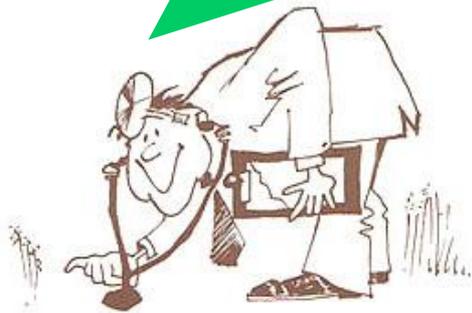


# Diagnóstico de la salud de los ecosistemas pastorales



Lur Epelde (lepelde@neiker.eus)



[www.soilmicrobialecolgy.com](http://www.soilmicrobialecolgy.com)

## TSA

### TARJETAS DE SALUD DE LOS AGROECOSISTEMAS

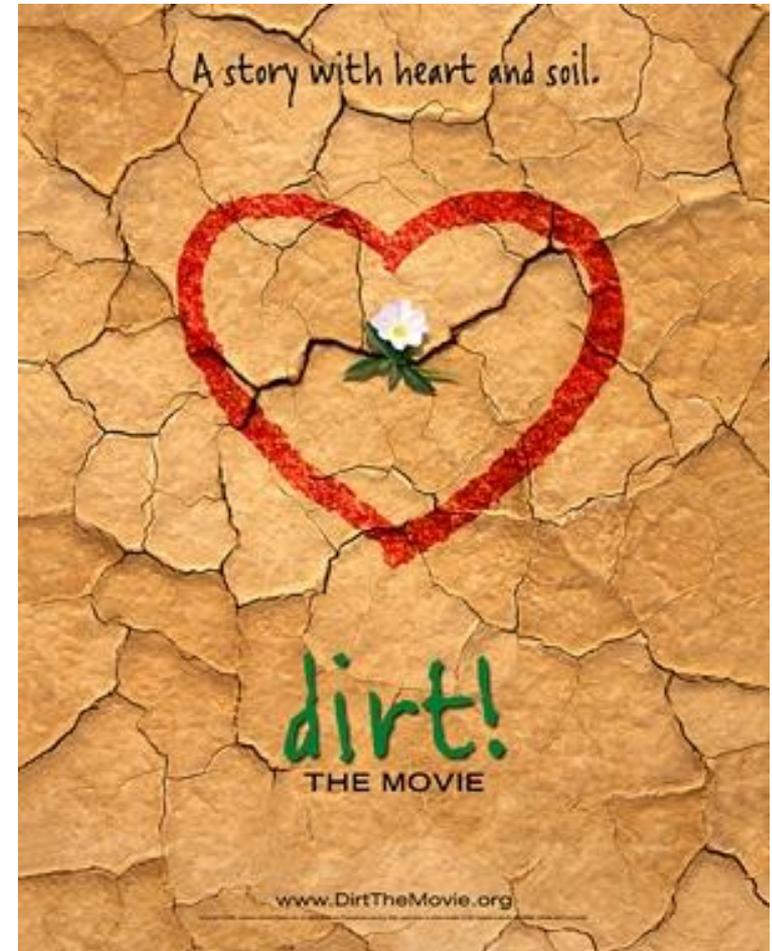
-ecosistemas pastorales-



# ¿QUÉ ES LA SALUD DEL SUELO?

LA CAPACIDAD DE UN SUELO PARA LLEVAR A CABO SUS FUNCIONES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE FORMA SOSTENIBLE

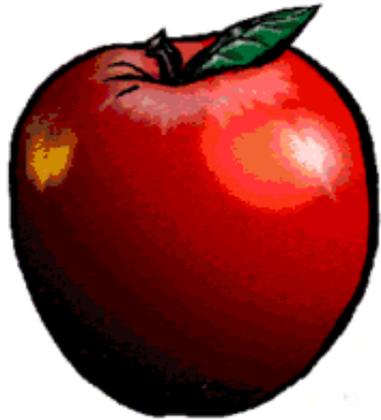
- ✓ **Proveedor de alimento, fibra y combustible**
- ✓ Medio para el crecimiento de las plantas (soporte físico, aporte de agua, nutrientes, etc.) y hábitat para numerosos animales y microorganismos
- ✓ Degradación de contaminantes
- ✓ Descomposición de la materia orgánica
- ✓ Reciclaje de nutrientes
- ✓ Regula la calidad del agua y del aire
- ✓ Reservorio genético
- ✓ Depositario de herencia cultural
- ✓ Control de patógenos (supresividad)
- ✓ Distribución del agua de lluvia
- ✓ Soporte de estructuras físicas



**La supervivencia de nuestra sociedad está ligada de forma inextricable a la salud de nuestros suelos**

# El suelo es una delgada línea marrón que nos aporta el 99% de nuestra comida

---



**100%**

(75% agua)



**25%** (50% CLIMA calor, frío, seco, altitud)



**12,5%**

(50% SUELO escarpado, rocoso, pobre, húmedo, poco profundo)

**6,25%**



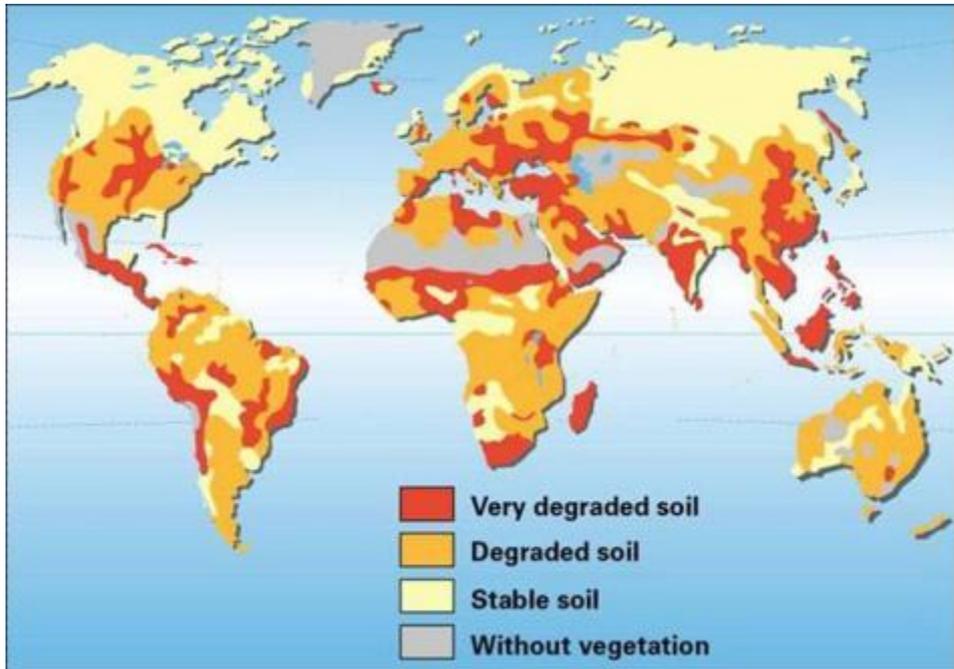
Este pequeño fragmento del que obtenemos alimento tiene que competir con otras necesidades: casas, centros comerciales, parques, vertederos, hospitales, colegios, fábricas, etc.

**Casi toda la superficie cultivable del planeta ya está siendo utilizada**

**Un 85% de la tierra agrícola está degradada**

**En los últimos 50 años, la fertilidad de los suelos agrícolas ha disminuido en un 15%**

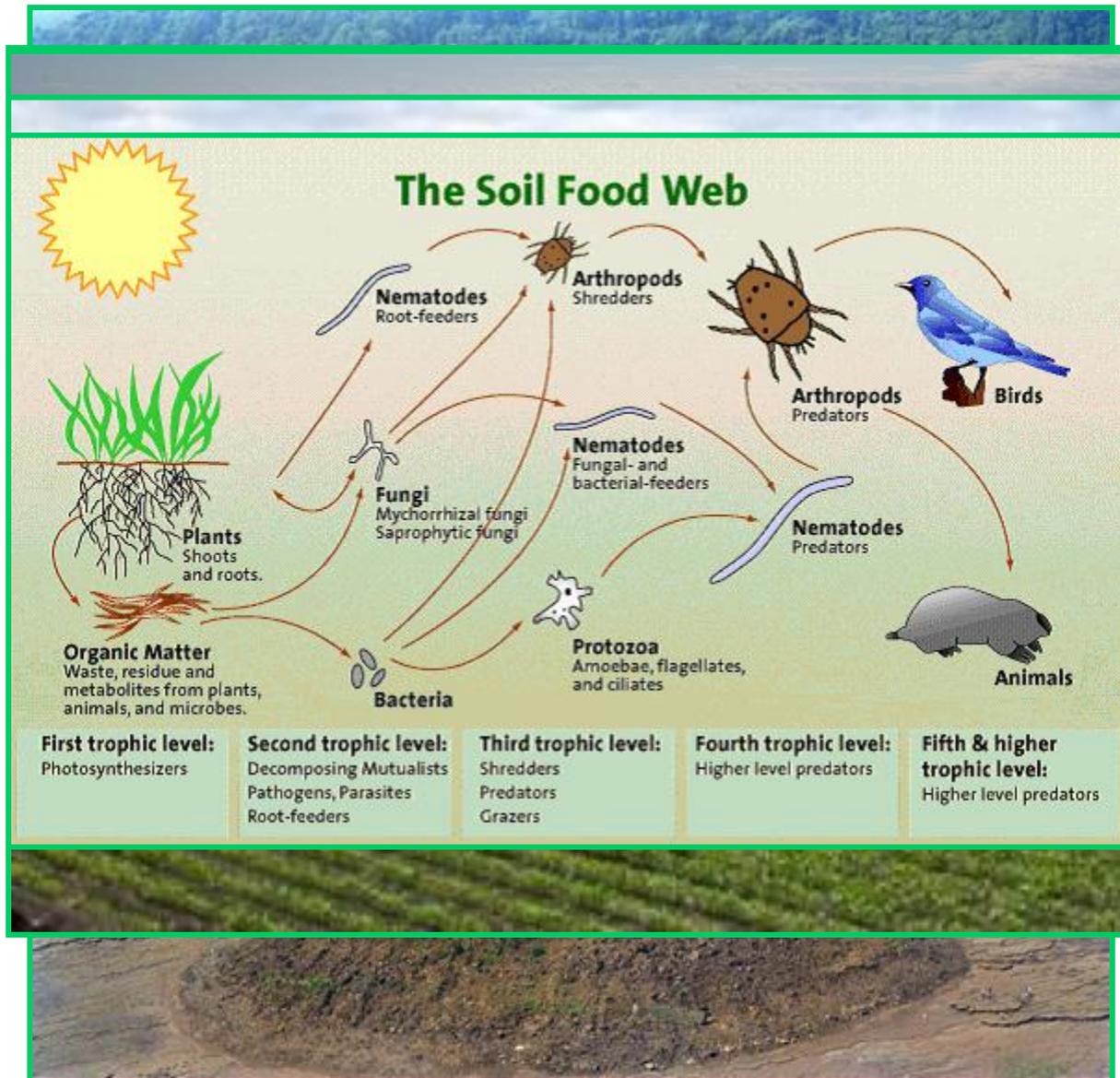
**La población mundial aumenta en 75-90 millones de personas al año**



# AMENAZAS DEL SUELO

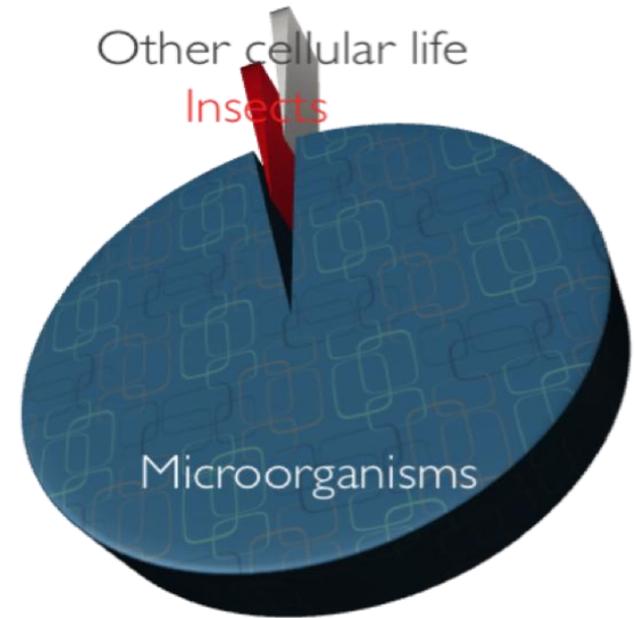
## UNIÓN EUROPEA - ESTRATEGIA TEMÁTICA DEL SUELO

- ✓ Erosión eólica
- ✓ Erosión hídrica
- ✓ Desprendimientos
- ✓ Inundaciones
- ✓ Compactación
- ✓ Pérdida de materia orgánica y nutrientes
- ✓ Salinización
- ✓ Sellado
- ✓ Contaminación
- ✓ Pérdida de biodiversidad



# MICROORGANISMOS: papel vital en los principales procesos de nuestro planeta

FOTOSÍNTESIS  
FIJACIÓN DE NITRÓGENO  
DESCOMPOSICIÓN MATERIA ORGÁNICA  
RECICLAJE DE LOS NUTRIENTES



En relación con el funcionamiento de los ecosistemas, el grupo ecológicamente más importante son los procariontas, seguido por los eucariotas unicelulares, y luego los hongos y las plantas. El grupo menos importante son los animales

Fijación de  $N_2$ : ¡¡una proeza biológica!! La existencia de las plantas, los hongos y los animales depende de la capacidad de ciertos procariontas para fijar el  $N_2$  (6-18 moléculas de ATP por molécula de  $N_2$  fijada). El proceso industrial se produce a 500 °C y una presión 300 veces superior a la normal

# MICROORGANISMOS: LA MAYORÍA ESCONDIDA!

**Sólo el 10% de tus células son humanas**

**El resto son microorganismos: 1.000 especies en la boca, 1.000 especies en el intestino, 500 especies en la piel, 2.188 especies en el ombligo...**

**10% de nuestro peso seco**

**Somos una comunidad**

**Nuestro metagenoma**

**No podemos sobrevivir sin ellos: necesarios para la digestión, suministran vitaminas y nutrientes, protegen contra patógenos, etc. Las bacterias intestinales producen analgésicos, compuestos anti-inflamatorios, vitaminas, anti-oxidantes, etc.**



# ¡EL SUELO ES UN SISTEMA VIVO!

En un puñado de suelo puede haber unos 100 billones de bacterias pertenecientes a entre 10.000 - 50.000 especies y 50 km de hifas pertenecientes a cientos de hongos. En una tonelada de suelo, puede haber 4 - 5 millones de especies de bacterias



 **European Commission**  **THE SOIL IS ALIVE!**  
PROTECTING SOIL BIODIVERSITY ACROSS EUROPE



A collage of nine images illustrating soil biodiversity: 1. A collection of various colorful soil insects and mites. 2. A microscopic view of a soil microorganism with internal structures. 3. A microscopic view of soil bacteria. 4. A mole emerging from a hole in the soil. 5. A soil profile with a red and white measuring rod. 6. A mushroom growing in a grassy field. 7. A microscopic view of soil bacteria. 8. A pink earthworm in soil. 9. A close-up of soil roots and organic matter.

SU COMPLEJIDAD ES ABRUMADORA, PERO.....

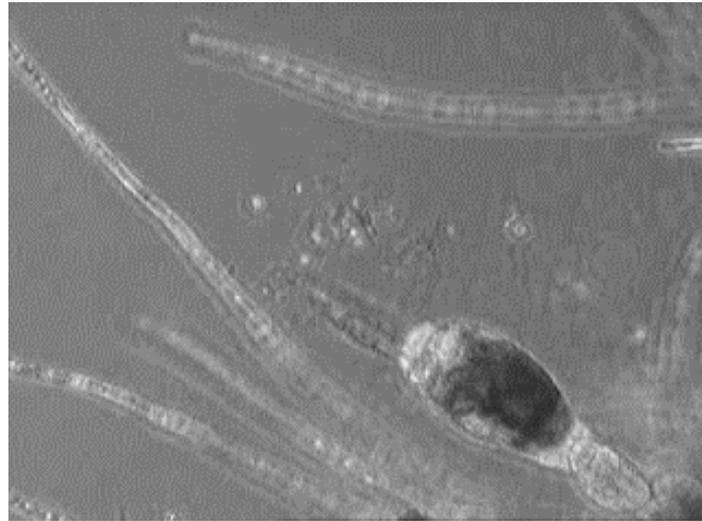
# MACROFAUNA



# MICROFAUNA Y MESOFAUNA



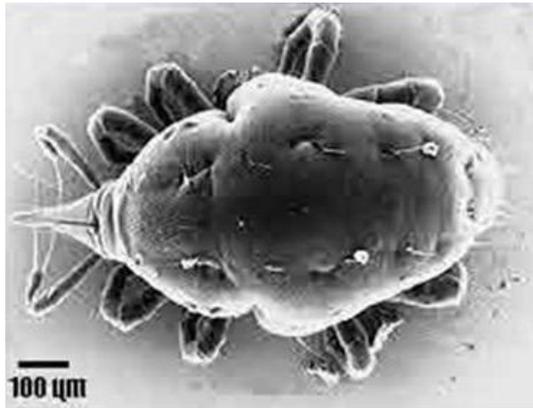
**PROTOZOOS**



**ROTÍFEROS**



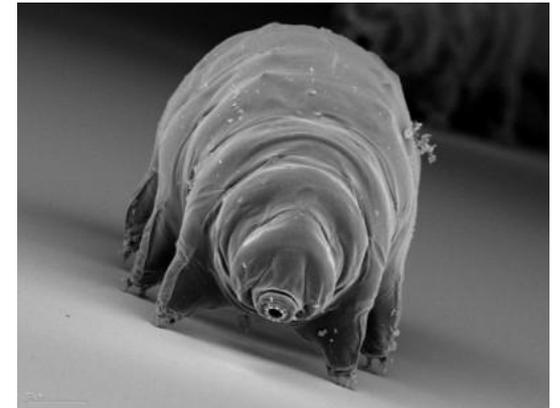
**NEMATODOS**



**ÁCAROS**

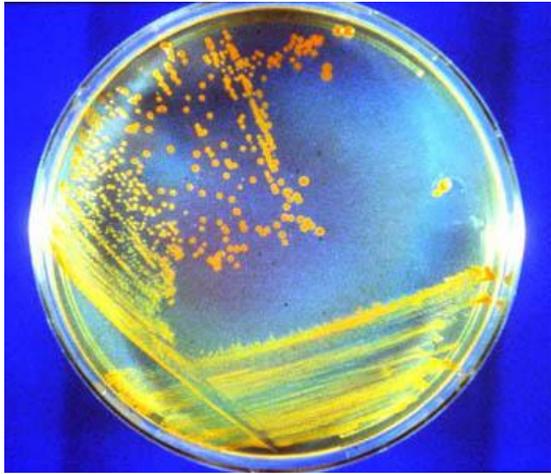


**COLÉMBOLOS**

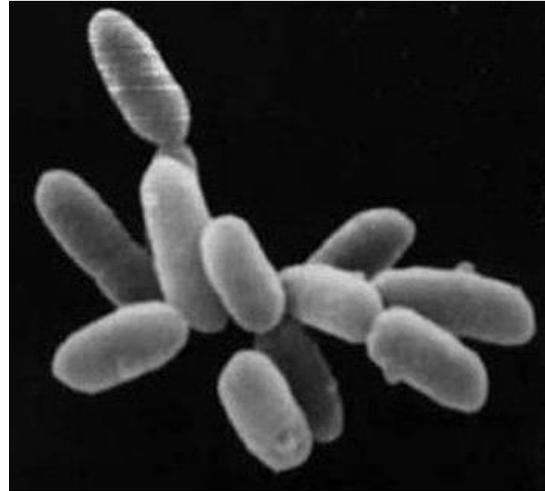


**TARDÍGRADOS**

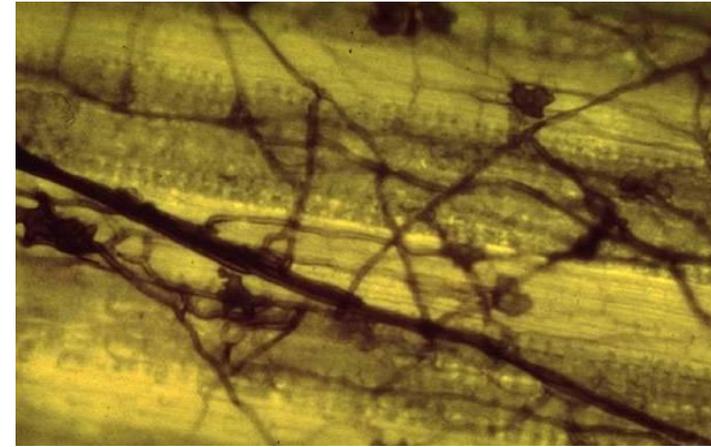
# MICROORGANISMOS: PROCARIOTAS Y EUCARIOTAS



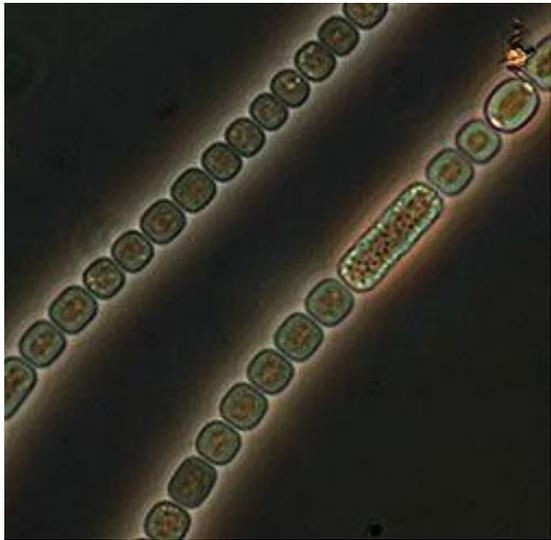
**BACTERIAS**



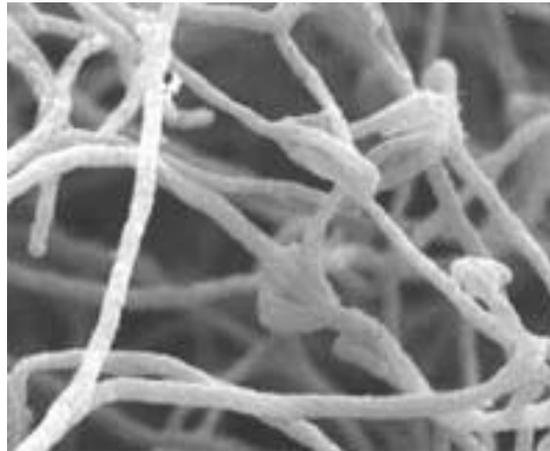
**ARQUEAS**



**HONGOS**



**CIANOBIOTAS**



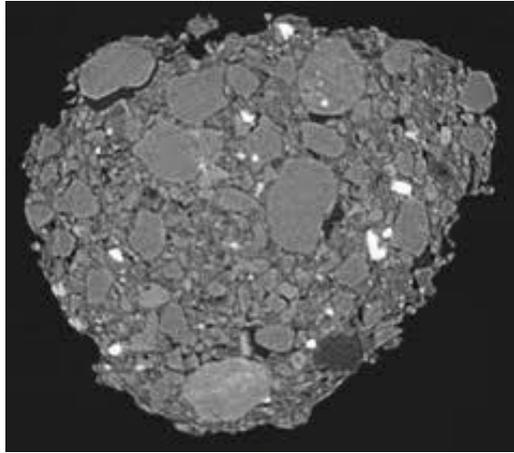
**ACTINOMICETOS**



**ALGAS**

# DE LA CALIDAD A LA SALUD DEL SUELO

## INDICADORES FÍSICOS Y QUÍMICOS



Infiltración

pH

Materia orgánica

CIC

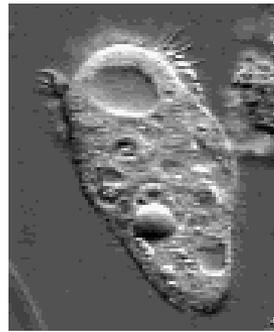
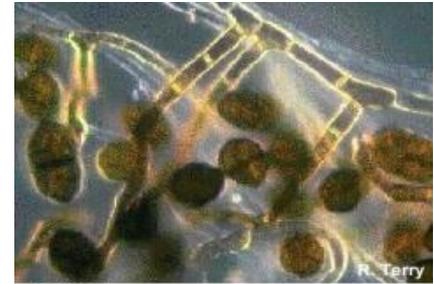
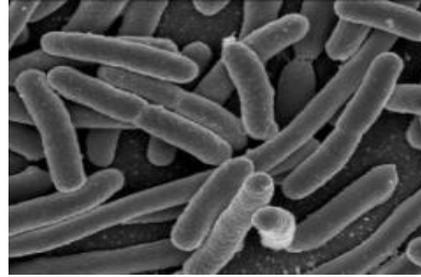
Macronutrientes (N, P, K)

Conductividad eléctrica

Micronutrientes

Metales ...

## BIOINDICADORES



**BIOINDICADOR: UN ORGANISMO, O PARTE DE UN ORGANISMO, O UNA COMUNIDAD DE ORGANISMOS, UTILIZADOS PARA OBTENER INFORMACIÓN SOBRE LA CALIDAD DEL MEDIO AMBIENTE**

# BIOINDICADORES

## VENTAJAS

- Sensibilidad
- Respuesta temprana
- Carácter integrador
- Perspectiva temporal
- Relevancia ecológica



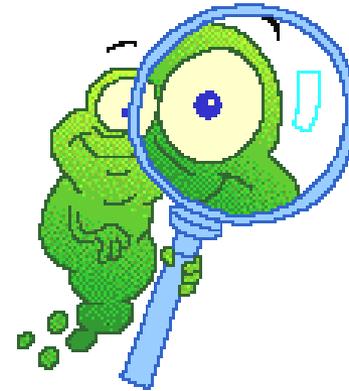
## DESVENTAJAS

*Dependientes de contexto según diversos factores*

- Lugar de muestreo (rizosfera, profundidad, ...)
- Momento de muestreo
- Climatología-Meteorología
- Tipo y propiedades del suelo
- Historia del suelo
- Estado de la vegetación

# ¿POR QUÉ BIOINDICADORES MICROBIANOS?

GRUPO	% BIOMASA
MICROORGANISMOS	80
MICRO-, MESOFAUNA	2
MACROFAUNA	14
OTROS	4



- ✓ RESPONSABLES EN UN 80-90% DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA (DE LA SALUD DEL SUELO)
- ✓ CONTACTO ÍNTIMO CON LA MATRIZ EDÁFICA DEBIDO A SU ALTA RELACIÓN SUPERFICIE-VOLUMEN
- ✓ INDICADORES CAUSALES, NO CASUALES

## Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe

MARIA A. TSIAFOULI<sup>1</sup>, ELISA THÉBAULT<sup>2</sup>, STEFANOS P. SGARDELIS<sup>1</sup>, PETER C. DE RUITER<sup>3</sup>, WIM H. VAN DER PUTTEN<sup>4,5</sup>, KLAUS BIRKHOFER<sup>6</sup>, LIA HEMERIK<sup>3</sup>, FRANCISKA T. DE VRIES<sup>7</sup>, RICHARD D. BARDGETT<sup>7</sup>,



**CULTIVOS DE COBERTERA**

**ROTACIÓN**

**LABOREO MÍNIMO**

## Bloom of resident antibiotic-resistant bacteria in soil following manure fertilization

Nikolina Udikovic-Kolic<sup>a,b,1</sup>, Fabienne Wichmann<sup>a,c,1</sup>, Nichole A. Broderick<sup>a</sup>, and Jo Handelsman<sup>a,2</sup>

<sup>a</sup>Department of Molecular, Cellular, and Developmental Biology, Yale University, New Haven, CT 06511; <sup>b</sup>Division for Marine and Environmental Research, Rudjer Boskovic Institute, Zagreb 10000, Croatia; and <sup>c</sup>Biosafety Research, State Laboratory Basel, 4012 Basel, Switzerland

Edited by W. Ford Doolittle, Dalhousie University, Halifax, Canada, and approved September 8, 2014 (received for review May 28, 2014)

The increasing prevalence of antibiotic-resistant bacteria is a global threat to public health. Agricultural use of antibiotics is believed to groundwater (5, 20), and have potential consequences for human health if transferred to human pathogens. Studies assessing the



**RESISTENCIAS A ANTIBIÓTICOS**

**GLIFOSATO**

# ¡CUIDA TU MICROBIOMA!

Para alimentar a la población mundial:

- Necesitamos una agricultura sostenible
- Necesitamos preservar la salud de nuestros suelos
- Necesitamos cuidar el microbioma de nuestros suelos





Review

# Are Australian and United States farmers using soil information for soil health management?

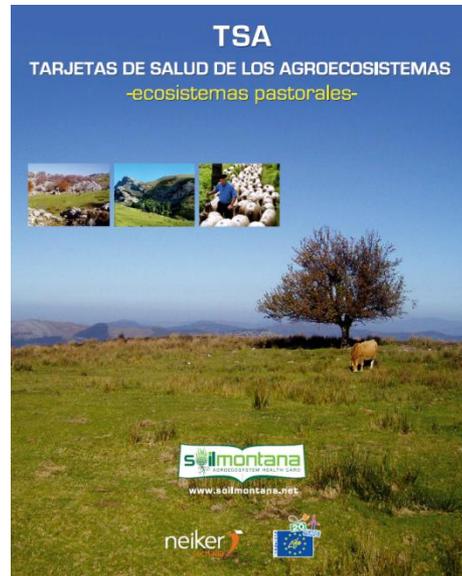
Lisa de Bruyn<sup>1</sup>, and Susan Andrews<sup>2</sup>

- ❖ Tan solo un 30% de los agricultores en EEUU y Australia analizan su suelo
- ❖ Mayormente, lo realizan para determinar las necesidades de fertilizante (pH, Al, NPK)



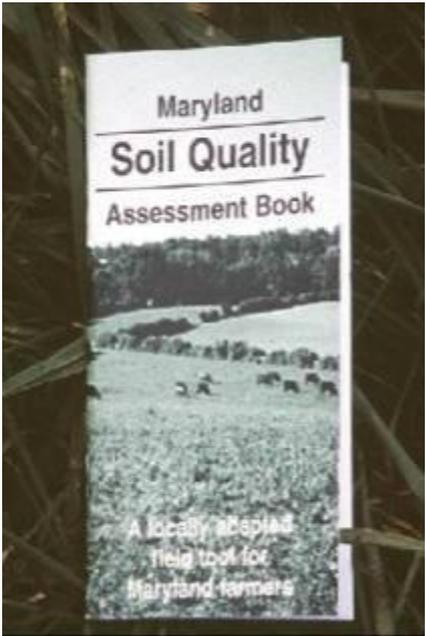
**Falta de información para conocer la salud del suelo y poder tomar decisiones que traten de mejorarla**

# Problema: "Torre de Babel"



# 2012

1985



**TSA**  
TARJETAS DE SALUD DE LOS AGROECOSISTEMAS  
-ecosistemas pastorales-



**soilmontana**  
AGROECOSYSTEM HEALTH CARD  
[www.soilmontana.net](http://www.soilmontana.net)

neiker  
ECTAD



2015



**TSEA**  
Tarjetas de Salud de los  
Ecosistemas Agrícolas

# ¿QUÉ SON LAS TARJETAS DE SALUD DE LOS ECOSISTEMAS PASTORALES?

- Manuales prácticos que nos explican de manera sencilla cómo podemos diagnosticar el estado de salud de un ecosistema pastoral.
- Nos permiten valorar el impacto de prácticas llevadas a cabo en pastos.

- ¿Qué indicadores medir?
- ¿Cómo hacerlo correctamente?
- ¿Qué significa cada indicador?
- ¿Qué valores se pueden considerar “buenos”, “malos” o “regulares”?
- ¿Qué hacer si el diagnóstico es malo?

**¡No sacar una media!**

**¡El objetivo es ver una evolución positiva año tras año!**

Zerbitzua	Oinarriko Indikatzaileak	Urtaria (1-3)	Ertaina 4-5,6-7	Osoa 8-9-10	Indikatzaile nota (1-10)	Zerbitzu nota (1-10)
1. Produktzioa	1.1. Produktzioa (g/landareko) 6. or.	0-45	45-85	85-100	8	7,5
	1.2. Izurriteak (landare osasuntza) 8. or.	0-45	45-85	85-100	7	
2. Biodibertsitatea	2.1. Kultiboen dibertsitatea 6. or.	0-3	3-7	7-10	7	7,4
	2.2. Inguruan kokatutako landare-dibertsitatea (estratu-kopurua) 11 or.	0-2	2	3	5	
	2.3. Inbaditzaileak diren espezieen presentzia (espezie-kopurua) 12 or.	0-1	1	0	10	
	2.4. Lurzoruko makrofauna dibertsitatea (mota-kopurua) 13 or.	0-6	6-14	14-20	8	
	2.5. Mesofaunaren dibertsitatea lurzoruan (kalitate biologikoaren indizea) 14 or.	0-30	30-70	70-100	7	
3. Lurzorua	3.1. Egoera fisikoa- Erosioa 16 or.	(-2)-0	(-2)-0	0-15	8	7,3
	3.2. Egoera fisiko eta infiltrazio-maila (min) 17 or.	0-10	10-20	20-40	6	
	3.3. Egoera fisikoa- Kompaktazioa (zm) 18 or.	0-10	10-20	20-40	6	
	3.4. Lurzoruaren egoera kimikoa, azidotze/basikotze-maila (pH) 19 or.	4,5-5,5 ó 8-7	5,5-7	7-8	9	
	3.5. Egoera kimikoa- materia organiko 21 or.	Ahula	Ahula	Ogierren- luzua	8	
	3.6. Egoera kimiko eta nutrienteen mala 22 or.	Ertaina	Ertaina	luzua eta uniforme	8	
	3.7. Egoera kimikoa-kutsatzaileak/pestizidak 23 or.	13 orr.	13 orr.	13 orr.	6	
	3.8. Egoera biologikoa- Lurzoruko organismoen aktibitatea 25 or.	0-15	15-35	35-50	7	
	3.9. Egoera biologiko-Zizreen ugartasuna 26 or.	0-3	3-7	7-10	7	
	3.10. Egoera biologikoa- Sustraien garapena (baxua/ertaina/aitua) 27 or.	Sustraien garapena	Ertaina	Sakona	8	
4. Klima aldaketa	4.1. Materia organikoaren kontzentrazioa 28 or.	Ahula	Ahula	Ogierren- luzua	7	7,5
	4.2. Produktzio sistema (C irabazi edo galdu?) 29 or.	Ahula	luzua	luzua	8	
<b>OINARRIZKO EBALUAZIOA</b>						
<b>Nota Finala</b>						
7,4						

# DIAGNÓSTICO BÁSICO

¡Cualquiera lo puede hacer!



## Modo correcto de uso...

- En primavera u otoño (microorganismos más activos)
- 2-3 días después de una lluvia
- Siempre por la misma persona

## Diagnóstico de salud BÁSICO

Nombre parcela: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Código del catastro (SIGPAC): \_\_\_\_\_

Servicio	Indicadores básicos	Mal 1-2-3	Regular 4-5-6	Bien 7-8-9	Valor indicador (1-9)	Valor servicio (1-9)
1. Producción de pasto	1.1. Peso fresco (kg/m <sup>2</sup> año): - montaña - valle	<0,8 <2	0,8-1,1 2-2,8	>1,1 >2,8		
	1.2. Rechazo animal (%)	>25	5-25	<5		
2. Conservación de la biodiversidad (vegetal y animal)	2.1. Especies vegetales (n°) - montaña - valle	<15 <15	16-30 16-25	>30 >25		
	2.2. Estratos vegetales (n°)	1	2	3		
	2.3. Tipos de macrofauna (n°)	<3	3-6	>6		
	2.4. Especies invasoras (animal/vegetal) (n°)	>1	1	0		
3. Conservación del recurso suelo	3.1. Lombrices (n°/m <sup>2</sup> )	<16	17-64	>65		
	3.2. Compactación-penetrabilidad (cm)	<3	3-15	>15		
	3.2'. Compactación-profundidad raíces (cm)	<15	15-30	>30		
	3.3. Riesgo erosión (% suelo desnudo)	>15	5-15	<5		
	3.4. Capacidad de infiltración (min)	>30	10-30	<10		
3.5. Coloración vegetal	pálido	parcheado	oscuro			
4. Lucha contra cambio climático	4.1. Abundancia raíces	baja	media	alta		
	4.2. Coloración suelo	claro	medio	oscuro		
<b>DIAGNÓSTICO BÁSICO</b>						<b>Nota Final</b>

# 1. Producción de pasto



**¿Qué?** La producción de pasto

**¿Cómo?** Cortar y pesar la vegetación de un cuadrado de medio metro de lado (en varios lugares y varias veces al año)

**¿Por qué?** Comida para ganado

Servicio	Indicadores básicos	Mal 1..2..3	Regular 4..5..6	Bien 7..8..9	Valor indicador (1-9)
1. Producción de pasto	1.1. Peso fresco (kg/m <sup>2</sup> año): - montaña - valle	<0,8 <2	0,8-1,1 2-2,8	>1,1 >2,8	

## 2. Conservar la biodiversidad: Diversidad de macrofauna



¿Qué? Número de tipos de macrofauna

¿Cómo? Contar unidades en un bloque cúbico de suelo

¿Por qué? Biodiversidad; eslabón superior cadena trófica



### 3. Cuidar el suelo: Tiempo de infiltración

**¿Qué?** Simulación de la capacidad de drenaje de una hora de lluvia fuerte

**¿Cómo?** Verter agua en un trozo de tubería clavado en el suelo, medir tiempo de desaparición

**¿Por qué?** Una estructura deficiente con pocos poros puede provocar encharcamiento, erosión, etc.



## 4. Mitigar el cambio climático: Materia orgánica



SUELO CLARO (Poca M.O.)



SUELO OSCURO (Mucha M.O.)



**¿Qué?** Contenido en materia orgánica del suelo

**¿Cómo?** Reacción al agua oxigenada y color

**¿Por qué?** Secuestro de carbono en el suelo para mitigar el cambio climático

# DIAGNÓSTICO AVANZADO

## Diagnóstico de salud AVANZADO

Nombre parcela: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Código del catastro (SIGPAC): \_\_\_\_\_



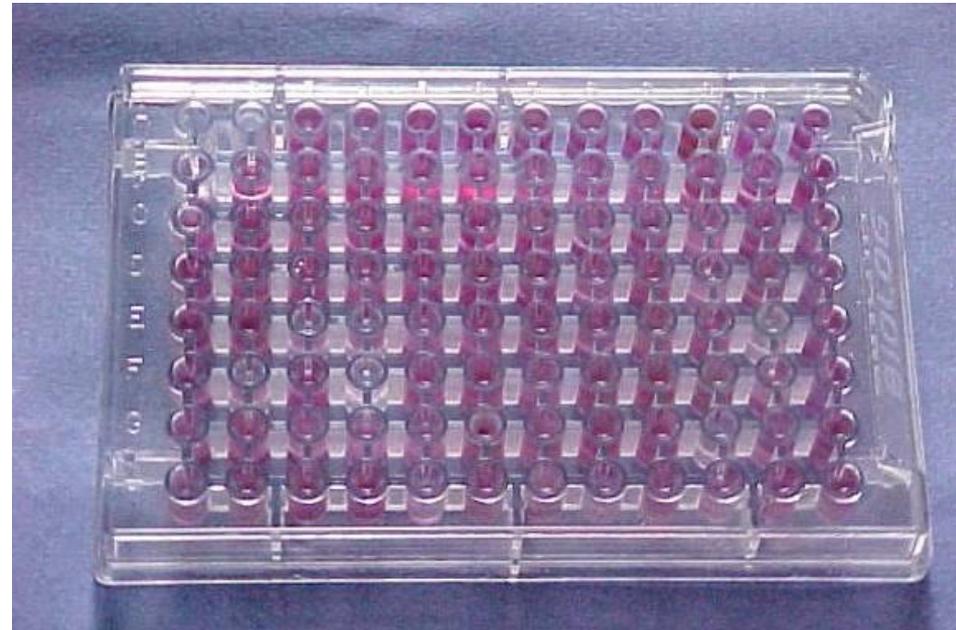
Servicio	Indicadores avanzados	Mal 1-2-3	Regular 4-5-6	Bien 7-8-9	Valor indicador (1-9)	Valor servicio (1-9)
<b>1. Producción de pasto</b>	1.1. Peso seco (t/ha año): - montaña - valle	<3 <5,4	3-4,2 5,4-7,6	>4,2 >7,6		
	<b>2. Conservación de la biodiversidad (vegetal, mesofauna y microbiota del suelo)</b>	2.1. Vegetal (índice diversidad H') - montaña - valle	<1,5 <1,3	1,5-2,5 1,3-2,3	>2,5 >2,3	
2.2. Mesofauna - tipos (índice)		<40	40-70	>70		
2.3. Funcional hongos (índice diversidad H')		<3	3-4	>4		
2.4. Funcional bacterias (índice diversidad H')		<3	3-4	>4		
2.5. Genética hongos (nº especies o bandas)		<5	5-11	>11		
2.6. Genética bacterias (nº especies o bandas)		<10	10-18	>18		
2.7. Genética total (índice diversidad H')		<2	2-3	>3		
<b>3. Conservación del recurso suelo</b>	3.1. Actividad microbiana (mg C-CO <sub>2</sub> /kg h)	<0,6	0,6-1	>1		
	3.2. Abundancia microbiana (mg C-CO <sub>2</sub> /kg h)	<10	10-18	>18		
	3.3. Cociente metabólico microbiano - qCO <sub>2</sub>	>0,1	0,1-0,06	<0,06		
	3.4. Compactación penetrabilidad 0-30cm (MPa)	>3	2-3	<2		
	3.5. Acidez-saturación Al (%) Acidez pH	>20 <5 >7,5	10-20 5-9	<10 6-7,5		
	3.6. N total (%)	<0,10 >3	0,11-0,29	0,3-3		
	3.7. P Olsen (ppm)	<8 >45	8-15	15,1-45		
	3.8. K extraíble (ppm)	<80 >350	80-120	121-350		
<b>4. Lucha contra cambio climático</b>	4.1. Emisiones CO <sub>2</sub> suelo (g CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> h)	>3	1,5-3	<1,5		
	4.2. Materia orgánica (%): - montaña - valle	<5 <2	5-10 2-4	>10 >4		
<b>DIAGNÓSTICO AVANZADO</b>						Nota Final

## 2. Conservar la biodiversidad: Diversidad funcional de bacterias

¿Qué? Capacidad de las bacterias de degradar diferentes fuentes de carbono

¿Cómo? Placas Biolog EcoPlates™

¿Por qué? Las bacterias cumplen funciones vitales en la mineralización de la materia orgánica, entre otras; el grupo más abundante de la biota edáfica en número

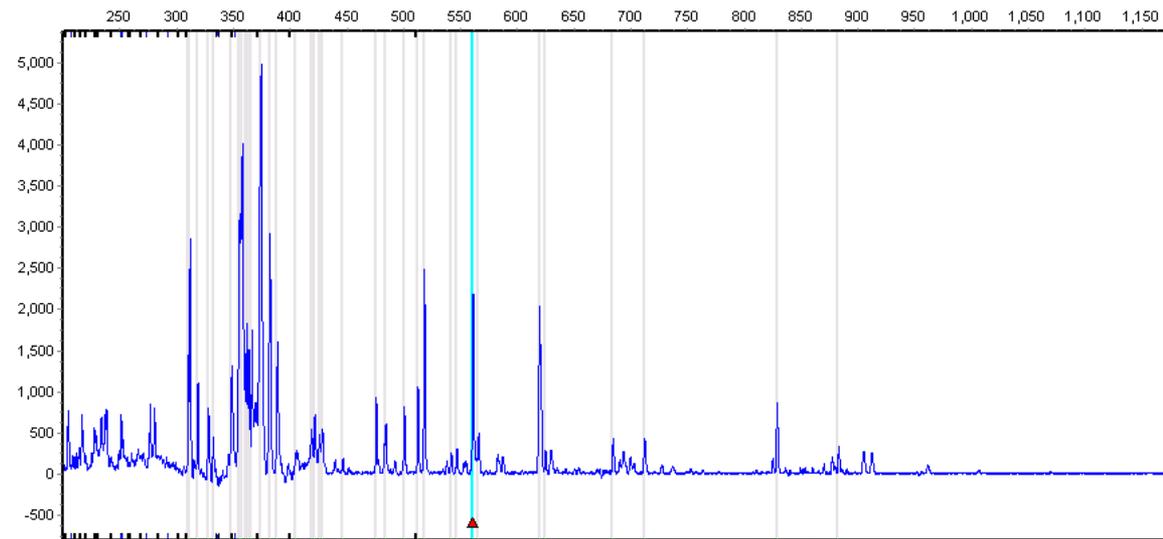


## 2. Conservar la biodiversidad: Diversidad genética de hongos

¿Qué? Número de taxones de hongos dominantes

¿Cómo? ARISA (Automated Ribosomal Intergenic Spacer Analysis)

¿Por qué? Los hongos cumplen funciones vitales en la mineralización de la materia orgánica, entre otras; el grupo más abundante de la biota edáfica en biomasa



Io.	Dye	Size	Height	Area	Marker	Allele	Difference	Quality	Score	Allele Comments	Sample Comments	Marker Comments
0	Blue	348.6	1309	21312	Blue1		1.00	Pass	10.4	[<Confirmed>]		
1	Blue	355.6	3173	36719	Blue1		1.00	Pass	25.3	[<Confirmed>]		
2	Blue	356.8	3210	30439	Blue1		1.00	Pass	15.1	[<Confirmed>]		
3	Blue	358.0	4025	48503	Blue1		1.00	Pass	80.0	[<Confirmed>]		
4	Blue	361.8	1832	21655	Blue1		1.00	Pass	29.8	[<Confirmed>]		
5	Blue	363.7	1512	23981	Blue1		1.00	Pass	7.2	[<Confirmed>]		
6	Blue	366.6	1742	18485	Blue1		1.00	Pass	44.0	[<Confirmed>]		
7	Blue	374.6	4923	131550	Blue1		1.00	Pass	25.5	[<Confirmed>]		
8	Blue	382.3	2930	44325	Blue1		1.00	Pass	59.7	[<Confirmed>]		
9	Blue	388.9	1597	19124	Blue1		1.00	Pass	29.9	[<Confirmed>]		
0	Blue	404.6	250	2240	Blue1		1.00	Pass	2.2	[<Confirmed>]		
1	Blue	418.7	535	9697	Blue1		1.00	Pass	2.6	[<Confirmed>]		
2	Blue	421.9	719	9269	Blue1		1.00	Pass	6.6	[<Confirmed>]		
3	Blue	425.8	477	7083	Blue1		1.00	Pass	2.3	[<Confirmed>]		
4	Blue	428.5	545	9348	Blue1		1.00	Pass	2.0	[<Confirmed>]		
5	Blue	446.5	181	2102	Blue1		1.00	Pass	1.1	[<Confirmed>]		
6	Blue	475.9	931	10136	Blue1		1.00	Pass	27.2	[<Confirmed>]		

### 3. Cuidar el suelo: Actividad microbiana

**¿Qué?** Tasa de respiración de los microorganismos del suelo

**¿Cómo?** Incubación del suelo en tarros herméticos en presencia de NaOH

**¿Por qué?** Refleja la actividad oxidativa global de los microorganismos



### 3. Cuidar el suelo: Compactación



**¿Qué?** La presión que deben superar las raíces de nuestros cultivos para atravesar el suelo en busca de nutrientes y agua

**¿Cómo?** Penetrómetro

**¿Por qué?** A partir de 1,5 MPa se dificulta el desarrollo de las raíces; a partir de 3 Mpa se detiene su desarrollo



## 4. Mitigar el cambio climático: Emisiones de CO<sub>2</sub>

**¿Qué?** Medición de las emisiones de dióxido de carbono producidas desde el suelo

**¿Cómo?** Analizador portátil de gases por infrarrojos

**¿Por qué?** El CO<sub>2</sub> es uno de los principales gases de efecto invernadero



# Diagnóstico de salud *básico*

Servicio	Indicadores básicos	Mal 1..2..3	Regular 4..5..6	Bien 7..8..9	Valor indicador (1-9)	Valor servicio (1-9)
<b>1. Producción de pasto</b>	1.1. Peso fresco (kg/m <sup>2</sup> año): - montaña - valle	<0,8 <2	0,8-1,1 2-2,8	>1,1 >2,8		
	1.2. Rechazo animal (%)	>25	5-25	<5		
<b>2. Conservación de la biodiversidad (vegetal y animal)</b>	2.1. Especies vegetales (nº) - montaña - valle	<15 <15	16-30 16-25	>30 >25		
	2.2. Estratos vegetales (nº)	1	2	3		
	2.3 Tipos de macrofauna (nº)	<3	3-6	>6		
	2.4. Especies invasoras (animal/vegetal) (nº)	>1	1	0		
<b>3. Conservación del recurso suelo</b>	3.1. Lombrices (nº/m <sup>2</sup> )	<16	17-64	>65		
	3.2. Compactación- penetrabilidad (cm)	<3	3-15	>15		
	3.2'. Compactación- profundidad raíces (cm)	<15	15-30	>30		
	3.3. Riesgo erosión (% suelo desnudo)	>15	5-15	<5		
	3.4. Capacidad de infiltración (min)	> 30	10-30	< 10		
3.5. Coloración vegetal	pálido	parcheado	oscuro			
<b>4. Lucha contra cambio climático</b>	4.1. Abundancia raíces	baja	media	alta		
	4.2. Coloración suelo	claro	medio	oscuro		
<b>DIAGNÓSTICO BÁSICO</b>						<b>Nota Final</b>

# Diagnóstico de salud *avanzado*

Servicio	Indicadores avanzados	Mal 1..2..3	Regular 4..5..6	Bien 7..8..9	Valor (1-9) indicador	Valor (1-9) servicio
<b>1. Producción de pasto</b>	1.1. Peso seco (t/ha año): - montaña - valle	<3 <5,4	3-4,2 5,4-7,6	>4,2 >7,6		
<b>2. Conservación de la biodiversidad (vegetal, mesofauna y microbiota del suelo)</b>	2.1. Vegetal (índice diversidad H')	<1,5 <1,3	1,5-2,5 1,3-2,3	>2,5 >2,3		
	2.2. Mesofauna – tipos (índice)	<40	40-70	>70		
	2.3. Funcional hongos (índice diversidad H')	<3	3-4	>4		
	2.4. Funcional bacterias (índice diversidad H')	<3	3-4	>4		
	2.5. Genética hongos (nº especies ó bandas)	<5	5-11	>11		
	2.6. Genética bacterias (nº especies ó bandas)	<10	10-18	>18		
	2.7. Genética total (índice diversidad H')	<2	2-3	>3		
<b>3. Conservación del recurso suelo</b>	3.1. Actividad microbiana (mg C-CO <sub>2</sub> /kg h)	<0,6	0,6-1	>1		
	3.2. Abundancia microbiana (mg C-CO <sub>2</sub> /kg h)	<10	10-18	>18		
	3.3. Cociente metabólico microbiano- qCO <sub>2</sub>	>0,1	0,1-0,06	<0,06		
	3.4. Compactación-penetrabilidad 0-30cm (MPa)	> 3	2-3	<2		
	3.5. Acidez- saturación de aluminio (%) Acidez- pH	>20 <5 ó >7,5	10-20 5-5,9	<10 6-7,5		
	3.6. N total (%)	<0,10 ó >3	0,11-0,29	0,3-3		
	3.7. P Olsen (ppm)	<8 ó >45	8-15	15,1-45		
	3.8. K extraíble (ppm)	<80 ó >300	80-120	121-350		
<b>4. Lucha contra cambio climático</b>	4.1. Emisiones CO <sub>2</sub> suelo (g CO <sub>2</sub> /m <sub>2</sub> h)	>3	1,5-3	<1,5		
	4.2. Materia orgánica (%): - montaña - Valle	<5 <2	5-10 2-4	>10 >4		

**DIAGNÓSTICO AVANZADO**

**Nota Final**

## Malos resultados: ¿Qué significan? ¿Cómo mejorarlos?

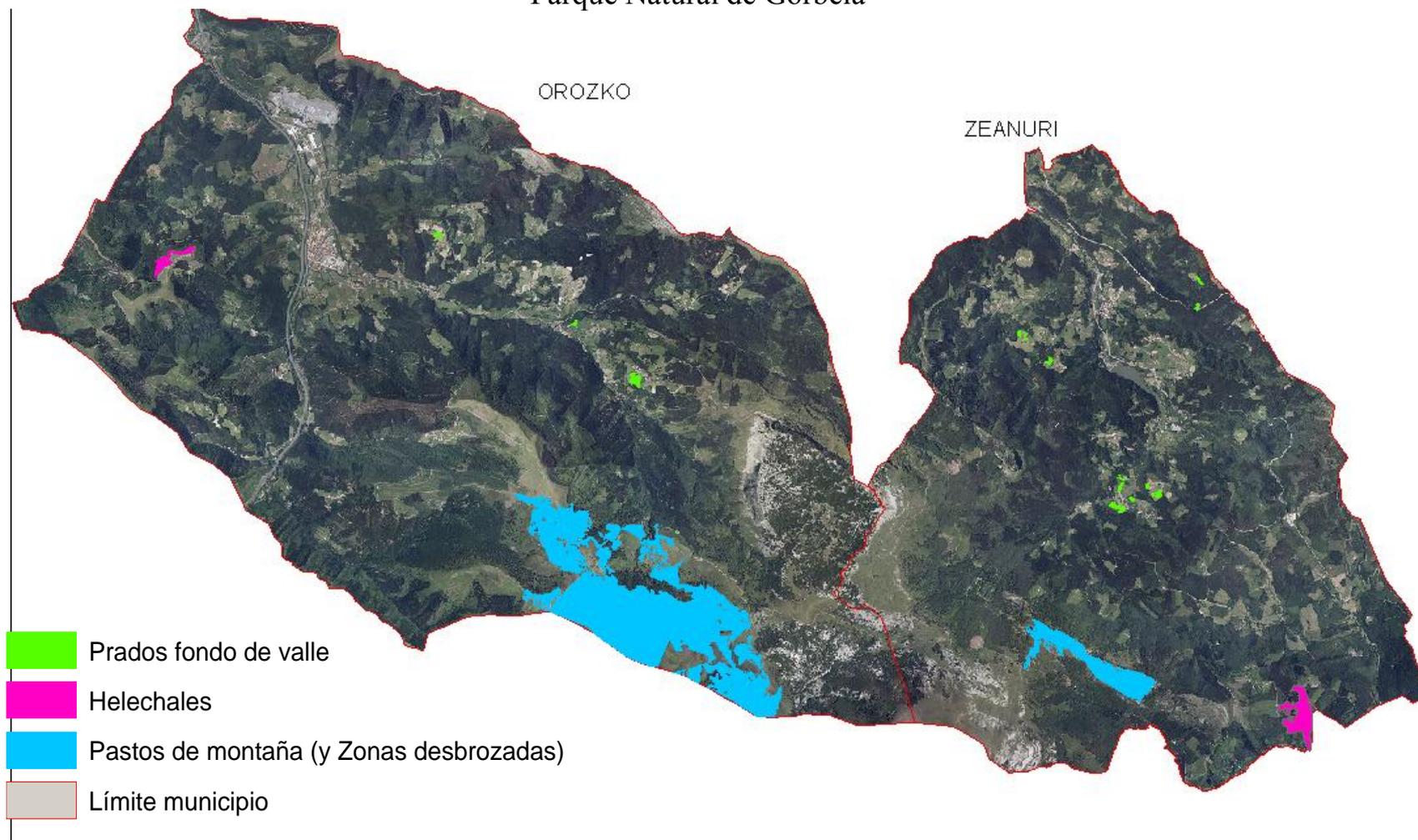
Servicio	Indicador en “mal” estado	Significado/consecuencias	Convendría...
<b>1. Producción de pasto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad de forraje baja</li> <li>- Rechazo animal alto</li> </ul>	<p>Suelo poco fértil Abundancia de especies poco palatables / tóxicas por manejo inadecuado del pasto</p>	<p>Abonar y/o encalar Ajustar la carga ganadera y/o momento de aprovechamiento Eliminar rechazos/especies indeseadas</p>
<b>2. Conservación de la biodiversidad (vegetal y animal)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nº especies vegetales bajo</li> <li>- Nº estratos vegetales bajo</li> <li>- Nº tipos de macrofauna bajo</li> <li>- Nº tipos de mesofauna bajo</li> <li>- Presencia especies invasoras</li> <li>- Diversidad funcional microbiana baja</li> <li>- Diversidad genética microbiana baja</li> </ul>	<p>Pérdida de riqueza específica vegetal Pérdida diversidad estructural vegetal Empobrecimiento cadena trófica (zona alta) Empobrecimiento cadena trófica (z. media) Amenaza para la biodiversidad autóctona Baja capacidad del suelo para funcionar Baja capacidad del suelo para adaptarse</p>	<p>Resiembra y manejo adecuado Proteger árboles y arbustos Aportes orgánicos y cobertura vegetal Aportes orgánicos y cobertura vegetal Erradicación y cobertura vegetal Aportes orgánicos. Diversidad vegetal Aportes orgánicos. Diversidad vegetal</p>
<b>3. Conservación del recurso suelo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nº lombrices bajo</li> <li>- Compactación del suelo alta</li> <li>- % suelo desnudo alto</li> <li>- Capacidad de infiltración baja</li> <li>- Vegetación pálida ó parcheada</li> <li>- Actividad microbiana baja</li> <li>- Abundancia microbiana baja</li> <li>- Cociente metabólico microbiano alto</li> <li>- pH demasiado a) bajo b) alto</li> <li>- Contenido en N demasiado a) bajo b) alto</li> <li>- Contenido en P demasiado a) bajo b) alto</li> <li>- Contenido en K demasiado a) bajo b) alto</li> </ul>	<p>Acidificación. Supone compactación Dificulta del desarrollo de las raíces Por sobrepastoreo. Supone riesgo de erosión Desaprovecha lluvia. Supone riesgo erosión Falta de nitrógeno o/y otros nutrientes Empobrecimiento del suelo. Acidificación? Empobrecimiento del suelo. Contaminación? Suelo inmaduro o estresado. Suelo ácido. Limita crecimiento plantas Suelo alcalino. Limita crecimiento plantas Limita desarrollo plantas y organismos Supone riesgo de eutrofización aguas abajo Limita desarrollo plantas y organismos Supone riesgo de eutrofización aguas abajo Limita desarrollo plantas y organismos Supone riesgo de eutrofización aguas abajo</p>	<p>Encalado y/o aportes orgánicos Reducir carga ganado. Aporte orgánico Reducir carga ganado. Aporte orgánico Reducir carga ganado. Aporte orgánico Abonar y encalar Aportes orgánicos. Encalar? Aportes orgánicos. Descontaminar? Aportes orgánicos. Descontaminar? Encalar - Abonar y/o encalar Ajustar carga ganadera. No abonar Abonar y/o encalar Ajustar carga ganadera. No abonar Abonar Ajustar carga ganadera. No abonar</p>
<b>4. Lucha contra cambio climático</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abundancia de raíces baja</li> <li>- Suelo de color claro</li> <li>- Emisiones de CO<sub>2</sub> altas</li> <li>- Contenido en materia orgánica bajo</li> </ul>	<p>Supone baja capacidad de secuestro de CO<sub>2</sub> Bajo contenido de C secuestrado en el suelo Pérdida acelerada de CO<sub>2</sub> a la atmósfera Bajo contenido de C secuestrado en el suelo</p>	<p>No labrar. Abonar y/o encalar No labrar. Aportes orgánicos No labrar. Evitar suelo desnudo No labrar. Aportes orgánicos</p>



Parcelas	Tratamientos
Prados de fondo de valle	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ abonado orgánico (estiércol) – abono mineral</li><li>➤ encalado (cal apagada) – no encalado</li><li>➤ cierre y no pastoreo – pastoreo</li></ul>
pastos de montaña	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ abonado P – no abonado</li><li>➤ cierre y no pastoreo – pastoreo</li></ul>
matorrales	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ desbroces en distintos tiempos: 2012, 2010, 2008</li></ul>
helechales	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ desbroces mecánicos - herbicida</li></ul>



## RED AMBIENTAL DEL PROYECTO SOILMONTANA Parque Natural de Gorbeia





## Hábitat 6230-Formaciones herbosas con Nardus (Oderiaga)

### EFFECTOS SOBRE LAS PROPIEDADES **FÍSICAS** DEL SUELO

Compactación (aparato)



Infiltración (manual)



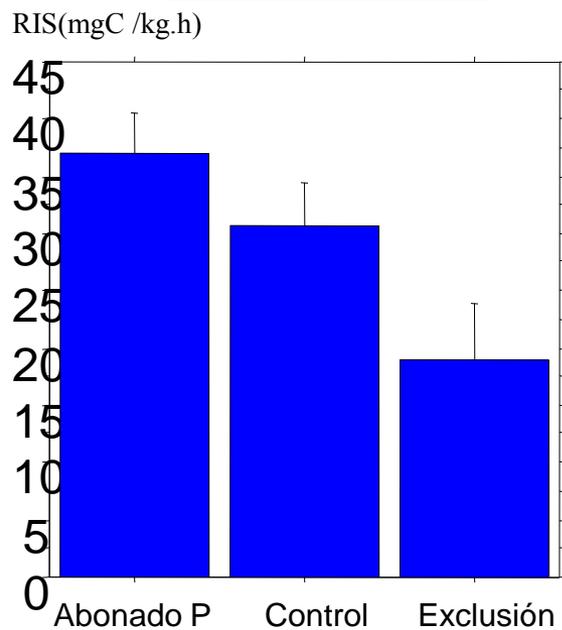
**El pastoreo compactó los suelos, reduciendo su capacidad de infiltración**



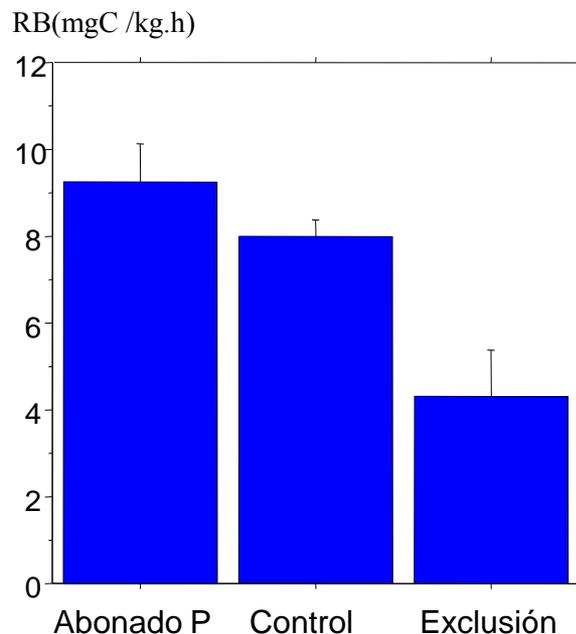
## Hábitat 6230-Formaciones herbosas con Nardus (Oderiaga)

### EFFECTOS SOBRE LAS PROPIEDADES **BIOLÓGICAS** DEL SUELO (micro)

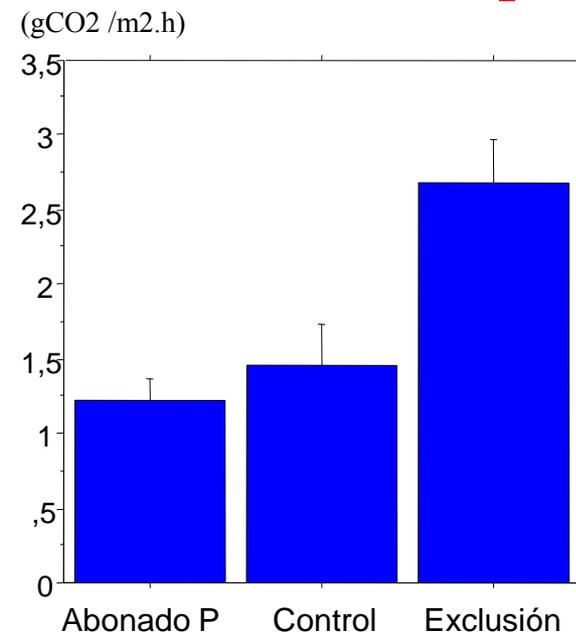
#### ABUNDANCIA



#### ACTIVIDAD



#### EMISIONES CO<sub>2</sub>



**El pastoreo (y el P) activó la microbiota de los suelos y redujo las emisiones de CO<sub>2</sub>**

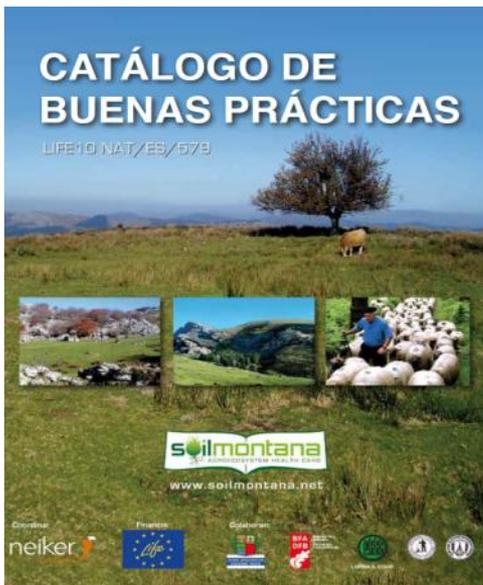


## Hábitat 6230-Formaciones herbosas con Nardus (Oderiaga)

### EFFECTOS SOBRE LAS PROPIEDADES **BIOLÓGICAS** DEL SUELO



**El pastoreo (y el P) disminuyó la biodiversidad**



### PRÁCTICA 1

#### :: APLICAR FÓSFORO EN PASTOS DE MONTAÑA

FÓSFORO	2013	2014
PRODUCCIÓN	6	9
BIODIVERSIDAD	5	5
SUELO	5	5
CLIMA	7	7
GLOBAL	6	7*

NO FÓSFORO	2013	2014
PRODUCCIÓN	6	9
BIODIVERSIDAD	5	5
SUELO	5	5
CLIMA	7	7
GLOBAL	6	6

#### METODOLOGÍA

**Producto usado:** Fosfato natural blando (26,5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 29% CaO). Ecológico.  
**Dosis:** 192 kg/ha. Aplicación manual, a pases cruzados. Final de invierno 2012.  
**Hábitats:** 6230\* (Praderas montanas) y 6170 (Pastos petranos calcícolas).  
 Pese a sus diferencias, se ofrece un diagnóstico común simplificado para facilitar la lectura.

#### RESULTADOS ESPERADOS

Incremento de la fertilidad del suelo y con ello de la producción de pasto.

#### RESULTADOS OBTENIDOS

##### Servicio de Producción:

-El abonado no produjo efectos significativos. 2014 fue más productivo que 2013.

##### Servicio de Conservación de la Biodiversidad:

-No cambios significativos en términos globales.  
 -Leve aumento de la diversidad genética de hongos.  
 -La especie *Nardus stricta* no se ve afectada por el abonado fosfórico aplicado, siendo su cobertura menor del 10%.

##### Servicio de Conservación del Recurso Suelo:

-No cambios significativos en términos globales.  
 -Leve declive de la abundancia de lombrices.

##### Servicio de Lucha contra el Cambio Climático:

-No cambios significativos en términos globales.

**DIAGNÓSTICO GLOBAL DE LA APLICACIÓN DE FÓSFORO (SEGÚN TSA):  
 IMPACTO ASUMIBLE (NOTA GLOBAL = 6-7)**

\* El cambio de diagnóstico global se debe a diferencias decimales (no mostrados).  
 \* Hábitat de interés comunitario prioritario.

### PRÁCTICA 6

#### :: ESTABLECER EXCLUSIONES AL GANADO

DENTRO DE LA EXCLUSIÓN	2013	2014
PRODUCCIÓN	1	1
BIODIVERSIDAD	5	5
SUELO	5	6
CLIMA	6	6
GLOBAL	5	4

FUERA DE LA EXCLUSIÓN	2013	2014
PRODUCCIÓN	6	9
BIODIVERSIDAD	5	5
SUELO	5	5
CLIMA	7	7
GLOBAL	6	6

#### METODOLOGÍA

**Cierres al ganado** de 10x10m (malla ganadera y alambre de espino). Año 2012.  
**Hábitats:** prados de valle y pastos de montaña (Hábitats 6230\* y 6170).  
 Pese a sus diferencias, se ofrece un diagnóstico común simplificado para facilitar la lectura.

#### RESULTADOS ESPERADOS

Evaluar los efectos de un hipotético abandono del pastoreo.

#### RESULTADOS OBTENIDOS

##### Servicio de Producción:

-Efecto negativo. En ausencia de pastoreo, el valor del servicio es el mínimo según las TSA (1 sobre 9), al no ser aprovechada la producción de pasto.

##### Servicio de Conservación de la Biodiversidad:

-No cambios significativos en términos globales.  
 -Leve aumento de la diversidad microbiana y descenso de la diversidad vegetal.  
 -En el hábitat 6170 la especie *Brachypodium pinnatum* se presenta como indicadora del abandono del pastoreo.  
 -En el hábitat 6230\* la especie *Nardus stricta* (con una cobertura del 2%) desaparece en las exclusiones.

##### Servicio de Conservación del Recurso Suelo:

-Efecto positivo de la exclusión. Se reduce la compactación del suelo.

##### Servicio de Lucha contra el Cambio Climático:

-Efecto negativo. Aumentan las emisiones de CO<sub>2</sub> del suelo a la atmósfera.

**DIAGNÓSTICO GLOBAL DEL ABANDONO DE LA ACTIVIDAD (SEGÚN TSA):  
 IMPACTO INASUMIBLE (NOTA GLOBAL = 4-5; PÉRDIDA DE UN SERVICIO)**

\* Hábitat de interés comunitario prioritario.



Lur Epelde (lepelde@neiker.eus)

[www.soilmicrobialecolgy.com/services](http://www.soilmicrobialecolgy.com/services)