



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1663

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





Mejora de la salud del subsuelo a través de una gestión agroecológica

MOSQUERA-LOSADA, M.R. (1); RODRÍGUEZ-RIGUEIRO, F.J. (1); GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, M.P. (1); ROMERO-FRANCO R. (1); FERNÁNDEZ-LORENZO, J.L. (1); TABOADA-IGLESIAS, M.J. (2); ALDREY-VÁZQUEZ, J.A. (3); ALVAREZ-RODRÍGUEZ, E. (4); FERREIRO-DOMÍNGUEZ, N. (1)

(1) Departamento de Producción Vegetal y Proyectos de Ingeniería, Escuela Politécnica Superior de Lugo, Universidad de Santiago de Compostela, 27002 Lugo, España

(2) Departamento Electrónica y Computación, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España 3 Departamento Geografía, Facultad de Geografía e Historia, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España

(3) Departamento Geografía, Facultad de Geografía e Historia, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España

(4) Departamento de Edafología y Química Agrícola, Escuela Politécnica Superior de Lugo, Universidad de Santiago de Compostela, 27002 Lugo, España

Resumen

SUS-SOIL es un proyecto financiado por la Misión Europea del Suelo que incluye a 22 socios de 13 países con una duración de 4 años. SUS-SOIL desarrollará 15 laboratorios vivos (LV) del subsuelo para inventariar, analizar y comparar diferentes usos del territorio con gestión agroecológica del suelo y su impacto sobre las dinámicas de las capas profundas del suelo arable (por debajo de 30 cm), con el objeto de combinar mejor las prácticas de gestión agroecológicas en áreas rurales y urbanas. Los resultados de SUS-SOIL serán el punto de partida para que los gestores del territorio y las autoridades públicas comprendan los riesgos de las capas no arables del suelo y apoyen la transformación agroecológica de la Unión Europea. SUS-SOIL desarrollará: (i) una base de datos de monitoreo del subsuelo interoperable con LUCAS y ESDAC, (ii) el análisis a largo plazo de la gestión del subsuelo en LV teniendo en cuenta diferentes tipos de suelo, la prestación de servicios ecosistémicos rurales y urbanos y la modelización, (iii) un conjunto de idiotipos agrícolas que combinen las mejores prácticas de gestión agroecológicas como alternativa a los sistemas convencionales, (iv) una herramienta para la toma de decisiones sobre el subsuelo, (v) un marco de estrategia política del subsuelo para promover las mejores prácticas de gestión agroecológicas. El objetivo de esta comunicación es presentar el proyecto con el objeto de generar una red nacional sobre análisis en zonas no arables de suelo.

Palabras clave

Laboratorio vivo, innovación, rural, urbano, servicios ecosistémicos

1. Introducción

Los suelos de la UE se enfrentan a desafíos cada vez mayores en materia de sostenibilidad y productividad. Según la estrategia de protección del suelo de la Unión Europea (UE), entre el 60 y el 70 % de los suelos de la UE no están sanos y sufren procesos de degradación física (compactación, erosión, sellado de suelos urbanos y desertificación), degradación biológica (pérdidas de biodiversidad y



agotamiento de la materia orgánica) y degradación química (salinización, acidificación y contaminación). Además, los procesos de degradación del suelo están empeorando aún más debido al cambio climático, que está comprometiendo seriamente la productividad del suelo y, por lo tanto, la economía de la UE (UE, 2021).

La estrategia de la UE para la protección del suelo ha identificado un conjunto de objetivos para el año 2030 para superar los procesos de degradación del suelo y lograr un mundo neutro en cuanto a la degradación del suelo, restaurar los ecosistemas degradados y ricos en carbono, lograr una eliminación neta de los gases de efecto invernadero (GEI) asociados al sector de uso de la tierra, cambios de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS), alcanzar un buen estado ecológico y químico en las aguas superficiales y un buen estado químico y cuantitativo en las aguas subterráneas para el año 2027 (UE, 2021).

Los procesos de degradación que afectan principalmente a la capa superficial del suelo también están agotando la salud del subsuelo, reduciendo la prestación de servicios ecosistémicos. Hay que tener en cuenta que el conocimiento del subsuelo es escaso a pesar de la relevancia que tiene ya que las plantas extraen entre el 10 y el 80% de sus necesidades de nutrientes y agua del subsuelo, siendo además la cantidad de carbono almacenado en el subsuelo más de la mitad del carbono total almacenado en el suelo. Además, el subsuelo también puede contribuir a la desintoxicación o filtración de contaminantes, incluidos metales pesados o residuos (pesticidas, antibióticos y microplásticos) que están cobrando cada vez más relevancia como amenazas ambientales y para la salud. Es por ello que las condiciones del subsuelo afectan a la productividad de la vegetación sobre el suelo, lo que determina la prestación de servicios ecosistémicos agronómicos, forestales y de áreas verdes urbanas, afectando a todo el sistema agroalimentario.

Por último, hay que señalar que los agricultores dependen en gran medida de fuentes externas que provocan la degradación del suelo como fuentes de energía, fertilizantes o herbicidas que representan el 15,5, el 42,30 y el 12,5 %, respectivamente, de los insumos de las tierras cultivables gestionadas de forma más intensiva según EUROSTAT (2020). Todos estos insumos deben evitarse mediante el uso de prácticas de gestión agroecológica del subsuelo (ASM) fomentadas por varias iniciativas políticas de la UE (Pacto Verde de la UE, De la granja a la mesa, Estrategia de biodiversidad). Estas iniciativas han fijado como objetivos reducir las emisiones de GEI en un 55%, las pérdidas de nutrientes en un 55%, el uso de pesticidas en un 50%, el uso de fertilizantes en un 20%, aumentando la superficie de tierra bajo gestión orgánica en un 25% para 2030 y alcanzando la neutralidad climática para 2050. En este contexto el proyecto europeo SUS-SOIL financiado por la Misión Europea del Suelo planea contribuir a la consecución de estos objetivos de la UE.

2. Objetivos

El objetivo principal del proyecto SUS-SOIL es desarrollar un conjunto de 15 laboratorios vivos (LV) o ecosistemas de innovación del subsuelo para inventariar, analizar y comparar diferentes usos del territorio con gestión agroecológica del



subsuelo (ASM) y evaluar su impacto sobre las variaciones y dinámicas espaciales del subsuelo para combinar de forma adecuada prácticas agroecológicas del subsuelo en áreas rurales y urbanas dentro de un contexto regional global. Los resultados de SUS-SOIL serán el punto de partida para aumentar la conciencia de los gestores del territorio y las autoridades públicas para comprender las amenazas y los riesgos del subsuelo, apoyar la transformación agroecológica de la UE abordando los subsuelos y aumentando la prestación de servicios ecosistémicos, promover la seguridad hídrica y la mitigación del cambio climático de los ecosistemas rurales y urbanos. El proyecto se inicia con el desarrollo de un protocolo de muestreo de suelo basado en la base de datos LUCAS. En este artículo se presenta el proyecto y se muestran los principales resultados asociados a Galicia de la primera fase del proyecto de monitoreo del mismo por parte de LUCAS.

3. Metodología

Para mejorar la salud y la prestación de servicios ecosistémicos de los subsuelos de la UE, la metodología de SUS-SOIL se basará en: (i) la creación de una red de gestión agroecológica del subsuelo (ASMN) con socios de la UE y con socios no pertenecientes a la UE (Túnez, Egipto y Turquía), (ii) el desarrollo de una estrategia de monitoreo del subsuelo para comprender las funciones y la prestación de servicios ecosistémicos vinculados a los aspectos productivos, ambientales y sociales de los diferentes usos y manejos del territorio (agrícola, forestal y urbano) (iii) el desarrollo de modelos y herramientas para apoyar la adopción de prácticas de ASM por parte de los agricultores respaldadas por políticas asociadas con el cambio de uso y gestión del territorio, prestando atención a la sostenibilidad, las barreras y los desafíos de las principales prácticas de ASM a nivel de parcela/municipio y región y (iv) la ampliación de estas prácticas a escala de la UE a través del desarrollo de herramientas que promuevan la gestión sostenible del subsuelo en toda la UE.

El desarrollo de técnicas de monitoreo de suelos se basó en la base de datos establecida por LUCAS como punto de partida (LUCAS 2021) con todas las variables de interés: C, MO, N, pH, P, K y CIC y que cumplan el criterio de al menos 10 años de uso del territorio. Para ello se compararán diferentes tipos de usos del territorio (agrícola, forestal y urbano) muestreados y disponibles de la base de datos LUCAS (2021) en este caso en Galicia y que serán posteriormente muestreados hasta un metro de profundidad y separando la parte agrícola de la forestal en el marco del proyecto. Para ello se creó una aplicación que puede consultarse en la página web del proyecto que incluye solamente aquellas muestras que han tenido un uso del territorio y cuyos resultados de la parte forestal son el objetivo de esta comunicación.

Los resultados se han analizado mediante empleo de ANOVA y PCA con el programa SPSS.

4. Resultados

La figura 1 muestra una aplicación en la que se pueden consultar de forma directa todos los datos de muestras de suelo de LUCAS en las regiones de estudio de los socios europeos del proyecto SUS-SOIL en las que en los últimos 10 años se ha mantenido el mismo uso del territorio. Los resultados pueden consultarse en la página web del proyecto y en la Figura 1.

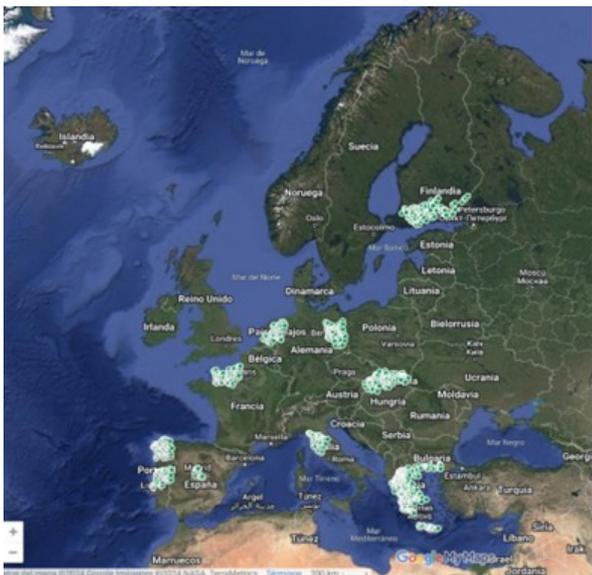


Figura 1: Mapa de Europa con los puntos del mismo uso del territorio

La Tabla 1 muestra un resumen en las diferentes regiones de los laboratorios vivos de SUS-SOIL en relación a los análisis de suelo desarrollados por la UE. Se observa que el número de puntos muestreados por LUCAS con análisis de suelo varían notablemente entre las diferentes regiones y no se vinculan con el tamaño de la región muestreada ni con el número de muestras recogidas de esas zonas. Así en algunos casos solo el 12% de los suelos monitoreados en cuanto a la cobertura tienen su suelo analizado (Holanda) y esta cifra llega a alcanzar en 50% en otras regiones como Alemania. Si atendemos a las muestras de frondosas estas cifras van desde el 9% de nuevo en Holanda hasta el 74% en el caso de Galicia, cifras que alcanzan valores del 0 y 84% en Normadía y Galicia, respectivamente. El número de muestras de las zonas arbustivas cuyos suelos han sido monitoreados son substancialmente más reducidos y van desde el 0% en Holanda, Finlandia o Brandenburgo (Alemania) hasta el 31% en Grecia. La media de suelos muestreados en total fue de 26%, siendo esta cifra del 29%, 41 y 9% en el caso de frondosas, coníferas y arbustos, respectivamente.

Tabla 1 Número total de muestras. T: total, S: Cumpliendo el criterio de mismo uso en los últimos 10 años.

LV por zonas referenciadas de T	Total	Top Soil	%	Frondosas			Coníferas			Arbustos		Forestal				
				T	S	%	T	S	%	T	S	%				
Portugal	PT16	156	71	46%	44	31	70%	24	13	54%	13	2	15%	81	46	56,79
Galicia	ES11	337	113	34%	70	52	74%	25	21	84%	56	6	11%	151	79	52,32
Madrid	ES30	114	21	18%	28	3	11%	9	5	56%	25	3	12%	62	11	17,74
Normandía	FRD	249	92	37%	40	13	33%	1	0	0%	2	1	50%	43	14	32,56
Net	NL	490	57	12%	46	4	9%	16	1	6%	24	0	0%	86	5	5,81



herl and s																	
Finl and	FI	158	62	39%	11	7	64%	55	38	69%	4	0	0%	70	45	64,2 9	
Bra nde rbo urg	DE4 0	126	63	50%	18	11	61%	32	27	84%	3	0	0%	53	38	71,7 0	
Slov akia	SK	227	100	44%	66	33	50%	9	8	89%	17	1	6%	92	42	45,6 5	
Gre ece	EL	162 4	331	20%	355	66	19%	220	50	23%	359	31	9%	934	147	15,7 4	
Fior enc e	ITI1	244	51	21%	142	16	11%	6	0	0%	10	1	10%	158	17	10,7 6	
		372 5	961	26%	820	236	29%	397	163	41%	513	45	9%	173 0	444	26	

Los resultados del análisis factorial de las muestras de LUCAS en Galicia mostraron tres componentes principales que explican el 69,14% de la varianza. Estando el primer componente asociado a los niveles de pH, el segundo a la materia orgánica y nitrógeno, mientras que el tercero capacidad de intercambio catiónico, fósforo y potasio fundamentalmente. El gráfico de los componentes 1 y 2 pueden apreciarse en la Figura 2. De el se desprende que los niveles de N y OC están negativamente relacionados con los valores de pH y el contenido en P, K y capacidad de intercambio catiónico inversamente relacionados con los niveles de carbonato en suelo.

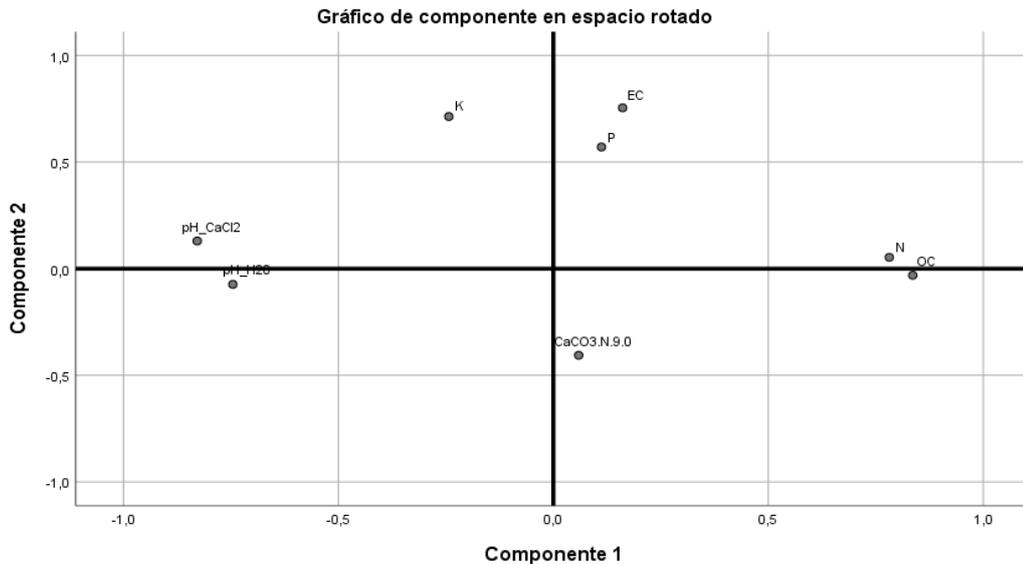


Figura 2. Gráfico de componente en espacio rotado de las muestras de LUCAS em Galicia

La Figura 3 muestra los resultados del análisis de varianza del estudio desarrollado observándose que el carbono orgánico y el nitrógeno se ven favorecidos por la cobertura arbustiva al contrario de lo que pasa con los pastos permanentes, que se ven favorecidos por los elevados niveles de fósforo en comparación con los otros usos y el mayor nivel de pH en agua en comparación con las coníferas.

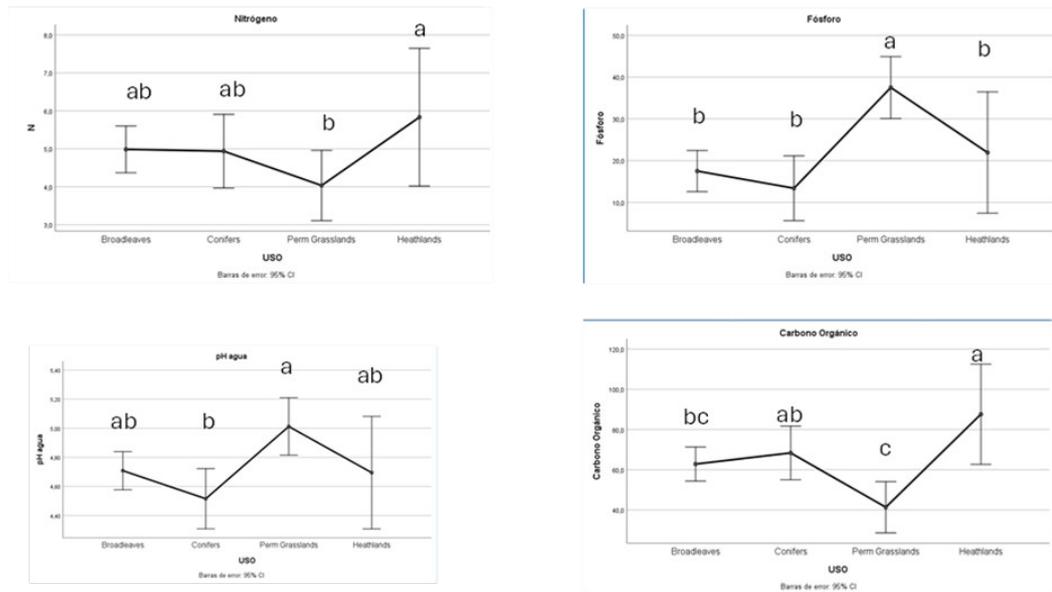


Figura 3. Gráfico de componente en espacio rotado de las muestras de LUCAS en Galicia.

5. Discusión

El impacto del uso del territorio en el suelo puede determinarse a través de la constatación del uso del territorio proporcionado por la base de datos de LUCAS, lo que permite entender los procesos resultantes de la implantación de frondosas, coníferas, pastos permanentes y arbustos. No obstante, la cantidad de muestras es más bien escasa y depende de la región analizada, destacando Galicia por la proporción de terreno forestal.

El análisis multivariante de las variables edáficas analizadas por LUCAS muestran que hay una relación negativa entre el contenido en materia orgánica y el pH, algo lógico en la zona gallega. Galicia es la región con mayor potencial de crecimiento forestal de Europa, lo que asegura la incorporación de materia orgánica al suelo. Sin embargo, la tasa de mineralización de esa materia orgánica y por lo tanto su capacidad de mineralizarse o quedar retenida en el suelo, depende del pH. Con pH muy ácidos, la materia orgánica y por lo tanto el carbono orgánico tiende a almacenarse en el suelo ya que los procesos microbianos se ven ralentizado. No obstante, en cuanto este pH se eleva el contenido en materia orgánica se reduce debido a que se activa la tasa de mineralización.

El uso del territorio afecta a los principales componentes químicos de la salud del suelo, pudiendo relacionarse con el análisis multivariante. La materia orgánica y el nitrógeno que varían de forma paralela en el análisis multivariante muestran unos niveles más reducidos en el caso de los pastos permanentes en comparación con las zonas arbustivas. Por el contrario, los niveles de P y de pH en agua son mayores en el caso de las masas arbustivas si lo comparamos con los pastos permanentes. Esto puede justificarse por la gestión ya que los pastos permanentes se abonan con fósforo y se encalan lo que no ocurre en los usos más forestales. Este



encalado como vimos disminuye la materia orgánica y por lo tanto el nitrógeno.

6. Conclusiones

La base de datos LUCAS permite evaluar el impacto a largo plazo del uso del territorio sobre las variables químicas del suelo. En el caso de Galicia la mejora de la fertilidad edáfica como fuente suministradora de nutrientes y enmendantes provoca una disminución de la materia orgánica y por ende de nitrógeno debido al aumento del pH del suelo en comparación con las zonas forestales.

Agradecimientos

Este estudio se ha llevado a cabo gracias al proyecto SUS-SOIL concedido por la Unión Europea en el marco de la Mission SOIL GAP 101157560.

7. Bibliografía

LUCAS, base de datos de la Unión Europea

UE (UNIÓN EUROPEA); 2021. Estrategia de la UE para la Protección del Suelo para 2030. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0699> Principales objetivos estratégicos de la nueva PAC. https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27/key-policy-objectives-cap-2023-27_es

UE (UNIÓN EUROPEA); 2020. Pacto por las Capacidades. https://pact-for-skills.ec.europa.eu/index_en?etransnolive=1