34.11''$  y cota de 209-210 m. para el perfil I, y de  $37^{\circ}45'27.15''/4^{\circ}29'2.83''$  para el perfil VI a cota de 204-205 m. Para su descripción y clasificación se siguieron los criterios de FAO (1977 y 2015).

En el laboratorio se procedió a la determinación de los parámetros siguientes: C: carbono orgánico (Sims y Haby, 1971), Hh: humedad higroscópica (M.A.P.A. 1986), color seco/húmedo (Munsell 1990), color por espectrofotometría reflectancia difusa (Torrent y Barrón, 2008), susceptibilidad magnética con Bartington MS2 (Dearing 1999), distribución de partículas y textura mediante pipeta de Robinson (Soil Survey England and Wales 1982), mineralogía de la fracción arcilla con Siemens D5000 difractómetro (Brindley and Brown, 1980), y análisis semicuantitativo por Montealegre (1976); fósforo (Olsen et al., 1954), nitrógeno total (Duchaufour, 1975), hierro y manganeso ditionito (Mehra y Jackson, 1960; Pinta, 1971), salinidad/conductividad eléctrica (USDA, 1973), y carbonatos (Duchaufour, 1975). Las dataciones por radiocarbono  $C^{14}$  fueron efectuadas en el Centro Nacional de Aceleradores (CNA) de Sevilla (España).

### III. RESULTADOS Y COMENTARIOS

#### A) LITOLOGÍAS/MATERIALES AFLORANTES

Las margas (Mg) de tonalidades verdes y amarillentas/crema de edad mioceno inferior señaladas por I.T.G.E. (1971) ocupan la mayor parte de la zona estudiada (Figura 1). Su caracterización físico-química ha revelado unos contenidos del 6% en carbonatos totales, presencia de sales con conductividad eléctrica C.E. de 4.32 mhs/cm/, un 14,30% de partículas arenas y un 85,70% de finos (limos + arcillas), tratándose más de arcillas propiamente dichas que de material margoso.

El otro material litológico aflorante en la zona para I.T.G.E. (1971) son las areniscas calcáreas (Ar) de carácter turbidítico e intercaladas en las margas anteriores (Figuras 1 y 2). Estas ocupan los más altos relieves de la zona por encima de los 220 m de cota, y analizadas en el laboratorio resultan ser litologías calizo-arenosas con un 90% de carbonatos ( $CO_3^{=}$ ), no salinas, un 21,78 % de arenas y 78,22 % de partículas finas (limos y arcillas).

Las albarizas (Al) del mioceno superior, no cartografiadas por I.T.G.E. (1971) (Figura 2) están también presentes en la zona ocupando cerros por encima de los 228 m de altitud con contenidos del 61% de carbonatos ( $CO_3^{=}$ ), desprovistas de sales (C.E. de 0.36 mhs/cm), y un 14,50% de partículas arenas.

De igual forma están presentes un depósito de arcillas coluviales (Ac) ennegrecidas/tirsificadas de potencia mayor a 250 cm acumuladas en una depresión central mal drenada existente por debajo de los 200 m de altitud (FAO, 1977; Figura 2). Estas en profundidad alcanzan unos niveles del 6% en carbonatos y una presencia de sales con valores de 10.3 mhs/cm de

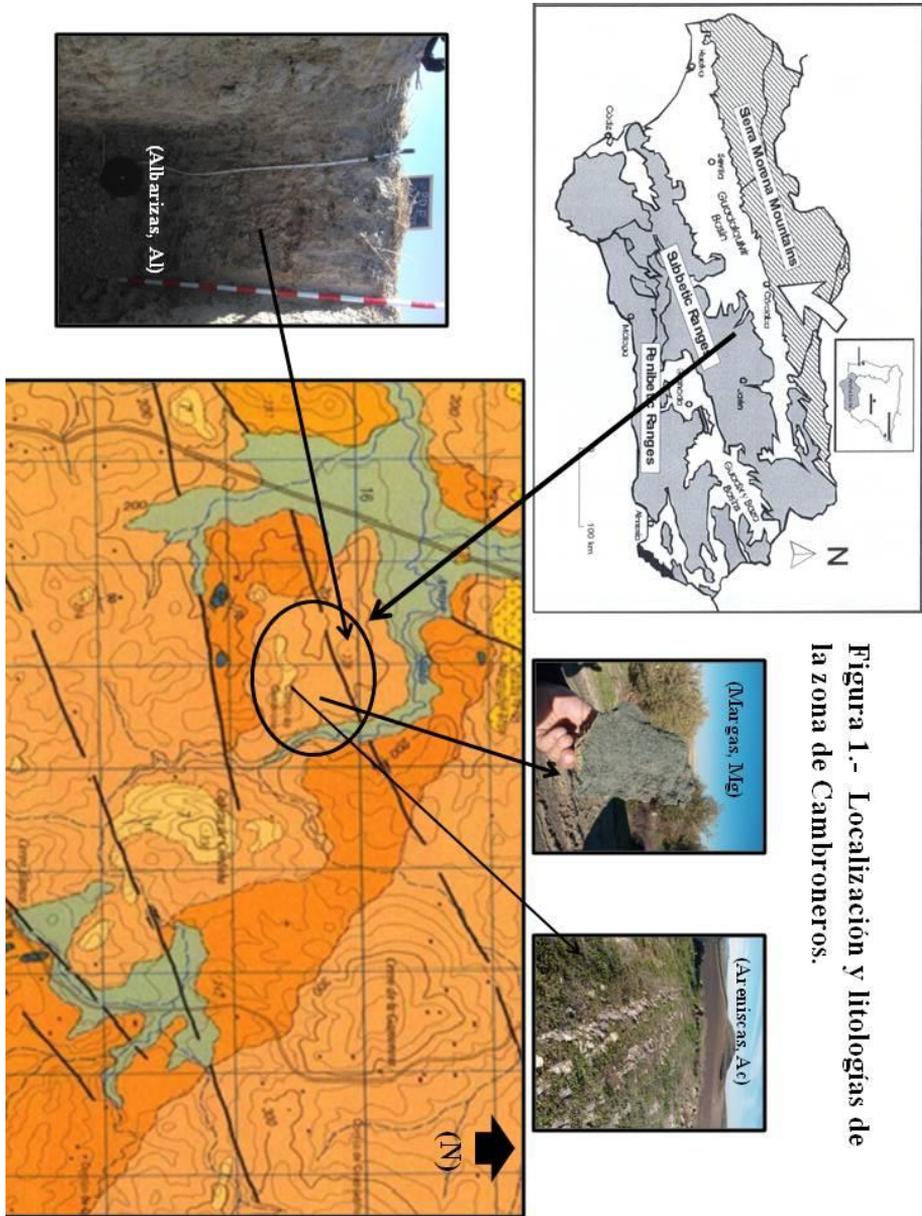
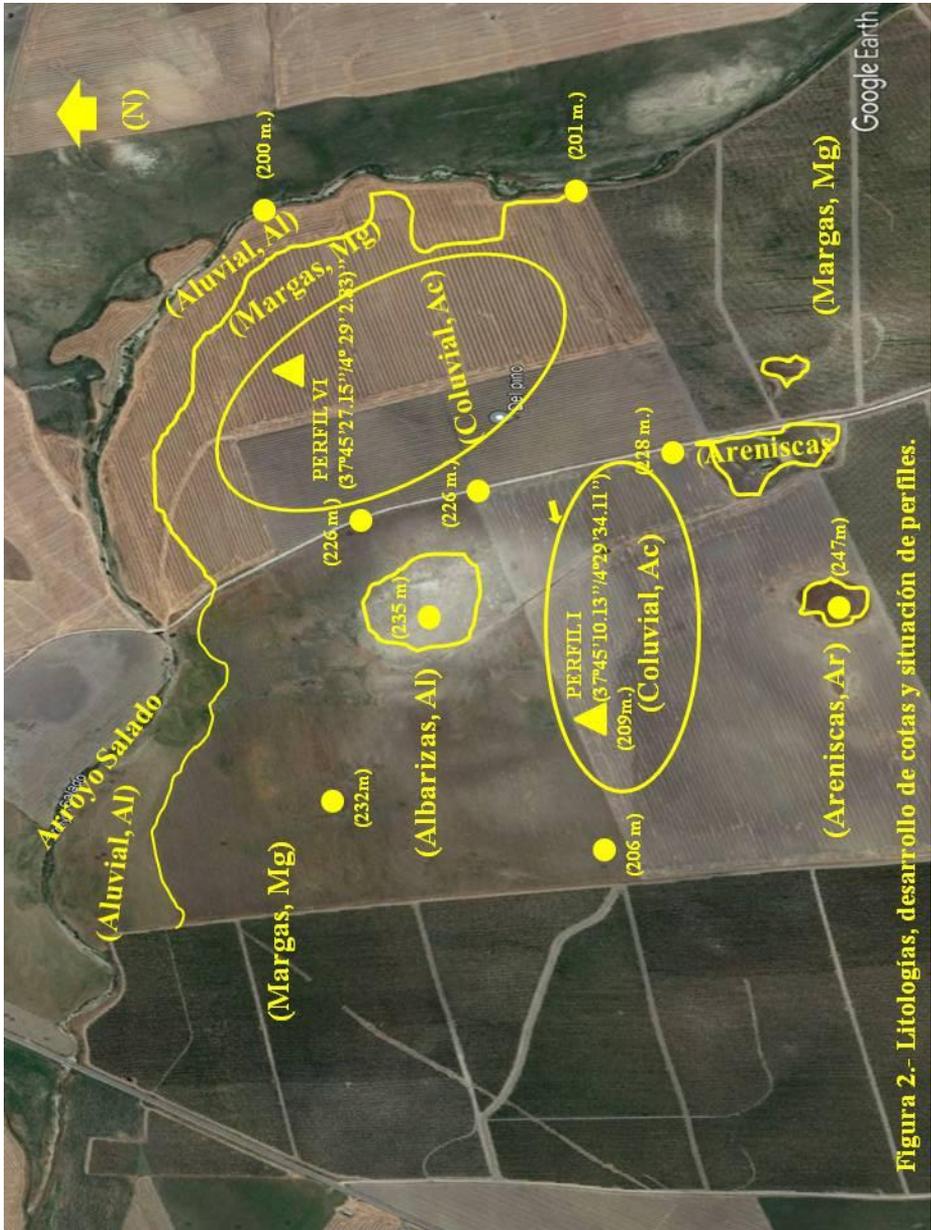


Figura 1.- Localización y litologías de la zona de Cambrones.





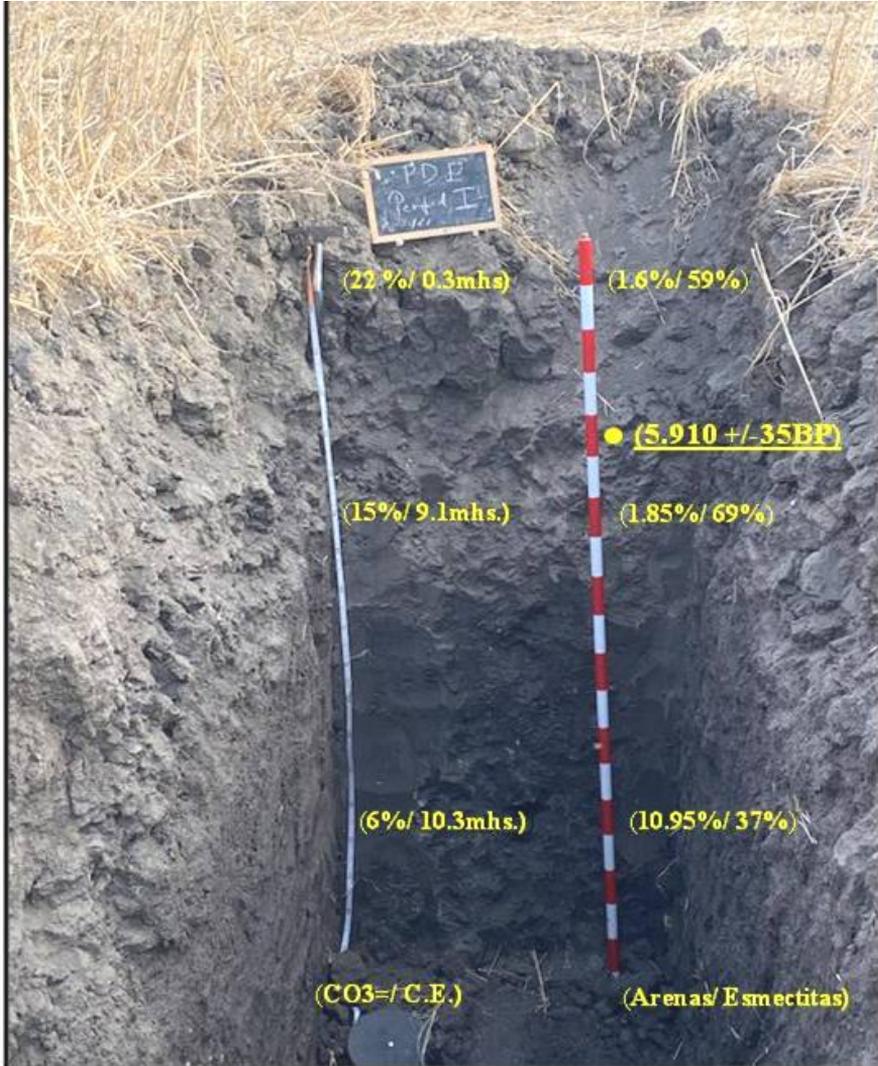
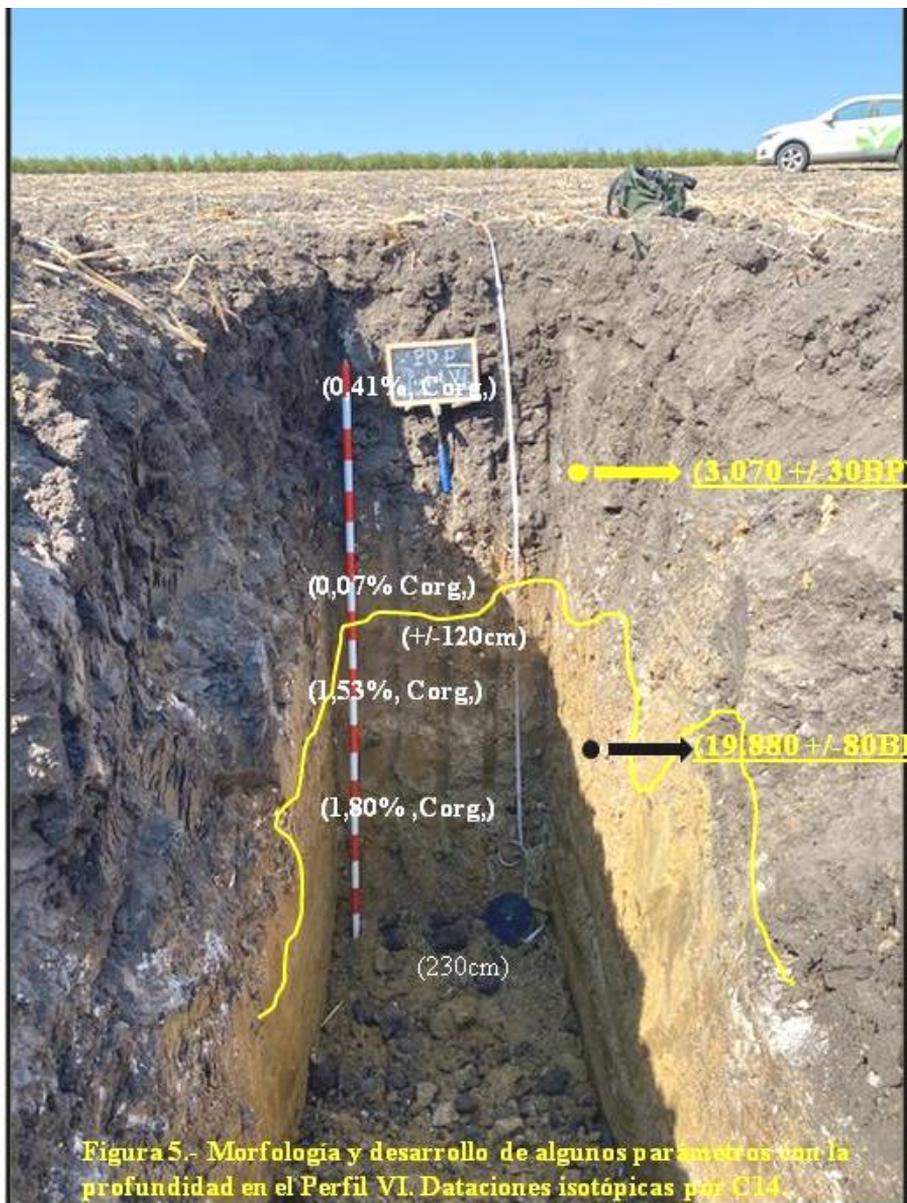


Figura 4.- Morfología y desarrollo de algunos parámetros con la profundidad en el Perfil I. Datación isotópica por C14.



conductividad eléctrica. Las arenas disminuyen en profundidad hasta un 10,95%, siendo los niveles de arcillas de un 75-80%. El Perfil I desarrollado sobre este depósito sería representativo de esta situación depresionaria (Vertisol crómico, FAO, 2015; Figura 4).

Por otro lado y en las zonas de la vertiente occidental hacia el cauce del río Salado, se detecta la presencia de este mismo depósito de arcillas coluviales, pero mostrando un espesor menor de 100 cm y apoyado sobre margas amarillentas que aparecen a unos 250 m de profundidad (FAO, 1977; Figura 2). Estas arcillas (72,5-75%) también enegrecidas/tirsificadas ocupan una posición colgada en el relieve, están desprovistas de partículas arenas, descarbonatas y desalinizadas, y con características físico-químicas, mineralógicas y cronológicas algo diferentes a las desarrolladas en la depresión antes comentada. El Perfil VI vendría a representar esta situación geodafológica (Vertisol crómico sobre Paleoluvisol, FAO, 2015; Figura 5).

## B) EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA

La Figura 1 representa la situación esquemática de la zona estudiada, así como la morfología de algunos materiales aflorantes. La Figura 3 representa el desarrollo de cotas y valores de pendientes relacionados con estas diferentes litologías y la acción erosiva del arroyo Salado. Las cotas más altas se corresponden con los afloramientos de albarizas (235 m) y areniscas calcáreas (247 m), existiendo una línea culminante en dirección NNE-SSE a cotas de 226-228 m que sirve de interfluvio para la circulación de las aguas de la escorrentía superficial.

En dirección Este éstas han modelado una vertiente con pendientes del 3,8-4,9% y un desnivel de unos 20-25 m hacia el curso del Salado, labrada sobre las arcillas coluviales antes comentadas y las margas amarillentas miocenas infrayacentes, acompañados por los depósitos aluviales cercanos a su cauce (Figuras 2 y 3). Hacia el Oeste las escorrentías se dirigen en dirección a una actual depresión mal drenada a cotas de 206 m e incluso inferiores a 200 m, procedentes de las albarizas al Norte y las areniscas calcáreas al Sur, con desagüe artificial y desniveles similares a la situación anterior.

La Figura 2 sintetiza la presencia de estas arcillas coluviales, tanto en la depresión actual representada por el perfil I, como la existente en posición de ladera (Perfil VI). Esta última posición colgada a unos 20 m podría ser explicada por la intensa acción remontante desatada por el arroyo Salado (Núñez y Recio, 2003), que habría producido la inversión del relieve, la captura de los cursos menores y la fragmentación de una mayor depresión existente. Los niveles de aterramiento de +20 m que se detectan a lo

largo del curso del río Guadajoz (I.T.G.E., 1991), así como los señalados en las proximidades de la cueva del Yeso de Baena vendrían a apoyar esta interpretación.

### C) CARACTERÍSTICAS DEL COLOR

Estos perfiles I y VI muestra cromas de tonalidades grises oscuras tanto en seco como en húmedo (Tabla I). El tratamiento con peróxido de hidrógeno no hace cambiar sustancialmente el color de estos horizontes, tornándose a tonalidades grises, indicando que al igual que en otros casos anteriormente estudiados de que se trata de suelos tirsificados con un color más de origen mineralógico que debido a la presencia y evolución de la materia orgánica (Tabla II) (Recio et al., 2021).

Los colores obtenidos por espectrofotometría de reflectancia difusa (Torrent y Vidal, 2008) de algunos de los horizontes reflejan similitud entre ellos (Tabla II) pero con ligeras variaciones en sus valores medios en los 120 cm. superiores. Para el perfil VI estos serían de 9,63YR 6,22/2,07, y de 9,82YR 5,61/2,13 para el perfil I (Tabla II), algo más rojizas y ligeramente más oscuros que los del perfil I. Si los comparamos con los resultados medios previamente obtenidos en suelos similares (un 9,32YR 6,56/2,73, Recio et al., 2019), estarían muy cercanos a los obtenidos para el proceso de la tirsificación, y lejos de los que caracterizan a la vertisolización propiamente dicha (valores medios de 10,12YR 6,98/2,69).

### D) FÍSICO-QUÍMICA DEL PROCESO EDAFOGENÉTICO

Estas arcillas coluviales tirsificadas presentan unas características morfológicas y físico-químicas muy diferentes al resto de las litologías aflorantes, y éstas a su vez entre sí en función de la posición geomorfológica que actualmente ocupan (Tabla III); Figuras 4 y 5).

El perfil I sobre la zona depresionaria se muestra carbonatado y salino en los horizontes profundos (Tabla III). El contenido en arenas es bajo a pesar de la presencia de estas fracciones en las litologías circundantes, siendo el de arcillas muy elevado en torno al 75% (Tabla III). La datación efectuada a una profundidad de unos 60 cm ha aportado una cronologías de 5.910 +/-35 y BP (Figura 4). En el perfil VI y de igual forma, el contenido en arenas es casi inexistente y el de arcillas muy similares (75%), pero a diferencia del primero aparece descarbonatado y desalinizado. A unos 40 cm de profundidad, la datación efectuada ha revelado una edad de 3.070 +/-30 y BP (Figura 5).

Muestra	Prof. (cm)	Color		Arenas (%)	Limos (%)	Arcillas (%)	Esmectitas (Es) (%)	Ilitas (I) (%)	Caolinitas (K) (%)
		(s)	(h)						
<b>Perfil I</b>	30-50	5Y 5/1	5Y 4/1	1,6	23,4	75	59	31	10
	60-90	5Y 5/1	5Y 4/1	2,05	22,95	75	n.d.	n.d.	n.d.
	90-100	2,5Y 4/0	5Y 3/1	1,85	18,15	80	69	21	10
	140-160	2,5Y 5/0	5Y 3/1	7,7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	180-200	2,5Y 4/0	5Y 4/1	10,95	n.d.	n.d.	37	46	17
<b>Perfil VI</b>	40-60	2,5Y 4/0	5Y 3/1	5,05	22,45	72,5	83	8	9
	60-70	2,5Y 4/0	5Y 3/1	6	19	75	n.d.	n.d.	n.d.
	70-80	5Y 4/1	5Y 4/1	6,4	18,6	75	87	5	8
	90-100	5Y 4/1	5Y 4/1	6,9	18,1	75	n.d.	n.d.	n.d.
	100-120	5Y 4/1	5Y 4/1	6,05	21,45	72,5	79	8	13
120-150	2,5Y 6/3	5Y 6/4	11,85	15,65	72,5	n.d.	n.d.	n.d.	
150-190	2,5Y 6/4	5Y 6/6	9,85	17,65	72,5	76	20	4	
190-230	2,5Y 7/3	5Y 7/4	14,3	n.d.	n.d.	73	21	6	
<b>Marga.</b>	>230	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

**Tabla I: Color Munsell, fracciones granulométricas y mineralogía de arcillas. (n.d.; no determinado).**

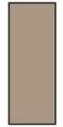
Muestra	Prof. (cm)	Color (s)	Color (h)	Color reflectancia (s)	Color (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) (s)	Color (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) (h)	Color reflectancia (s)	R (s)	G (s)	B (s)
<b>Perfil I</b>	30-50	5Y 5/1 (gris)	5Y 4/1 (gris oscuro)	9,79YR 5,51/2,11 n.d.	2,5Y 5/0 (gris)	2,5Y 5/1 (gris)		148	132	112
	90-100	2,5Y 4/0 (gris oscuro)	5Y 3/1 (gris muy oscuro)	9,79YR 5,51/2,11 n.d.	2,5Y 6/0 (gris)	2,5Y 5/1 (gris)		148	132	112
	180-200	2,5Y 4/0 (gris oscuro)	5Y 4/1 (gris oscuro)	9,88YR 5,81/2,19 n.d.	2,5Y 5/0 (gris)	2,5Y 5/1 (gris)		157	140	118
<b>Perfil VI</b>	40-60	2,5Y 4/0 (gris oscuro)	5Y 3/1 (gris muy oscuro)	9,87YR 6,29/2,16 n.d.	5Y 4/1 (gris oscuro)	5Y 5/2 (gris oliva)		169	152	131
	70-80	5Y 4/1 (gris oscuro)	5Y 4/1 (gris oscuro)	9,51YR 5,97/1,96 n.d.	5Y 5/1 (gris)	5Y 5/2 (gris oliva)		160	144	125
	100-120	5Y 4/1 (gris oscuro)	5Y 4/1 (gris oscuro)	9,51YR 6,41/2,10 n.d.	5Y 5/1 (gris)	5Y 5/2 (gris oliva)		172	155	134

Tabla II: Color Munsell, natural y por tratamiento oxidativo. Color por reflectancia difusa y valores en la escala R-G-B. (n.d.: no determinado)

Muestra	Prof. (cm)	C.E. (mhs/cm)	H. higr. (%)	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (%)	C.org. (%)	N (t). (%)	P (as) (mg/100g)	S.M. (10 <sup>-3</sup> ) (% kg/m <sup>3</sup> )	Fe dit. (mg/100g)	Mn dit. (mg/100g)	Fe/Mn (mg/100g)
<b>Perfil I</b>	30-50	0,31	10,1	22	0,18	0,03	2,08	100	57	37	1,54
	60-90	3,62	10,1	21	n.d.	n.d.	n.d.	100	n.d.	n.d.	n.d.
	90-100	9,19	11,7	15	n.d.	n.d.	n.d.	95	47	23	2,04
	140-160	10,05	13,2	8	n.d.	n.d.	n.d.	90	n.d.	n.d.	n.d.
	180-200	10,3	13,9	6	n.d.	n.d.	n.d.	80	20	21	0,95
<b>Perfil VI</b>	40-60	0,41	13,24	5	0,41	0,05	1,44	155	277	30	9,23
	60-70	0,42	12,94	5	0,46	0,05	0,8	160	152	25	6,08
	70-80	0,68	12,5	8	0,38	0,04	1,04	160	152	25	6,08
	90-100	0,82	12,62	8	0,4	0,04	1,6	160	80	21	3,8
	100-120	0,8	12,46	9	0,47	0,03	1,28	170	244	22	11,09
<b>Marga.</b>	120-150	1,74	10,13	14	0,07	0,02	0,95	130	97	23	4,21
	150-190	2,74	10,61	12	1,53	0,14	1,28	115	253	27	9,37
	190-230	6,41	10,72	14	1,8	0,16	1,6	65	106	11	9,63
	>230	4,32	n.d.	6	0,04	0,01	1,7	31	36	9	4

Tabla III: Caracterización físico-química general. (n.d.: no determinado).

Por otro lado el contenido en carbono (Corg. %) es bajo en los horizontes de ambos perfiles, al igual que los de nitrógeno (N) y fósforo asimilable (P) (Tabla III). Sin embargo en el perfil VI y a la profundidad de 150-190 cm se detecta un aumento de estos contenidos de carbono orgánico hasta valores de 1,53- 1,83% en el horizonte más profundo (Tabla III; Figura 5) acompañado de los de nitrógeno con valores de 0,14-0,16%. Ello hace pensar en la existencia de un paleosuelo desarrollado sobre las margas amarillentas infrayacentes, previo al depósito de estas arcillas coluviales, y cuya datación ha proporcionado una cronología de 19.880 +/-80 y BP (Figura 5).

Los contenidos en hierro y manganeso ditionito (Tabla III) sirven también para diferenciar ambos perfiles tirsificados. El perfil VI muestra unos niveles de Fedit. más elevados que el perfil I (zona depresionaria actual), siendo los de manganeso (Mndit) muy similares; la relación Fe/Mn es muy superior en el segundo (6,54 para perfil VI) que en el primero (1,73 perfil I). De igual forma al comparar estos valores con otros suelos estudiados, estos se muestran cercanos a los valores medios obtenidos que muestra la tirsificación (7,02) y alejados de los que muestra el proceso de la vertisolización (Fe/Mn de 1,08) (Recio et al., 2017). Los valores de susceptibilidad magnética (S.M., Tabla III) vienen a complementar estas diferencias.

Por último, y aunque los niveles de arcillas son muy similares, la mineralogía de estas parecen diferenciar también los horizontes de ambos perfiles, presentando el primero unos menores contenidos en esmectitas (37% en profundidad) y un carácter más ílítico, frente al perfil VI que muestra niveles de un 87% en sus capas más superficiales (Tabla II). La caolinita se muestra siempre como mineral acompañante.

#### IV. CONCLUSIONES

---

La zona de estudiada muestra la presencia de litologías a base de arcillas, calizas arenosas, albarizas y arcillas coluviales acumuladas sobre una gran zona depresionaria inicial de cronología finipleistocena, fragmentada e invertida posteriormente por la intensa y rápida erosión remontante ejercida por el arroyo Salado.

Estas arcillas coluviales se encuentran tirsificadas en ambas posiciones geomofológicas mostrando unos mismos cromas, contenidos en manganeso y arcillas, y unas cronologías de 5.910BP y de 3.70BP respectivamente, coincidentes con las obtenidas en casos anteriores.

Las Tierras Negras desarrolladas en posición invertida presentan un espesor de unos 60 cm, están desalinizadas y descarbonatadas a expensas de

los procesos de lixiviado lateral. Los niveles más altos de hierro libre, susceptibilidad magnética y arcillas esmectíticas que presentan parecen derivarse de la mayor alteración que les afecta bajo condiciones geoecológicas diferentes.

## V. REFERENCIAS

- Dearing, J. A. (1999): Environmental magnetic susceptibility: using the Bartington MS2 system 2nd. Edi. Chi. Publ. Kenilworth, United Kingdom.
- Duchaufour, Ph. (1975): Edafología. Edit. Toray-Masson. Barcelona, 476 pp.
- F.A.O. (1977): Guía para la descripción de perfiles de suelos. FAO, Roma, 70 pp.
- \_\_\_\_\_ (2015): World reference base for soil resources 2014. Food and Agriculture Organization of United Nations. Roma, 192 pp.
- Gutián, F., Carballas, T. (1976): Técnicas de análisis de suelos. Edit. Pico Sacro, Santiago, 288 pp.
- I.T.G.E.1991: Mapa geológico de España a escala 1:50.000, Hoja 945 «Castro del Rio».
- M.A.P.A. (1986): Métodos de análisis del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Public. Secretaría General Técnica, Madrid.
- Mehra, O. P., Jackson, M. L. (1960): Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. 7th National Conference on Clays and Clay minerals, Washington, 317–327.
- Munsell, C. (1990): Munsell Soil Color Charts. Koll Morgen Instrument Corporation. Maryland (EE. UU.).
- Núñez, M.A.; Recio, J.M. 2003: Evolución de la red fluvial de la Campiña de Córdoba (Tramo Medio del Guadalquivir). *Rev. C. & G.*, 18 (3-4), 89-93.
- Olsen, S., Cole, C., Watanabe, F., Dean, L. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USA. United States Department of Agriculture, 939, Washington D.C., 19 pp.
- Pinta, M. (1971): Spectrometrie d'absorption atomique. Ed. Masson et Cie, Paris, 793 pp.
- Recio, J.M., Sandoval, M., Díaz, F., Borja, C., Borja, F., Ubera, J. L. 2017: Characterization of tirsification soil weathering processes: the case of Los Lirios wetland, Guadalquivir basin, Sevilla, Spain. *Chilean Journal of Agriculture Research*, 77(4), 406-412.
- Recio Espejo J.M., Borja Barrera, C., Díaz del Olmo, F., Borja Barrera, F. 2019: Physico-chemical determinant parameters in the color of vertisolization and tirsification processes. *Fundam. Appl. Soil Sci.*, 19 (2): 40-44.

- Recio Espejo, J.M., Sandoval Estrada, M., Díaz del Olmo, F. 2021: Bujeos o Tierras Negras Andaluzas: breve reseña histórica y estudio comparado sobre el color de estas formaciones edáficas. *BRAC*, 170: 315-332.
- Soil Survey England and Wales (1982). *Soil Survey laboratory methods. Technical monographs nº 6*. Harpenden (England), 83 pp.
- Sims, J. R., Haby, V. A. (1971): Simplified colorimetric determination of soil organic matter. *Soil Sci*; CXII, 137–141.
- Torrent, J., Barrón, V. (2008): Diffuse reflectance spectroscopy. *Methods Soil Analysis, Mineralogical methods*, chapter 13, 367–385. Edit. SSSA Book series 5. DOI: 10.2136/sssabookser5.5.c13.
- USDA (1973): *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos* Edit. Limusa (México), 172 pp.

