

BUJEOS O TIERRAS NEGRAS ANDALUZAS: BREVE RESEÑA HISTÓRICA Y ESTUDIO COMPARADO SOBRE EL COLOR DE ESTAS FORMACIONES EDÁFICAS

José Manuel Recio Espejo
Marco Sandoval Estrada
Fernando Díaz del Olmo
Académicos Correspondientes

Nuestro agradecimiento al laboratorio de Suelos de la ETSIAM

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

Bujeos.
Materia orgánica.
Tirsificación.
Andalucía.

Se efectúa un estudio cualitativo y cuantitativo del color negro-oscuro que presentan tres tipos de suelos, Andosoles, Chernozems y Vertisoles (FAO, 2015), con el objeto de evaluar el papel que la materia orgánica ejerce sobre los procesos de ennegrecimiento o de tirsificación edáfica. Tras los trabajos de laboratorio los resultados muestran que el croma negro tan característico de los bujeos está ligado más a un origen mineral que a la presencia de sustancias húmicas.

ABSTRACT

KEYWORDS

Bujeos.
Organic matter.
Tirsification.
Andalucía.

A qualitative and quantitative study about the dark-black color in three types of soils, Andosols, Chernozems and Vertisols (FAO, 2015) is carried out in order to evaluate the role that organic matter exerts on the blackening or tirsification pedological processes. After laboratory work, the results show that the black chroma so characteristic of *bujeos* is linked more to a mineral origin than to the presence of humic substances.

INTRODUCCIÓN

Es bien conocida la presencia de los denominados bujeos en la campiña andaluza, suelos muy oscuros, casi negros, que destacan en el paisaje muy apreciados desde antiguo por su fertilidad y valor agronómico. Edafológicamente denominados también como Tierras Negras Andaluzas, están incluidos en el grupo de los Vertisoles cróni-

cos de Duchaufour (1977), y como tales también en la clasificación de la FAO (2015).

En su obra «Paisaje» Giner de los Ríos (1886) afirmaba que «el suelo, la costra sólida del planeta, como elemento del paisaje, prescindiendo de las corrientes de agua y de la vegetación, ofrece por si solo datos suficientes para constituir una que podría llamarse estética geológica». En este contexto, el color oscuro tan característico de estas formaciones edáficas vendría a constituir un elemento tremendamente significativo en los paisajes donde se desarrollan.

En 1846 Richard Ford (Ford, 1846) comentando lo suelos que soportan las viñas jerezanas escribía que

la cuarta clase de terreno, muy limitado, es el bugeo o gredoso obscuro, que suele estar en las orillas de los arroyos o de las lomas. El vino que se produce en él es pobre y flojo.

Y Ramírez de las Casas-Deza (1856), centrándose particularmente en nuestra campiña cordobesa comentaba que

las tierras de labor, conocidas en el país con el nombre de bugeo, son margas muy arcillosas más o menos negras o blancas según son más o menos arcillosas.

En su manual de Agricultura Vilanova y Piera (1860) definía a estos suelos negros como «con carácter del *lehm*, distinción del de Ucrania o *tschornoizen*» (*chernozem*, *chernosiom* —nombre ruso de los aldeanos—, tierra negra de estepa, tierra negra, o *crnica* —nombre aldeano croata—, todos sinónimos según Kubiëna, 1953). Y es que estos suelos presentan unas connotaciones geográficas muy interesantes, ya que fueron durante mucho tiempo asemejados con los *Chernozems* del centro Europa (de Ucrania más concretamente), dado el intenso color oscuro y la elevada fertilidad química que ambos presentaban. Este pasaje de Gorki (1901) pone de manifiesto la conocida fertilidad de estos:

cada vez que nos inclinábamos hacia el suelo, experimentábamos un vehemente deseo de tumbarnos, de permanecer allí inmóviles, y después llevarnos a la boca aquella tierra negra, y comerla en gran cantidad hasta saciarnos.

En este mismo sentido Hernández Pacheco (1956) comentó que «más analogía tienen las tierras negras de Ucrania con las denominadas “de bugeo”, en Andalucía baja, y con los *tirz* de Yebala y llanura atlántica marroquí». Y Russel y Russel (1968) los definió como

chernosem o tierras negras —para dar la traducción de la palabra rusa— se llama así a causa de su color negro, el cual puede ex-

tenderse hasta una profundidad de 1 a 2 m, aunque el color se aclara con la profundidad.

Núñez Granados et als. (1997) aportaron sin embargo datos al respecto, y si bien el intenso color negro los asemejaba, el resto de sus propiedades físico-químicas los hacían bien diferentes entre sí.

La presencia de estas mismas formaciones en la zona norte de Marruecos, los conocidos *tirs* estudiados por Huguet del Villar (1944, 1950) y Dantín Cereceda (1914) viene también a resaltar el interés geográfico y ecológico de los mismos. Estos autores aportaron gran cantidad de datos sobre estos suelos y sobre la similitud existente entre estos y los que se desarrollan en el sur de la Península Ibérica. Este último autor comentaba que «la voz árabe *tirz* y *at-tuares*, en plural, no alude al color negro de la tierra, sino que significa tierra fuerte, tenaz, eminentemente arcillosa». Lautensach (1967) refería que

en la mitad oeste de la Baja Andalucía semiárida y en los alrededores de la laguna de la Janda, domina el *tirs* trópico-subtropical. Con este nombre marroquí se designa una tierra negra sumamente fértil.

El término *tirsificación* ha sido el adoptado por nosotros para hacer significar y denominar el especial proceso geomorfológico y alterológico que origina este tipo de suelos (Borja et als., 2010).

Drumond Hay (1839) en su viaje por el interior de Marruecos refería: «el suelo, hendido frecuentemente hasta una gran profundidad, estaba muy seco; la vista se extendía sobre una tierra fértil y negruzca, llenas de ondulaciones, manchadas ya del color amarillo de los sembrados...». Y Pierre Loti (1889) en su viaje a Fez había observado «una tierra negra y untuosa», «tierra espesa y negra que debe ser maravillosamente fértil». Nuestro escritor Fernández Flores (1956) las describió como «tierras mantillosas» cuando visitó Alcazarquivir.

No creemos que Fernando Amor y Mayor en su recorrido de Tánger a Tetuán en 1859, cuando decía

pasamos el Moga, riachuelo, que nada presenta de particular, y luego *El-hesif*, cuyas aguas tienen su curso en unas gredas renegridas, viéndose sus orillas cubiertas á lo largo de verde sauces y frondosísimas adelfas,

tuviera contacto con estos tipos de suelos, ya que estos se desarrollan más al sur hacia la cuenca del río *Luckus*, zona la cual no llegó a visitar (Amor y Mayor, 1859).

El estudio de estos suelos desde una perspectiva edafológica fue iniciado por González y Chaves (1960) quienes acuñaron de manera definitiva el término de «Tierras Negras Andaluzas». Cebac (1965, 1971) los abordó desde una perspectiva agro-biológica en estos mismos términos, llegando a definirlos como Vertisoles topolitomorfos, unos suelos controlados por el material arcilloso de partida y la posición topográfica que ocupaban.

Dantín Cereceda (1915) los relacionó con condiciones paleoclimáticas más lluviosas, y formados sobre los fondos de extensas zonas húmedas fruto de la «eremacausia» o descomposición de la materia orgánica en los sedimentos de estos antiguos ecosistemas acuáticos. Desde esta perspectiva geomorfológica y cronológica también fueron abordados por Díaz del Olmo y Recio Espejo (1994) para profundizar en los procesos alterológicos y ambientales que son necesarios para su formación.

El interés de los mismos se ve acrecentado también por las connotaciones de índole geo-arqueológica que presentan, ya que en muchas ocasiones estas Tierras Negras Andaluzas se encuentran relacionadas con la industria del Hombre paleolítico, tal como señalaron Hernández Pacheco (1915) y Breuil (1917). Por último llegan incluso a jugar un papel decisivo a la hora de la valoración, fraccionamiento y reparto de la propiedad agrícola en casos de venta y herencias, tal como queda reseñado en la obra de De las Cuevas (2000).

Sobre el color negro tan característico que presentan Huguet del Villar (1937) propuso la participación decisiva del hierro (Fe) en la génesis del mismo, y Albareda et als. (1948), basándose en el escaso contenido en materia orgánica que poseían, acudieron al contenido en manganeso (Mn) como elemento decisivo causante de su coloración oscura. Martin et als. (1971) hicieron hincapié en la materia orgánica como factor coadyuvante de esta coloración negra.

Recientemente Borja et als. (2010) diferenciaron claramente los procesos ecológicos que controlan esta coloración y génesis: necesidad de un contraste hidrológico estacional acusado, elevada presencia de arcillas esmectíticas, descarbonatación y desalinización por lixiviado lateral, y todo ello con cronologías correspondientes al Holoceno superior. Recio et als. (2017 y 2019) han venido a profundizar en estos aspectos del color y factores ecológicos que controlan el proceso de la tirsificación que los genera, poniendo de manifiesto de manera cuantitativa el papel decisivo que el manganeso, hierro y el carbono orgánico juegan en esta coloración.

Estos suelos eminentemente agrícolas no son exclusivos de la región campiñesa, sino que están también presentes allí donde interactúan los factores ecológicos que condicionan su formación. De esta forma se encuentran excelentes ejemplos en los fondos del polje de La Nava de Cabra (Torres Girón y Recio Espejo, 2001), en la antigua laguna gaditana de La Janda (Dueñas y Recio, 2000), en el torno de las desaparecidas lagunas de Mendoza (Palma del Río) (Cano et als., 1993), en la actual laguna del Rincón (Moriles) (Recio Espejo et als. 1998), o en la laguna de Ballestera (La Lantejuela, Sevilla) (Díaz del Olmo et als., 2019).

Por otro lado este intenso color negro tampoco es exclusividad de este tipo de suelos, sino que también aparece en los horizontes superficiales de otras formaciones edáficas que presentan altos niveles de materia orgánica y un estado muy maduro en su evolución. Los ya citados Chernozems ucranianos así como algunos Andosoles chilenos estudiados recientemente por nosotros (Guajardo et als., 2020) son buenos ejemplos de ello.

En los Andosoles por ejemplo, la coloración oscura se inicia con el depósito de tefras (cenizas volcánicas) con una abundante presencia de vidrio vesicular, una fácil hidratación y una superficie específica alta que favorecen la liberación de nutrientes y una rápida y abundante colonización vegetal (Besoain et al., 1995; Bitschene Y Mandía, 1995). Ello conlleva a un enriquecimiento del complejo aluminico-férrico-húmico en un ambiente ácido.

Según estos autores el humus compite preferentemente por el aluminio (Al) para formar complejos, de modo que el sobrante para coprecipitar junto a la sílice y formar minerales silico-alumínicos es muy escaso. Por ello la estabilización orgánica del Al en el horizonte superficial es un proceso «anti-alofán», que inhibe la formación de alofán/imogolita y estimula la formación de sílice opalina.

Los horizontes A de estos suelos tienen contenidos orgánicos elevados (12-25% de CO), alta hidratación y pH (H₂O) ácidos (5,2-5,7), condiciones que favorecen la formación de los complejos Al-Fe-húmicos antes comentados. Ello explica en parte el bajo contenido de alofán/imogolita en los horizontes superficiales (2,8% promedio), como consecuencia de la competencia orgánica por captar Al y Fe, hecho que no alcanzaría a los horizontes más profundos los cuales presentan una coloración más clara pardo amarillentas (Besoain et al., 2000).

Por todo ello es por lo que estos suelos junto a los Chernozems sirven de referencia para el presente trabajo, donde se intenta evaluar cualitativa y cuantitativamente el papel que la materia orgánica ejerce frente a los óxi-

dos de hierro y manganeso sobre esta coloración oscura, en un intento de diferenciar claramente el proceso de ennegrecimiento que afecta a estos primeros frente al Vertisol tirsificado, diferenciando al mismo tiempo una génesis de tipo más orgánico de otra de índole más mineralica respectivamente.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han estudiado tres perfiles de suelos relacionados entre sí por el intenso color negro que presentan sus horizontes superficiales, y caracterizados físico-químicamente con anterioridad. Un perfil de Chernozem de características háplicas (UKR-1) (FAO, 1991, 2015), desarrollado sobre material de tonalidades amarillentas y origen loésico, con secuencia de horizontes Ap, A/B, C₁ de 180 cm de espesor, y coordenadas geográficas 48° 30' 30"(N)/35° 15' 08"(E) situado en la finca de experimentación agrícola de la Universidad Agraria de Dnipro, cerca de la localidad de *Oleksandrivka* (Ucrania) (Núñez et als.,1997).

Un segundo perfil, un Andosol móllico (FAO, 2015; *Humic Haploxerands*, Stolpe, 2006) localizado en la finca experimental de la Universidad de Concepción en Chillán, Región de Ñuble, Chile, con coordenadas 36° 33'17"(S)/71° 52' 45 (W) de intenso color negro desarrollado sobre sedimentos amarillentos de material volcánico (ALZ-0), secuencia de horizontes A1, AB, BC₁, C₁ y un espesor de 50 cm antes de llegar al material parental (Guajardo et als., 2020).

Y un Vertisol crómico (TIR-1, FAO, 2015) situado a 37° 26' 9" (N)/5° 17' 49" (W) en la zona de campiña cercana a la localidad de Fuentes de Andalucía (Sevilla) estudiado por Recio et als. (2017 y 2019) y donde un conjunto de horizontes muy ennegrecidos Ap, AB, BA (FAO, 1997) se superponen a un material arcillo-amarillento parental C₁ a 114 cm. de profundidad.

A un total de 11 muestras se le determinó de manera visual el color en el laboratorio, tanto en seco (s) como en húmedo (h) haciendo uso de la escala Munsell (1990), determinándose el *HUE* (tono o matiz de la muestra), *Value* (luminosidad-oscuridad, es decir su coloración blanca- negra en una escala de 0 a 10), y el *Croma* que define la intensidad o pureza del color. Se realizó también la cuantificación de estos cromas haciendo uso de los valores espectrofotométricos de reflectancia difusa obtenidos mediante el método de Torrent y Vidal (2008). De igual forma se determinó su contenido en materia orgánica (M.O.) y carbono (C) mediante el método de Sims y Haby (1971).

Estas determinaciones se efectuaron tanto en muestras naturales como una vez eliminada la materia orgánica presente en las mismas, mediante adiciones sucesivas de peróxido de hidrogeno (H_2O_2 , agua oxigenada, al 10%) en placa calefactora a baja temperatura, de la misma manera que se procede como paso previo a la determinación de la distribución de partículas (Soil Survey England and Wales, 1982). Una vez eliminada se ha cuantificado el cambio de color experimentado (Torrent y Vidal, 2008), así como la similitud que presentan los diferentes horizontes en relación al color que define el horizonte C_1 o material parental que le ha servido de partida. De esta forma al ser oxidadas y eliminadas las sustancias húmicas presentes puede evaluarse de una manera más directa el papel que juegan estas en la determinación de su coloración negra (orgánica) frente a la que pueden ejercer tanto el manganeso (Mn) como el hierro (Fe) antes comentado (minerálica).

RESULTADOS Y COMENTARIOS

La Tabla 1 contiene los resultados de la determinación del color de los horizontes de estos tres perfiles de suelos tanto en muestras naturales como después del tratamiento con agua oxigenada (Munsell, 1990; Torrent y Vidal, 2008). El perfil ALZ-0 de 55 cm de espesor y correspondiente al Andosol estudiado presenta unos elevados contenidos en materia orgánica en superficie, un 7,08%, y un 5,63 % a 15-35 cm que los colorea intensamente de negro (Tabla 2). Se encuentra desarrollado sobre un material parental C_1 con contenidos bajos del 1,46 %. y cromas amarillo oliva (2.5Y 6/8) que contrastan fuertemente en seco (s) con las tonalidades oscuras de los horizontes superficiales (2,5Y 4/2-4/4). Este contraste es aún mayor en condiciones de húmedo (h) donde cromas pardos muy oscuros y negros se diferencian claramente de este material de partida de cromas amarillentos más oscurecidos por la presencia de humedad (10YR 4/4, pardo amarillento oscuro).

Oxidada la materia orgánica (Tabla 1), este horizonte C_1 conserva sus tonalidades amarillentas (10YR 5/6), y son estos mismos cromas amarillos (10YR 5/6, 6/6) los que ahora predominan en todos los horizontes del perfil. Esta uniformización es más clara en húmedo, donde todo el perfil torna a un color similar al que muestra el sedimento volcánico que actúa de material parental. Esta desaparición del color oscuro ha de estar atribuida necesariamente a la desaparición de la materia orgánica y a la oxidación de las sustancias húmicas derivadas de su transformación.

PERFIL/HORIZ.	PROF. (cm)	COLOR (s)	COLOR (h)	COLOR (s) (H ₂ O ₂)	COLOR (h) (H ₂ O ₂)
ALZ-0 A ₁	0-15	2.5Y 4/2 (Pardo oliva)	2.5Y 2/0 (Negro)	10YR 6/4 (Pardo amarillento brillante)	10YR 5/4 (Pardo amarillento)
AB	15-35	2.5Y 3/2 (Pardo grisáceo muy oscuro)	10YR 2/2 (Pardo muy oscuro)	10YR 6/6 (Amarillo parduzco)	10YR 4/4 (Pardo amarillento)
BC ₁	35-50	2.5Y 4/4 (Pardo oliva)	10YR 3/3 (Pardo oscuro)	10YR 5/6 (Pardo amarillento)	10YR 4/4 (Pardo amarillento oscuro)
C ₁	50----	2.5Y 6/8 (Amarillo oliva)	10YR 4/4 (Pardo amarillento oscuro)	10YR 5/6 (Pardo amarillento)	10YR 3/4 (Pardo amarillento oscuro)
UKR-1 Ap	0-20	5Y 4/1 (Gris oscuro)	5Y 2.5/1 (Negro)	10YR 6/3 (Pardo pálido)	10YR 4/2 (Pardo grisáceo oscuro)
A/B	20-40	5Y 3/1 (Gris muy oscuro)	5Y 2.5/1 (Negro)	10YR 6/4 (Pardo amarillento brillante)	10YR 4/6 (Pardo amarillento oscuro)
C ₁	40-180	2.5Y 7/3 (Amarillo pálido)	2.5Y 5/4 (Pardo oliva brillante)	10YR 6/3 (Pardo pálido)	10YR 5/6 (Pardo amarillento)
TIR-1 Ap	0.8-10	2.5Y 2/0 (Negro)	10YR 4/1 (Gris oscuro)	2.5Y 4/0 (Gris oscuro)	2.5Y 3/0 (Gris muy oscuro)
AB	20-22	2.5Y 2/0 (Negro)	10YR 4/1 (Gris oscuro)	2.5Y 5/0 (Gris)	2.5Y 4/0 (Gris oscuro)
BA	72-74	10YR 7/2 (Gris brillante)	10YR 5/3 (Pardo)	10YR 6/4 (Pardo amarillento brillante)	10YR 7/3 (Pardo muy pálido)
C ₁	114-121	10YR 7/2 (Gris brillante)	10YR 7/4 (Pardo muy pálido)	n.d (Pardo amarillento brillante)	n.d (Pardo muy pálido)

Tabla 1.- Color de las muestras naturales y tratadas oxidativamente (H₂O₂ 10%) según la escala Munsell

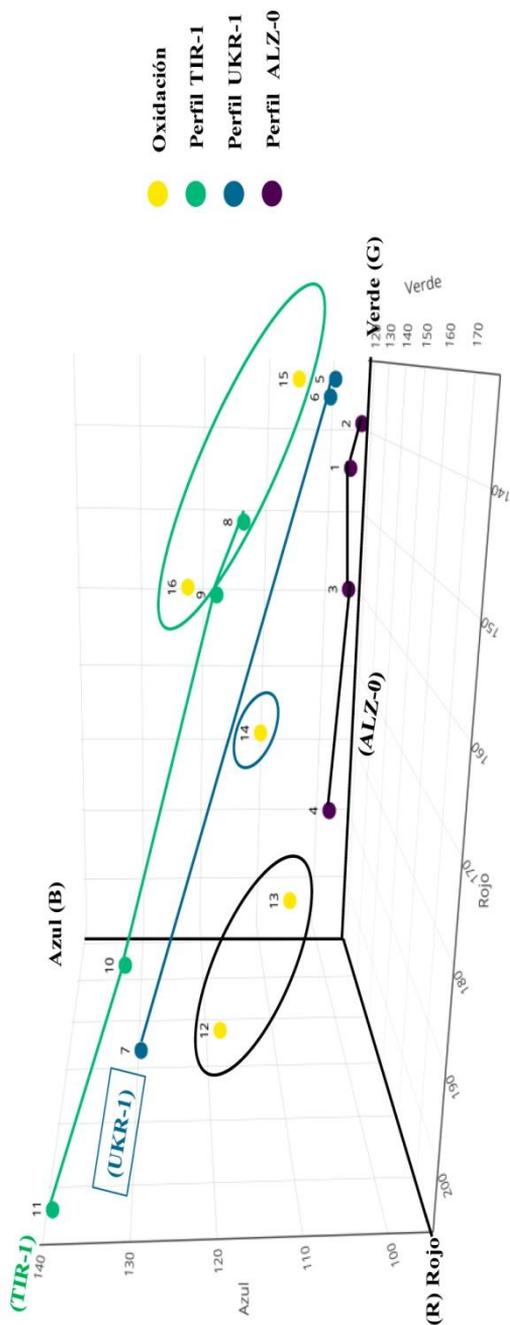
PERFIL/HORIZ.	PROF. (cm)	COLOR REFLECTANCIA	COLOR REFLECTANCIA (H ₂ O ₂)	C.ORG. (%)	M.O. (%)
ALZ-0 A ₁	0-15	9,31YR 5,16/2,79	8,80YR 6,74/4,46	4.08	7.09
AB	15-35	9,37YR 5,02/2,60	8,44YR 6,35/4,64	3.24	5.63
BC ₁	35-50	9,14YR 5,51/3,50	n.d.	2.10	3.65
C ₁	50----	8,72YR 6,09/4,52	n.d.	0.84	1.46
UKR-1 Ap	0-20	9,27YR 4,94/2,05	9,29YR 6,03/3,36	1.77	3.04
A/B	20-40	9,18YR 5,00/2,13	n.d.	1.63	2.80
C ₁	40-180	9,23YR 6,89/3,77	n.d.	0.22	0.34
TIR-1 Ap	0,8-10	9,66YR 5,55/1,96	9,17YR 5,05/1,66	1.02	1.75
AB	20-22	9,56YR 5,79/2,12	9,25YR 5,81/1,86	1.32	2.27
BA	72-74	9,40YR 6,73/3,20	n.d.	0.72	1.23
C ₁	114-121	9,24YR 7,28/3,66	n.d.	n.d.	n.d.

Tabla 2.- Valores de la reflectancia difusa en muestras naturales y tratadas. Contenido en carbono y materia orgánica

Perfil/Horiz.	Prof. (cm)	R (Rojo)	G (Verde)	B (Azul)	Natural	R (Rojo) H2O2	G (Verde) H2O2	B (Azul) H2O2	H ₂ O ₂
ALZ-0	A ₁	144	122	98		196	161	119	
	AB	139	119	96		187	150	109	
	BC ₁	157	130	99		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	C ₁	179	144	103		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
UKR-1 Ap	0-20	134	117	100		170	144	113	
	A/B	136	119	101		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	C ₁	195	166	129		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
TIR-1 Ap	0,8-10	149	133	115		134	120	106	
	AB	156	139	119		155	140	123	
	BA	188	162	131		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	C ₁	205	176	139		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Tabla 3.- Color: gama de rojos, verdes y azules de los diferentes horizontes al natural y tratadas (sistema Munsell)

Figura 1.- Representación tridimensional R G B según sistema Munsell
 (ALZ-0: 1, 2, 3 y 4; UKR-1: 5, 6 y 7;; TIR-1: 8, 9, 10 y 11.)
 (ALZ-0 (oxi): 12 y 13; UKR-1 (oxi.):14; TIR-1 (oxi.): 15 y 16)



De igual forma los datos correspondientes a los cromas del Chernozem estudiado (UKR-1) se muestran en la Tabla 1 y 2. Este perfil, con 40 cm de espesor para sus horizontes superficiales, presentan unos contenidos en materia orgánica del 3,04% (horizonte Ap) y de 2,80% en A/B respectivamente. El horizonte C₁ de partida presenta contenidos muy bajos del 0,34 %. El color gris a gris oscuro que define estos horizontes superficiales en seco (5Y 3/1-5/1), contrasta fuertemente con las tonalidades amarillas del C₁ (2,5Y 7/3, amarillo pálido). En húmedo (h) su color negro es mucho más evidente (5Y 2,5/1), y el horizonte inicial se vuelve algo más pardo (2,5Y 5/4).

Tras el tratamiento con peróxido de hidrógeno las tonalidades toman hacia cromas pardos (10YR 6/3, 6/4) e incluso pardo amarillentos, existiendo una gran similitud entre el material parental, horizonte intermedio y capa superficial de este perfil (Tablas 1 y 2). La clásica coloración negra de estos suelos («*chernozem*»), elemento definidor por excelencia de los extensos paisajes de la estepa centroeuropea desaparece, al mismo tiempo que lo ha hecho la materia orgánica, de igual forma que en el caso anterior del perfil ALZ-0 (Tabla 1).

El perfil tirsificado TIR-1 (Vertisol, Tabla 1), muestra en seco una típica coloración negra (2,5Y 2/0, negro) en sus 22 cm superficiales (horizontes Ap, AB), a pesar de los contenidos bajos de materia orgánica presente (1,75-2,27%, Tabla 2). En profundidad estos se mantienen en un 1,23%, comunicando tonos grises (10YR 7/2, gris brillante). Al ser humedecidas, los horizontes antes negros se tornan grises oscuros (10YR 4/1), y los grises anteriores en cromas pardos (10YR 5/3-7/4).

La oxidación de la materia orgánica en el laboratorio conlleva que tanto en seco como en húmedo las tonalidades grises oscuras y muy oscuras (2,5Y 4/0-5/0) sean las presentes, mostrándose pardo amarillento y pardo pálido a la profundidad de 72 cm (horizonte BA, Tabla 1). A diferencia de los casos anteriores de los perfiles ALZ-0 y UKR-1, el color negro aquí se mantiene, no desaparece, tornándose a cromas grises sin llegar nunca a asemejarse a los presentes en el material parental. Ello obliga a pensar que estos cromas negros no han de estar debidos en su totalidad a la materia orgánica, si no que por el contrario han de estar relacionados con una mayor participación de componentes de tipo mineral (Recio et als., (2019).

Con el objetivo de reforzar los resultados antes comentados, en la Tabla 3 se muestran los valores de la reflectancia difusa obtenida para algunos de los horizontes estudiados, tanto en muestra natural como después de su tratamiento (Torrent y Vidal, 2008). El tono se muestra en casi todas las

muestras dentro del HUE YR con valores muy similares entre horizontes. Tan solo el horizonte C_1 de ALZ-0 se muestra algo más diferente (8,72YR). Por lo general el color oscuro decrece con la profundidad, desde valores en superficie de 5,16, 4,94 y 5,55 para los tres perfiles, a valores por ejemplo 7,28 en el C_1 del perfil TIR-1. Los valores de la intensidad/pureza son siempre superiores a medida que ingresamos en los horizontes inferiores de los perfiles.

Eliminada la materia orgánica, los horizontes superiores del perfil ALZ-0 muestra valores muy similares al material de partida original C_1 , con parámetros del color casi idénticos. Lo mismo ocurre con el horizonte superficial del perfil UKR-1, que con valores de 9,29YR 6,03/3,36 se muestra similar al que presenta el material de partida (9,23YR 6,89/3,77) (Tabla 1). No ocurre así con el perfil tirsificado TIR-1 donde a pesar de la desaparición de la materia orgánica, los valores permanecen casi idénticos a los valores ennegrecidos de los horizontes superficiales naturales (Tabla 1).

Con los valores aportados por este análisis cuantitativo se han visualizado estos colores haciendo uso de la gama del rojo (R), verde (G) y azul (B) que presentan estos horizontes (Tabla 3). Como puede observarse los horizontes superficiales A_1 y AB del perfil ALZ-0 muestran tras la eliminación de la materia orgánica idénticas tonalidades que el material parental C_1 (a 50 cm de profundidad). De igual forma pero algo menos acusado acontece en el perfil UKR-1 donde el horizonte A_p se vuelve de la misma tonalidad que el horizonte inicial de partida (C_1 , 40-180 cm). No ocurre así en el perfil tirsificado TIR-1 donde las tonalidades de los horizontes superficiales A_p y AB se mantienen claramente grises y oscuras bien distintas a las que ofrece el material parental C_1 (Tabla 2).

Por último, en la Figura 1 y mediante un diagrama tridimensional cuyos ejes representan las variables correspondientes a estos tres colores (sistema Munsell), se ha querido resumir los resultados obtenidos tras su cuantificación. Los tres perfiles muestran una variación lineal del color desde las tonalidades oscuras de los horizontes superiores a las más amarillentas de los más profundos. La eliminación de la materia orgánica en los perfiles ALZ-0 y UKR-1 conlleva que estos horizontes superficiales se desplacen en dirección hacia tonalidades amarillentas, hecho que no ocurre así en el perfil TIR-1 donde el proceso de la oxidación parece reforzar sus cromas negros.

CONCLUSIONES

Las Tierras Negras Andaluzas o bujeos constituyen un elemento muy destacado en el paisaje donde se desarrollan. Su característico color negro llamó la atención a viajeros, escritores y científicos de los siglos XIX y XX, que llegaron a asemejarlos con otras formaciones edáficas oscuras existentes en otras áreas geográficas como Marruecos y Ucrania.

Los perfiles estudiados, desarrollados sobre materiales parentales muy diferentes y características físico-químicas muy distantes, el color negro es la única característica que los asemeja.

Aunque la materia orgánica es la responsable de generar tonalidades oscuras en los horizontes de estos suelos, la oxidación de la misma conduce a todo el perfil hacia tonalidades amarillentas similares a las presentes en el material volcánico y loésico de partida. Sin embargo en el perfil tirsificado los cromas negros no desaparecen a pesar del tratamiento oxidativo aplicado, haciéndose hincapié que este proceso de oscurecimiento es más de origen mineral que orgánico.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBAREDA Y HERRERA, J.M., BURRIEL, F. Y MUÑOZ TABOADELA, M. (1948): Manganeso total en relación con el color de las tierras negras Andaluzas. *Anal. Edaf. y F. Vegetal*, 7: 439-488.
- AMOR Y MAYOR, F. (1859): Recuerdos de un viaje a Marruecos. Imprenta La Andalucía, Sevilla, 118 pp.
- BESOAIN, E., PERALTA, M. Y MASSARO, S. (2000): Mineralogía y génesis de algunos suelos de cenizas volcánicas de Chiloé continental, Chile. *Agric. Téc.* [online], vol.60, n.º 2, pp. 127-153.
- BESOAIN, E., RUIZ SCH, R. Y HEPP K, CH. (1995): La erupción del volcán Hudson, X Región, y sus consecuencias para la agricultura. *Agricultura Técnica (Chile)* 55: 204-219.
- BITSCHENE, P.R. Y MENDIA, J. (EDS.) (1995): La erupción del volcán Hudson (Andes Patagónicos) en agosto 1991: mil días después. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco y Servicio Nacional de Geología. Comodoro Rivadavia, Argentina. Covillier Verlag. Göttingen, Alemania. 164 pp.
- BORJA BARRERA, F., DIAZ DEL OLMO, F., RECIO ESPEJO, J.M., BORJA BARRERA, C. (2010): Procesos de Tirsification y Tierras Negras en el litoral occidental de Cádiz. Interpretación paleogeográfica de la secuencia Holoceno medio-superior. Cuaternario y Arqueología: Homenaje a Francisco Giles Pacheco. 187-193.

- BREUIL, H. (1917): Observations sur les terres noires de la laguna de la Janda. L'Anthropologie, XXVIII: 235-240.
- CANO HENARES, M.D., RECIO ESPEJO, J.M., DÍAZ DEL OLMO, F. (1993): Soil formation in alluvial terraces of the river Guadalquivir: the evidence of the small Mendoza lakes (Andalusia, Spain). Catena, 20: 63-71.
- C.E.B.A.C (1962): Estudio agrobiológico de la provincia de Sevilla. Public. Excm. Diputación de Sevilla-Cortijo de El Cuarto (CSIC), 173 pp.
- _____ (1971): Estudio agrobiológico de la provincia de Córdoba. Public. Excm. Diputación de Córdoba-Cortijo de El Cuarto (CSIC), 401 pp.
- DANTÍN CERECEDA, J. (1914): Una expedición científica por la zona de influencia española en Marruecos. Casa editorial Estudio, Barcelona, 254 pp.
- DE LAS CUEVAS, J., DE LAS CUEVAS, J. (2000): Historia de una finca. Edit. Geribel, 261 pp.
- DÍAZ DEL OLMO, F., RECIO ESPEJO, J.M. (1991): Lagunas y áreas lacustres continentales de Andalucía occidental. Cuadernos de Geografía, 7-(I); 25-36.
- DÍAZ DEL OLMO, F., RECIO ESPEJO, J.M., BORJA BARRERA, C., CÁMARA ARTIGA, R. (2019): Soil salinization processes in small-lake Ballestera wetland ecosystem (La Lantejuela, Seville, Spain). Fundamental and Applied Soil Science. 19 (2): 40-44.
- DUCHAUFOUR, PH. (1977): Pedologie. I: Pedogenesse et clasification. Masson et Cie. Paris.
- DUEÑAS LÓPEZ, M., RECIO ESPEJO, J.M. (2000): Bases ecológicas para la restauración de humedales de La Janda (Cádiz, España). Serv. Public. Univ. de Córdoba, 474 pp.
- DRUMOND HAY, J. (2013): Marruecos y sus tribus nómadas. RVF Autores-Editores, 306 pp.
- FAO (1977): Guía para la descripción de perfiles de suelo. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, 70 pp.
- _____ (2015): World reference base for soil resources 2014. Food and Agriculture Organization of United Nations. Roma, 192 pp.
- FERNÁNDEZ FLORES, W. (1956): La conquista del horizonte. Viajes: Marruecos. Obras completas, Edit. Aguilar, IV: 117-154.
- FORD, R. (2004): Cosas de España. Aventuras de un inglés por la Península Ibérica de mediados del siglo XIX. Ediciones B, S.A., 369 pp.
- GORKI, M. (1901): Cuentos de rebeldes y vagabundos. La Linterna Sorda, Madrid, 33-89 pp.
- GINER DE LOS RÍOS, F. (2004): «Paisaje», en obras selectas, Ed. Isabel Pérez-Villanueva Tovar, Madrid, Espasa Calpe, pp. 792-801.

- GONZÁLEZ, F., CHAVES, M. (1960): Los tipos de suelos más frecuentes en Andalucía Occidental. *Anal. Edaf. Agrobiol.* XIX: 213-228.
- GUAJARDO, CH., RECIO ESPEJO, J.M., SANDOVAL, M., DÍAZ DEL OLMO, F., BUSTAMENTE, M., GARCIA-FERRER, A. (2020): Anthropogenic alteration of available, amorphous and total iron in an Andisol by dairy slurry applications over a 12-year period. *80*: 108-117.
- HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1915): Las tierras negras del extremo sur de España y sus yacimientos paleolíticos. *Trab. Mus. Nac. Cien. Nat. Madrid*, 13: 3-24.
- _____ (1956): Fisiografía del solar hispano, Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Física y Naturales, Madrid, t.^o 1, 657 p.; t.^o 2, 785 p.
- HUGUET DEL VILLAR, E. (1937): Los suelos de la península Luso-Ibérica. C.S.I.C., Madrid, 416 pp.
- _____ (1944): The tirs of Marocco. *Soil Science*, 57: 313-339.
- _____ (1950): Contribución al estudio comparado de la tierras negras de Andalucía y Marruecos. *Anal. Edaf. y Fisiol. Vegetal*, 9,3: 251-278.
- KUBIËNA, W.L. (1953): Claves sistemáticas de suelos, CSIC, Madrid, 382 pp. + láminas.
- LAUTENSACH, H. (1967): Geografía de España y Portugal, Ed.Vicens-Vives, Barcelona, 814 pp.
- LOTI, P. (1999): Viaje a Marruecos. Ediciones Abraxas, 219 pp.
- MARTÍN MARTÍNEZ, F., DÍAZ BARRIENTOS, E., GONZÁLEZ GARCIA, F. (1971): Constitución y propiedades de la materia húmica de una Tierra Negra Andaluza. *Anal. Edaf. Agrobiol.* 30 (5-6): 530-543.
- MUNSELL, C. (1990): Munsell Soil Color Charts. Koll Morgen Instrument Corporation. Maryland (EE. UU.).
- NUÑEZ GRANADOS, M.A., DUEÑAS LÓPEZ, MA., PEREVOZNIK, I., RECIO ESPEJO, J.M. (1997): Un estudio comparativo entre Tierras Negras Andaluzas y Chernozems ucranianos. *Quaternario Ibérico*, 355-359.
- RAMÍREZ Y DE LAS CASAS DEZA, L.M. (1856): Indicador cordobés, o sea Manual histórico-topográfico de la ciudad de Córdoba. 3ª edición, Imprenta y Litografía de D. Fausto García Tena. 468 pp.
- RECIO, J.M., GIL, J., MEDINA, M. (1988): Basin closed and Vertisols formation in the Rincón lagoon (Andalusia, Spain). *Catena*, 15: 407-416.
- RECIO, J.M., SANDOVAL, M., DIAZ, 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.
- RUSSEL, J.; RUSSEL, E.W. (1968): Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Edit. Aguilar, 4ª edición, Madrid, 801 pp. (edición con prólogo de José M.^a Albareda).
- SIMS JR, HABY, VA. (1971): Simplified colorimetric determination of soil organic matter. *Soil Sci*; CXII: 137-41.
- SOIL SURVEY ENGLAND AND WALES (1982): Soil Survey laboratory methods. Technical monographs n.º 6. Harpenden, England, 83 pp.
- STOLPE, N.B. (2006): Descripciones de los principales suelos de la VIII Región de Chile. Publicaciones del Departamento de Suelo y Recursos Naturales n.º 1. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Chillán, Chile. 96 pp.
- TORRENT, J., BARRÓN, V. (2008): Diffuse reflectance spectroscopy. *Methods Soil Analysis, Mineralogical methods*. Edit. SSSA Book series 5, chapter 13, 367-385.
- TORRES GIRÓN, M.L., RECIO ESPEJO, J.M. (2001): Análisis geoambiental de las sierras subbéticas cordobesas. Public. Excmo. Ayto. de Priego de Córdoba. 327 pp.
- VILANOVA Y PIERA, J. (1860): *Manual de Geología Aplicada a la Agricultura y a las Artes Industriales*. Imprenta Nacional, Tomo II, 684 pp.