

Salud del suelo en prados y cultivos forrajeros

¿Se ponen los suelos enfermos o simplemente cambian? ¿Se puede medir la salud del suelo? La comparación de la salud del suelo en prados y la rotación forrajera raigrás italiano-maíz en Asturias no presentó diferencias significativas, aunque se observó una pérdida de biodiversidad en la rotación forrajera, posiblemente debido al mayor número de labores en dicha rotación y a la aplicación de productos plaguicidas potencialmente tóxicos para bacterias y hongos.

**José Alberto Oliveira Prendes¹, Lur Epelde Sierra²,
Elias Afif Khouri³, Pedro Palencia García¹,
Juan José Lastra Menéndez⁴**

¹ Área de Producción Vegetal. Dpto. de Biología de Organismos y Sistemas. Universidad de Oviedo. Asturias

² Grupo de Ecología Microbiana de Suelos. Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario. NEIKER. Vizcaya.

³ Área de Ingeniería Agroforestal. Dpto de Biología de Organismos y Sistemas. Universidad de Oviedo. Asturias.

⁴ Área de Botánica. Dpto de Biología de Organismos y Sistemas. Universidad de Oviedo. Asturias.

En Asturias, los pastos herbáceos permanentes, que incluyen los prados (19%) y los pastizales (10,5%) representan el 29,5% (312.423 ha) de la superficie total asturiana. La superficie dedicada a cultivos forrajeros representa el 2% (20.188 ha) de la superficie total asturiana. El sector ganadero de productos lácteos y carne incluye un 87,7% de bovinos y un 12,3% de ovinos, caprinos y equinos, con un total de 329.330 unidades de ganado (SADEI, 2017).

El aprovechamiento de los prados mesófilos colinos (<700 m de altitud) se realiza normalmente mediante un corte de forraje para ensilado en primavera y otro corte para heno en el verano.

En el caso de los cultivos forrajeros, la rotación de cultivos más habitual en Asturias para la alimentación del ganado vacuno lechero, debido a su elevada productividad, es la de raigrás italiano-maíz forrajero, sembrándose el raigrás italiano en el mes de octubre y después de 1-2 cortes para silo, se prepara el terreno para realizar la siembra del maíz a finales de mayo-principios de junio. Con este



Aunque es cierto que para evaluar de forma adecuada la salud del suelo es preciso combinar indicadores físicos, químicos y biológicos (Magdoff y Van Es, 2009), los parámetros microbianos edáficos presentan importantes ventajas como indicadores biológicos de la funcionalidad del suelo. Los microorganismos del suelo (principalmente, las bacterias y los hongos) juegan un papel primordial en procesos edáficos básicos como son la descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de los nutrientes (Garbisu *et al.*, 2013). Por tanto, se requieren prácticas de gestión sostenible del suelo para promover dicha diversidad y mejorar la funcionalidad del suelo (Liliensiek *et al.*, 2012).

Los macroorganismos del suelo, como las lombrices y los nematodos, son fundamentales para la fertilidad/estructura del suelo y pueden reducir el daño causado por las plagas/enfermedades (Briones y Schmidt, 2017). Algunos autores han mostrado el impacto de algunas prácticas de manejo de la tierra como la fertilización y la labor de arado en las actividades de las lombrices (Curry *et al.*, 2002) y en la dinámica de nematodos (Bardgett *et al.*, 1999), pero se sabe poco sobre cómo interactúan los macro y microorganismos del suelo y las plantas de los pastos en combinación.

Varios estudios previos han abordado la productividad y sostenibilidad de los pastos (Martínez Fernández *et al.*, 2008; Oliveira-Prendes *et al.*, 2014, 2015) pero pocos se han centrado en la biodiversidad bajo el suelo (organismos biológicos del suelo), sus interacciones y cómo puede administrarse mejor para mejorar el ciclo de nutrientes y la absorción de nutrientes por las plantas, mejorar la resistencia al estrés abiótico y el control de plagas y enfermedades de las plantas (Garbisu *et al.*, 2013).

El objetivo de este trabajo fue el comparar la salud del suelo en dos tipos de pastos (prados y cultivos forrajeros en rotación anual) con el fin de evaluar el efecto del manejo en los prados y rotación forrajera sobre la salud del suelo.

Trabajo experimental

El trabajo se llevó a cabo en el otoño de 2018 en cuatro fincas (Casero, Carnicera y La Mata en el concejo de Carreño y

sistema se obtienen producciones de 20-25 t MS/ha·año, frente a las 11-15 t MS/ha·año de las praderas y 7-8 t MS/ha·año de los prados (Martínez-Fernández *et al.*, 2008).

Los pastos además de su uso en la producción ganadera, también tienen usos novedosos para la bioeconomía, incluida la biorrefinería, la bioenergía y la biorremediación (Höglind *et al.*, 2016). Los sistemas actuales de producción de pastos necesitan ser más sostenibles ambiental, económica y socialmente para proporcionar servicios ecosistémicos y ayudar a resolver los problemas asociados al mantenimiento de la productividad, incluyendo contaminación, erosión,

fertilidad del suelo, emisiones de gases de efecto invernadero, plagas/enfermedades y disminución de la biodiversidad de los pastos, de conformidad con los objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (FAO, 2015) y de la Política Agraria Común de la Unión Europea.

La productividad de los pastos está estrechamente relacionada con la “salud del suelo”, entendida ésta como la capacidad continuada del ecosistema edáfico para llevar a cabo los procesos ecológicos esenciales que soportan las funciones y servicios ecosistémicos que nos suministra este vital recurso (Doran *et al.*, 1996).

“La productividad de los pastos está estrechamente relacionada con la salud del suelo”

Lluisa en el de Gozón) de la zona costera central asturiana. En cada una de las fincas seleccionadas, los ganaderos tienen alguna parcela dedicada a prado y a la rotación forrajera anual: raigrás italiano-maíz forrajero desde hace varios años. En las cuatro fincas, el trabajo de campo se llevó a cabo una vez cosechado el maíz forrajero (finales de septiembre - principios de octubre), antes de comenzar las labores del suelo previas a la siembra del raigrás italiano.

Para hacer el diagnóstico de salud de cada una de las ocho parcelas (cuatro fincas, dos usos) se tomaron muestras de suelo, así como una serie de medidas sencillas in situ de suelo: tiempo de infiltración del agua (minutos), compactación-penetrabilidad (cm), diversidad de macrofauna (hormigas, escarabajos, milpiés, lombrices, etc.), abundancia de lombrices y coloración del suelo (Mijangos *et al.*, 2016).

Con ayuda de una sonda (0-20 cm) se tomó una muestra de suelo en cada parcela, un total de ocho muestras compuestas por 15 submuestras. Una vez tomadas las muestras de suelo se trasladaron al laboratorio del Área de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de Oviedo, en bolsas de polietileno, protegidas de la luz. Ya en el laboratorio se secaron al aire y se tamizaron por un tamiz de 2 mm de luz de malla para realizar un análisis físico-químico según los métodos oficiales (MAPA, 1994).

Una parte de la muestra de suelo tamizado en fresco (500 g) se envió al Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario (Neiker) en Derio, donde se analizaron los siguientes parámetros:

- Perfiles fisiológicos a nivel de comunidades de bacterias mediante las placas EcoBiologTM (diversidad funcional), según Epelde *et al.* (2008) e Insam (1997).
- Perfiles genéticos de bacterias y hongos mediante la técnica de ARISA (diversidad genética), según Cardinale *et al.* (2004) y Ranjard *et al.* (2000), respectivamente.
- Respiración del suelo (actividad microbiana), según la norma ISO-16072 (2002).
- Carbono de biomasa microbiana (abundancia microbiana), según Vance *et al.* (1987).

Tabla 1.

Medias, desviaciones estándar y análisis de varianza (ANOVA) de un factor para efectos del tipo de cultivo (prado y rotación forrajera anual) sobre 11 indicadores obtenidos en el análisis físico-químico del suelo.

NS = No significativo ($p \geq 0,05$), según Test de Tukey.

Variables	Prado		Rotación forrajera		ANOVA
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	
pH (1:2,5)	6,20	0,74	6,45	1,06	NS
Materia orgánica (%)	8,44	0,52	6,58	1,85	NS
Nitrógeno total (%)	0,69	0,21	0,70	0,42	NS
Fósforo Olsen (ppm)	9,74	4,15	17,24	5,84	NS
Potasio extraíble (ppm)	116,22	63,05	233,53	126,95	NS
Arena (%)	65,61	11,53	67,66	3,89	NS
Limo (%)	20,70	11,92	16,20	3,13	NS
Arcilla (%)	13,69	2,81	16,13	4,27	NS
Tiempo de Infiltración (min)	5,07	3,90	5,31	6,18	NS
Compactación (cm)	20,02	4,10	21,95	7,50	NS
Color del suelo (1:claro-9:oscuro)	4,00	1,15	4,00	1,15	NS

“Los niveles de P y K son mayores en la rotación forrajera que en los prados debido al mayor aporte de fertilizantes”

Se consideraron los tres servicios ecosistémicos siguientes:

- 1) Conservación de la biodiversidad: número de tipos de macrofauna, diversidad funcional de bacterias [AWCD (absorbancia media) obtenida mediante placas EcoBiologTM], riqueza de bacterias y hongos (número de picos obtenidos mediante ARISA).
- 2) Conservación del suelo: número de lombrices/m², compactación del suelo (cm), tiempo de infiltración del agua (minutos), actividad microbiana (respiración en mg C-CO₂/kg ps.h), abundancia microbiana (carbono de la biomasa microbiana en mg C/kg ps), pH, materia orgánica (%), nitrógeno total (%), fósforo Olsen (ppm), potasio extraíble (ppm).
- 3) Mitigación del cambio climático: abundancia de raíces (baja, media, alta), coloración del suelo (clara, media, oscura), materia orgánica (%).

Tras medir cada uno de los indicadores citados anteriormente, se utilizó el porcentaje del valor máximo encontrado para ese parámetro específico en el conjunto de muestras para el cálculo de valores medios para cada servicio ecosistémico. El diagnóstico global de salud del suelo de cada parcela se obtuvo calculando el promedio de los servicios ecosistémicos considerados. Se realizaron análisis de varianza para establecer las diferencias entre los indicadores obtenidos en los suelos de los prados y la rotación forrajera, mediante el Test de Tukey.

Propiedades físico-químicas

Las propiedades físico-químicas del suelo de las diferentes parcelas se muestran en la **Tabla 1**. No se observaron diferencias significativas entre prados y la rotación forrajera en los valores de los diferentes

Tabla 2.

Medias, desviaciones estándar y análisis de varianza (ANOVA) de un factor para efectos del tipo de cultivo (prado y rotación forrajera anual) sobre ocho indicadores obtenidos en el análisis biológico del suelo. * $p < 0,05$, NS = No significativo ($p \geq 0,05$) según Test de Tukey. ps = peso seco, h = hora.

Variables	Prado		Rotación forrajera		ANOVA
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Significación
Abundancia raíces (1:baja-9:alta)	4,00	1,15	2,00	2,00	NS
Macrofauna (N°)	4,00	0,82	1,75	1,26	*
Lombrices/m ²	52,50	82,72	40,75	79,51	NS
Respiración (mg C-CO ₂ /kg ps.h)	1,91	0,20	1,25	0,48	*
Carbono biomasa microbiana (mg C/kg ps)	926,52	209,16	558,81	201,16	*
Diversidad funcional de bacterias (AWCD: absorbancia media)	0,72	0,09	0,57	0,26	NS
Riqueza bacterias (n° de picos)	14,12	8,87	7,50	4,64	NS
Riqueza hongos (n° de picos)	14,12	8,21	8,62	2,69	NS

Tabla 3.

Valores medios para cada servicio ecosistémico (en porcentaje del valor máximo para cada indicador) y diagnóstico global de salud del suelo, como promedio de los valores de los servicios ecosistémicos. * $p < 0,05$, NS = No significativo ($p \geq 0,05$) según Test de Tukey.

Servicio ecosistémico	Prado	Rotación forrajera	ANOVA
Conservación de la Biodiversidad	73	44	*
Conservación del suelo	57	57	NS
Mitigación del cambio climático	84	64	NS
Diagnóstico global de salud del suelo	71	55	NS

indicadores físico-químicos del suelo. Los valores de pH son adecuados para los prados y la rotación forrajera. Los valores de materia orgánica son altos, debido a que, en los prados, el ritmo de descomposición de la materia orgánica disminuye debido a que no se realizan labores en el suelo. En el caso de la rotación forrajera, los ganaderos suelen aplicar estiércol o purín antes del cultivo del maíz y además después de la recolección del maíz forrajero, queda en el terreno el rastrojo del maíz antes de la siembra del raigrás italiano que se incorpora al suelo mediante labores superficiales. El cultivo del raigrás italiano tiene un doble papel como cultivo de cobertera (protección contra la erosión del suelo, captación del exceso de N procedente del cultivo de maíz e incorporación de materia orgánica procedente de su rastrojo antes de la siembra del maíz) y como forraje en la alimentación del ganado.

Los niveles de P y K son mayores en la rotación forrajera que en los prados debido al mayor aporte de fertilizantes tanto orgánicos como inorgánicos, aunque esas diferencias no resultaron significativas. Los suelos son franco-arenosos tanto en los prados como en la rotación forrajera lo que influye en que el tiempo de infiltración del agua y la compactación del suelo sean adecuadas.

Propiedades biológicas

En la **Tabla 2** se muestran los resultados de los indicadores biológicos del suelo. Los parámetros de macrofauna, respiración y carbono de la biomasa microbiana presentaron diferencias significativas entre los prados y la rotación forrajera, siendo los valores más altos en los suelos de los prados. Estos resultados fueron probablemente debidos al mayor número de labores y al aporte de plaguicidas

(sobre todo herbicidas e insecticidas) potencialmente tóxicos para las comunidades microbianas en el cultivo del maíz (Paul, 1984). Los indicadores microbianos son sensibles e integradores de las posibles perturbaciones que pueda sufrir el suelo, lo que puede permitir su uso como señales de alarma, antes de que se produzcan alteraciones más severas (Mijangos *et al.*, 2006).

Valores medios de los servicios ecosistémicos y diagnóstico global de la salud del suelo

En la **Tabla 3** se presentan los valores medios para cada servicio ecosistémico y el diagnóstico global de salud del suelo.

El diagnóstico global de salud del suelo no resultó significativamente diferente en los suelos de prados y en la rotación forrajera, aunque el valor medio del servicio ecosistémico “Conservación de la Biodiversidad” fue significativamente superior en los suelos de los prados, debido al mayor número de especies de macrofauna, y a la mayor diversidad genética y funcional microbiana. Se puede concluir que el manejo de los prados y de la rotación forrajera anual no presentó diferencias significativas en el estado de salud del suelo, aunque se observó una pérdida de biodiversidad en la rotación forrajera, posiblemente debido al mayor número de labores en dicha rotación y a la aplicación de productos plaguicidas.

Agradecimientos

Los autores están agradecidos al proyecto: 2018/00061/030, financiado por la Universidad de Oviedo, al estudiante de grado Dalton John Yunga Alvarado por la ayuda en los muestreos de campo y en los análisis físico-químicos de las muestras de suelo y a D. Daniel Álvarez de la empresa Roluda AG SL de Gozón, por la información sobre las labores en los prados y cultivos forrajeros.

Bibliografía

Queda a disposición del lector interesado en el correo electrónico: redaccion@editorialagricola.com