

Evaluación y propuestas de mejora de suelos dedicados a diferentes usos en un sector del Parque Natural de Montesinho, Portugal

AUTORES

Gutiérrez Montero M.¹

Fonseca F.²

Figueiredo T.²

Sánchez Bellón

A.^{@,1}
angel.sanchez@uca.es

© Corresponding Author

¹Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Campus Universitario de Puerto Real. 11510 Puerto Real, Cádiz, Spain.

²Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia. 5300-253 Bragança, Portugal.

Assessment and suggestions for improvement of soils with different uses in a sector of Montesinho Natural Park, Portugal
Avaliação e propostas de melhoria de solos com diferentes usos numa área do Parque Natural de Montesinho, Portugal

Received: 31.03.2017 | Revised: 19.07.2017 | Accepted: 23.07.2017

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar la calidad de cuatro suelos con usos y manejos diferentes (pasto, cereal, castañar y robledal) para comprobar si su uso es el adecuado y, en base a ello, proponer mejoras. El trabajo se realizó en Vilar de Ossos, un sector del Parque Natural de Montesinho, noreste de Portugal. Los resultados se consiguieron en campañas de campo y análisis de más de 25 parámetros en laboratorio (análisis textural, contenido de N, P y K, capacidad y cationes de cambio, pH, grado de saturación en cationes, materia orgánica, pedregosidad, profundidad útil y drenaje, entre otros). También se realizó una estimación de la erosión mediante la ecuación universal de pérdida de suelo. Los cálculos obtenidos dieron tasas bajas de erosión para pasto y robledal y medios para cereal y castañar. Con los resultados conseguidos se hicieron sendas evaluaciones mediante el sistema de Clases Agrológicas y el sistema de Riquier Bramao y Cornet, que adjudicaron clases aptas para el cultivo en todos los casos excepto para el castañar y que nos llevan a proponer un cambio de uso para el cereal. Finalmente, en base a las evaluaciones se hacen recomendaciones para una mejora de la calidad del suelo. Para el pastizal, se propone el control de sus valores nutricionales; para el cereal, un laboreo de conservación; para el castañar, evitar el laboreo; y para el robledal, sistema no antropizado, se propone dejarlo en su estado actual.

ABSTRACT

The main objective of this study is to evaluate the quality of four soils with distinct uses and managements (pasture, cereal, chestnut and oak) to check whether their use is appropriate and propose improvements. The investigation took place at Vilar de Ossos, a sector of Montesinho Natural Park in northeast Portugal. Results were obtained from field work and laboratory analyses of more than 25 parameters (textural analysis, nitrogen, phosphorous and potassium contents, cation exchange capacity and cation saturation percentage, pH, organic matter, stoniness, useful soil depth, drainage, etc.). An estimation of erosion was also made following the universal soil loss equation. Pasture and oak registered low values on soil erosion while cereal and chestnut had medium values in the same parameter. With the data obtained, we made soil evaluations according to the Agrologic Classes and the Riquier Bramao and Cornet systems. Results indicate that only chestnut soil had low qualities for farming, and that cereal soils needed a change of use. Finally, based on the assessments, recommendations to improve soil quality have been made. For the pasture soil, the proposal is to put the focus on the nutritional values. In the cereal soil, conservation tillage is proposed. In the chestnut soil, stopping the current plowing technique is suggested and, in the oak soil, which is a natural soil, the proposal is to leave it in its current state.

DOI: 10.3232/SJSS.2018.V8.N1.03

RESUMO

O principal objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade de quatro solos com diferentes usos e gestão (lameiro, cereal, souto e carvalhal) para verificar se o seu uso é apropriado e propor medidas para melhorar a qualidade do solo. O trabalho foi realizado em Vilar de Ossos, uma área incluída no Parque Natural de Montesinho, nordeste de Portugal. Os resultados foram obtidos a partir de amostras de solo colhidas no campo e posteriormente analisadas em laboratório para mais de 25 parâmetros (textura, teor de N, P e K, capacidade de troca catiónica e catiões de troca, pH, grau de saturação em catiões, matéria orgânica, pedregosidade, espessura efetiva, drenagem, etc.). As perdas de solo por erosão foram estimadas com base na equação universal de perda de solo. Os resultados obtidos mostram perdas de solo baixas para o lameiro e o carvalhal e médias para as áreas de cereal e de souto (castanheiros de fruto). A partir das análises laboratoriais e dos dados de erosão, realizaram-se avaliações de aptidão dos solos com base no sistema de Classes Agrológicas e no sistema de Riquier, Bramao y Cornet, que atribuíram classes aptas para o cultivo em todos os casos, exceto para o souto, propondo-se neste último caso uma mudança de uso para cereal. Finalmente, e com base nas avaliações realizadas recomendam-se algumas alterações de modo a melhorar a qualidade do solo. No caso do lameiro, propõe-se o controle dos seus valores nutricionais; para o cereal, uma lavoura de conservação; para o souto, evitar a lavoura; e para o bosque de carvalho, sistema natural, propõe-se deixá-lo no seu estado atual.

1. Introdução

Los suelos aportan gran cantidad de servicios ecosistémicos y suministran la mayor parte de los alimentos para la población y los animales. Por otra parte, el uso antrópico del suelo causa su deterioro a través de distintas formas de degradación, encontrándose entre las principales la erosión y la pérdida de materia orgánica. Para evitar la degradación, debe hacerse una evaluación del estado del suelo que permita establecer el uso más apropiado y el manejo más sostenible y acometer su posterior gestión.

El objetivo de este trabajo es evaluar la calidad del suelo de cuatro agroecosistemas (pastizal, cereal, castañar y robledal), estableciendo la idoneidad de cada terreno para distintos usos, con el fin de seleccionar el más adecuado y proponer mejoras de manejo. Para conseguir este objetivo se han caracterizado y clasificado los suelos; se ha estimado la erosión mediante la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) (Wischmeier & Smith 1978); y se ha evaluado la capacidad de los suelos mediante la clasificación de Clases Agrológicas (Klingebiel & Montgomery 1961) y su aptitud para diferentes cultivos mediante el sistema de Riquier et al. (1970). También se han establecido relaciones entre los suelos, usos a los que están destinados y manejos a los que están sometidos, y se han propuesto recomendaciones de uso, cambio de manejo y fertilización para una adecuada gestión y conservación de los mismos.

PALABRAS CLAVE

Calidad del suelo, agroecosistemas, erosión del suelo, usos y manejo del suelo, agricultura sostenible.

KEY WORDS

Soil quality, agroecosystems, soil erosion, soil use and management, sustainable agriculture.

PALAVRAS-CHAVE

Qualidade do solo, agro-ecosistemas, erosão do solo, uso e gestão do solo, agricultura sustentável.

2. Material y Métodos

2.1. Caracterización de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra en el noreste de Portugal, dentro del área del Parque Natural de Montesinho (PNM) (Figura 1). Concretamente, en la freguesía de Vilar de Ossos (Vinhais), dentro de la Serra da Coroa. La morfología

del PNM, en general, se caracteriza por presentar relieves suaves, resultantes de las características de las formaciones geológicas del Precámbrico y Paleozoico y de los agentes que las modelaron, dando como resultado su morfología actual (IPB/ICN 2007).

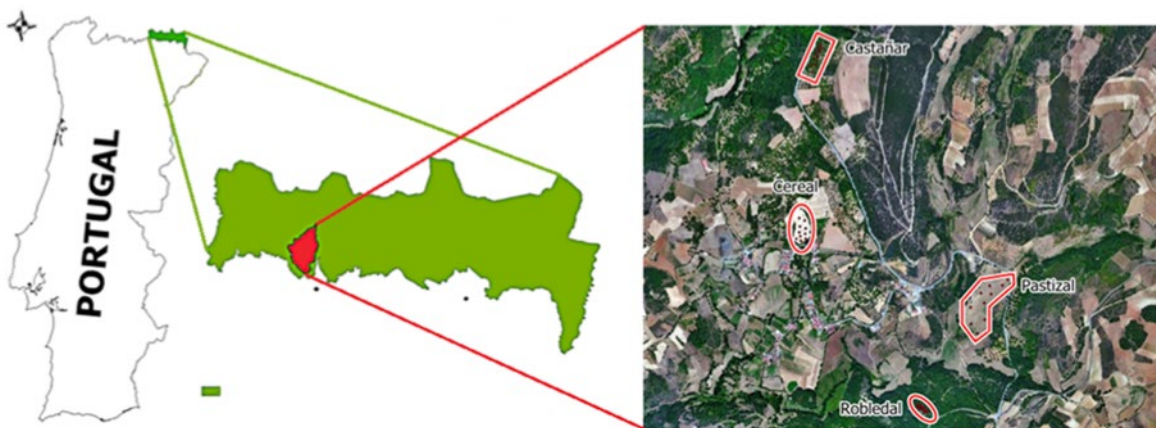


Figura 1. Localización del área y parcelas de estudio.

El clima, propio de tierra fría de meseta, tiene inviernos fríos y prolongados y veranos cortos y calurosos (Agroconsultores e Coba 1991). Los datos climáticos medios oscilan para la temperatura entre los 10 y 12,5 °C y la precipitación media anual es de 911 mm (INMG 1991, Climate-Data.org 2017 para el periodo 1982-2012). Los puntos de muestreo se sitúan en la Zona de Galiza-Trás-os-Montes, geológicamente constituida por la superposición de distintas unidades tectónicas alóctonas, que están sobre metasedimentos autóctonos paleozoicos de la Zona Centro Ibérica. Las rocas dominantes son esquistos, filitas, gneises y un complejo de rocas vulcano-silíceas (IPB/ICN 2007).

La vegetación es uno de los factores formadores del suelo más importante, ya que su génesis y evolución está siempre acompañada por comunidades vegetales que crecen y se desarrollan en los mismos (Jenny 1986; Thornes 1990). Además, la vegetación ejerce influencia

sobre algunas propiedades del suelo como la estructura, el contenido y tipo de materia orgánica, la porosidad y el agua disponible (Lorenzo et al. 2001). El suelo está amenazado por distintas formas de degradación, algunas de sus principales causas están relacionadas con su uso y manejo, como son las prácticas agrícolas inadecuadas y el sobrepastoreo (Coccosis 1991). De ahí el que sea importante conocer el manejo que se realiza en cada agroecosistema, el cual se describe dentro del siguiente apartado.

2.2. Parcelas de estudio y su manejo

Las parcelas de las que se han recogido las muestras se encuentran entre 820 m y 910 m de altitud. Están sometidas a diferentes usos (pasto, cereal, castaño y roble) y manejos. El tipo de agricultura de la zona de estudio es una agricultura de subsistencia. Los suelos sobre los que se encuentran estos cultivos fueron

previamente clasificados en estudios de mayor escala, según las cartas de Agroconsultores e Cuba (1991), como Leptosoles.

El pastizal, situado sobre una pendiente suave (4-7%), se encuentra sobre rocas cuarcíticas y filitas grises. Sobre él pasan cauces de aguas temporales. Está compuesto por especies forrajeras como leguminosas y gramíneas de secano que sirven para la alimentación del ganado ovino. El laboreo que hace el agricultor comienza en abril, agregando fertilizante granulado (nitrato amónico cálcico). Desde abril a julio se deja crecer la vegetación natural herbácea y a finales de este mes se hacen los fardos de heno. El resto del año hay actividad pastoril.

La parcela de cereal tiene una pendiente inclinada (7-13%) y se encuentra sobre rocas básicas. En este terreno se cultivan especies de secano, unas veces trigo y otras centeno. Se labra tres veces antes de plantar las semillas y se adiciona estiércol y fertilizante.

El terreno de castaña (*Castanea sativa*, spp) tiene una pendiente escarpada (16-29%) y su roca madre es el esquisto. Los castaños tienen una edad aproximada de 25 años y su densidad de población es de 100 individuos por hectárea. Esta tierra no se riega y se labra dos veces al año.

El robledal (*Quercus pirenaica*, spp), situado sobre una pendiente moderada (13-23%), se encuentra sobre esquistos cloríticos. Su densidad de población es en torno a 1000 individuos por hectárea. En este suelo no se ejerce ningún tipo de actividad desde hace más de treinta años, por lo que se ha desarrollado un sotobosque poco espeso formado por especies arbustivas, en su mayor parte *Retama sphaerocarpa* L, y un estrato herbáceo de poca densidad.

2.3. Muestreos y análisis de propiedades

Se realizaron campañas de campo para la recogida de muestras y para la descripción de los perfiles del suelo de cada parcela seleccionada. De cada terreno se recolectaron 20 muestras, obtenidas de 10 puntos distintos

y a dos profundidades diferentes (0-10 cm y 10-20 cm) del horizonte superficial del suelo, ya que éste es el que condiciona en mayor medida el desarrollo de los cultivos. Además, para estudiar los perfiles de suelo, se excavaron y describieron calicatas de aproximadamente 1,20 m.

También se hicieron campañas de campo de obtención de datos para la estimación de pérdida de suelo mediante la USLE, para la que se calcularon sus cinco factores. El Factor R (erosividad pluvial) se ha determinado mediante el índice de Fournier modificado por FAO & PNUMA (1980) utilizando para ello los valores de precipitación media anual y de cada mes (Climate-Data.org 2017). El Factor K (erodibilidad del suelo), se ha obtenido utilizando los datos del análisis mecánico o textural, porcentaje de materia orgánica, estructura y permeabilidad. La permeabilidad se determinó por el método de medición con nivel de agua constante descrito por Eijkelkamp (2003). Para el Factor LS (topográfico), se midió la longitud de la ladera y la pendiente y se utilizó la siguiente ecuación:

$$LS = (\lambda/22,13)^{0,5} \cdot (0,065 + 0,045 s + 0,0065 s^2)$$

donde λ es la longitud de la ladera (m) y s el porcentaje de pendiente.

Para el cálculo del Factor C (cubierta vegetal) se ha utilizado un marco de 50 cm de lado y se han determinado en él los porcentajes de vegetación, pedregosidad y residuos de cultivo. Igualmente se ha medido la altura de vegetación y altura de los árboles, la distancia entre éstos y el diámetro de las copas del castaña y robledal. Con toda esta información se ha utilizado la siguiente ecuación de cálculo:

$$C = CC \cdot SC$$

donde, **CC** es el efecto del cultivo y **SC** el efecto de los residuos:

CC = $1 - FC \exp(-0,34H)$; **FC** – cobertura del cultivo y **H** – altura del cultivo.

SC = $\exp(-3,5RC)$; **RC** – cobertura del suelo por residuos.

Para el Factor P (prácticas de conservación), es necesario saber el porcentaje de la pendiente y el sentido del arado, siendo calculado con ayuda de la tabla de Wischmeier & Smith (1978). Por último se multiplican los valores de los cinco factores para dar lugar a la pérdida de suelo en $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$.

Además se hicieron los análisis clásicos de las propiedades tanto físicas: textura manual y textura mediante el método de la pipeta de Robinson (USDA 1992); humedad, densidad aparente, permeabilidad y determinación del color mediante la carta Munsell; como químicas: pH potenciométrico en H_2O y en KCl; P y K asimilables a través del método Egnér-Riehm, descrito por Balbino (1968); N total en analizador elemental por combustión a $900\ ^\circ C$ y detección por quimioluminiscencia; y capacidad de cambio catiónico a través de su extracción con una solución de NH_4CH_3COO 1M a pH 7,0 (Thomas 1982). La determinación de las concentraciones en Ca^{2+} y Mg^{2+} fue realizada por espectrofotometría de absorción atómica y los contenidos de K^+ y Na^+ se realizó por espectrofotometría de emisión de llama. Acidez y aluminio de cambio, se determinaron adicionando KCl 1M. La acidez de cambio fue cuantificada por titulación con NaOH 0,1M y el aluminio de cambio por retrotitulación con HCl 0,1M (Thomas 1982). La materia orgánica se calculó multiplicando por el factor de Van Bemmelen (1,724) el contenido del carbono orgánico determinado en analizador elemental de carbono, por combustión a $900\ ^\circ C$ y detección por infrarrojos.

Para el análisis estadístico de los datos se ha estudiado si las muestras eran aleatorias (Test de Rachas). A continuación, se ha estudiado la normalidad de los datos (Test de Shapiro-Wilk). Si eran normales, se hizo un contraste de varianzas y por último un test de comparación de medias (T-student). Para muestras no normales, se pasó un test no paramétrico (Test de Wilcoxon).

2.4. Evaluación de suelos

Para intentar establecer el uso más adecuado de los suelos se han empleado dos métodos de evaluación. En primer lugar, se utilizó un sistema categórico, la clasificación de Clases Agrológicas, sistema propuesto por Klingebiel & Montgomery (1961). Este método establece la idoneidad de los suelos para diferentes usos: cultivo, pasto y bosque, asignando a cada suelo evaluado la clase correspondiente al factor más limitante. Las clases están ordenadas de mayor a menor idoneidad: clases I a III permiten un cultivo continuado cada vez con mayores restricciones; clase IV permite solo laboreo ocasional; clases V a VII son adecuadas solo para usos de pastos o forestales; la clase VIII solo es apta como reserva natural o espacios de ocio.

En segundo lugar, se aplicó el sistema paramétrico de Riquier et al. (1970). Es un sistema de valoración cuantitativa, mediante cálculo multiplicativo de los parámetros analizados y que no sólo valora la capacidad de un suelo para un determinado uso (cultivos agrícolas, pastos o bosques y árboles frutales), sino que determina su índice de productividad para cada uno de los tres usos. Los factores empleados, calculados y aplicados siempre de acuerdo con Riquier et al. (1970), fueron humedad (H), drenaje (D), profundidad efectiva (P), textura/estructura (T), saturación en cationes del complejo absorbente (N), concentración de sales solubles (S), contenido en materia orgánica (O), capacidad de intercambio catiónico de la arcilla (A) y reservas minerales (M). El cálculo del índice de productividad (IP) se realiza mediante la expresión siguiente:

$$IP = \frac{H}{100} \times \frac{D}{100} \times \frac{P}{100} \times \frac{T}{100} \times \frac{N}{100} \times \frac{S}{100} \times \frac{O}{100} \times \frac{A}{100} \times \frac{M}{100} \times 100$$

Además, el sistema de evaluación permite el cálculo de la productividad potencial aplicando la expresión anterior tras la corrección de los factores más limitantes en cada tipo de uso.

3. Resultados y Discusión

3.1. Descripción y clasificación de los perfiles de suelos

Se ha obtenido una tipología de grupos principales de suelos, según la clasificación de la FAO (IUSS Grupo de Trabajo WRB 2007), distinta a la descrita en estudios anteriores realizados a mayores escalas (Agroconsultores e Coba 1991) y para los cuales todos los suelos de esta zona eran Leptosoles, suelos muy pobres y limitados por roca dura en sus primeros 50 cm.

Suelo de Pastizal (X: 7° 1' 30,695" W, Y: 41° 52' 29,773" N)

A continuación se describe el perfil de suelo representativo (**Figura 2**) de las parcelas del pastizal que se completa con las tablas de datos analíticos (**Tablas 1 y 2**).

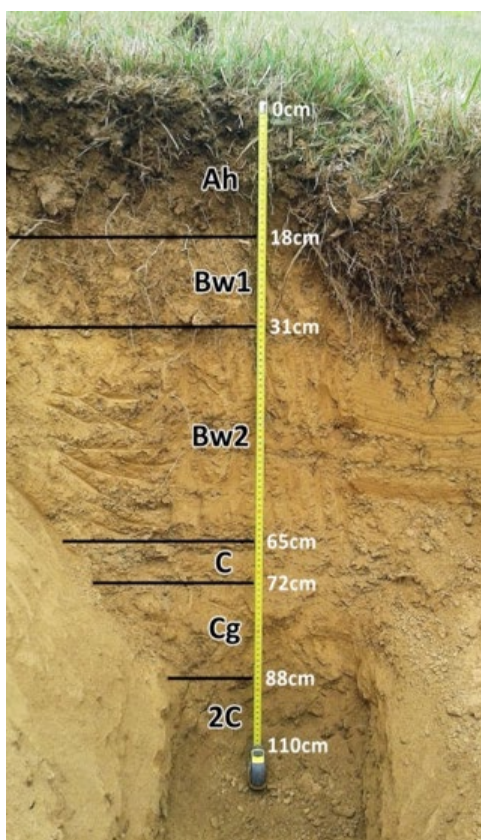


Figura 2. Perfil de suelo de pastizal.

Ah (0-18 cm) – Color en seco, 10YR 5/4, pardo amarillento; textura franca; estructura grumosa media, fuerte, con 0% de elementos gruesos; muy poroso; consistencia friable; abundantes raíces, esencialmente finas; horizonte rico en materia orgánica.

Bw1 (18-31 cm) – Color en seco, 10YR 5/4, pardo amarillento; textura franco-arcillosa con 0% de elementos gruesos; estructura primaria poliédrica gruesa, fuerte y estructura secundaria granulosa/grumosa, fina y muy fina, moderada/fuerte; porosidad débil; compactación media; raíces finas y medias.

Bw2 (31-65 cm) – Color en seco, 10YR 5/6, pardo amarillento; textura franco-arcillosa, con elementos gruesos de rocas de tamaño grava fina; estructura poliédrica media, fuerte; es un poco más compacto que el horizonte superior; consistencia friable; algunas raíces finas y pocas medias.

C (65-72 cm) – Color en seco, 2,5Y 6/4, pardo amarillento claro; textura franco-arenosa; horizonte de material aparentemente transportado con mezcla de grava fina (2-5 mm) y grava gruesa (5-20 mm) con tierra fina, en una proporción de 1:1; horizonte delgado y con pocas raíces.

Cg (72-88 cm) – Color en seco, 10YR 6/6, amarillo parduzco; textura franca; estructura muy débil con agregados incipientes; compactación más fuerte que el anterior; consistencia friable; pocas raíces y finas; superficies manchadas de gris y rojo con indicación de hidromorfía por capa freática temporal.

2C (88-110 cm) – Color en seco, 10YR 6/6, amarillo parduzco; textura franco-arenosa; poca presencia de raíces; horizonte semejante al C pero con material grueso de rocas de dimensión piedra; parece un depósito de material grueso coluvial.

Datos analíticos:

Tabla 1. Análisis físico-químicos del suelo de pastizal

Profundidad (cm)	AG	AF	Limo	Arcilla	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	H	Dap
		(%)			(g kg ⁻¹)		(mg kg ⁻¹)		(%)	(g cm ⁻³)
0-10	8	32,18	37,36	20,80	29,8	2,67	6,66	68,1	2,32	0,91
10-20	9,1	31,12	39,5	20,28	19,85	1,9	2,65	48,4	-	1,12

AG: arena gruesa, AF: arena fina, C: carbono orgánico, N: nitrógeno, H: humedad (% en masa), Dap: densidad aparente.

Tabla 2. Análisis químicos del suelo de pastizal

Profundidad (cm)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SBC	Al ⁺⁺⁺	AC	CCC	V	pH
					(cmol _c kg ⁻¹)				(%)	(H ₂ O)
0-10	1,22	0,41	0,15	0,21	1,98	0,02	0,15	2,13	92,03	5,75
10-20	1,17	0,42	0,12	0,18	1,89	0,05	0,12	2,01	93,81	5,87

SBC: Sumatoria de cationes de cambio, AC: Acidez de cambio, CCC: Capacidad de cambio catiónico, V: Grado de saturación en cationes, pH: pH en agua.

Clasificación:

En base a la secuencia de horizontes principales o genéticos descritos, y a los horizontes diagnóstico que a éstos se le han podido asignar (Ah; Bw1 y Bw2 cámbico; C; Cg; 2C), según la clasificación de la FAO (IUSS Grupo de Trabajo WRB 2007), se trataría de un Cambisol Endoestagnico (Eútrico, Endoesquelético).

Es clara la aparición de un horizonte cámbico de alteración que nos llevaría a este grupo principal de media evolución. La unidad endoestagnica se debe a la hidromorfía temporal que produce el moteado de coloraciones al mismo tiempo grises y rojizas. El calificador eútrico se deriva de su grado de saturación en cationes superior al 50% y endoesquelético al presentar más del 40% de gravas y fragmentos gruesos promediado entre 50 y 100 cm de profundidad.

Suelo de Cereal (X: 7° 2' 8,282" W, Y: 41° 52' 39,155" N)

En la **Figura 3** se muestra el perfil de suelo representativo de las parcelas de cereal,

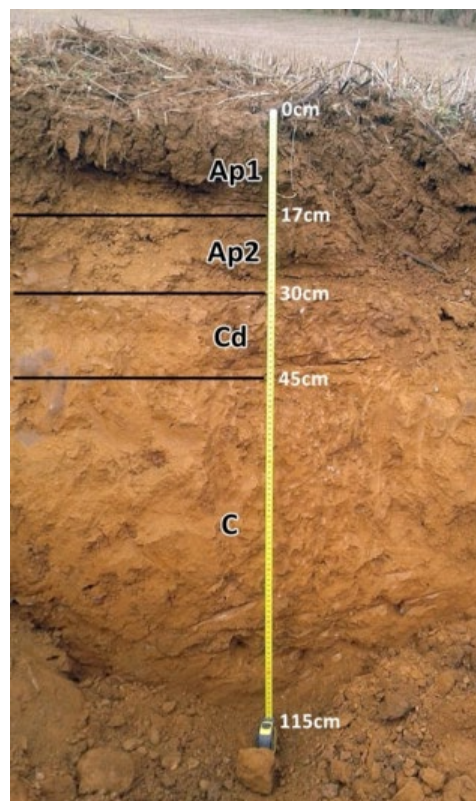


Figura 3. Perfil de suelo de cereal.

cuya descripción de horizontes se detalla a continuación y se complementa con las tablas de datos analíticos (Tablas 3 y 4).

Ap1 (0-17cm) – Color en seco, 10YR 6/6, amarillo parduzco; textura franco-arenosa con bajo porcentaje de elementos gruesos y los que hay tienen dimensiones de grava fina y grava gruesa; estructura granular media/fina, moderada/fuerte; bastantes poros finos y algunos bioporos evidentes; compactación variable media/elevada; consistencia friable, con un poco más de humedad sería plástico; pocas raíces finas. En este horizonte hay una subdivisión.

Ap2 (17-30 cm) – Puede ser considerado una subdivisión del horizonte superficial, se caracteriza por tener un color menos oscuro y es un poco más compacto.

Cd (30-45 cm) – Color en seco, 10YR 5/6, pardo amarillento; textura franco arenosa; compactación muy elevada debido al paso de las máquinas de labor; muy poca presencia de raíces y las que hay son muy finas.

C (45-115 cm) – Color en seco, 7,5YR 5/8, pardo intenso; textura franco-arenosa con muy pocos elementos gruesos; estructura incipiente de agregados de dimensión muy gruesa, poliédricos fuertes, que se resuelven en agregados granulares finos y medios débiles; compactación elevada; pocas raíces y muy finas.

El perfil en general muestra una elevada homogeneidad.

Datos analíticos:

Tabla 3. Análisis físico-químicos del suelo de cereal

Profundidad (cm)	AG	AF	Limo	Arcilla	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	H	Dap
			(%)		(g kg ⁻¹)		(mg kg ⁻¹)		(%)	(g cm ⁻³)
0-10	21,24	44,19	17,63	16,93	7,46	0,87	55,97	96,7	1,56	1,37
10-20	22,3	45,56	20,9	11,2	6,89	0,8	50,16	89,7	-	1,45

AG: arena gruesa, AF: arena fina, C: carbono orgánico, N: nitrógeno, H: humedad (% en masa), Dap: densidad aparente.

Tabla 4. Análisis químicos del suelo de cereal

Profundidad (cm)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SBC	Al ⁺⁺⁺	AC	CCC	V	pH
					(cmol _c kg ⁻¹)				(%)	(H ₂ O)
0-10	1,13	0,3	0,19	0,14	1,76	0,11	0,2	1,96	89,95	5,4
10-20	1,13	0,3	0,17	0,13	1,72	0,11	0,2	1,92	89,66	5,41

SBC: Sumatoria de cationes de cambio, AC: Acidez de cambio, CCC: Capacidad de cambio catiónico, V: Grado de saturación en cationes, pH: pH en agua.

Clasificación:

Siendo los horizontes principales (Ap1; Ap2; Cd; C), sin epipedión diagnóstico y de acuerdo con la clasificación de la FAO (IUSS Grupo de Trabajo WRB 2007), este suelo se clasifica como un

Regosol (Eútrico, Dénsico). Se trata de un suelo con una baja evolución sobre una roca blanda en la que el horizonte superficial no alcanza las propiedades necesarias para ser definido como móllico o úmblico al ser demasiado claro y tener un contenido en materia orgánica limitado.

Ambas circunstancias son consecuencia del cultivo al que está sometido, que favorece la mezcla de materiales con el horizonte inferior y la mineralización de la materia orgánica por la remoción y aireación derivada del arado. El calificador eútrico lo toma al tratarse de un suelo saturado en cationes de cambio y dénsico por presentar compactación.

Suelo de Castaña (X: 7° 1' 42,575" W, Y: 41° 52' 11,694" N)

Los datos analíticos recogidos en las **Tablas 5 y 6**, y la descripción de horizontes que se realiza a continuación, describen el perfil de suelo (**Figura 4**) representativo de las parcelas de castaña.

Ap1 (0-22 cm) – Color en seco, 10YR 6/4, pardo amarillento claro; textura franco-arenosa con algunos elementos gruesos de dimensión de grava fina y grava gruesa; estructura grumosa, media/fina, moderada; bastantes poros finos y medios; compactación blanda; consistencia friable, plástica en estado húmedo; bastantes raíces finas y medias. Es un horizonte frecuentemente movilizado.

Ap2 (22-34 cm) – Color en seco, 10YR 6/4, pardo amarillento claro; textura franco-arenosa, con muchos elementos gruesos en porcentaje superior al horizonte superior; estructura grumosa, fina y muy fina, débil; bastantes poros finos; compactación media; consistencia friable; bastantes raíces finas, medias y algunas gruesas.

C (34-65 cm) – Roca desintegrada; fragmentación en bloques poliédricos y también

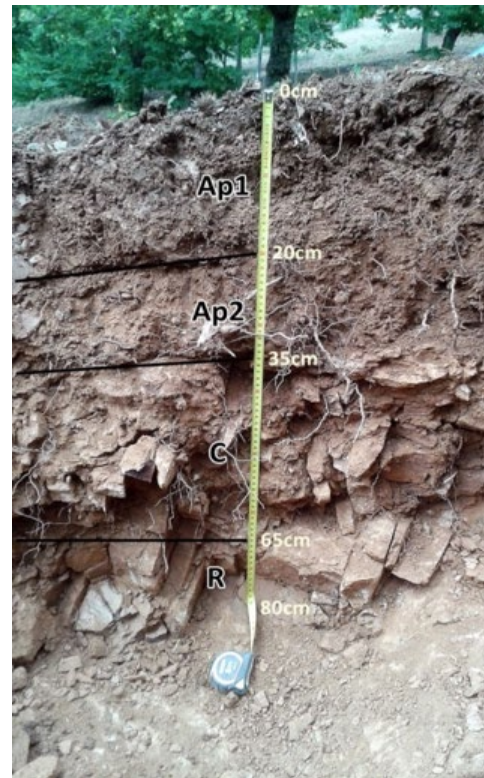


Figura 4. Perfil de suelo de castaña.

con tendencia platiforme; cerca del 20% de tierra fina; la fisuración es preferentemente vertical; bastantes raíces medias y finas.

R (65-85 cm) – Roca muy fragmentada, pero menos que el horizonte anterior; con el mismo patrón de fragmentación; casi sin tierra fina; muy pocas raíces.

Datos analíticos:

Tabla 5. Análisis físico-químicos del suelo de castaña

Profundidad (cm)	AG	AF	Limo	Arcilla	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	H	Dap
			(%)		(g kg ⁻¹)		(mg kg ⁻¹)		(%)	(g cm ⁻³)
0-10	33,73	27,28	23,64	15,35	16,59	1,62	119,38	204,1	1,5	1,34
10-20	35,24	27,99	21,11	15,66	10,99	1,15	86,37	132,5	-	1,38

AG: arena gruesa, AF: arena fina, C: carbono orgánico, N: nitrógeno, H: humedad (% en masa), Dap: densidad aparente.

Tabla 6. Análisis químicos del suelo de castañar

Profundidad (cm)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SBC	Al ⁺⁺⁺	AC	CCC	V	pH
	(cmol _c kg ⁻¹)								(%)	(H ₂ O)
0-10	2,19	0,93	0,51	0,1	3,72	0,78	0,99	4,71	77,25	5,03
10-20	1,22	0,52	0,33	0,1	2,18	1,74	1,96	4,14	50,57	4,71

SBC: Sumatoria de cationes de cambio, AC: Acidez de cambio, CCC: Capacidad de cambio catiónico, V: Grado de saturación en cationes, pH: pH en agua.

Clasificación:

Tras asignar los horizontes principales (Ap1; Ap2; C; R) y sin horizontes diagnóstico, se ha llegado a la conclusión de que, según la clasificación de la FAO (IUSS Grupo de Trabajo WRB 2007), se trata de un Regosol (Eútrico, Esquelético).

Al igual que en el caso del cultivo de cereal, estos suelos del castañar presentan una baja evolución. Si bien el grado de laboreo es menor que en el cereal, existen otras limitaciones para su evolución, como son la alta pendiente de la zona y la presencia de abundante pedregosidad.

Aunque el grado de saturación en cationes es menor que en los dos suelos precedentes, y en la muestra inferior analizada se sitúa cerca del 50%, la mayor saturación de la parte superior nos lleva a optar por el calificativo de eútrico. La fuerte pendiente, sin duda, colabora a que las elevadas precipitaciones vayan produciendo el lavado del complejo de cambio pudiendo desembocar en suelos dístricos en el futuro. Al presentar más del 40% de gravas y fragmentos gruesos hasta roca continua se califica como esquelético.

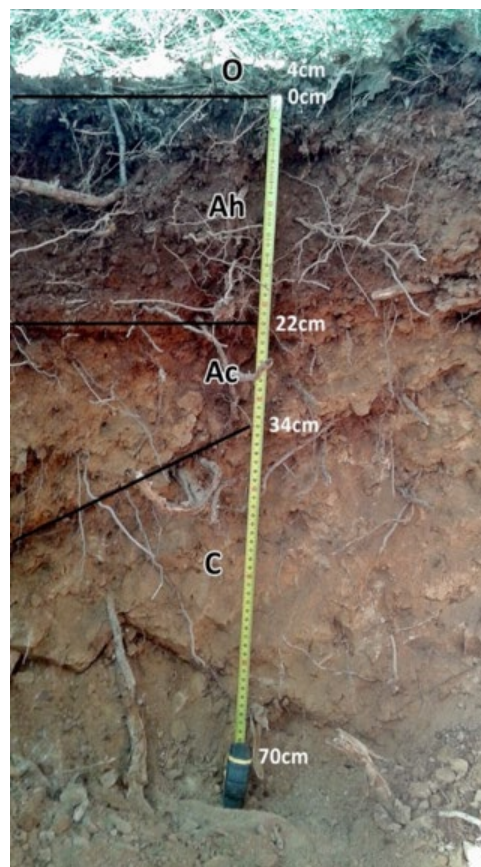


Figura 5. Perfil de suelo de robledal.

Suelo de Robledal (X:7° 2' 5,651" W, Y: 41° 53' 3,926" N)

A continuación se describe el perfil de suelo representativo (**Figura 5**) de las parcelas de robledal que se completa con las tablas de datos analíticos (**Tablas 7 y 8**).

O (4-0 cm) – Hojarasca. Material poco descompuesto y evolución muy incipiente; humus de tipo mor.

Ah (0-22 cm) – Color en seco, 10YR 4/3, pardo amarillento oscuro; textura franco-arenosa, bastantes elementos gruesos de tamaño grava fina, grava gruesa y algunas piedras; estructura grumosa, media/fina y moderada; bastantes poros medios y finos; compactación media/blanda; consistencia friable; muchas raíces gruesas, medias y finas.

AC (22-30/48 cm) – Color en seco, 10YR 6/6, amarillo parduzco; textura franca, con partículas gruesas de roca muy alterada, muy blanda, resolviéndose en arena o limo; estructura incipiente, esferiforme fina, débil; bastantes poros medios y finos; compactación media; consistencia friable; muchas raíces gruesas, medias y finas.

C (30/48-75 cm) – Color en seco, 10YR 6/6, amarillo parduzco; textura franca; roca muy desagregada con 40% de tierra fina, fácilmente deshecha en tierra fina por la acción del martillo; algunas raíces gruesas y medias y pocas finas.

Datos analíticos:

Tabla 7. Análisis físico-químicos del suelo de robleal

Profundidad (cm)	AG	AF	Limo	Arcilla	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	H	Dap
		(%)			(g kg ⁻¹)		(mg kg ⁻¹)		(%)	(g cm ⁻³)
0-10	20,15	44,11	16,23	19,51	25,22	2,12	14,27	234	2,06	1,1
10-20	22,48	45,69	19,78	12,05	16,25	1,55	4,68	167,6	-	1,28

AG: arena gruesa, AF: arena fina, C: carbono orgánico, N: nitrógeno, H: humedad (% en masa), Dap: densidad aparente.

Tabla 8. Análisis químicos del suelo de robleal

Profundidad (cm)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SBC	Al ⁺⁺⁺	AC	CCC	V	pH
					(cmol _c kg ⁻¹)				(%)	(H ₂ O)
0-10	3,07	1,3	0,61	0,12	5,10	1,27	1,84	6,94	70,98	4,89
10-20	1,25	0,81	0,43	0,11	2,60	2,47	2,84	5,44	47,32	4,66

SBC: Sumatoria de cationes de cambio, AC: Acidez de cambio, CCC: Capacidad de cambio catiónico, V: Grado de saturación en cationes, pH: pH en agua.

Clasificación:

Después de analizar los horizontes genéticos y diagnósticos (Ah móllico; AC; C), según la clasificación de la FAO (IUSS Grupo de Trabajo WRB 2007), este suelo se clasificaría como un Phaeozem Háplico.

La menor pendiente comparada con la de la zona de castañar y el hecho de que se trate de un suelo libre de laboreo y sin perturbación por parte del hombre durante las últimas décadas, ha permitido una mayor acumulación de materia orgánica y alcanzar un espesor del horizonte superficial suficiente para definir al horizonte superficial como móllico.

Esto permite clasificar al perfil como un suelo de media evolución por desarrollo de un

epipedión de buenas propiedades, en este caso un Phaeozem. Al no presentar otros rasgos característicos o definitorios se le asigna el calificador de háplico.

3.2. Erosión del suelo mediante USLE

De forma genérica se observan escasas formas erosivas en las laderas de las parcelas utilizadas en el estudio, tan solo se aprecian algunos regueros en el caso del cereal en el que, aunque se realiza laboreo tres veces al año, el hecho de efectuarlo siguiendo las curvas de nivel reduce su impacto negativo. En el caso del pastizal se observan algunas formas erosivas aisladas asociadas a los cursos de agua temporales que atraviesan la zona baja de la parcela. No hay conectividad generalizada a lo largo de la ladera

en ninguno de los dos casos. La presencia de castaños y robles en las otras dos parcelas evita la aparición de regueros y surcos a pesar de que la pendiente es mayor.

Según los resultados obtenidos en cada parámetro de la ecuación universal de pérdida de suelo USLE (Wischmeier & Smith 1978), se observa (Tabla 9) que el factor R tiene el mismo valor en las cuatro parcelas al estar situadas en la misma zona.

Tabla 9. Valores parciales de los factores y finales de erosión de los agrosistemas estudiados

Agrosistema	R	K	LS	C	P	USLE
Pastizal	92,71	0,19	0,92	0,01	1	0,24
Cereal	92,71	0,09	3,99	0,34	0,8	24,12
Castañar	92,71	0,13	10,07	0,61	0,99	97,02
Robledal	92,71	0,12	5,21	0,03	1	3,65

R: erosividad de la lluvia ($\text{hJ} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{cm} \cdot \text{hora}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$), K: erodibilidad del suelo ($\text{tm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{hora} \cdot \text{hJ}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$), LS: longitud de ladera e inclinación (adimensional), C: cubierta vegetal (adimensional, entre 0 y 1), P: prácticas de conservación (adimensional, entre 0 y 1), USLE: erosión ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$).

En cuanto a los valores obtenidos en el factor K, el suelo del pastizal, según sus características intrínsecas, es el que presenta mayor susceptibilidad a la erosión por desprendimiento y transporte de partículas por la lluvia. A pesar de tener un contenido mayor en materia orgánica, su textura franca, lo lleva a presentar un valor más alto que los demás. Aun así, los cuatro suelos están dentro de los rangos normales de erodibilidad.

Según el factor LS, vemos que el suelo más susceptible a la erosión por este factor es el castañar al ser su pendiente total la mayor, en torno al 30%.

En la interpretación del factor C, la cobertura del cultivo es mayor en el robledal que en el pastizal pero hay que tener en cuenta la altura de la vegetación, ya que en zonas forestales la caída de la gota desde la copa del árbol permite que esta cobre velocidad y por tanto mayor incidencia. Esta, unido a que el sotobosque es poco espeso, es la razón por la que, al aplicarse el cálculo, el pastizal presenta un valor más bajo que el robledal. Aunque el porcentaje de cobertura del suelo por residuos sea prácticamente el mismo, es el pastizal el que tiene menor erosión según este factor.

El cereal tiene menor erosión que el castañar al tratarse de una especie forrajera que alcanza cerca de un 98% de cobertura. Para el cereal también se ha tenido en cuenta el tiempo que el suelo solo está con los residuos de la cosecha, así como el tiempo que queda casi sin nada de residuos por ser labrado. Aun así, los cálculos determinan que el castañar sufre mayor erosión.

El factor P, dependiente de las distintas técnicas de cultivo, condiciona también la erosión de los suelos. Al pastizal y robledal se le asigna el valor uno porque no están sometidos a ninguna práctica de conservación. Los otros dos cultivos se labran en contorno y por tanto sufren menor erosión que si lo estuvieran a favor de la línea de máxima pendiente tal y como es frecuente en grandes áreas de la península. En el caso del castañar, esta reducción de la erosividad es menor debido a su alta pendiente.

Por último, si observamos el cálculo final, los suelos menos susceptibles a la erosión son el pastizal y robledal. Según esta ecuación, para el pastizal habría que tomar pocas medidas a fin de evitar la erosión, ya que es casi nula, al igual que el robledal, que también tiene un valor muy bajo. El castañar es el que tiene mayor pérdida de suelo debido a su pendiente y a que se labra,

y, por tanto, no hay suficiente cobertura vegetal. La parcela de cereal, sin embargo, sufre menos erosión que la anterior principalmente por la baja pendiente.

3.3. Evaluación de la capacidad del suelo según el sistema de Clases Agrológicas

Se ha realizado la evaluación categórica de las Clases Agrológicas analizando un total de quince parámetros (ver **Tabla 10**). Según esta evaluación, el pastizal es un suelo de subclase IIIew (**Tabla 10**), esto quiere decir que es un sue-

lo medianamente bueno que puede usarse para cultivo pero con importantes limitaciones. En este caso está limitado por la erosión debida a la pendiente y por el drenaje, de ahí los sufijos e y w. A los suelos de esta clase se les recomienda cultivos herbáceos que cubran bastante el terreno y protejan al suelo, como es por ejemplo el heno. Por tanto, este método de evaluación corrobora que el tipo de cultivo existente es el más apropiado. Si se quisiera mejorar la calidad del suelo o si se quisiera trabajar otro tipo de cultivo, como por ejemplo el cereal, habría que abordar los dos factores limitantes mencionados.

Tabla 10. Clases Agrológicas de los suelos estudiados

Parámetros	Clases Agrológicas							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Pendiente (%)								
Profundidad útil (cm)								
Pedregosidad (%)								
Rocas (%)								
Encharcamiento								
Drenaje								
Textura								
Gravas (%)								
Materia orgánica (%)								
pH								
Grado de saturación en cationes (%)								
Salinidad (dS m ⁻¹)								
Meses secos								
Riesgo de heladas								
Erosión (tm ha ⁻¹ año ⁻¹)								

Pastizal (color verde), Cereal (color naranja), Castañar (color rojo) y Robledal (color morado).

A los suelos de robledal y cereal les corresponden respectivamente las subclases IVe y IVs. La clase IV engloba a suelos muy malos con los que hay que tener especial cuidado, ya que tienen limitaciones permanentes y bastante severas. En el caso del robledal podemos observar que los aspectos a mejorar serían el pH y la erosión debida a la pendiente (subíndice e), mientras que para los suelos del cereal el mayor problema lo causa la profundidad útil (subíndice s).

Por último, al castañar le corresponde la subclase VIe. Significa que no son suelos aptos para el

cultivo, siendo de nuevo el factor más limitante la pendiente (subíndice e). Pueden dedicarse para uso forestal y pastoreo, pero controlando siempre que se mantenga la cubierta vegetal.

3.4. Evaluación de la idoneidad del suelo según el sistema de Riquier, Bramao y Cornet

También se ha realizado la evaluación de suelos según el método de Riquier et al. (1970), los resultados obtenidos se muestran en **Tabla 11**.

Tabla 11. Evaluación mediante el sistema de Riquier Bramao y Cornet de los suelos estudiados

Factores Determinantes / Cultivos	Pastizal			Cereal			Castañar			Robledal		
	C	P	A	C	P	A	C	P	A	C	P	A
H. Humedad	80	70	70	80	70	70	80	70	70	80	70	70
D. Drenaje	40	100	10	100	80	100	100	80	100	100	80	100
P. Profundidad efectiva	100	100	80	50	80	20	80	90	60	80	90	60
T. Textura/estructura	100	100	100	90	90	90	30	50	80	60	90	100
N. Grado de saturación en cationes	100	100	100	100	100	100	80	90	100	80	90	100
S. Sales solubles	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
O. Materia orgánica	90	90	90	80	80	80	80	80	80	90	90	90
A. Capacidad de cambio en arcilla	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
M. Reservas minerales	95	95	95	100	100	100	95	95	95	95	95	95
Índice de Productividad (%)	23,3	50,9	4,07	24,5	27,4	8,57	9,9	14,7	21,7	22,3	29,7	30,5
Productividad Potencial (%)	46,5	65,4	16,3	39,2	35,3	12,2	20,0	26,4	28,9	29,8	38,1	40,7

(C) Cultivos agrícolas; (P) Pastos; (A) Forestal o cultivo de árboles frutales.

Con estos datos, se deduce que los suelos del pastizal, castañar y robledal son suelos adecuados para los usos que se les están dando actualmente, mientras que en el caso del cereal, el índice de productividad es mayor para pasto (27,4%). Esto nos llevaría a proponer su cambio de uso de cultivo de cereal a pasto, aunque seguiría habiendo factores limitantes que habría que mejorar (aquellos Factores Determinantes (FD) que presentan menor valor en la **Tabla 11**). No obstante, si mejoramos el factor más limitante (profundidad efectiva) en cada uno de los usos posibles (cultivo, pasto y forestal), la productividad potencial (calculada con la mejora

de este factor más limitante), para el caso del cereal pasa a ser mayor para el cultivo (39,2%), por lo tanto, si no se quiere abordar el cambio de uso propuesto, habría que mejorar la profundidad efectiva.

3.5. Propuestas de mejora

Por último, a partir de todos los datos analizados y los resultados de las tablas que nos indican hacia dónde podemos enfocar la mejora, se proponen medidas correctoras para los distintos suelos:

Pastizal

En el pastizal habría que tener en cuenta la capacidad de carga de la parcela. Se ha intentado estimar la capacidad de carga para este pastizal. Teniendo en cuenta el número de ovejas que van a pastar (220), el área del terreno (5 ha), la productividad del terreno (117.000 kg) y la cantidad ingerida por cabeza de ganado en un año (664,3 kg), el resultado de la capacidad de carga fue 176 ovejas. Esto significa, que para poder mantener las 220 ovejas, se necesita que roten a otros pastizales durante el año.

En cuanto a consejos sobre fertilización, teniendo en cuenta que los niveles medios para los primeros veinte centímetros (**Tabla 1**) de N son altos (2,28 g kg⁻¹), los de P muy bajos (4,6 mg kg⁻¹) y los de K medios (58,25 mg kg⁻¹), debería de plantearse un cambio en el tipo de fertilizante.

Para este terreno, las cantidades a aplicar de P son de enriquecimiento y no de mantenimiento, y por tanto, según los contenidos actuales y las necesidades de la vegetación (Fuentes 2002), habría que añadir 286 Kg ha⁻¹. Como el K está en valores medios, la recomendación sería de mantenimiento, 156 Kg ha⁻¹. Debido al pH del terreno no haría falta hacer enmienda cálcica más allá de la necesaria para el mantenimiento.

Cereal

La primera consideración que hay que tener en cuenta es que el arado ha de hacerse en contorno, es decir, siguiendo de forma paralela las curvas de nivel, de esta manera se obstaculiza el recorrido del agua y se disminuye de forma considerable la erosión.

En cuanto a la maquinaria, el método ideal sería la siembra directa, que reduce al mínimo el laboreo. Sería la mejor opción desde el punto de vista de la conservación de la calidad de los suelos, ya que no provoca suela de labor, que es el factor más limitante en este suelo obtenido en la evaluación paramétrica y agrológica. No obstante, en nuestra zona de estudio puede haber problemas en la generalización de su uso, ya que la pedregosidad de algunas zonas complicaría su aplicación. Por tanto, se ha pensado en otras opciones.

En el laboreo convencional, se utilizan comúnmente las vertederas y arados de discos, pero éstas invierten la tierra, la mezclan y la pulverizan (FAO 2015). Una alternativa es el laboreo de conservación dejando después de sembrar una proporción apreciable de residuos de la cosecha anterior.

Para la zona estudiada se propone un laboreo bajo cubierta de rastrojo que consiste en la incorporación de un mínimo de un 30% de residuos de cosecha en el suelo. De esta manera se incrementa el contenido en materia orgánica de lenta descomposición y liberación de nutrientes. Para el laboreo primario se utilizaría el arado cincel y para el laboreo secundario, que es una labor superficial, se utilizan rastras de púas o cultivadores de brazo flexible (Fuentes 2002).

El arado cincel, arado vertical que no invierte las capas del suelo, provoca vibraciones que son capaces de fisurar el suelo a más profundidad de la que se está arando (lo que ayudaría a romper suelas de labor existentes).

Se propone labrar solo cuando se va a realizar la siembra. Esto puede llevar asociado el crecimiento excesivo de maleza y malas hierbas. En el área de estudio se recomienda efectuar el control de estas hierbas con pastoreo, principalmente de ovino. De esta forma también se logra evitar la contaminación de los herbicidas. Esta combinación de laboreo y control de adventicias, debido al aumento del contenido de materia orgánica conseguido con las heces de los animales y con los residuos de las cosechas esparcidas por el terreno, haría innecesaria la adición de estiércol, lo que también evitaría la necesidad de arar para mezclarlo con la tierra.

Para evitar la erosión proponemos una rotación de cultivos. Para la rotación se ha pensado que la mejor opción sería cultivar también leguminosas. Diversos trabajos desarrollados sobre el sistema de rotación de trigo-leguminosa, han demostrado la influencia positiva de las leguminosas sobre la producción del trigo, así como la mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo (Wortmann et al. 2000).

El tipo de leguminosa que se propone, es el altramuz. Tras un estudio realizado en Galicia (Sau et al. 1994) se ha comprobado que este

cultivo tiene una alta capacidad de colonización, lo que nos indica que está adaptado tanto al suelo como al clima de nuestra zona, y además tolera bastante bien los suelos ácidos. El altramuz es capaz de fijar N gracias a las bacterias *Bradhyrhizobium*, spp y *Rizobium Loti*, spp. La extrapolación de este estudio desarrollado en Galicia, es posible, además de por su evidente proximidad, por presentar ambas zonas climas similares y parecidas características de acidez de sus suelos. La rotación que se propondría sería la siguiente: el primer año altramuz, el segundo trigo o centeno y el tercero se dejaría en barbecho.

La concentración en N del suelo de esta parcela de cereal es baja, el valor de P es medio y el K también está en concentraciones medias. Con los cálculos propuestos por Fuentes (2002), se ha hecho la estimación de la cantidad de N, P y K necesarios en los cultivos de trigo y centeno. Haría falta agregar 60 kg ha⁻¹ de N en el caso del cultivo de trigo y 30 kg ha⁻¹ para el caso del centeno. Tanto para el P como para el K, se recomiendan dosis de mantenimiento, ya que están en valores medios. Se adicionarán en el momento de la siembra del trigo 63 kg ha⁻¹ de P y 60 kg ha⁻¹ de K. En el caso del centeno, las dosis serían de 58,5 kg ha⁻¹ de P y 54 kg ha⁻¹ de K.

En cuanto al pH, al ser muy ácido, el cultivo puede verse perjudicado. Este está en el límite de acidez soportable y por ello sería conveniente adicionar un encalado. Debido a los bajos contenidos de calcio y magnesio, el tipo de encalado elegido sería dolomítico.

Castañar

Para hacer una propuesta de laboreo del castañar se han barajado opciones obtenidas de estudios experimentales previos (Laranjo et al. 2007). En base a estos estudios, se ha seleccionado la mejor opción para el suelo de castañar de la zona del Vilar de Ossos.

Una intensa movilización, además de ser problemática en los sectores con mayores pendientes, tendría inconvenientes tales como la compactación del suelo, teniendo como consecuencia: la disminución del aireamiento del suelo e intercambio de gases; mineralización;

corte de las raíces superficiales perjudicando a los frutos; mayor propagación de agentes patógenos, y aumento de la erosión (Marcelino et al. 2000; Raimundo 2003).

La movilización con arado de discos tiene mayores beneficios que la utilización del escarificador, ya que no llega a tanta profundidad y, por lo tanto, causa menos daños en la planta. Sin embargo es de uso complicado en suelos pedregosos, como es el caso.

El dejar de movilizar el suelo, al principio, tiene consecuencias negativas como la compactación del horizonte superficial; sin embargo, mejoraría con el desarrollo de la bioturbación. Además, no labrar el suelo tiene beneficios muy importantes: mantenimiento de las micorrizas, lo que conlleva una buena asimilación de nutrientes y mayor defensa ante patógenos; aumento de la materia orgánica y consiguiente mejora de la posible compactación superficial e incremento de la biodiversidad; contribución en el mantenimiento de mayor humedad en el suelo; disminución de la erosión, y aumento de la producción de frutos (Laranjo et al. 2007).

Y en cuanto a la diferencia entre sembrar leguminosas o dejar crecer el pasto natural, es preferible dejar crecer la vegetación natural ya que se dan mejores producciones que con un sembrado de pasto que cubre mayor superficie y provoca mayor competencia.

En conclusión, por todos los beneficios que tiene frente a las demás prácticas y basándonos en la cantidad de pérdida de suelo y factores limitantes de este terreno como es la pendiente, se recomienda dejar crecer la vegetación herbácea espontánea del lugar, manteniéndola con pastoreo de ovino.

En cuanto a la fertilización, debido a que la materia orgánica se va a descomponer con mayor lentitud y no va a haber flujo de nutrientes con el suelo en los primeros años, se propone utilizar la adición de residuos mediante una desbrozadora/trituradora que fragmenta tanto los erizos como las hojas caídas para que tengan un contacto mayor con el suelo.

Otro aspecto a tener en cuenta son los valores de calcio y magnesio, ya que son limitantes en

el desarrollo radicular de los árboles (Fuentes 2002). En nuestro caso los valores son muy bajos y bajos respetivamente. Por ello, siguiendo las pautas de Fuentes (2002), el tipo de enmienda más apropiada sería un encalado dolomítico para disminuir la acidez y aumentar los valores de los nutrientes nombrados.

Robledal

Para este sistema no se propone hacer ningún tipo de gestión, ya que es la vegetación original que habría si no interviniera el hombre. Debido a la poca vegetación herbácea que presenta y a que la mayor parte de la cubierta del suelo son residuos orgánicos, no sería posible el pastoreo.

Todas las propuestas de mejora planteadas creemos que pueden ser extrapolables a parcelas aledañas en todo aquello que no depende directamente de los contenidos relacionados con la fertilidad química del suelo y su fertilización a través de enmiendas, para lo cual sería conveniente analizar cada tipo de suelo que quiera ser tratado.

La utilización de un laboreo de conservación en los cultivos de cereal, el aporte de residuos de cosecha, la utilización de maquinaria que evite la formación de suelas de labor o la utilización de leguminosas que aporten N, son todas ellas prácticas beneficiosas que pueden ser generalizadas a otras parcelas con este mismo tipo de cultivo. Del mismo modo es también extensible a otras parcelas de castaña la eliminación del laboreo y la introducción de pastoreo de ganado ovino.

4. Conclusiones

Se ha aportado una nueva clasificación de los suelos estudiados ya que en trabajos previos realizados a una escala mayor todos fueron clasificados como Leptosoles. Ahora, al trabajar a más detalle, se han podido clasificar los suelos de pastizal como Cambisoles, el cereal y castaña como Regosoles y el robledal como Phaeozem.

Los resultados de la USLE dan valores bajos de erosión en el pastizal y robledal y valores medios en el cereal y castaña.

En la evaluación de suelos mediante el sistema de Klingebiel & Montgomery (1961), el suelo con peor clasificación para poder ser cultivado es el castaña (subclase Vle). Los demás suelos son aptos para cultivo, aunque el cereal (subclase IVs) y robledal (subclase IVe), presentan más limitaciones de laboreo que el pastizal (subclase IIIew).

En la evaluación paramétrica de Riquier et al. (1970), obtienen calificación coincidente con su uso todas las parcelas menos la de cereal. Sin embargo, si mejoramos su factor más limitante, la productividad potencial pasa a ser óptima para este cultivo agrícola.

Para el manejo del castaña, basándonos en las pérdidas por erosión y la pendiente, se recomienda dejar crecer la cubierta vegetal natural y eliminar el arado. Teniendo en cuenta los valores nutricionales del suelo, se propone realizar una enmienda dolomítica que disminuya la acidez y aporte Ca y Mg.

Se recomienda pasar a laboreo de conservación bajo cubierta de rastrojo en el suelo de cereal. La maquinaria aplicada para el laboreo primario, sería el arado cincel que evita la suela de labor. El control de las hierbas adventicias se haría mediante pastoreo con ganado ovino. También se recomienda hacer rotación de cultivos altramuz-trigo/centeno-barbecho con vegetación natural.

En los suelos de pastizal se recomienda cambiar a un fertilizante que adicione P primordialmente, y en los de robledal se recomienda mantener su estado actual libre de manejo alguno.

5. Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado con financiación del IPB y del grupo de investigación RNM-373 de la Junta de Andalucía.

REFERENCIAS

- Agroconsultores e Coba. 1991. Carta dos Solos, Carta do Uso Actual da Terra e Carta da Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal. Vila-Real: UTAD, PDRITM.
- Balbino LR. 1968. La méthode Egner-Riehm et la détermination du phosphore e du potassium «assimilável» des sols du Portugal. Sevilla: II Col. Eur: Maditerrânico Contrl. Fert. Plantas Cultivadas:55-65.
- Climate-Data.org. 2017. Datos climáticos mundiales. [Internet]. AM Online Projects Oedheim. [cited 2017 Mars 31]. Available from: <https://es.climate-data.org/>.
- Coccossis HN. 1991. Historical land use changes: Mediterranean regions of Europe. In: Brouwer FM, Thomas AJ, Chadwik MJ, editors. Land Use Changes in Europe. Processes of Change, Environmental Transformations and Future Patterns. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p. 441-461.
- Eijkelkamp. 2003. Operating Instructions. The Netherlands. Catálogo comercial EIJKELKAMP. www.eijkelkamp.com.
- FAO. 2015. Conservation agriculture [Internet]. Rome: Food and Agriculture Organization. [cited 2017 Mars 31]. Available from: <http://www.fao.org/ag/ca/es/3b.html>.
- FAO, PNUMA. 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma. 86 p.
- Fuentes JL. 2002. Manual práctico sobre utilización de Suelo y Fertilizantes. 1ª ed. Madrid: Mundi-Prensa. 159 p.
- INMG. 1991. Normais Climatológicas da Região de "Trás-os-Montes e Alto Douro" e "Beira Interior" Correspondentes a 1951-1980. Fascículo XLIX, Volume 3, 3ª Região, Lisboa.
- IPB/ICN. 2007. Plano de Ordenamento do Parque Natural de Montesinho – Caracterização, Bragança.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. Roma: FAO.
- Jenny H. 1986. The Soil Resource: Origin and Behavior. 3ª reimp. Ecological Studies 37. New York: Springer-Verlag.
- Klingebiel AA, Montgomery PH. 1961. Land capability classification. USDA Agricultural Handbook 210. Washington, DC: US Government Printing Office.
- Laranjo J, Cardoso J, Portela E, Abreu C. 2007. Castanheiros. Programa Agro. Vila Real. 373 p.
- Lorenzo M, Badía D, Martí C. 2001. Influencia del cambio de uso sobre la disponibilidad hídrica de los suelos. Georgia: Altoaragón. 8:43-60.
- Marcelino V, Torres N, Portela E, Martins A. 2000. Soil physical properties and the occurrence of chestnutink disease: a micromorphological study. Ecologia Mediterranea 26:129-135.
- Raimundo F. 2003. Sistemas de mobilização do solo emsoutos. Influência na produtividade de castanha e nas características físicas e químicas do solo [dissertation]. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Riquier J, Bramao L, Cornet SP. 1970. A new system or soil appraisal in terms of actual and potential productivity. FAO Soil Resources N° 38. Rome: SRDC.
- Sau F, Gómez-Ibarlucea C, Hernández J. 1994. El altramuz en las rotaciones gallegas. Agricultura: Revista agropecuaria 742:402-405.
- Thomas GW. 1982. Exchangeable cations. In: Page AC, Miller RH, Keeney DR, editors. Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy 9. 2ª ed. Madison, WI: ASA/SSSA. p. 159-165.
- Thornes JB. 1990. Vegetation and erosion. Chichester, London: John Wiley and Sons.
- USDA. 1992. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigation Report N° 42. Washington, D.C.: NRCS.
- Wischmeier WH, Smith DD. 1978. Predicting rainfall erosion losses. Hyattsville, Maryland: USDA, Science and Education Administration.
- Wortmann CS, McIntyre B, Kaizzi CK. 2000. Annual soil improving legumes: agronomic effectiveness, nutrient uptake, nitrogenfixation and water use. Field Crops Res. 68:75-83.