

¿PARA QUÉ ESTUDIAR EL SUELO?: UNA VISIÓN CENTRADA EN EL ALTO ARAGÓN

Suelo, tierra o terreno son nombres con los que describimos la delgada, extraordinaria y delicada capa que se encuentra entre las rocas y la atmósfera. Delgada, porque supone unos pocos centímetros bajo nuestros pies, muy poco en comparación con el grueso de la corteza terrestre; extraordinaria, porque es fundamental para la vida en el planeta, y sin embargo delicada, porque un mal uso puede provocar su pérdida irreversible (BADÍA y cols., 2009). Estos aspectos fueron recogidos por las Naciones Unidas, en diciembre de 2013, en el marco de su LXVIII Asamblea General, que declara que “los suelos constituyen la base para el desarrollo de la agricultura, de funciones esenciales de los ecosistemas y para la seguridad alimentaria y, por tanto, son claves para la vida en la Tierra”.

Al descubrir las funciones o servicios ecosistémicos que nos proporcionan los suelos, nos daremos cuenta de la trascendencia que tiene estudiarlos (tabla I).

FUNCIONES DEL SUELO

El suelo nos proporciona alimentos, biomasa y materias primas al sustentar la producción primaria en los ecosistemas terrestres

A través de la actividad agraria y silvícola, obtenemos del suelo alimentos para el hombre y el ganado (tubérculos, bulbos, hojas, frutos, semillas...), fibras con las que elaborar tejidos (directamente, como el algodón

Tabla 1. Funciones del suelo (<http://ec.europa.eu/environment/soil>)

	<i>Funciones del suelo</i>
Producción de biomasa	Producción de alimentos, fibra, biodiésel, madera.
Interacción ambiental	Almacena, filtra y transforma nutrientes, sustancias y agua. Por ejemplo, almacena el carbono, el agua y los nutrientes disponibles para las plantas, biodegrada o retiene contaminantes, etcétera.
Hábitat biológico y reserva genética	Contiene una amplia diversidad de organismos que participan en los ciclos de nutrientes, y que contribuyen a la estabilidad estructural, y a contrarrestar los efectos de patógenos y contaminantes químicos, etcétera.
Soporte físico	Sirve de base para el desarrollo urbano y otras actividades humanas incluidas las lúdicas.
Fuente de materiales y sustancias	Contiene la arena, la grava, el caliche o el mallacán, y otros materiales usados por el hombre.
Archivo patrimonial y cultural	Conserva los restos arqueológicos que sirven para evaluar los modelos de asentamiento humano. Engloba rasgos que evidencian cambios en el paisaje, en el uso del territorio o el clima.

y el lino, o indirectamente, como la lana y las pieles), la madera que usamos en la construcción o en la fabricación de papel e incluso los biocombustibles. Un buen uso del suelo permite mantener una vegetación natural o producir cultivos año tras año sin afectar a la calidad del propio suelo y del agua que, tras drenar, va a parar a los ríos o a los embalses. En este sentido, la correcta aplicación de los fertilizantes, acorde con la demanda del cultivo, así como la utilización de fitosanitarios modernos, capaces de degradarse rápidamente, es fundamental. Actualmente, los agricultores y los ganaderos tienen que producir mucho más que alimentos sanos: deben mantener un uso adecuado del territorio agrario para que el aire, las aguas y los suelos se mantengan limpios y el entorno rural adquiera un valor añadido. Esto tiene especial trascendencia en el Alto Aragón que trata de vender la “magia” de un paisaje rural bien conservado, con suelos sanos que produzcan alimentos de calidad (fig. 1).



Fig. 1. Viñedo en la Denominación de Origen Somontano, que ofrece vinos con multitud de matices y una intensa personalidad, herencia del suelo sobre el que crecen.

El suelo y el cambio climático

Se estima que en el planeta, el suelo almacena $25 \cdot 10^9$ toneladas de carbono (C), elemento que forma parte del CO_2 , uno de los gases responsables del cambio climático. Se trata del triple del que puede haber en la atmósfera y el cuádruple del de toda la vegetación del planeta. El C llega al suelo fundamentalmente por la descomposición de plantas y animales. Si bien, a través del citado proceso de mineralización, una parte se libera a la atmósfera en forma de CO_2 (respiración del suelo), otra queda secuestrada en forma de materia orgánica, mitigando así el efecto invernadero. El carbono orgánico y la respiración del suelo, parámetros considerados como buenos indicadores de la salud del suelo y de su productividad, suelen mostrar una buena relación (fig. 2).

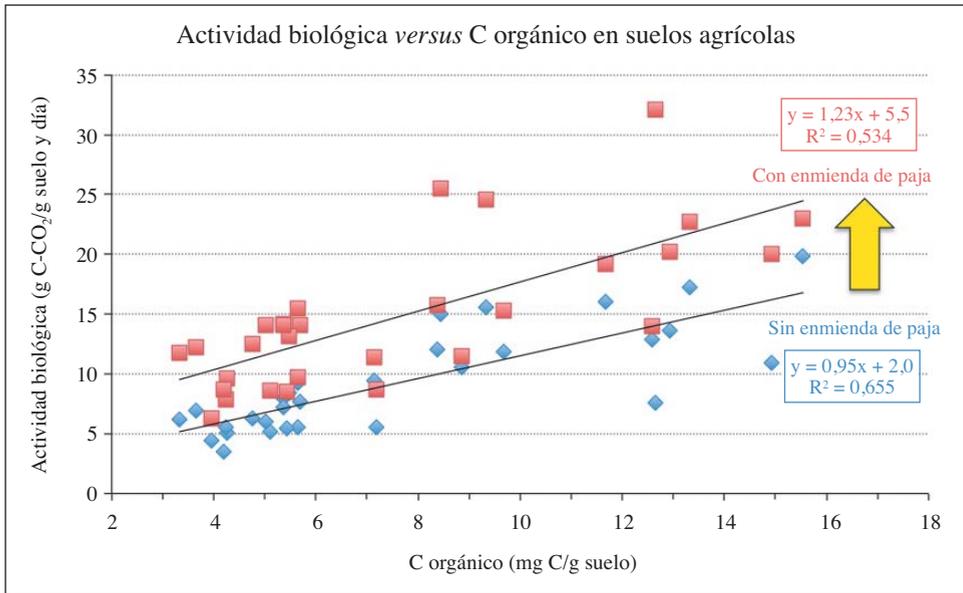


Fig. 2. Relación de la respiración del suelo con el C orgánico en suelos agrícolas calizos (no salinos) del Bajo Cinca (BADÍA, 1995).

Acciones como el laboreo excesivo de los suelos agrícolas, no enterrar los residuos de cosecha o aportar estiércol de calidad, etcétera, pueden acentuar el efecto invernadero. La roturación de suelos forestales o los incendios también pueden acelerar la pérdida del C edáfico a la atmósfera. A la vez esas acciones conducen al deterioro de un conjunto de propiedades relacionadas con la materia orgánica del suelo, como son la estabilidad estructural, la retención de agua, la capacidad de intercambio de nutrientes o la actividad biológica del suelo.

El suelo almacena y filtra el agua mejorando la resiliencia del ecosistema frente a lluvias intensas y sequías

El suelo sano contribuye al buen funcionamiento de la cadena alimentaria y también del ciclo del agua. Las propiedades del suelo físicas (porosidad, permeabilidad), químicas (adsorción, reacción) y biológicas (metabolismo) le permiten jugar un papel clave en el filtrado del agua, en la recarga de acuíferos y en la regulación del régimen hídrico de ríos y barrancos. Los

suelos almacenan agua (1 metro cúbico de suelo puede almacenar hasta 200 litros), actuando como una esponja capaz de absorber el agua tras la lluvia o el riego y cederla a la planta a lo largo de los siguientes días y semanas. La falta de suelo y de cubierta vegetal en un área determinada (fig. 3) incrementan el agua de escorrentía, su pico de flujo y su capacidad erosiva. Los suelos actúan también como una modesta depuradora biológica de forma que cuando un vertido se aporta al suelo pueden degradarlo o inmovilizarlo. Cuando un compost, lodos de depuradora, purines u otros residuos orgánicos (de origen urbano, industrial o ganadero) son aplicados al suelo para tratar de aprovechar su contenido orgánico y mineral, deben tenerse en cuenta las características del suelo y su localización en el territorio (proximidad a zonas vulnerables como ríos, ciudades...). Puesto que esta capacidad depuradora es limitada y variable con el tipo de suelo, un intenso aporte de vertidos puede suponer la contaminación del agua y la producción de



Fig. 3. En el Alto Aragón, las margas gris azuladas del Eoceno son altamente erosionables, lo que dificulta la formación del suelo (Pueyo de Araguás).

alimentos de baja calidad. Por ejemplo, no resulta lógico aplicar purines a un suelo muy permeable o con un nivel freático superficial, ya que contaminarán el agua. Además, un aporte sucesivo de purín provoca el acúmulo de metales pesados como cobre y zinc (PRATS, 1995).

El suelo es vida

El suelo desempeña un papel central como hábitat y reservorio del patrimonio genético al albergar la cuarta parte de la biodiversidad del planeta Tierra. ¡Se considera que hay más microorganismos en una cucharadita de suelo sano que habitantes hay en el planeta! Si la hojarasca que cae sobre el suelo forestal o los residuos orgánicos que son aportados al suelo agrícola como enmiendas no se descompusieran (mineralización) y transformaran (humificación), no se reciclarían sus nutrientes ni se formaría humus. Los organismos del suelo son, por tanto, imprescindibles en la descomposición de la materia orgánica y el reciclado de nutrientes (ciclos biogeoquímicos), así como en el control del crecimiento vegetal, el mantenimiento de la estructura del suelo, la regulación de los procesos hidrológicos, o la desintoxicación del suelo, por poner algunos ejemplos. Estas funciones son responsabilidad de una diversidad biológica, microscópica y macroscópica, aún poco conocida. Así, por ejemplo, solo somos capaces de ponerles nombre a un 5% de las bacterias y los hongos edáficos, los microorganismos más numerosos del suelo. Entre ellos *Streptomyces coelicolor*, la bacteria que sintetiza *geosmina* (palabra de origen griego que significa ‘aroma de la tierra’), responsable del olor que percibimos tras unas primeras gotas de lluvia. Entre la fauna más conocida destacan las lombrices, a las que Charles Darwin dedicó muchos años de experimentación y sobre las que escribió, unos pocos meses antes de su muerte en 1881, *La formación del manto vegetal por la acción de las lombrices, con la observación de sus hábitos*. Esta obra contribuyó a que las lombrices dejaran de considerarse una plaga y se empezara a valorar su papel en la fertilidad del suelo.

El suelo da soporte a las infraestructuras

Tanto a las infraestructuras urbanas, industriales y vías de comunicación, e incluso extraemos de él materiales para la construcción o para nuestras

actividades artesanales (adobe, mallacán, alabastro, sílex...). El suelo también es un componente utilizado en la clausura y sellado de vertederos, en las graveras, en la restauración de taludes y plataformas de la minería a cielo abierto, de las carreteras, del AVE, etcétera. Cualquier restauración requiere disponer de cierta cantidad de suelo. El nuevo suelo, cuyas propiedades derivan de su origen técnico, es lo que se denomina *tecnosol*, comúnmente suelos urbanos o de minas (que pueden incluir o superponerse a escombros de la construcción, estériles de minería, geotextiles...). La opción más recomendable pasa por retirar o decapar los horizontes más superficiales del suelo (tierra vegetal) antes de iniciar la explotación. Esta tierra vegetal puede aportarse en los taludes ya perfilados, sobre los estériles o materiales no edafizados, lo que facilitará la revegetación del terreno.

Si un suelo carece de cubierta vegetal, la lluvia impactará directamente sobre él facilitando la fragmentación de los agregados, la dispersión y el arrastre de sus partículas individualizadas, que serán arrastradas por el agua de escorrentía. Una medida alternativa para la protección del suelo puede pasar por acolchar el suelo, por ejemplo, con mantas o mallas orgánicas (fig. 4).



Fig. 4. La reforestación y la hidrosiembra sobre la tierra vegetal confieren estabilidad a este talud del AVE en el término municipal de Ballobar.

Además, en el suelo se encuentra el patrimonio arqueológico que sirve para la reconstrucción de la historia de la humanidad. También la interpretación de los procesos edáficos nos permite deducir climas pasados (paleosuelos), por lo que se constituye en un “libro” de historia cultural y del paisaje que debemos saber leer (SEBASTIÁN y cols., 2015).

¿POR QUÉ NO CONOCEMOS EL SUELO QUE PISAMOS?

A pesar de que el suelo es un recurso natural fundamental para el mantenimiento de la vida en la Tierra y la seguridad alimentaria de la población, el conocimiento de que disponemos sobre el suelo es muy limitado. Se atribuye a Leonardo da Vinci la frase “Sabemos más sobre el movimiento de los cuerpos celestes que del suelo que pisamos”.

Este desconocimiento nos lleva a que, según la FAO, un tercio del suelo mundial esté de moderada a altamente degradado. Las causas de la degradación son variadas: la erosión, la salinización, la compactación, la acidificación, la contaminación química y el agotamiento de los nutrientes, procesos en los que generalmente interviene la actividad antrópica. Por otro lado, en la Tierra existen zonas ecológicamente diferentes, de ahí que se formen suelos con propiedades, componentes y capacidades de uso distintas. En el Alto Aragón tenemos la suerte de contar con un gradiente ecológico capaz de generar una gran variedad de suelos (que podemos ver en el anexo final).

Conocer los suelos, sus propiedades y su distribución detallada en el espacio (cartografía de suelos) permitiría asesorar al agricultor respecto a la fertilización, el riego, la predicción de las cosechas, la optimización de los modelos hidrológicos, los modelos de erosión, de contaminación, etcétera. También, en los planes de ordenación territorial, el gestor podría usar esa información para que los suelos más productivos fuesen no urbanizables, evitando el sellado de los suelos de mejor calidad, que es otra forma de “perder” el recurso suelo. Así se contempla en Navarra, donde los mejores suelos agrícolas (suelos de las Clases Agrológicas I y II de los *Mapas de clases agrológicas* del Gobierno de Navarra) son protegidos frente a usos urbanos para preservar su productividad. Y es que solo se puede proteger el suelo si este recurso natural no renovable a escala humana es conocido y valorado por sus usuarios. Para ello se requiere de una investigación selectiva de

los suelos y disponer de sistemas de información sobre los suelos que faciliten su gestión sostenible. Existe en España una cierta cantidad de información histórica sobre cartografía de suelos que apenas es usada, por ser de difícil acceso o de difícil interpretación por los usuarios. Suele tratarse de mapas básicos, basados en una taxonomía de suelos, de los que no se derivaron mapas temáticos que facilitaran la interpretación a los usuarios. En algunos casos, los trabajos resultantes, aun siendo financiados por organismos públicos, han quedado para uso interno, a la espera de su publicación. La recopilación de esa información (memorias, mapas, perfiles con datos analíticos) en un repositorio y su georreferenciación (lo que plantea el Programa INFORCAS de la SECS y FAO-España) sería fundamental para preservar la información existente, darle valor y accesibilidad.

La cartografía disponible actualmente en España, al no existir un organismo que proyectara y ejecutara la cartografía detallada de todo el territorio, es parcial y de heterogénea escala. Así, disponen de cartografía edáfica a escala 1 : 100 000 en gran parte de Andalucía, Murcia y Valencia (Proyecto Lucdeme); a 1 : 50 000 en Navarra y Madrid y a 1 : 25 000 en parte del País Vasco (alrededor de un 60% de su territorio está cartografiado), de Asturias (45%), Navarra (35%) y Cataluña (25%). Mientras, en Aragón la cartografía de suelos publicada es una mera anécdota; los estudios existentes obedecen al interés particular de investigadores y docentes de centros de investigación y universidades y no a un trabajo sistemático, planificado por la Administración central o autonómica. A modo de ejemplo, el Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón publicó el *Mapa de suelos (1 : 25 000) de Barbués* (NOGUÉS, 2002) y el IEA, *Los suelos en Fraga: cartografía y evaluación, 1 : 100 000* (BADÍA, 1989).

El desconocimiento sobre los suelos puede atribuirse al alto coste económico si hablamos de obtener cartografías muy detalladas, pero la falta de un conocimiento básico es de orden cultural. Para tener una cierta idea del suelo que pisamos basta con hacer un buen agujero (calicata) y describir qué vemos: colores, manchas, porosidad, etcétera, tal y como hacemos para describir las hojas, las flores o los frutos de una planta. Al menos una aproximación visual, morfológica o naturalista del suelo debería practicarse y enseñarse (fig. 5). Pero en muchos casos la única relación del hombre con el suelo se establece mediante su superficie o, como mucho, mediante el



Fig. 5. El estudio de un perfil de suelo requiere de la apertura de una calicata para su observación, descripción y muestreo. Edafólogos en Adahuesca (XXVII Reunión Nacional de Suelos de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo, 2009).

análisis químico de muestras tomadas con barrenas. ¡Es como estudiar el cuerpo humano observando solamente su superficie o apenas pinchando con una jeringuilla! Como decía Santiago Ramón y Cajal (Premio Nobel en 1906): “Mucho aprenderemos en los libros, pero más aprenderemos en la contemplación de la Naturaleza, causa y ocasión de todos los libros”.

El concepto *suelo* es el gran ignorado en los contenidos curriculares, por lo que no es de extrañar que la mayor parte de la sociedad desconozca el papel que juega el suelo en su bienestar. Así lo demuestra el informe elaborado por la SECS con motivo del Año Internacional de los Suelos 2015 (<http://www.secs.com.es/actividades/>) titulado *Tratamiento de la entrada “suelo” en los libros de texto de Enseñanza Secundaria Obligatoria y de Bachillerato en España*. Se muestra como el término *suelo*, tan solo

aparece en un 0,57% de las páginas de los libros de texto de los cuatro cursos de la enseñanza secundaria obligatoria (ESO), por lo que puede afirmarse que prácticamente no es objeto de estudio en esta etapa de la educación en España.

En bachillerato, el suelo tiene cierta presencia en la asignatura de Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente, en segundo curso de bachillerato, si bien suele relacionarse con la alteración de las rocas y se obvia la estrecha relación del suelo con los organismos vivos y el papel que estos desempeñan en los ciclos biogeoquímicos, la producción vegetal y la ecología terrestre. Unos años atrás (BADÍA y MARTÍ, 1999), ya exponíamos la necesidad de incluir el concepto *suelo* en asignaturas relacionadas con las Ciencias Experimentales y Tecnología, tanto de la ESO como de bachillerato. De forma práctica y sencilla hemos propuesto “Experimentos didácticos con el suelo para la educación preuniversitaria” (<http://www.secs.com.es/actividades>). Y es que el suelo, por su composición y propiedades, ofrece la posibilidad de estudiarlo de forma pluridisciplinar, ya que en él se dan procesos físicos, químicos y biológicos (PORTA y cols., 2003).

Por otro lado, en la Universidad, incluso en aquellos grados con una fuerte orientación hacia la docencia, como la Biología y la Geología, o en aquellos que tienen que ver con la producción agraria, como la Ingeniería Agroalimentaria, la Edafología es una asignatura marginal. Por ello, los futuros profesores salen con un déficit de formación en esta materia, difícil de abordar de forma autodidacta. Tratando de concienciar a los ciudadanos del valor que tiene el suelo para producir alimentos sanos, agua de calidad y en la mitigación del cambio climático, y ser conscientes de que se trata de un recurso natural limitado y no renovable a escala humana, desde la Escuela Politécnica Superior de Huesca (EPSH) hemos venido elaborando material didáctico a diferentes niveles (fig. 6). Así, EDAFOS es un programa interactivo, multiplataforma, con ejemplos locales, útil para usarse de forma dirigida o como método de autoaprendizaje de los conceptos más básicos sobre la ciencia del suelo (<http://www.cienciadelsuelo.es/index1.html>); mientras el programa iARASOL recoge información de múltiples perfiles de suelos de Aragón, con su descripción morfológica y analítica (<http://www.suelosdearagon.com/>). Estos suelos se disponen en la Edafoteca de la EPS de Huesca para estudios futuros, contándose ya en estos momentos con unas mil muestras.



Fig. 6. Recursos didácticos *on-line* sobre la Ciencia del Suelo elaborados desde la Escuela Politécnica Superior de Huesca. Arriba: portal de la www.cienciadelsuelo.es, donde se dan a conocer los componentes, la formación y las funciones de los suelos.

Abajo: portal de la www.suelosdearagon.com, donde se muestra la distribución de los suelos por unidades de paisaje, desde el Pirineo central al valle medio del Ebro.

*Veinticinco años de investigación en ciencia del suelo
en la Politécnica de Huesca*

La Escuela Politécnica Superior tiene su germen en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial del Centro de Enseñanzas Integradas (actual IES Pirámide). En 1989, se transforma en Escuela Universitaria Politécnica de Huesca, al aprobarse el Plan de Estudios de Ingeniería Técnica en Explotaciones Agropecuarias (ITA) y, posteriormente, en 2001, en Escuela Politécnica Superior al organizarse las enseñanzas conducentes a la obtención del título de ingeniero agrónomo. Este centro, en su adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior, transformó esas enseñanzas al actual grado de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural e incorporó el grado de Ciencias Ambientales (2008). Dentro de este contexto, la docencia en ciencia del suelo ha tenido una amplia representación en asignaturas como Fitotecnia y Edafología, impartidas desde el curso 1991-1992. Alrededor de ellas, los profesores implicados en su docencia hemos investigado en suelos desde la doble perspectiva agronómica y ambiental. Entre las líneas de investigación podemos destacar la “Clasificación, cartografía y evaluación de suelos” que ha permitido caracterizar los suelos de diversas zonas del Alto Aragón (BADÍA, 1989; BADÍA y MARTÍ, 1999; BADÍA y cols., 2008) y sus ecosistemas (BADÍA y cols., 2002; 2004; 2009). Mención especial merece la caracterización de *Los suelos de los viñedos de la Denominación de Origen Somontano*, una primera aproximación a las tipologías de suelos de la zona (BADÍA y cols., 2006). En este libro se incluye un amplio catálogo de los perfiles edáficos más representativos de los viñedos, con una detallada descripción morfológica y analítica. Además, se evalúa el potencial de vigor y precocidad que el terreno impone a la viña y que, junto con el clima, la variedad y su manejo, confieren personalidad al vino de la Denominación de Origen Somontano. A este primer inventario de suelos deberá seguirle, en algún momento, la cartografía detallada de los mismos para conocer su distribución espacial y definir *terroirs* o zonas vitícolas homogéneas.

Toda la información adquirida sobre los suelos del Alto Aragón sirvió de base para organizar en Huesca la XXVII Reunión Nacional de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (BADÍA y cols., 2009) y para elaborar las mencionadas webs (www.cienciadelsuelo.es y www.suelosdearagon.com). También se han caracterizado suelos agrícolas desarrollados sobre las margas

eoceñas que abundan en el norte del Alto Aragón; se ha puesto de manifiesto su textura limosa, su bajo límite líquido, la baja estabilidad estructural de sus agregados, y ciertas propiedades expansivas, lo que confiere una alta erosionabilidad a los suelos (BADÍA y cols., 2015).

Paralelamente al estudio de los suelos agrícolas, se ha abordado el estudio de suelos bajo matorrales y bosques, desde los semiáridos ecosistemas en el valle medio del Ebro al Pirineo central. En este marco se ha estudiado el efecto de los incendios forestales sobre el suelo y la vegetación desde el año 1992. Así se ha analizado la evolución de la cubierta vegetal después del incendio, el estatus micorrízico de especies herbáceas y leñosas o la caracterización morfofuncional de las plantas. A nivel edáfico, los trabajos se han centrado en evaluar la efectividad de diversos tratamientos para el control de la erosión del suelo posterior al fuego, con la aplicación de acolchados, construcción de fajinas, etcétera (fig. 7). Más recientemente, como grupo FUEGOSOL (<http://fuegosol.weebly.com/>), se están evaluando los



Fig. 7. Evaluando la efectividad de las fajinas (en Luna, Cinco Villas) como fijadoras del suelo en zonas forestales afectadas por incendios con el doctor Peter Robichaud del US Forest Service. (Foto: Antonio Girona)



Fig. 8. El fuego prescrito en pastos matorralizados trata de recuperar el uso ganadero del territorio, minimizando los efectos dañinos sobre el suelo (Buisán, Sobrarbe).
(Foto: Antonio Girona)

efectos que las quemas prescritas de matorral espinoso tienen sobre el suelo y la vegetación. Estas quemas pretenden frenar la matorralización, y recuperar pastos en el Pirineo aragonés, pero se conoce escasamente la evolución de la cubierta vegetal y qué cambios cualitativos y cuantitativos se generan en el suelo tras el fuego prescrito (fig. 8), por lo que queda trecho por recorrer.

Así pues, el suelo, al igual que otros recursos naturales como el agua y el aire, es fundamental para la vida. Nuestro bienestar depende, en gran parte, de nuestra capacidad para manejar adecuadamente los suelos al ser un factor clave en la producción agrícola y forestal, por influir sobre el cambio climático y en los recursos hídricos. Para un correcto manejo, el conocimiento de las propiedades y la distribución espacial de los suelos es fundamental. Así dicha información es requerida en multitud de proyectos del ámbito de la restauración paisajística, la reforestación, la ordenación territorial, el saneamiento, la modernización de regadíos o la fertilidad agrícola,

por poner algunos ejemplos. Dada su lenta formación, el suelo es considerado como un recurso natural no renovable, que es necesario usar sin destruirlo, manteniendo un equilibrio entre las potencialidades del suelo y la presión de las actividades humanas, equilibrio que solo puede tener lugar si el hombre aprende a conocerlo y valorarlo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BADÍA, D. (1989). *Los suelos en Fraga: cartografía y evaluación*. IEA (Colección de Estudios Altoaragoneses, 30). Huesca. 207 pp. + 6 mapas.
- BADÍA, D. (1995). *La materia orgánica en suelos agrícolas semiáridos*. Servicio de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona.
- BADÍA, D. (2009). *Guía comarcal de la Red Natural de Aragón: Bajo Cinca*. Prames. Zaragoza. 191 pp.
- BADÍA, D., y cols. (2009). *Itinerarios edáficos por el Alto Aragón*. IEA (Colección de Estudios Altoaragoneses, 28). Huesca. 189 pp.
- BADÍA, D., y C. MARTÍ (1999a). Els sòls en l'agricultura i el medi ambient: una visió centrada en el Baix Cinca. *Anuari del Institut d'Estudis del Baix Cinca-IEA. Cinga*, 3: 35-47.
- BADÍA, D., y C. MARTÍ (eds.) (1999b). *Suelos del Pirineo central: Fragen*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria (MAPA) / Universidad de Zaragoza / Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón / IEA. Huesca. 190 pp.
- BADÍA, D., y C. MARTÍ (2009). Zonas afectadas por incendios forestales. Estudio de casos en el valle medio del Ebro. En A. Cerdà y J. Mataix (eds.), *Efectos de los incendios forestales sobre los suelos en España*: 158-183. Universitat de València. Valencia.
- BADÍA, D., y F. DEL MORAL (2016). Soils of Arid lands. En J. F. Gallardo Lancho (coord.), *The Soils of Spain*: 147-164. Springer International Publishing. Cham (Suiza).
- BADÍA, D., G. CHACÓN, J. L. ESCUER, C. ENRÍQUEZ y E. ROYES (2002). *Itinerarios naturalistas por el Bajo Cinca*. Prames. Zaragoza.
- BADÍA, D., E. CEBRIÁN, E. GONZÁLEZ, V. LABARA, M. SASOT, C. BARBACIL y T. TOMÁS (2004). *Fraga y el Bajo Cinca*. CAI (Colección Rutas por Aragón, 18). Zaragoza.
- BADÍA, D., J. A. CUCHÍ, C. MARTÍ y J. CASANOVA (2006). *Los suelos de los viñedos de la Denominación de Origen Somontano*. PUZ (Colección Ciencia, 8). Zaragoza. 205 pp.
- BADÍA, D., P. IBARRA, C. MARTÍ, C., LONGARES y Á. BELMONTE (2008). *El Aiguabarreig: suelos y paisajes*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón (Serie Investigación, 53). Zaragoza. 193 pp.
- BADÍA, D., D. ORÚS, J. R. DOZ, J. CASANOVA, R. M. POCH y M. T. GARCÍA GONZÁLEZ (2015). Mechanical indices and their relationships to standard properties in soils developed on Eocene marls (Inner Depression of the Central Spanish Pyrenees). *Catena*, 129: 86-94.

- NOGUÉS, J. (2002). *Mapa de suelos (E. 1 : 25 000) de Barbués y Torres de Barbués (Huesca). Aplicaciones para modernización de regadíos*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón (Serie Investigación, 36). Zaragoza. 175 pp. + 5 mapas.
- PORTA, J., M. LÓPEZ-ACEVEDO y C. ROQUERO (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 3.^a ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- PRATS, I. (1995). *Manual de gestió dels purins i de la seva reutilització agrícola*. Departament de Medi Ambient i Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- SEBASTIÁN, M., D. BADÍA y C. MARTÍ (2014). *Las formaciones edáficas en el abrigo de Forcas II: caracterización analítica*. En P. Utrilla y C. Mazo (eds.), *La Peña de las Forcas (Graus, Huesca)*: 95-104. Departamento de Ciencias de la Antigüedad. Universidad de Zaragoza (Monografías Arqueológicas 46). Zaragoza.
- <http://www.fao.org/resources/>
<http://www.suelosdearagon.com/>
<http://www.cienciadelsuelo.es/index1.html>
<http://www.edafologia.net/>
<http://edafologia.ugr.es/index.htm>
<http://www.secs.com.es/>

David BADÍA^{1,2,3}

¹ Profesor titular de universidad. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA. badia@unizar.es

² Asesor del Área de Ciencias Aplicadas y Tecnología del IEA.

³ Miembro de la Junta Directiva de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo – SECS.

ANEXO

Perfiles de suelo en el Alto Aragón. Se denomina *perfil* al corte vertical del terreno que permite estudiar el suelo, y cuyas variaciones en profundidad reflejan los cambios en el paisaje

Umbrisol

Umbrisol léptico (húmico, hiperdístico), sobre areniscas, en Aísa, a 1830 msnm.

Phaeozem

Phaeozem háptico (calcárico, esquelético), sobre tills, en Viu, a 1230 msnm.

Leptosol

Leptosol réndzico sobre calizas eocenas prepirenaicas, en Alquézar, a 670 msnm.

Kastanozem

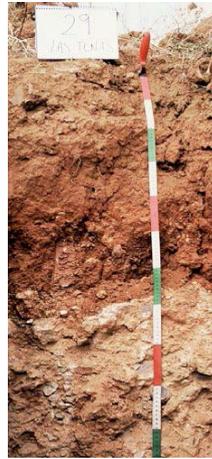
Kastanozem cálcico sobre plataforma estructural caliza, en el Montnegre de Mequinenza, 165 msnm.

Gipsisol



Gipsisol hipergépsico (límico) en yesos eocenos, en las Almuniets de Barbastro, 395 msnm.

Luvisol



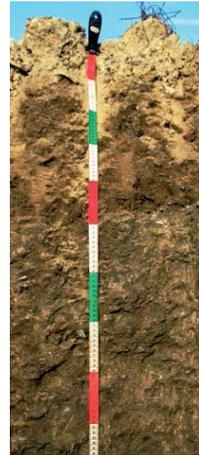
Luvisol cutánico, pétrico (crómico) en glaciis plioceno, Saso de Adahuesca, 615 msnm.

Fluvisol



Fluvisol háplico (calcárico, límico) sobre terraza holocena, río Alcanadre, Sariñena, a 220 msnm.

Regosol



Regosol háplico (calcárico, vértico) sobre margas eocenas, en ladera, Val Ancha de Jaca, a 900 msnm.