



# TSEA

Tarjetas de Salud de los  
Ecosistemas Agrícolas

## ¿Qué son las TSEA?

Las TSEA o Tarjetas de Salud de los Ecosistemas Agrícolas son manuales prácticos que nos explican de manera sencilla cómo podemos diagnosticar estado de salud de diferentes ecosistemas agrícolas o “agroecosistemas”. Además de conocer su estado actual, nos permiten valorar el impacto que sobre dicha salud pueda tener cualquier cambio que introduzcamos en esos agroecosistemas (por ejemplo, una práctica agraria).

Para ello, las TSEA nos detallan qué indicadores de salud podemos medir, cómo hacerlo correctamente, qué significado tiene cada uno de los indicadores y los rangos considerados como “buenos”, “regulares” y “malos”. Así como una serie de consejos finales para mejorarlos.

## Uso agrícola

Las TSEA están diseñadas específicamente para diagnosticar la salud de ecosistemas agrícolas, por lo que su uso NO está indicado para otro tipo de agroecosistemas (por ejemplo pastos permanentes, para los cuales ya existen las Tarjetas de Salud de Ecosistemas Pastorales). Para ello, sería necesario introducir ciertos cambios en los indicadores que se deben medir, así como en sus valores de referencia.

Han sido desarrolladas por NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, BLE-Biharko Lurraren Elkartea, ENEEK-Consejo de Agricultura y Alimentación Ecológica de Euskadi y ABERE-Zerbitzu Teknikoak Kooperatiba Sozietatea, dentro de un proyecto común financiado por la Eurorregión Aquitania Euskadi (Convocatoria 2013).

Su objetivo fundamental es dotar a técnicos y agricultores (profesionales y no profesionales) de una nueva herramienta -TSEA- que les permita conocer por sí mismos el impacto de sus prácticas agrícolas sobre la salud de sus agroecosistemas, pudiendo así optar por aquellas alternativas de manejo que demuestren

ser más sostenibles desde el punto de vista socioeconómico (producción agrícola) y medioambiental (conservación de la biodiversidad y lucha contra el cambio climático).

## ¿Quién puede usar las TSEA?

Cualquier persona puede usar las TSEA, gracias a que incluyen una serie de indicadores denominados “básicos” que se pueden medir e interpretar sin necesidad de una formación específica previa ni gastar dinero. ¿Cómo? simplemente siguiendo el manual y con instrumentos caseros. Con los resultados de estos indicadores podremos diagnosticar el estado de salud de nuestro agroecosistema a nivel básico, en la página 51 del manual.

Para un diagnóstico más completo se deberían medir, además, una serie de indicadores denominados “profesionales” que requieren de un mayor equipamiento y formación previa. Estos nuevos análisis se pueden contratar en NEIKER ([www.neiker.net](http://www.neiker.net)) y sus resultados permiten realizar un diagnóstico profesional de la salud del agroecosistema (en la página 52).

3. Suelo	3.1. Físico-Erosión (gana vs. pérdida) Pág. 16	60 - 30	30 - 10	10 - 0	6	7,3
	3.2. Físico-Tiempo de infiltración (min) Pág. 17	0 - 10	10 - 20	20 - 40	6	
	3.3. Físico-Compactación (cm) Pág. 18	3-4,5 ó 8-9	4,5-5,5 ó 8-7	5,5-7	9	
	3.4. Químico-Acidez/Basicidad (pH) Pág. 19	Ninguna Pálida	Débil Medio	Fuerte Oscuro	8	
	3.5. Químico-Materia orgánica (reacción /color) Pág. 20	Pálida ó anormal	Media	Uniforme y oscura	8	
	3.6. Químico-Nutrientes minerales (coloración) Pág. 21	Ver pág. 23	Ver pág. 23	Ver pág. 23	6	
	3.7. Químico-Pesticidas/contaminantes (uso) Pág. 22	0 - 15	15 - 35	35 - 50	7	
	3.8. Biológico-Actividad (% degradación) Pág. 24	0 - 3 ó >20	3 - 7 ó 10-20	7 - 10	7	
	3.9. Biológico-Lombrices (n°) Pág. 25	Superficial	Medio	Profundo	8	
	3.10. Biológico: Raíces (desarrollo) Pág. 26	Ninguna Pálida	Débil Medio	Fuerte Oscuro	7	
4. Cambio climático	4.1. Materia orgánica (reacción y color) Pág. 27	Ver pág. 29	Ver pág. 29	Ver pág. 29	8	7,5
	4.2. Sistema de producción (gana vs. pérdida C) Pág. 28					
					<b>Nota Final</b>	7,4

**DIAGNÓSTICO BÁSICO**

## ¿Cómo nos indican las TSEA la salud de un agroecosistema?

Cada vez que midamos un indicador siguiendo las instrucciones del manual (páginas 1-51) compararemos nuestro resultado con los valores de referencia considerados “malos”, “regulares” o “buenos” en las tablas de recogida de datos (págs. 51 y 52) y así podremos asignarle un valor del 1 al 10 a cada indicador (valor del indicador; penúltima columna de la tabla).

Tanto en la tabla de diagnóstico “básico” (página 51) como en la tabla de diagnóstico avanzado o “profesional” (página 52), los indicadores se encuentran agrupados en cuatro servicios, aquellos que nos brindan los agroecosistemas sanos: 1. Producen alimentos; 2. Conservan la biodiversidad; 3. Cuidan el suelo; 4. Mitigan el cambio climático. Para conocer el estado de cada uno de estos servicios calcularemos el promedio sus indicadores. De este modo sabremos en qué medida -del 1 al 10- nuestro agroecosistema es capaz de cumplir con ese servicio (valor de servicio; última columna).

Finalmente, el diagnóstico global de salud de nuestro agroecosistema se obtiene calculando el promedio de los cuatro servicios, obteniéndose una nota del 0 al 10 (Nota Final\*; última casilla).

\*Aclaración 1: se entiende que un agroecosistema sano es capaz de ofrecer todos y cada uno de los cuatro servicios clave indicados en la tabla. Por tanto, un valor inferior a 5 en la valoración de cualquiera de los servicios ecosistémicos conllevaría un diagnóstico global “malo”, incluso aunque el promedio global fuese superior a 5.

\*Aclaración 2: si te resultase imposible medir todos los indicadores ó servicios de la tabla, aún podrías realizar el diagnóstico a partir de aquellos indicadores y servicios que sí hayas podido medir. No obstante, ello podría afectar a la fiabilidad y el pretendido carácter global del diagnóstico, por lo que aconsejamos medirlos todos o, al menos, los 8 indicadores básicos que marcamos como “imprescindibles” (2 por cada servicio).

# Antes de empezar...

## ¿Cuándo debo usar las TSEA?

Como norma general, se debe medir cuando el terreno y el clima están más estables, ya que las propiedades del suelo (especialmente las biológicas) varían con las estaciones y con las prácticas agrícolas, como la labranza. Por eso, la mejor época es cuando se acerca la cosecha de otoño o primavera, momento en el cual las temperaturas son suaves y las labores del terreno quedan más lejanas en el tiempo.

Dentro de esa época, aprovecha a realizar tus medidas en un plazo de 2-3 días después de una lluvia significativa, evitando así que el suelo esté excesivamente húmedo o seco (idealmente, a capacidad de campo). Procura evitar también los días/momentos del día especialmente fríos o calurosos, ya que también alteran la actividad de los organismos vivos.

## ¿Dónde debo usar las TSEA?

La respuesta a esta pregunta dependerá del método que elijas para hacer el seguimiento de la salud de tu agroecosistema. Existen dos modos de hacerlo:

**Por parcela:** Escoge una parcela como “representante” de tu agroecosistema y realiza tus muestreos siempre en ella, independientemente del cultivo que albergue cada año. Para ver su evolución, deberás repetir el diagnóstico cada año (si repite cultivo) ó al final de cada rotación (si cambia el cultivo) cuando las condiciones son comparables (por ejemplo, cada 4 años cuando vuelves a cultivar tomates en esa parcela).

**Por cultivo:** Escoge un cultivo como “representante” de tu agroecosistema y realiza tus muestreos siempre en la parcela que albergue ese cultivo, aunque cambie de sitio. Este método permite repetir el diag-

nóstico año a año independientemente de las rotaciones, pero NO es recomendable en terrenos que no sean especialmente uniformes (pendiente, orientación, tipo de suelo, etc).

Independientemente del modo de seguimiento que elijas, las muestras de suelo deberán tomarse siempre entre líneas de cultivo y evitando irregularidades (rodadas por paso de maquinaria, etc).

## ¿Cómo debo usar las TSEA?

Sigue fielmente las instrucciones del manual, pues de ello dependerá la fiabilidad de tu diagnóstico. Y asegúrate de hacerlo siempre de la misma manera (misma persona, técnica, etc.) para que los resultados sean comparables y realmente veas su evolución.

Y sobretodo...ÁNIMO! No te desanimes si al principio encuentras valores pobres en tu agroecosistema, pues dependen de su uso pasado y de las condiciones edafoclimáticas naturales locales, contra las que no se puede (ni debe) luchar. Si quieres conocer la magnitud de dichos condicionantes locales, siempre puedes realizar tus mediciones sobre un ecosistema natural contiguo que te servirá como referencia.

En cualquier caso, sin necesidad de compararte con nadie, lo verdaderamente importante es que veas una evolución positiva de la salud de tu agroecosistema con el paso del tiempo, como resultado de tus buenas prácticas. Para ello, subrayamos de nuevo que es muy importante que las condiciones durante la medida (cuándo, dónde y cómo mides) sean siempre las mismas, en la medida de tus posibilidades.

# Manos a la obra!

## Diagnóstico Básico de Salud

### ¿Qué herramientas necesito?

- **Peso (0-10kg)** – para pesar las cosechas (Indicador básico 1.1).
- **Lupa (10X)** – para identificar las plagas (Indicador básico 1.2).
- **Pala plana** – para medir macrofauna, lombrices y raíces (Indicadores básicos 2.4, 3.9 y 3.10).
- **Bombilla (50W), colador (1mm) y embudo** – para medir mesofauna (Indicador básico 2.5).
- **Varilla (8 mm Ø) graduada** – para medir erosión y compactación (Indicadores básicos 3.1 y 3.3).
- **Cilindro (10 cm Ø) y martillo** – para medir la capacidad de infiltración (Indicador básico 3.2).
- **Tiras de pH, sulfumán (HCl 10%) y agua oxigenada (110vol)** – pH y materia orgánica (3.4 y 3.5)
- **Cuerda de sisal (3 mm Ø)** – para medir la actividad biológica (Indicador básico 3.8).
- **TSEA** – para realizar las medidas según sus indicaciones y anotar los resultados.



Como ves, no necesitas ninguna herramienta sofisticada para hacer un diagnóstico objetivo de la salud de tu agroecosistema, a nivel básico. A continuación te explicamos los indicadores que debes medir y cómo hacerlo, uno a uno.

# Diagnóstico Básico

## 1º Servicio de un agroecosistema: producir alimento

**¡Imprescindible!**

### Indicador básico

#### 1.1. Cosecha (g/planta)

Evidentemente, esta medida dependerá del cultivo que escojamos. Por eso, a continuación se muestra una tabla con las cosechas esperables para los cultivos más comunes, según el marco de plantación indicado y teniendo en cuenta si se cultiva dentro o fuera de invernadero, etc. Dado que estamos haciendo un diagnóstico básico, para facilitar la tarea mediremos la cosecha en gramos de fruto fresco por planta (frutos de una tomatera o peso de una lechuga, por ejemplo).

Compara tu cosecha con los valores de referencia de la tabla de diagnóstico básico (pág. 51) y asígnale en consecuencia un valor de 0 a 10 a este indicador, anotándolo en la casilla correspondiente.

Importante! Es recomendable que repitas tu medida en diferentes puntos ("réplicas") de tu parcela y que uses el valor promedio de estas réplicas, el cual representará mucho mejor tu agroecosistema que una única medida. Este aviso es aplicable a todos los indicadores que medimos, siendo 4 réplicas suficiente por lo general (excepto en parcelas muy irregulares).

#### ¿Por qué medimos la cosecha?

La cosecha que obtenemos, además de tener un valor en sí misma, nos indica el vigor de nuestro agroecosistema. Al igual que ocurre con las personas, la falta de vigor de un agroecosistema está frecuentemente relacionada con una mala salud.



# Tabla de Cosechas Esperadas (g/Planta)

FAMILIA	CULTIVO	0 < 3	3 - 7	> 7 - 10
Solanáceas	Tomate en exterior (1,85 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 1027	1027 - 2378	2378 - 3405
	Tomate en invernadero (1,85 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 2270	2270 - 5243	5243 - 7514
	Pimiento en exterior (2,86 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 301	301 - 699	699 - 1014
	Pimiento en invernadero (2,86 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 455	455 - 1084	1084 - 1538
	Patata (4,75 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 421	421 - 968	968 - 1368
Leguminosas	Haba (15 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 31	31 - 73	73 - 100
	Habín (7 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 21	21 - 49	49 - 70
	Guisante (25 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 18	18 - 44	44 - 60
	Alubia (16 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 25	25 - 58	58 - 81
	Judía verde en exterior (16 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 46	46 - 106	106 - 156
	Judía verde en invernadero (16 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 75	75 - 175	175 - 250
Crucíferas	Col (4 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 675	675 - 1550	1550 - 2225
	Col de bruselas (2,5 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 840	840 - 1960	1960 - 2800
	Brócoli (2,9 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 207	207 - 483	483 - 690
	Coliflor (2,4 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 708	708 - 1625	1625 - 2333
	Colza (30 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 5	5 - 12	12 - 18
	Nabo forrajero (70 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 20	20 - 47	47 - 67
Compuestas	Lechuga en exterior (13 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 138	138 - 315	315 - 454
	Lechuga en invernadero (13 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 177	177 - 415	415 - 585
	Girasol (6 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 18	18 - 45	45 - 63
Liliáceas	Cebolla en exterior (15 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 107	107 - 247	247 - 353
	Cebolla en invernadero (15 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 120	120 - 280	280 - 400
	Puerro (25 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 56	56 - 128	128 - 184
Quenopodiáceas	Remolacha (10 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 380	380 - 890	890 - 1280
	Acelga (6,5 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 323	323 - 754	754 - 1092
	Espinaca (20 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 45	45 - 105	105 - 150
Umbelíferas	Zanahoria (40 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 43	43 - 100	100 - 145
Cucurbitáceas	Calabaza (0,4 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 3750	3750 - 8500	8500 - 12250
Gramíneas	Trigo (300 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 1,0	1,0 - 2,4	2,4 - 3,7
	Cebada (300 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 1,0	1,0 - 2,3	2,3 - 3,3
	Maíz forrajero (9 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 322	322 - 744	744 - 1067
	Raigrás anual (300 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 6	6 - 14	14 - 20

# Diagnóstico Básico

¡Imprescindible!

## 1º Servicio de un agroecosistema: producir alimento

### Indicador básico

#### 1.2. Plagas (% de plantas sanas)

Teniendo en cuenta el conjunto de tus cultivos, estima visualmente el porcentaje de plantas sanas, es decir, aquellas que NO muestran síntomas de estar siendo afectadas significativamente por alguna plaga (entendiendo por plaga tanto macro- como microorganismos patógenos).

Compara tu resultado (% de plantas sanas) con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico básico (pág. 51) y asígnale en consecuencia un valor de 0 a 10. Anótalo en la casilla correspondiente a este indicador.

Para ayudarte a identificar las plagas de tus cultivos,

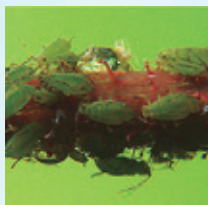
a continuación te mostramos imágenes de algunas que son comunes y que podrían estar indicando ciertos desequilibrios en tu agroecosistema.

### ¿Por qué medimos la incidencia de plagas?

La aparición de ciertas plagas, además de generar una reducción de las cosechas y una depreciación del producto en el mercado, nos puede estar indicando otros problemas que están afectando a la salud de nuestro agroecosistema y que debemos mejorar (laboreo o marco de plantación inadecuados, compactación, encharcamiento, escasez de fauna auxiliar, etc). Al igual que ocurre con las personas, los agroecosistemas que no se cuidan son más susceptibles a sufrir enfermedades.

## Insectos

### CHUPADORES (podrían indicar un exceso de abonado y/o falta de sol que entenece las plantas)



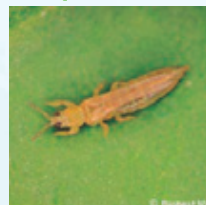
Pulgón  
(Áfidos)



Mosca blanca  
(Aleuródidos)



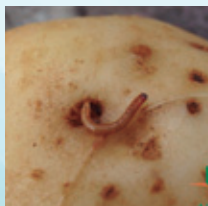
Araña roja  
(*Tetranychus urticae*)



Trips  
(Tisanópteros)



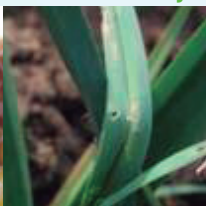
### MINADORES (podrían indicar falta de rotación de cultivos y/o exceso de materia orgánica)



Gusano de Alambre (*Agriotes sp.*)



Taladros o barrenadores



Polilla del tomate o tuta (*Tuta absoluta*)



### DEFOLIADORES (falta de rotación de cultivos)



Orugas de la col  
(*Pieris sp.*, *Plutella sp.*)



Tijeteras  
(Dermápteros)



Escarabajo de patata  
(*Leptinotarsa decemlineata*)



# Hongos

DE PARTE AÉREA (podrían indicar una falta de rotación y/o de ventilación entre plantas)



Mildiu  
(*Phytophthora infestans*)



Cladosporiosis  
(*Fulvia fulva*)



Royá  
(*Puccinia sp.*)

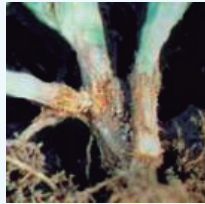


Podredumbre gris  
(*Botrytis cinerea*)

DE RAÍZ (falta de rotación. Exceso de humedad y/o materia orgánica en suelo)



Tristeza o seca  
(*Phytophthora capsici*)



Podredumbre negra  
(*Rhizoctonia solani*)



Podredumbre blanca  
(*Sclerotinia sp.*)



Podredumbre blanda  
(*Fusarium oxysporum*)

# Bacterias

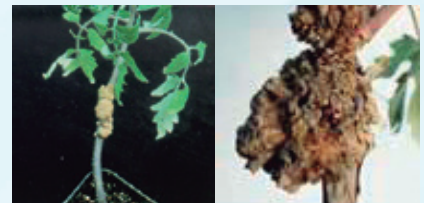
DE PARTE AÉREA (podrían indicar una falta de rotación y/o de ventilación entre plantas)



Podredumbres húmedas  
(*Erwinia sp.* ó *pseudomonas sp.*)



Grasa de la judía  
(*Pseudomonas syringae*)



Tumores en tallo  
(*Agrobacterium sp.*)

# Otros

VIRUS

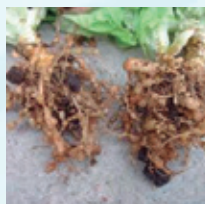


Bronceado  
(*TSWV*)



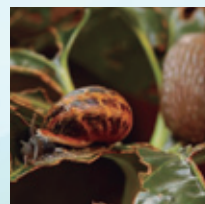
Mosaico  
(*TMV*)

NEMÁTODOS



Tumores en raíz  
(*Meloidogyne sp.*)

GASTERÓPODOS



Caracoles  
y babosas

ROEDORES Y TOPOS



Topillo  
(*Microtus arvalis*)

# Diagnóstico Básico

## 2º Servicio de un agroecosistema: conservar la biodiversidad

¡Imprescindible!



### Indicador básico

#### 2.1. Diversidad de cultivos (nº especies)

Observa el número de cultivos diferentes que están presentes en tu parcela de estudio, tomando como límite 1 ha. Quizás esos cultivos forma parte de una rotación temporal, en ese caso suma el número total de cultivos diferentes que estarán presentes a lo largo de toda la rotación en esa parcela.

Compara tu resultado con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico básico (pág. 51) y asígnale en consecuencia un valor de 0 a 10. Anótalo en la casilla correspondiente a este indicador.

#### ¿Por qué medimos la diversidad de cultivos?

Los cultivos tienen un valor per se por la agrobiodiversidad que representan. Además, la presencia de distintos cultivos genera diferentes nichos ecológicos tanto a nivel aéreo como subterráneo (zona radicular), que pueden ser habitados por multitud de organismos.

# Diagnóstico Básico

## 2º Servicio de un agroecosistema: conservar la biodiversidad



### Indicador básico

#### 2.2. Diversidad vegetal adyacente (nº estratos)

Probablemente haya arbustos y/o árboles formando parte de los límites de tu parcela de estudio. Tomando como límite 1 ha (incluyendo estos bordes) identifica si están presentes los 3 estratos vegetales (herbáceo, arbustivo y arbóreo), 2 o 1. Compara el resultado de tu medida (nº) con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico básico (pág. 51) y asígnale en consecuencia un valor de 0 a 10, según la siguiente valoración:

3 estratos = 8,5 puntos.

2 estratos = 5 puntos.

1 estrato = 1,5 puntos.

#### ¿Por qué medimos el número de estratos vegetales?

Además de la biodiversidad que representan, los arbustos y/o árboles que acompañan a nuestros cultivos sirven de refugio a multitud de organismos. Estos organismos no sólo tienen un valor como miembros de nuestra biodiversidad, sino que además muchos de ellos son beneficiosos para nuestros propios cultivos (los polinizan, controlan sus plagas, etc).

# Diagnóstico Básico

## 2º Servicio de un agroecosistema: conservar la biodiversidad

### Indicador básico

#### 2.3. Ausencia de especies invasoras (nº especies)

Visualmente, identifica si está presente en tu área de estudio alguna especie vegetal o animal considerada invasora, según los catálogos de IHOBE sobre flora y fauna invasora en la Comunidad Autónoma Vasca (CAPV). Puedes descargarlos gratuitamente en su página web ([www.lhobe.net](http://www.lhobe.net); publicaciones).

Compara el resultado de tu medida (nº) con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico básico (pág. 51) y asigne en consecuencia un valor de 0 a 10, según la siguiente valoración:

0 especies invasoras = 8,5 puntos.

1 especie invasora = 5 puntos.

2 especies invasoras = 1,5 puntos.

3 o más especies invasoras = 0 puntos.

Además de recomendarte leer dichos catálogos de IHOBE, a continuación te mostramos imágenes de algunas de las especies invasoras que puedes encontrar dada su creciente expansión en la CAPV. (IHOBE, 2009).

#### ¿Por qué medimos el número de especies invasoras?

Además del riesgo que para nuestra biodiversidad suponen las especies consideradas invasoras por su gran poder colonizador, pueden ser indicadoras de un desequilibrio de nuestro agroecosistema. Por ejemplo, es común la aparición de *Cortaderia* en terrenos desprovistos súbitamente de vegetación por movimientos de tierras o por la aplicación continuada de herbicidas totales sin resiembras posteriores.



*Cortaderia selloana* (carrizo de la Pampa)



*Buddleja davidii*



*Vespa velutina* (avispa asiática)

# Diagnóstico Básico

## 2º Servicio de un agroecosistema: conservar la biodiversidad

¡Imprescindible!

### Indicador básico

#### 2.4. Diversidad de macrofauna (nº tipos)

Tendremos en cuenta la macrofauna presente en la superficie y también a nivel subterráneo (suelo).

**Superficie:** Realiza un transecto de 5 minutos por tu parcela de estudio, contando los tipos de macrofauna diferentes que observas. Recuerda que llamamos “macro”-fauna a aquellos organismos visibles para el ojo humano (>1mm).

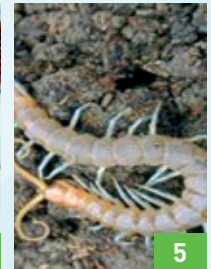
**Suelo:** Con ayuda de una pala plana, extrae un bloque cúbico de suelo de 25 cm de lado y 30 cm de profundidad. Trata de hacerlo en un tiempo inferior a 1 minuto para evitar la fuga de organismos hacia estratos inferiores. Examina primero la superficie, después desmenúzalo manualmente y cuenta los tipos diferentes de macrofauna presentes (NO los individuos). A continuación se muestran fotos de algunos de los organismos que puedes encontrar en tu suelo.

Suma el número de tipos observados en suelo y superficie, y compara esta suma con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico básico (pág. 51). Asígnale un valor de 0 a 10.

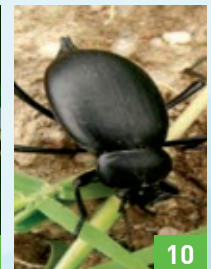
### ¿Por qué medimos la diversidad de macrofauna?

Además de la biodiversidad que representan, la macrofauna es el eslabón superior de la cadena trófica. En el suelo se ocupan de comenzar el proceso de descomposición de los restos orgánicos, al trocear los restos de mayor tamaño y hacerlos así disponibles a la meso y microfauna, que a su vez los transforman en nutrientes para los cultivos, cerrándose el ciclo.

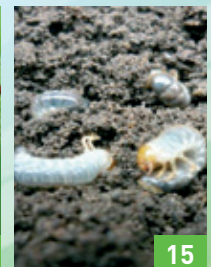
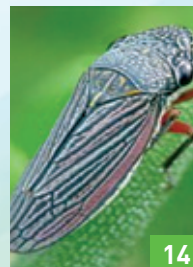
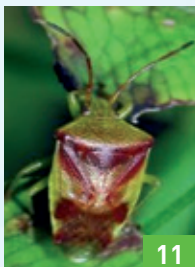
1. Lombrices (Oligochaeta)
2. Cucarachas (Dictyoptera)
3. Cochinitas (Isópoda)
4. Milpiés (Diplopoda)
5. Cienpiés (Chilopoda)



6. Tijeretas (Dermaptera)
7. Hormigas (Hymenoptera)
8. Termitas (Isoptera)
9. Saltamontes (Orthoptera)
10. Escarabajos (Coleoptera)



11. Chinchas (Heteroptera)
12. Arañas (Arachnida)
13. Caracoles (Gasteropoda)
14. Chicharras (Homoptera)
15. Otros (Larvas, etc.)



# Diagnóstico Básico

## 2º Servicio de un agroecosistema: conservar la biodiversidad

### Indicador básico

#### 2.5. Diversidad de mesofauna en suelo (índice de calidad biológica)

Toma un fragmento cilíndrico de suelo de 10cm de diámetro y 5cm de profundidad. Para extraer la mesofauna emplearemos el método de extracción de Berlese-Tullgren, según el cual colocamos sobre un embudo una maya metálica de 1 mm de poro (p. ej. un colador). Colocamos el fragmento de suelo encima del colador y bajo una bombilla de 50W, a 20cm de distancia. Para recoger a los organismos que huyen de la luz y el calor de la bombilla, bajo el embudo colocamos un pequeño tarro con alcohol. Tras una semana, recoge el tarro con alcohol y, con ayuda de una lupa y las imágenes que se adjuntan en la página siguiente, cuenta los tipos diferentes de mesofauna presentes (NO los individuos), asignándoles el valor que aparece en rojo junto al nombre de cada grupo. Suma estos valores para obtener el valor del índice de calidad biológica.

Compara el resultado de tu medida (índice) con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico básico (pág. 51) y asígnale en consecuencia un valor de 0 a 10.

#### ¿Por qué medimos la diversidad de mesofauna?

La mesofauna es el eslabón trófico inferior a la macrofauna y prosigue el trabajo de descomposición iniciado por esta. Recuerda que llamamos "meso"-fauna a aquellos organismos de tamaño intermedio entre los macroorganismos (>1mm, visibles al ojo humano) y los microorganismos (< 0,1 mm, visibles al microscopio), por lo que necesitaremos una lupa 10X para observarlos.



1. Protura 20
2. Diplura 20
3. Collembola 10
4. Microcoryphia 10
5. Zygentomata 10
6. Dermaptera 1
7. Orthoptera 10
8. Embioptera 10
9. Blattaria 5
10. Psocoptera 1
11. Hemiptera 5
12. Thysanoptera 1
13. Coleoptera 10
14. Hymenoptera 3
15. Diptera (L) 10
16. Holometabolous(L) 10
17. Holometabolous 1
18. Acari 20
19. Araneae 3
20. Opiliones 10
21. Palpigradi 20
22. Pseudoscorpion 20
23. Isopoda 10
24. Chilopoda 15
25. Diplopoda 15
26. Pauropoda 20
27. Symphyla 20



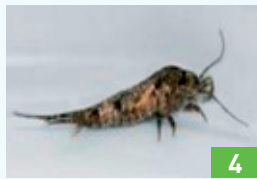
1



2



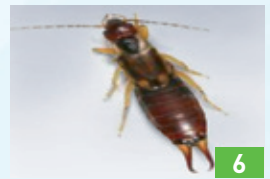
3



4



5



6



7



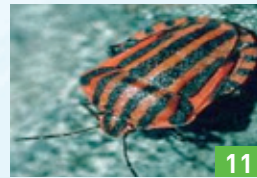
8



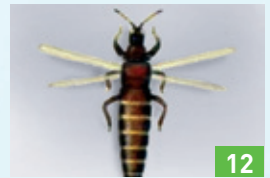
9



10



11



12



13



14



15



16



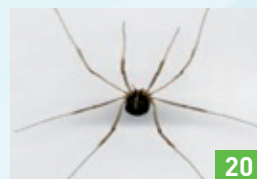
17



18



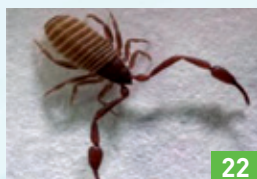
19



20



21



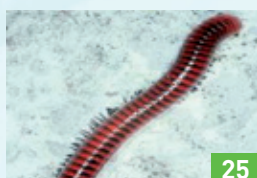
22



23



24



25



26



27

# Diagnóstico Básico

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador básico

#### 3.1. Estado físico-Erosión (ganancia vs. pérdida de suelo)

En ocasiones, los procesos de erosión son progresivos y puede resultarnos difícil percibirlos si no son muy evidentes (cárcavas, polvaredas, etc.). Por esta razón, para cuantificar la erosión de manera objetiva, un año antes deberemos haber clavado una baliza graduada en el terreno (puede valer una estaca, una varilla, o incluso un árbol), frente a la cual podamos comprobar si en este tiempo ha descendido el nivel de la superficie del suelo, lo cual indicaría un proceso de erosión hídrica o eólica.

Por el contrario, el aumento del nivel del terreno con respecto a la baliza indicaría una ganancia neta de suelo. Para comprobar si estamos ganando o perdiendo suelo, la baliza contendrá una marca cada centímetro, partiendo de la superficie del suelo hacia arriba (valores +) y hacia abajo (valores -). En zonas inclinadas, toma siempre la medida en la parte de abajo de la baliza.

Compara la ganancia o pérdida de suelo en tu terreno (en centímetros) con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico básico (pág. 51) y asígnale en consecuencia un valor de 0 a 10.

**ACLARACIÓN 1:** El riesgo de erosión es mucho mayor en áreas inclinadas y/o expuestas al viento. Por esta razón, en caso de que tu parcela de estudio contenga zonas diferentes, deberás colocar varias balizas y usar el valor promedio en tu diagnóstico.

**ACLARACIÓN 2:** Independientemente de la erosión, el nivel del suelo varía debido al laboreo (sube inicialmente al aumentar su porosidad, y desciende progresivamente). Por ello, tanto la colocación de la baliza como la medida de erosión (un año después) deberán hacerse en el momento de la cosecha, cuando el suelo está asentado.



### ¿Por qué medimos la erosión?

El suelo cultivable es un recurso limitado que tarda cientos de años en formarse a partir de la roca madre. Bajo condiciones ideales de manejo del suelo, podría formarse a una tasa de  $0,8 \text{ mm año}^{-1}$ . Paradójicamente, podemos perder grandes cantidades de suelo en cuestión de horas si realizamos un manejo inadecuado del terreno que lo deje desprotegido ante la lluvia y el viento. Por ejemplo, mantener el terreno sin cobertura vegetal durante largos periodos de tiempo, o realizar laboreos y riegos intensivos-inadecuados pueden dar lugar a pérdidas de suelo prácticamente irrecuperables.



# Diagnóstico Básico

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador básico

#### 3.2. Estado físico-Tiempo de infiltración/ circulación del agua (minutos)

Necesitarás un trozo de tubería de 10cm de diámetro interior (uso común en construcción) y 10 cm de longitud. Con ayuda de un martillo y un taco de madera, clávalo 2cm en el suelo evitando discontinuidades tales como grietas, piedras, palos, etc. y vierte suavemente 235ml de agua en su interior. Espera a que desaparezca y vierte suavemente de nuevo 235ml de agua, esta vez anotando el tiempo transcurrido hasta que el agua desaparece (en caso de que el suelo estuviera húmedo, haz una única aplicación de agua). Esta medida te indicará la capacidad de tu suelo para infiltrar el agua de lluvia (ojo, tendrá mayor capacidad de infiltración cuanto MENOS tiempo necesite!).

Compara el resultado de tu medida (minutos) con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico básico (pág. 51) y asigna en consecuencia un valor de 0 a 10 a este indicador.

**ACLARACIÓN:** Además de medir la infiltración a nivel superficial, sería interesante que observaras la coloración del suelo a nivel sub-superficial (hasta 50 cm de profundidad), para comprobar la capacidad de drenaje de ese agua infiltrada: El hierro (Fe) y el manganeso (Mn) presentes en el suelo se oxidan y toman coloraciones marrones-amarillas-rojizas cuando el suelo está bien aireado-drenado. Por el contrario, los suelos toman coloraciones típicamente grises-azuladas cuando sufren carencias de oxígeno (por saturación de agua o por compactación severa).



#### ¿Por qué medimos la capacidad de infiltración y drenaje?

El volumen de agua que aplicamos en la medida de infiltración simula la cantidad que caería en la superficie interior del tubo durante una hora de lluvia fuerte-muy fuerte (30 l/m<sup>2</sup>, según AEMET). Si nuestro suelo no es capaz de infiltrar esa cantidad de agua en una hora (por una estructura deficiente con pocos poros), cuando llueva intensamente el agua sobrante correrá por la superficie en lugar de almacenarse en el suelo para nuestros cultivos, pudiendo además provocar graves problemas de erosión (especialmente en suelos desnudos e inclinados). Por su parte, un drenaje insuficiente a nivel sub-superficial aumenta el riesgo de encharcamiento-saturación del suelo, pudiéndose asfixiar las raíces y aparecer ciertas enfermedades radiculares por hongos patógenos pertenecientes a los géneros *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Phyium* o *Fusarium*.

# Diagnóstico Básico

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

¡Imprescindible!

### Indicador básico

#### 3.3. Estado físico-Compactación (cm)

Para realizar esta medida necesitarás una varilla de 8mm de diámetro (uso común en construcción) y 1m de longitud. Introdúcela en el suelo hasta la profundidad que puedas, realizando un esfuerzo modesto con una sola mano. En caso de que topes con una piedra que impida el paso de la varilla, inténtalo de nuevo en un punto cercano.

Compara la profundidad alcanzada (en centímetros) con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico básico (pág. 51) y asígnale en consecuencia una nota de 0 a 10.

**ACLARACIÓN:** Como puedes imaginar, esta medida depende mucho de la persona que la realice y del estado de humedad del suelo en el momento de la medida. Por eso, para que los resultados sean comparables entre un año y otro, es conveniente que los realice siempre la misma persona y que el pinchazo se realice en el área humedecida durante la medida de infiltración anterior.

#### ¿Por qué medimos la compactación del suelo?

Una excesiva compactación del suelo dificulta el desarrollo de las raíces de nuestro cultivo, que no podrán profundizar y así alcanzar nuevos nutrientes y agua, con lo cual producirá menos. También dificulta la entrada de agua y aire en el suelo, siendo ambos imprescindibles para las raíces y los organismos. La compactación del suelo está frecuentemente relacionada con la aparición de enfermedades radiculares.



# Diagnóstico Básico

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador básico

#### 3.4. Estado químico-acidez/basicidad del suelo (pH y riqueza en calcio)

La acidez o basicidad de un suelo viene determinada por su pH, que no es sino una medida de la concentración de iones H<sup>+</sup> presente en su solución acuosa. Varía de 0 a 14, considerándose ácidos aquellos suelos con pH < 7 y básicos los suelos con pH > 7.

El pH está relacionado con la riqueza en bases (p.ej. Calcio, Magnesio, Potasio) de un suelo: en suelos ácidos, ante la escasez de Ca (principalmente) el aluminio (Al) satura los puntos de intercambio de bases del suelo, siendo tóxico para las plantas a concentraciones superiores al 10% de saturación. En cambio, en los suelos básicos el Ca en exceso puede “secuestrar” nutrientes como el hierro (Fe) o el fósforo (P) formando compuestos insolubles que no pueden absorber las raíces. En estos suelos es típica la decoloración de las hojas llamada “clorosis férrica”, indicadora de falta de Fe.

Siendo la acidez-basicidad del suelo un factor muy importante en agricultura, recomendamos medir tanto su pH como su riqueza en carbonatos de calcio (CaCO<sub>3</sub>, fuente de Ca):

**1. pH:** Existen aparatos específicos para medirlo con exactitud, denominados pH-metros. A este nivel (básico), determinaremos el pH aproximado del suelo con tiras de colores indicadoras de pH, más baratas. Toma una muestra de suelo seco (aproximadamente, 10 gramos) y añádele 2,5 veces su volumen en agua (25ml). Agítalo, déjalo reposar 10 minutos para que sedimente e introduce una tira en el líquido sobrenadante para conocer su pH, según el color que tomen.

**3. Riqueza en CaCO<sub>3</sub>:** los carbonatos reaccionan a los ácidos, produciendo burbujas de dióxido de carbono. Añade unas gotas de ácido clorhídrico al 10% (en su

defecto, agua fuerte ó salfumán común) sobre una pequeña muestra de suelo (10g) y fíjate en su reacción:

- Nula (no se ve ni se oye reacción alguna): muy pobre en CaCO<sub>3</sub> (problemas de acidez probables)
- Leve (se oye pero no se ve reacción): suelo pobre en CaCO<sub>3</sub> (problemas de acidez posibles)
- Media (se ve un cierto burbujeo): riqueza media en CaCO<sub>3</sub> (situación ideal)
- Fuerte (burbujeo intenso pero poca espuma): rico en CaCO<sub>3</sub> (problemas de basicidad posibles)
- Muy fuerte (burbujeo violento con espuma): muy rico en CaCO<sub>3</sub> (problemas de basicidad)

Compara el resultado de ambas medidas (pH y riqueza en CaCO<sub>3</sub>) con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico básico (pág. 51) y asígnale en consecuencia un valor de 0 a 10.

#### ¿Por qué medimos el pH y la riqueza en CaCO<sub>3</sub> del suelo?

El pH del suelo afecta la disponibilidad de los nutrientes, la actividad de microorganismos y la solubilidad de minerales del suelo, siendo el rango de pH óptimo para la mayoría de los cultivos entre 5,5 y 7. La importancia del Ca en relación al aluminio y al bloqueo de ciertos minerales como el Fe (y otros micronutrientes como el manganeso, el zinc o el cobre) ya se ha comentado arriba.

Podemos aliviar la acidez natural de nuestro suelo mediante la aplicación de enmiendas calizas (cal apagada, CaCO<sub>3</sub>, arenas calizas o cenizas de madera, p.ej.). En caso de sufrir problemas de basicidad, convendría potenciar la actividad microbiana solubilizadora de nutrientes aplicando materia orgánica y/o abonos verdes (especialmente crucíferas, ricas en azufre), azufres minerales (azufre elemental, sulfato de Fe) e incluso fertilizantes ricos en amonio (a dosis moderadas!) como gallinaza ó purines.

# Diagnóstico Básico

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador básico

#### 3.5. Estado químico-materia orgánica (baja/media/alta)

La materia orgánica (MO) del suelo procede de los seres vivos que habitan en él, fundamentalmente de los vegetales. Parte de ella aún conserva su estructura, pero la mayoría está descompuesta y sus restos no se reconocen al estar mezclados con la parte inorgánica del suelo. Por eso, a continuación te indicamos dos métodos básicos que te ayudarán a estimar la abundancia de MO en tu suelo:

1. Reacción al agua oxigenada (110 volúmenes). El agua oxigenada o peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) ataca a la MO y, al hacerlo, se descompone en agua ( $H_2O$ ) y oxígeno ( $O_2$ ). Añade unas gotas de agua oxigenada sobre una muestra pequeña muestra de suelo (10g) y observa la formación de burbujas, tanto mayor cuanto más materia orgánica contenga el suelo\*.

2. Color: Fíjate en el color de tu suelo; los suelos ricos en MO son típicamente oscuros. Como ves, vamos su-  
mando pistas que nos ayudan a averiguar lo que está pasando en nuestro suelo...

Compara el resultado de ambas medidas con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico básico (pág. 51) y asigna en consecuencia un valor promedio de 0 a 10 a este indicador.

**ACLARACIÓN:** El color y la reactividad del suelo varía mucho según su humedad. Con el objetivo de que los resultados sean comparables entre un año y otro, y así poder ver su evolución, te recordamos la con-

veniencia de hacer tus medidas 2-3 días después de haber llovido (ver pág. 4).

#### ¿Por qué medimos el contenido en materia orgánica del suelo?

La materia orgánica es el almacén de nutrientes del suelo, que gracias a la acción microbiana (principalmente), se transforman en minerales asimilables por los cultivos. Además mejora otras propiedades físico-químicas y biológicas del suelo (estructura, infiltrabilidad, retención hídrica, acidez/basicidad, actividad microbiana, etc) del suelo. Es uno de los mejores indicadores de su salud.

\* Si la reacción al agua oxigenada es lenta pero prolongada en el tiempo, significa que la materia orgánica es más estable (tipo humus) y se conservará más tiempo en el suelo. Por el contrario, una reacción rápida indicaría que contiene nutrientes más lábiles que facilitarían el desarrollo de microorganismos y plantas más rápidamente.



# Diagnóstico Básico

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador básico

#### 3.6. Estado químico-nutrientes minerales (bajo/medio/alto)

Para conocer con precisión los niveles de nutrientes minerales de un suelo necesitaríamos analizarlo en un laboratorio, pero eso forma parte del diagnóstico avanzado que explicaremos más adelante.

En este apartado básico simplemente daremos unas pistas que, si bien no son tan precisas, nos pueden dar una cierta idea de los niveles de nutrientes con los que cuenta nuestro suelo:

1. Color de suelo y de cultivo: Al igual que los suelos ricos en materia orgánica (fuente de nutrientes) suelen ser oscuros, las hojas de los cultivos “bien alimentados” suelen tener un color verde oscuro y uniforme. Por el contrario, la palidez-amarilleo (“clorosis”) indica frecuentemente un déficit de nitrógeno (si no es por sequía, obviamente) ó de hierro (clorosis “férica”, típica en suelos básicos) y las bandas amarilladas pueden indicar carencia de P.

2. Plantas adventicias: Las comúnmente denominadas “malas hierbas” también nos dan pistas. Así, si vemos en nuestro terreno cenizos, amarantos, orti-

gas, pamplinas o verónicas podemos pensar en altos niveles de nutrientes en el suelo. Puedes encontrar más información sobre adventicias en este blog: <http://rediles.com/agroecologia/documentos/>

Compara el resultado de la medida 1 con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico básico (pág. 51) y asigna en consecuencia un valor de 0 a 10 a este indicador. La medida 2 únicamente servirá para confirmar altos niveles de nutrientes en caso de encontrar las plantas citadas, dado que su no-presencia puede ser debida simplemente a nuestra labor de escarda.

### ¿Por qué medimos los niveles de nutrientes en el suelo?

Los suelos agrícolas necesitan una fertilización suficiente que permita a los cultivos (y organismos edáficos) tomar los macro- y micronutrientes que necesitan para desarrollarse óptimamente. Por otra parte, no debemos olvidar que una fertilización excesiva/inadecuada dará lugar a una lavado del exceso de nutrientes, que acabarán eutrofizando-contaminando los cursos fluviales.



Cenizo  
(*Chenopodium album* L.)



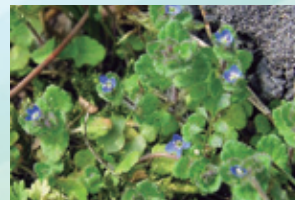
Amaranto  
(*Amaranthus retroflexus* L.)



Ortiga  
(*Urtica dioica* L.)



Pamplina  
(*Stellaria media* L.)



Verónica  
(*Veronica chamaedrys* L.)

# Diagnóstico Básico

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador básico

#### 3.7. Estado químico-contaminantes/ pesticidas

Para analizar la posible presencia de sustancias contaminantes en nuestro agroecosistema necesitaríamos hacer un barrido de laboratorio como el que se realiza en el diagnóstico avanzado. A este nivel básico, únicamente valoraremos el empleo o no de pesticidas potencialmente peligrosos según la Clasificación Recomendada de Plaguicidas según el Riesgo y las directrices para la Clasificación 1996-1997 de la Organización Mundial de la Salud-OMS. Esta clasificación desglosa los plaguicidas en función del riesgo agudo para la salud humana, de la siguiente manera:



CLASE IA- Extremadamente peligrosos  
CLASE IB- Altamente peligrosos  
CLASE II- Moderadamente peligrosos  
CLASE III- Ligeramente peligrosos  
CLASE IV- Improbablemente peligrosos

Debido a su especial peligrosidad, algunos de estos plaguicidas se consideran Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP). El uso de compuestos COP y de algunos otros productos pertenecientes a las categorías anteriores (aún no siendo COP) está actualmente prohibido en la Unión Europea (UE), según la Directiva europea 91/414/EEC –Anexo 1.

Teniendo en cuenta esta clasificación, valoramos negativamente el uso de plaguicidas en nuestro agroecosistema de la siguiente manera: Partiremos de una nota máxima de 10 en el diagnóstico básico (pág. 51) e iremos restando 1 punto por cada compuesto CLASE IV que usemos; 2 puntos por cada compuesto CLASE III; 3 puntos por cada producto CLASE II; 4 puntos por cada producto CLASE IB; 5 puntos por cada producto CLASE IA. En caso de usar un producto prohibido (COP o no) se restarán 10 puntos, es decir, la nota de este indicador sería 0.

Para ayudarte, en la siguiente página indicamos los productos pertenecientes a cada clase. Asimismo, puedes consultar todos los productos actualmente permitidos en la UE en el siguiente enlace: [http://ec.europa.eu/sanco\\_pesticides/public/?event=activesubstance.selection&a=1](http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/?event=activesubstance.selection&a=1)

### ¿Por qué evaluamos el uso de pesticidas ?

La palabra “pesticida” designa en general cualquier sustancia química (mezclada o no con otras sustancias) utilizada para la destrucción de un organismo perjudicial para el hombre. No obstante, estos productos pueden tener un efecto perjudicial sobre otros organismos “no diana”, incluido el ser humano. La clasificación arriba indicada de la OMS valora la peligrosidad de cada producto según su DL50. Este valor representa una estimación estadística de la cantidad de dicha sustancia necesaria para matar el 50% de una población de animales estudiados (rata, normalmente), es decir, su toxicidad aguda.

## COP

- Insecticidas: Aldrina, Clordano, clordecona, DDT, Dieldrina, Endrina, Heptacloro, Mirex, Toxafeno, Lindano, Endosulfán.
- Fungicida: HCB

## CLASE IA- Extremadamente peligrosos

- Insecticidas: Etoprofos
- Fungicida: Cicloheximida
- Nematocida: Fenamifos
- Rodenticida: Bromadiolon

## CLASE IB- Altamente peligrosos

- Insecticidas: Oxamil, Teflutrin, Tioxamil
- Acaricida: Formetanato

## CLASE II- Moderadamente peligrosos

- Insecticidas: Alfa-cipermetrín, beta-Ciflutrín, Ciflutrín, Cipermetrín, Clorpirifos, Deltametrín, Dimetoato, Esfenvalerato, Fipronil, Fosmed, Ftalofos, Imidacloprid, Lambda-cihalotrín, Mercaptodimetur, Metiocarb, Piretrinas.
- Herbicidas: Bromoxinil, Clomazona, Clorpirifos, 2,4 D, Diquat, Ioxinil, Molinato, 2,4-PA, Prosulfocarb, Quizalofop-P-tefuril, Reglone.
- Fungicida: Carbation, Metam-sodio, Oxido cuproso, Imazalil, Metam-sodio, Propiconazol, Tetraconazol
- Acaricida: Fenazaquin, Fosmed, Ftalofos. -Molusquicida: Metaldehído. -Aficida: Pirimicarb

## CLASE III- Ligeramente peligrosos

- Insecticidas: Carbofos (Fr), Malation (Fr), Maldison (Fr), Pirimifos-metil,
- Herbicidas: Bentazona, 2,4DB, Dicamba, Diclofob, Dimetacoloro, Glufosinato, Isoproturon, MCPA, MCPB (Fr), Mecropop, Mecropop-P, Metaxon, Pendimetalin, Piridato, Quinoclamina, Tralcoxidim (Es), Trialate (Fr), Triclopir

- Fungicida: Cimoxanil, Ciproconazol, Citrex, Hidróxido de cobre, Oxicloruro de cobre, Dazomet, Difenconazol, Ditanón, Dodina, Doguadina, Etridiazol, Fenpropidin, Futriafol, Metalaxil (Es), Metaconazol (Fr), Miclobutanil, Procloraz, Tiram, TMTD, Triadimenol, Ziram. -Acaricida: Piridaben
- PGR (regulador de crecimiento): Clormequat, Clorro de clorocolina, Mepiquat, Paclobutrazol

## CLASE IV- Improbablemente peligrosos

- Insecticidas: Azufre, Buprofezina (Fr), Clorpirifos metil, Etofenprox, Fenoxicarb, Piriproxifen, Tau-fluvaliato
- Herbicidas: Aclonifeno, Aminotriazol, Amitrol, Benefina, Benfluralina, Bensulfuron, Bentrodina, Benzamizol, Bifenox, Bispiribac (Es), Carbentamida, Cicloxidim, Clopiralida, Cloridazona, Clorotoluron (Fr), Clorprofam, Clorsulfuron, Daminozida, Desmedifam, Diclofernidim (Es), Ácido de dicloropicolínico, Diflufenican, Diuron (Es), Dodemorf, Etofumesato, Fenmedifam, Fenoxapropetilo, Fluometuron (Es), Fluorocloridona (Fr), Fluroxipir, Glifosato, Imazaquin (Fr), Isoxaben, Lenacil, Linuron, Metamitron, Metazaclor, Metosulam (Fr), Metribuzin, Metsulfuron, Napropamida, Nicosulfuron, Orizalida, Oxadiazon, Oxifluorfen, Picloram, Pirazon, Propaquizafop, Propineb (Es), Propizamida, Quinmerac (Fr), Rimsulfuron, Tebutilazina (Es), Tifensulfuron, Triasulfuron (Es), Tribenuron
- Fungicida: Azufre, Benalazil, Bupirimato, Captan, Carbedazima (Es), Carboxina, Clorotalonil (Fr), Dietofencarb (Es), Dimetomorf, Fenpropimorf, Flutolanil, Folpet, Fosetil, Hidroxiisoxazol, Himexazol, Iprodiona, Mancozeb, Maneb, Menanipirim, Metiram, Pencicuron, Penconazol, Pirimetanil, Propamocarb, Tebuconazol, Tiabendazol, Tiofanato-metil (Fr), Tolclofos-metil, Triticonazol.
- Acaricida: Clofentezina, Hexitiazox. -Larvicida: Ciriromazina, Diflubenzuron
- PGR (regulador de crecimiento): Etefon, Ácido gibélico, Hidrazida maleico, 2-(1-naftil)acetamida (Fr)

# Diagnóstico Básico

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador básico

#### 3.8. Estado biológico-Actividad de los organismos del suelo (baja/media/alta)

Te proponemos una serie de medidas directas e indirectas para estimar, a nivel básico, la actividad biológica de tu suelo.

1. Directa: Aprovechando los agujeros que has realizado en el suelo con la varilla durante la medida de compactación (indicador básico 3.3.), introduce en tres de ellos un cordón de sisal como la que se muestra en la imagen inferior (longitud 10 cm; diámetro 5mm). Transcurrido un mes, saca el cordón y observa su nivel de degradación, que será tanto mayor cuanto mayor sea la actividad de los organismos del suelo.

2. Indirectas: Si durante la medida de diversidad de macrofauna (indicador básico 2.4.) realizada antes hubieses observado abundantes restos vegetales sin descomponer a una cierta profundidad (20-30cm), ello indicaría una baja actividad biológica que estaría afectando al reciclaje de la materia orgánica. Por el contrario, si observas que tu suelo tiene una estructura grumosa (en forma de pequeños gránulos) puedes intuir una alta actividad biológica, creadora de esos agregados.

Compara el resultado de la medida 1 (directa) con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico básico (pág. 51) y asigna en consecuencia un valor de 0 a 10 a este indicador. Las medidas indirectas te servirán para confirmar los resultados de la medida 1.

### ¿Por qué medimos la actividad biológica del suelo?

Un suelo sano es un suelo vivo, siendo los propios organismos edáficos los que hacen que el suelo “funcione” (transforme los restos orgánicos en minerales para las plantas, forme agregados que permitan el tránsito de raíces y agua entre ellos, etc). Si empleamos prácticas agrícolas adecuadas, mejoraremos las propiedades físicas y químicas del suelo, y esto se traducirá en una mayor actividad biológica. Este es, por tanto, un indicador que integra en gran medida los demás.





# Diagnóstico Básico

¡Imprescindible!

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador básico

#### 3.9. Estado biológico-Lombrices (nº individuos)

Este indicador se mide al mismo tiempo que la diversidad de macrofauna explicada anteriormente (indicador 2.4). Para ello, tan sólo tienes que contar el número de lombrices (individuos) presente en la porción de suelo extraída (25x25x30cm) y comparar tu resultado con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico básico (pág. 51). Asígnale en consecuencia una nota de 0 a 10.

**ACLARACIÓN:** Los parámetros biológicos dependen especialmente de la época del año y las condiciones de humedad y temperatura del suelo. Por eso, al medir estos indicadores ten muy presente nuestras recomendaciones sobre las mejores épocas y momentos de muestreo (pág. 3). Por ejemplo, durante el verano las lombrices buscan la frescura y permanecen enrolladas en estratos más profundos, por lo que será difícil encontrarlas en los primeros 30cm. Por el contrario, cuando los suelos están encharcados, salen a respirar a la superficie donde las encontra-

remos en mayor abundancia de lo normal. Por eso, ninguno de estos momentos es bueno para realizar contar las lombrices, ya que podrían dar lugar a conclusiones erróneas sobre el estado de nuestro suelo.

### ¿Por qué medimos la abundancia de lombrices del suelo?

Encontrar lombrices en tu suelo es una “buena noticia” en tanto en cuanto indican suelos fértiles y sistemas de laboreo poco agresivos (un pase de rotavátor puede acabar con el 30% de la población). Además, mejoran el suelo gracias a la red de canales que generan y que favorece la penetración de raíces, agua, aire y nutrientes.

No obstante, una presencia excesiva de lombrices podría indicar que la materia orgánica fresca se está acumulando debido a una falta de actividad microbiana de descomposición. Por el contrario, su escasez nos puede estar indicando algún estrés de tipo químico (pesticidas), físico (laboreo excesivo) o biológico (superpoblación de topos o de roedores). En la página 52 se proporcionan valores óptimos orientativos.

### LOMBRIZ A 40 CM DE PROFUNDIDAD (VERANO)



# Diagnóstico Básico

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador básico

#### 3.10. Estado biológico-Desarrollo de las raíces (bajo/medio/alto)

Observa las raíces de tu cultivo. Puedes aprovechar el agujero excavado para medir macrofauna (indicador 2.4) y lombrices (indicador 3.9) y agrandarlo hasta llegar al tallo de una de las plantas. Desde el tallo haz un corte en vertical con la pala plana para observar limpiamente el perfil radicular. Las raíces deben ser blancas y estar bien ramificadas tanto en horizontal como en vertical (sobre todo), con numerosos pelos radiculares. Si ves raíces apiladas o que crecen sólo hacia los costados, sospecha la presencia de una capa compactada a ese nivel (ver imagen inferior). En ese caso, probablemente hayas puesto una nota inferior a 5 en la medida básica anterior de compactación (con la varilla, indicador 3.3.). Si es así, mediste bien!\*

Por su parte, la falta de pelos radiculares indica frecuentemente escasez de oxígeno en la zona radicular (problemas de infiltración-drenaje...). La presencia de bultos anormales (no los nódulos de *Rhizobium* en leguminosas) pueden deberse a nemátodos patógenos (es típico *Meloidogyne sp.*). Por último, coloraciones anormales de las raíces (amarillas-orojizas e incluso negras) indican típicamente falta de oxígeno o infecciones por patógenos bacterianos (*Erwinia sp.*,

*Pseudomonas sp.*, etc) o fúngicos (*Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Phytophthora sp.*, etc).

Teniendo en cuenta estas indicaciones, compara tus observaciones con las indicaciones-referencias de la tabla-resumen de diagnóstico básico (pág. 51), y asígnale en consecuencia una nota de 0 a 10.

\*ACLARACIÓN 1: La presencia de una capa saturada de agua (zonas húmedas) o con altos contenidos de sales (zonas áridas) también podrían detener el desarrollo vertical de las raíces.

\*ACLARACIÓN 2: Si te resulta más fácil, en lugar de hacer un agujero puedes regar y arrancar la planta. La relación parte aérea /parte subterránea (raíces) no debería ser mayor de 2,5.

### ¿Por qué medimos el desarrollo de las raíces?

El desarrollo óptimo de las raíces depende directamente del estado de los indicadores medidos hasta ahora (compactación, infiltración, fertilidad y actividad biológica). Si se desarrollan poco explorarán menos suelo en busca de minerales, agua y oxígeno, y además el cultivo gastará energía constantemente en intentar desarrollarlas. Estos factores de estrés reducirán la cosecha.

#### RAÍCES EN SUELO NO COMPACTADO



#### RAÍCES EN SUELO COMPACTADO



# Diagnóstico Básico

## 4º Servicio de un agroecosistema: mitigar el cambio climático

### Indicador básico

#### 4.1. Contenido en materia orgánica del suelo (bajo/medio/alto)

Habrás notado que esta medida ya la hemos realizado antes, como indicador del estado químico del suelo (indicador básico 3.5.), dentro del 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo.

Por tanto, no es necesario que repitas la medida, sino que puedes aprovechar el resultado obtenido antes y compararlo con las referencias de la tabla-resumen de diagnóstico básico de la página 51 (dentro del 4º Servicio de un agroecosistema: mitigar el cambio climático).

#### ¿Por qué medimos la materia orgánica del suelo, en relación al cambio climático?

La materia orgánica del suelo está formada en gran medida por C que ha sido "secuestrado" de la atmósfera por plantas verdes, algas y algunas bacterias. Estos organismos extraen el C que forma parte de las moléculas de CO<sub>2</sub> atmosférico para fijarlo en forma de moléculas orgánicas (materia orgánica viva), la cual acaba pasando al suelo en forma de exudados radiculares y, principalmente, restos vegetales. Parte de este C orgánico permanecerá en el suelo y parte se transformará de nuevo en CO<sub>2</sub> que retornará a la atmósfera para contribuir al calentamiento global. Por tanto, desde el punto de vista del cambio climático, cuanto mayor sea la cantidad de materia orgánica que logremos introducir y conservar en nuestros suelos, mejor.

SUELO CLARO (Poca M.O.)



SUELO OSCURO (Mucha M.O.)



# Diagnóstico Básico

¡Imprescindible!

## 4º Servicio de un agroecosistema: mitigar el cambio climático

### Indicador básico

#### 4.2 Sistema de producción (¿Gana ó pierde C?)

Como agricultor, eres libre de elegir qué sistema de producción se adapta mejor a tus posibilidades y condiciones locales de suelo y clima (en este manual no damos recetas universales; no las hay).

Sin embargo, debes saber que ciertas prácticas agrícolas contribuyen a que tu suelo gane o pierda C:

- Laboreo: el empleo asiduo de aperos que invierten los perfiles del suelo (arado vertedera) y/o destruyen completamente su estructura (rotocultivador) y los barbechos sin cobertura vegetal (suelos desnudos) aumentan la pérdida del C secuestrado en el suelo a la atmósfera. En el extremo contrario (el más fa-

vorable para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>) estaría la siembra directa sin laboreo.

- Abonado: incorporar los restos del cultivo anterior y/o abonos orgánicos (estiércol ó compost preferiblemente) es una forma de introducir C en el suelo, no así los abonos minerales de síntesis.
- Control de adventicias: emite CO<sub>2</sub> tanto al realizarlo mecánicamente (gasto de combustible) como mediante herbicidas (combustible para su fabricación, así como para fabricar otros pesticidas).
- Destino final de la cosecha: su transporte puede suponer altos consumos de combustibles fósiles.

Para ayudarte a evaluar tu sistema de producción te mostramos una tabla resumen a continuación: Partiendo de una nota inicial de 5, vete sumando/restando puntos según tus prácticas habituales y anota el resultado final en la tabla-resumen de diagnóstico básico (pág. 51).

PUNTUACIÓN	-1 (PIERDE C)	0	+1 (GANA C)
Laboreo	Frecuente. Vertedera o rotocultivador	Mínimo (1-2 veces/año). Chisel ó cultivador	No-laboreo. Sembradora directa
Abonado	Mineral de síntesis o nada	Purín o lodo	Estiércol o compost
Restos cosecha	Quema	Retirada total	Incorporación al suelo
Suelo desnudo	Todo el año	Parte del año	Nunca (abono verde)
Destino cosecha	Otro país	Otra región	Consumo local

### ¿Por qué evaluamos el sistema de producción, en relación al cambio climático?

A nivel básico no podemos medir las emisiones de CO<sub>2</sub> de nuestro suelo (lo haremos en el diagnóstico avanzado), pero sí estimarlas grosso modo según el sistema de producción que empleamos. Por ejem-

plo, el laboreo intensivo puede multiplicar por 5 las emisiones de CO<sub>2</sub> del suelo y por 6 las derivadas del consumo de combustible, en comparación a un sistema de siembra directa. En cuanto a los fertilizantes y pesticidas de síntesis, además de no aportar C al suelo suponen nuevas emisiones de CO<sub>2</sub> al consumir energía fósil durante su fabricación (p.ej., 1t fertilizante N: 40GJ; 1t fertilizante P: 15GJ; 1t fertilizante K: 10GJ; 1GJ=25l de petróleo).

# Diagnóstico Avanzado de Salud

Requiere de personal y equipamiento especializado. Si no puedes hacerlo por tus propios medios, puedes contratarlo en Neiker. Contacto: cgarbisu@neiker.net; +34 944034300

## 1º Servicio de un agroecosistema: producir alimento Indicador avanzado 1.1. Cosecha (t/ha)

Tal y como se ha indicado en el diagnóstico básico, esta medida depende lógicamente del cultivo que esojamos. En la siguiente página puedes comparar tu producción con las cosechas esperables para los cultivos más comunes, según los marcos de plantación indicados. Como ahora estamos haciendo un diagnóstico avanzado, en la tabla de referencia la productividad se mide en toneladas de peso fresco por

hectárea y cultivo.

Compara tu cosecha con estos valores de referencia y asígnale en consecuencia un valor de 0 a 10 en la ficha de diagnóstico avanzado (pág. 52).

### ¿Por qué medimos la cosecha?

Tal y como se ha indicado en el diagnóstico básico, la cosecha que obtenemos no sólo tiene un valor en sí misma sino que además nos indica el vigor de nuestro agroecosistema. Al igual que ocurre con las personas, el vigor de un agroecosistema está frecuentemente relacionado con su salud.



# Tabla de Cosechas Esperadas (t/ha)

FAMILIA	CULTIVO	0 < 3	3 - 7	> 7 - 10
Solanáceas	Tomate en exterior (1,85 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 19	19 - 44	44 - 63
	Tomate en invernadero (1,85 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 42	42 - 97	97 - 139
	Pimiento en exterior (2,86 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 8,6	8,6 - 20	20 - 29
	Pimiento en invernadero (2,86 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 13	13 - 31	31 - 44
	Patata (4,75 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 20	20 - 46	46 - 65
Leguminosas	Haba (15 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 4,6	4,6 - 11	11-15
	Habín (7 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 1,5	1,5 - 3,4	3,4 - 4,9
	Guisante(25 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 4,5	4,5 - 11	11 - 15
	Alubia (16 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 4	4 - 9,3	9,3 - 13
	Judía verde en exterior (16 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 7,4	7,4 - 17	17 - 25
	Judía verde en invernadero (16 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 12	12 - 28	28 - 40
Crucíferas	Col (4 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 27	27 - 62	62 - 89
	Col de bruselas (2,5 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 21	21 - 49	49 - 70
	Brócoli (2,9 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 6	6 - 14	14 - 20
	Coliflor (2,4 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 17	17 - 39	39 - 56
	Colza (30 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 5	5 - 12	12 - 18
	Nabo forrajero (70 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 14	14 - 33	33 - 47
Compuestas	Lechuga en exterior (13 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 18	18 - 41	41 - 59
	Lechuga en invernadero (13 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 23	23 - 54	54 - 76
	Girasol (6 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 1,1	1,1 - 2,7	2,7 - 3,8
Liliáceas	Cebolla en exterior (15 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 16	16 - 37	37 - 53
	Cebolla en invernadero (15 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 18	18 - 42	42 - 60
	Puerro (25 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 14	14 - 32	32 - 46
Quenopodiáceas	Remolacha (10 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 38	38 - 89	89 - 128
	Acelga (6,5 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 21	21 - 49	49 - 71
	Espinaca (20 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 9	9 - 21	21 - 30
Umbelíferas	Zanahoria (40 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 17	17 - 40	40 - 58
Cucurbitáceas	Calabaza (0,4 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 15	15 - 34	34 - 49
Gramíneas	Trigo (300 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 3,1	3,1 - 7,3	7,3 - 11
	Cebada (300 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 3	3 - 6,9	6,9 - 9,9
	Maíz forrajero (9 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 29	29 - 67	67 - 96
	Raigrás anual (300 plantas/m <sup>2</sup> )	0 - 18	18 - 41	41 - 60

# Diagnóstico Básico

## 1º Servicio de un agroecosistema: producir alimento

### Indicador avanzado

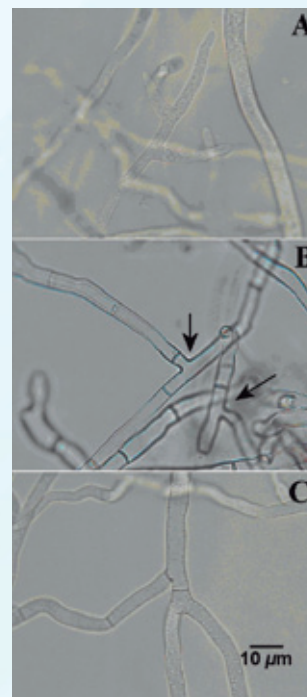
#### 1.2. Plagas (% de plantas sanas)

Tal y como se ha explicado a nivel básico, se trata de estimar visualmente el porcentaje de plantas sanas (es decir, aquellas que NO han sido afectadas significativamente por alguna plaga) y compararlo con los valores de referencia (pág. 52), asignándole un valor de 0 a 10 a este indicador avanzado. Recordamos que consideramos "plagas" tanto macro- como microorganismos patógenos.

A nivel básico hemos mostrado imágenes de los síntomas visuales producidos por algunas de las plagas más comunes, con objeto de conocer al menos qué tipo de organismo puede estar afectando a tus cultivos (i.e., moluscos, insectos, nemátodos, hongos, bacterias o virus). A nivel avanzado, se pretende identificar al patógeno mediante análisis de laboratorio, para establecer las causas posibles de su aparición así como medidas de prevención y/o curación específicas. En el caso de los microorganismos (los más difíciles de identificar por su pequeño tamaño), a menudo es necesario cultivarlos y aislarlos en el laboratorio antes de identificarlos al microscopio. A modo de ejemplo, las imágenes siguientes muestran las diferencias al microscopio de tres hongos patógenos comunes.

#### ¿Por qué medimos la incidencia de plagas?

Tal y como se ha indicado en el diagnóstico básico, las plagas no sólo suponen un perjuicio económico a las explotaciones agrícolas, sino que además pueden estar indicando otra serie de problemas que posibilitan la proliferación de plagas (manejos agrícolas inadecuados).



*Phytium sp.*  
Hifas sin septos

*Rhizoctonia sp.*  
Hifas septadas.  
Ramificaciones  
en ángulo recto,  
constreñidas en su base.

*Sclerotinia sp.*  
Hifas septadas.  
Ramificaciones en  
forma de Y.

# Diagnóstico Avanzado

## 2º Servicio de un agroecosistema: conservar la biodiversidad

### Indicador avanzado

#### 2.1. Diversidad de cultivos (nº especies y variedades)

Tal y como hemos explicado cuando hacíamos el diagnóstico básico (indicador básico 2.1.), cuenta el número de cultivos (especies) diferentes que están presentes en tu agroecosistema (límite 1 ha) a lo largo de toda la rotación.

A este número le sumaremos, además, la presencia de diferentes variedades de cada cultivo, según la siguiente valoración:

Cada variedad diferente (a partir de la primera), si es pura y conservada por uno mismo=0,4 puntos

Cada variedad diferente (a partir de la primera), si es pura y comprada=0,3 puntos

Cada variedad diferente (a partir de la primera), si es híbrida y conservada por uno mismo=0,2 puntos

Cada variedad diferente (a partir de la primera), si es híbrida y comprada=0,1 punto

Compara tu resultado con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico avanzado (pág. 52), asignándole en consecuencia un valor de 0 a 10.

**ACLARACIÓN:** Cuando decimos cada variedad diferente “a partir de la primera” significa que la primera variedad observada no suma (p.ej., 1 cultivo de 2 variedades híbridas compradas=1,1 puntos).

Puedes encontrar más información sobre variedades locales, puras vs. híbridas, etc. en los trabajos publicados por la Red de Semillas de Euskadi (<http://issuu.com/silviaguillen-studio/docs/variedades-locales-hortícolas-de-euskal-herria>) y por ENNEK-Biolur ([http://www.eneek.org/descargas/dteknikoak/20131202\\_POSIBILIDAD%20DE%20SEMILLAS%20Y%20PLANTELES%20ECOLOGICO%202013.pdf](http://www.eneek.org/descargas/dteknikoak/20131202_POSIBILIDAD%20DE%20SEMILLAS%20Y%20PLANTELES%20ECOLOGICO%202013.pdf)).

### ¿Por qué medimos la diversidad de cultivos y variedades?

Como hemos explicado en el diagnóstico básico, la biodiversidad de cultivos y variedades tiene un valor en sí misma (especialmente las variedades puras locales) y además da cobijo a diferentes organismos. Por el contrario, el monocultivo continuado disminuye la diversidad de organismos asociados y favorece las plagas adaptadas a dicho monocultivo, además de agotar ciertos nutrientes tomados preferentemente. Por otra parte, el papel de los agricultores como “guardianes” de semillas favorece su conservación, reduciéndose la dependencia de las casas comerciales de semillas.





# Diagnóstico Avanzado

## 2º Servicio de un agroecosistema: conservar la biodiversidad

### Indicador avanzado

#### 2.2. Diversidad vegetal adyacente (nº especies)

Probablemente haya zonas no cultivadas (seminaturales) dentro de los límites de tu parcela de estudio (1 ha) que alberguen una diversidad vegetal considerable. Cuenta el número de especies vegetales diferentes presentes (riqueza específica) y compara el resultado de tu medida (nº) con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico avanzado (pág. 53). Asígnale en consecuencia un valor de 0 a 10.

### ¿Por qué medimos la diversidad vegetal adyacente?

Entre diferentes parcelas de cultivo a menudo quedan franjas sin cultivar que albergan una alta diversidad botánica, la cual raramente es tenida en consideración. A su vez, esta vegetación adyacente atrae multitud de organismos que no sólo tienen valor por la biodiversidad que representan, sino que además son beneficiosos para los propios cultivos (control biológico, polinización, etc).



# Diagnóstico Avanzado

## 2º Servicio de un agroecosistema: conservar la biodiversidad

### Indicador avanzado

#### 2.3. Diversidad funcional de hongos (Número de sustratos utilizados-NSU)

- Toma de muestras: al azar dentro del área de estudio, con una sonda de 2,5 cm de diámetro y una profundidad igual a la capa arada (frecuentemente 0-30 cm).

- Procesado: las muestras se homogenizan, se tamizan (poro=2mm) y se almacenan a 4°C hasta su análisis, el cual deberá realizarse en un plazo inferior a 2 meses para evitar alterar la muestra.

Análisis de laboratorio: Se mide a 490nm la capacidad de los hongos del suelo para degradar los 95 sustratos presentes en las microplacas FF de Biolog<sup>R</sup>, según el procedimiento descrito por Shugeng y cols. (2009). Básicamente, consiste en extraer e incubar los hongos de nuestro suelo en placas de cultivo como la que se muestra en la imagen inferior, las cuales que contienen una batería de sustratos diferentes (uno en cada pocillo), y observar cuántos de ellos muestran actividad (color rojizo).

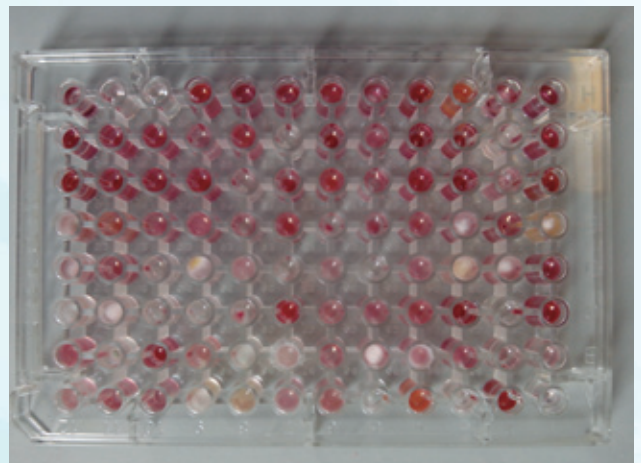
Compara el resultado de tu medida (índice) con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico avanzado (pág. 53) y asígnale en consecuencia un valor de 0 a 10.

#### ¿Por qué medimos la diversidad funcional de hongos?

Los hongos son el grupo más abundante de la biota edáfica en cuanto a biomasa (no así respecto a número, siendo superados por las bacterias) y son im-

prescindibles para descomponer-reciclar la materia orgánica del suelo (desde los azúcares y aminoácidos más simples hasta los **polímeros** más resistentes como la lignina y ácidos húmicos complejos) especialmente en suelos ácidos. Por esta razón analizamos la capacidad que tienen los hongos de nuestro suelo para metabolizar diferentes sustratos (es decir, su diversidad metabólica o funcional) en condiciones controladas de laboratorio. Además, ciertas especies de hongos establecen simbiosis con nuestros cultivos (micorrizas) que mejoran su capacidad para extraer agua y nutrientes del suelo, aumentando su productividad.

El manejo que hagamos de nuestros suelos agrícolas (especialmente el sistema de laboreo y los tratamientos fitosanitarios) tienen una influencia directa sobre la diversidad funcional de los hongos, tanto de los beneficiosos para nuestros cultivos (la inmensa mayoría) como de los patógenos.



# Diagnóstico Avanzado

## 2º Servicio de un agroecosistema: conservar la biodiversidad

### Indicador avanzado

#### 2.4. Diversidad funcional de bacterias (Número de sustratos utilizados-NSU)

Toma y procesado de muestras: Idénticos a los del apartado anterior para analizar la diversidad funcional de hongos (indicador 2.3.).

Análisis de laboratorio: Se mide a 595nm la capacidad de las bacterias para degradar los 31 sustratos presentes en las microplacas ECO de Biolog<sup>®</sup>, según el procedimiento descrito por Mijangos y cols. (2009). Básicamente, consiste en extraer e incubar las bacterias de nuestro suelo en placas de cultivo como la que se muestra en la imagen inferior, las cuales que contienen una batería de sustratos diferentes (uno en cada pocillo, con tres réplicas), y observar cuántos de ellos muestran actividad (color violáceo).

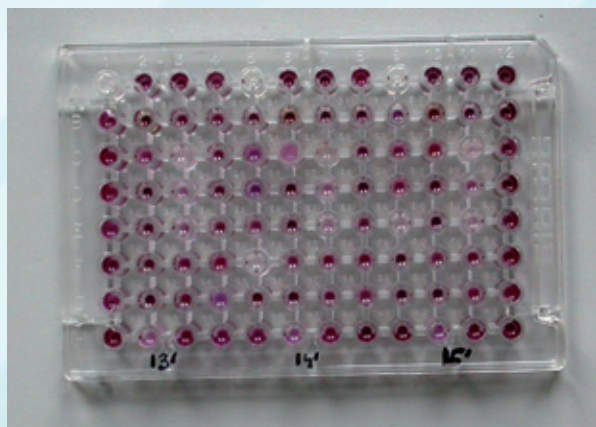
Compara el resultado de tu medida (índice) con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico avanzado (pág. 52) y asigne en consecuencia un valor de 0 a 10.

#### ¿Por qué medimos la diversidad funcional de bacterias?

Entre las funciones desarrolladas por las bacterias del suelo, la mayoría se relacionan con la mineralización de la materia orgánica, que permite a las plantas nutrirse a partir del pool orgánico del suelo. Algunas bacterias incluso reducen las necesidades de abonado gracias a su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, tanto en simbiosis con leguminosas (género *Rhizobium*) como en vida libre (*Azotobacter*,

*Clostridium*, *Bacillus*). También las hay patógenas de cultivos (p.ej., *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, *Erwinia*).

El manejo que hagamos de nuestros suelos agrícolas (especialmente el sistema de abonado y los tratamientos fitosanitarios) tienen una influencia directa sobre la diversidad funcional de las bacterias, siendo la mayoría de ellas beneficiosas para nuestros cultivos.



# Diagnóstico Avanzado

## 2º Servicio de un agroecosistema: conservar la biodiversidad

### Indicador avanzado

#### 2.5. Diversidad genética de hongos (número de taxones-S)

- Toma de muestras: al azar dentro del área de estudio, con una sonda de 2,5 cm de diámetro y una profundidad igual a la capa arada (frecuentemente 0-30 cm).

Procesado: las muestras se homogenizan, se tamizan (poro = 2mm) y se almacenan a 4°C hasta su análisis, el cual deberá realizarse en un plazo inferior a 2 meses. Almacenamientos prolongados requieren congelar la muestra (< 20°C).

Análisis de laboratorio: para la técnica denominada ARISA, el DNA de los hongos del suelo es extraído (kit MoBio<sup>®</sup>) y amplificado mediante PCR con cebadores universales fúngicos (Ranjard y cols., 2001). Un secuenciador automático permite separar el DNA en picos de diferente tamaño, correspondiendo cada uno de esos picos a una especie fúngica diferente (idealmente). Por lo tanto, el número de picos es indicadora del número de hongos dominantes en la muestra de suelo.

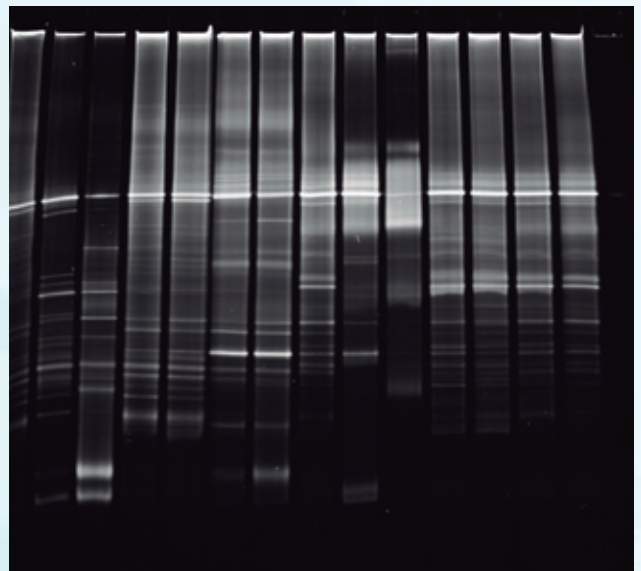
Compara el resultado de tu medida con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico avanzado (pág. 52) y asígnale en consecuencia un valor de 0 a 10.

#### ¿Por qué medimos la diversidad genética de hongos?

Ya hemos descrito las funciones principales de los hongos anteriormente, al explicar cómo se puede

estimar su diversidad funcional (Indicador avanzado 2.3.). No obstante, consideramos necesario analizar también su diversidad taxonómica-genética, por su valor intrínseco y por ser la garantía de que la comunidad de hongos será suficientemente resiliente como para conservar sus funciones a pesar de las perturbaciones que pueda sufrir en el futuro (cambio climático, prácticas agrícolas, etc).

En la imagen inferior se muestra un gel de agarosa con el DNA de varios suelos agrícolas amplificados, pero todavía sin separar por secuenciador.



# Diagnóstico Avanzado

## 2º Servicio de un agroecosistema: conservar la biodiversidad

### Indicador avanzado

#### 2.6. Diversidad genética de bacterias (número de taxones-S)

Toma y procesamiento de muestras: Idénticos a los del apartado anterior para analizar la diversidad genética de hongos (indicador 2.5.).

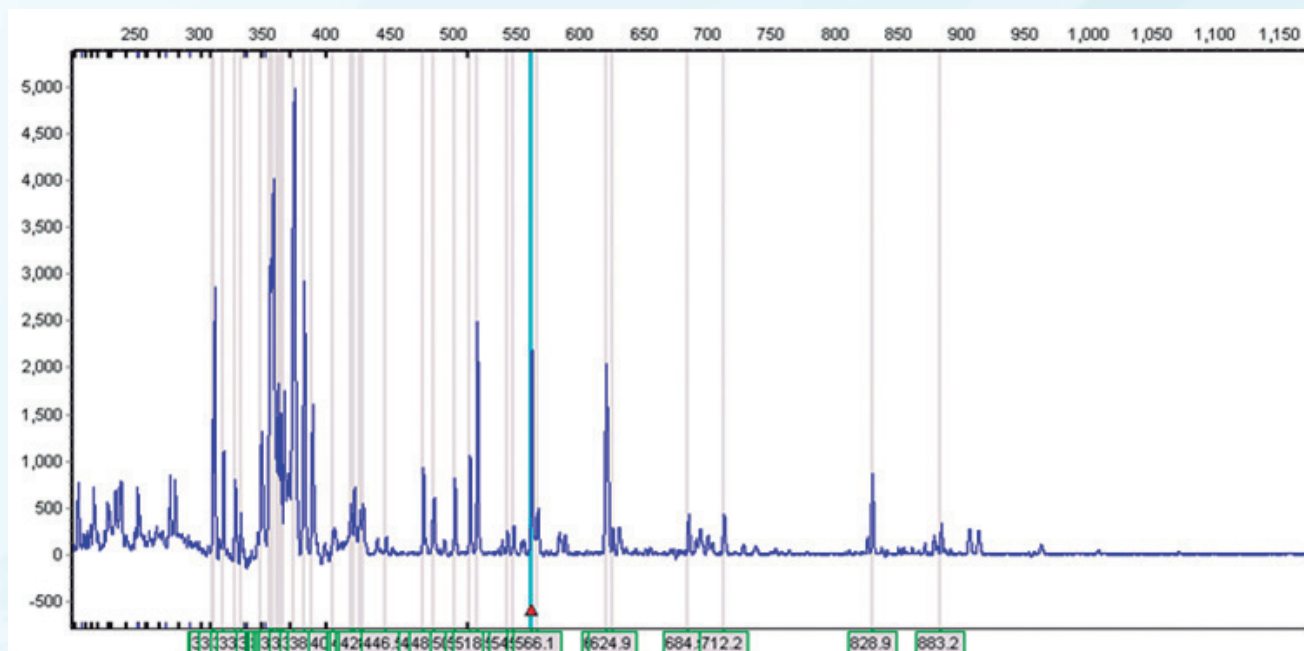
Análisis de laboratorio: para la técnica denominada ARISA, el DNA de las bacterias del suelo es extraído (kit MoBio<sup>®</sup>) y amplificado mediante PCR con cebadores universales bacterianos (Cardinale y cols., 2004). Un secuenciador automático permite separar el DNA en picos de diferente tamaño, correspondiendo cada uno de esos picos a una especie bacteriana diferente (idealmente). Por lo tanto, el número de picos es indicadora del número de bacterias dominantes en la muestra de suelo.

Compara el resultado de tu medida con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico avanzado (pág. 52) y asígnale en consecuencia un valor de 0 a 10.

#### ¿Por qué medimos la diversidad genética de bacterias?

Las bacterias son, con diferencia, el grupo más numeroso y diverso de la biota edáfica. Basta decir que un puñado de suelo sano puede albergar hasta 100 billones de bacterias, pertenecientes a más de 50.000 especies, para hacernos una idea del valor de los suelos como reservorio de biodiversidad bacteriana.

En la imagen inferior se muestra un perfil de picos pertenecientes a un suelo agrícola.



# Diagnóstico Avanzado

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador avanzado

#### 3.1. Estado físico-Capacidad de almacenamiento de agua (%)

Se trata de averiguar la cantidad de agua que nuestro suelo es capaz de almacenar y ceder posteriormente a los cultivos. Las raíces de los cultivos no sólo toman agua de la capa arada, por lo que es conveniente realizar esta medida para cada uno de los horizontes diferentes del suelo, hasta una profundidad de al menos 50 cm. Para ello deberías profundizar el agujero que has excavado para las medidas básicas de macrofauna (indicador 2.4), lombrices (3.9) y raíces (3.10).

-Toma de muestras: se toman cilindros inalterados de los diferentes perfiles del suelo.

Procesado: las muestras se saturan con agua 24 horas, antes de meterlas en la cámara de presión.

-Análisis de laboratorio: siguiendo el procedimiento de (Richards y Weaver, 1944) se aplica una presión de -33KPa para llevar al suelo a su punto de capacidad de campo. Posteriormente se incrementa la presión de succión hasta los -1500KPa (punto de marchitez permanente). La cantidad de agua comprendida en-

tre ambas presiones es la que resulta útil a nuestros cultivos.

Para el diagnóstico del suelo usaremos el resultado obtenido para la capa arada (aproximadamente 0-30cm). Compara este resultado con las referencias de la tabla-resumen de diagnóstico avanzado (pág. 52) y asigne en consecuencia un valor de 0 a 10.

### ¿Por qué medimos la capacidad de retención hídrica de nuestro suelo?

La capacidad del suelo para almacenar el agua de lluvia/riego influye decisivamente en su actividad biológica y la productividad de los cultivos. Depende tanto de su textura (arcillosa, franca ó arenosa) como de su estructura y de su contenido en materia orgánica (MO). La textura de un suelo depende del material parental a partir del que se formó, difícilmente podemos variarla. Por el contrario, su estructura depende mucho del manejo (sistema de laboreo, principalmente) que debe favorecer la presencia de canales y poros permanentes donde se almacenen y circulen el agua y el aire. Asimismo, la MO favorece la capacidad de almacenamiento de agua del suelo.



# Diagnóstico Avanzado

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador avanzado

#### 3.2. Estado físico-Compactación (MPa)

Esta medida avanzada requiere contar con un aparato digital (“penetrómetro”) capaz de registrar la presión necesaria para atravesar nuestro suelo, a lo largo de un perfil de 0-75cm de profundidad. Se realizan 5 pinchazos para obtener la gráfica promediada de resistencia a la penetración.

La resistencia aumenta en profundidad. Para el diagnóstico del suelo usaremos la resistencia media mostrada por la capa arada (aproximadamente 0-30cm). Compara el resultado de esta medida (en MPa) con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico avanzado (pág. 52) y asígnele en consecuencia una nota de 0 a 10.

**ACLARACIÓN:** Los valores de referencia proporcionados en este manual corresponden a un penetrómetro modelo Rimik CP40II. Recuerda los momentos aptos para el muestreo (pág. 3), ya que esta medida depende mucho del estado de humedad del suelo en el momento de la medida.

#### ¿Por qué medimos la compactación del suelo con un penetrómetro digital?

Este aparato nos indica, centímetro a centímetro desde la superficie hasta los 75 cm de profundidad, la presión que deben superar las raíces de nuestros cultivos para atravesar el suelo en busca de nutrientes y agua. Como referencia general, se estima que a partir de 1,5MPa comienza a dificultarse el desarrollo de las raíces y que a partir de 3MPa prácticamente se detiene su desarrollo, si bien es cierto que no todos los cultivos se comportan igual.



# Diagnóstico Avanzado

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador avanzado

#### 3.3. Estado químico-acidez/basicidad del suelo (pH, Al y caliza activa)

A nivel básico ya hemos explicado el significado del pH del suelo y cómo medirlo grosso modo con tiras de pH. A nivel avanzado haremos la medida con un pH-metro que nos ofrece mayor exactitud, aunque la preparación previa del suelo es la misma: toma una muestra de suelo seco (aproximadamente, 10 gramos) y añádele 2,5 veces su volumen en agua (25ml). Agítalo, déjalo reposar 10 minutos e introduce el electrodo del pH-metro en el líquido sobrenadante.

Compara tu resultado (pH) con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico avanzado (pág. 52) y asígnale en consecuencia un valor de 0 a 10.

**ACLARACIÓN:** Si el pH resulta ser inferior 5,5 se recomienda medir el porcentaje de saturación de aluminio (% Al) en el complejo de cambio del suelo, por métodos estándar (MAPA, 1994). En cambio, se recomienda comprobar la presencia de calizas activas si el pH es superior a 7,5 (especialmente si, además, se observó una alta reactividad al ácido clorhídrico durante el diagnóstico básico).

#### ¿Por qué medimos el pH del suelo? ¿Y el aluminio? ¿Y la caliza activa?

El rango de pH óptimo en los suelos agrícolas está entre 5,5 y 7 debido a que, en ese intervalo, los nutrientes minerales son más solubles y así pueden ser absorbidos por las raíces. A continuación se muestra una tabla que relaciona el pH y la solubilidad de algunos minerales.

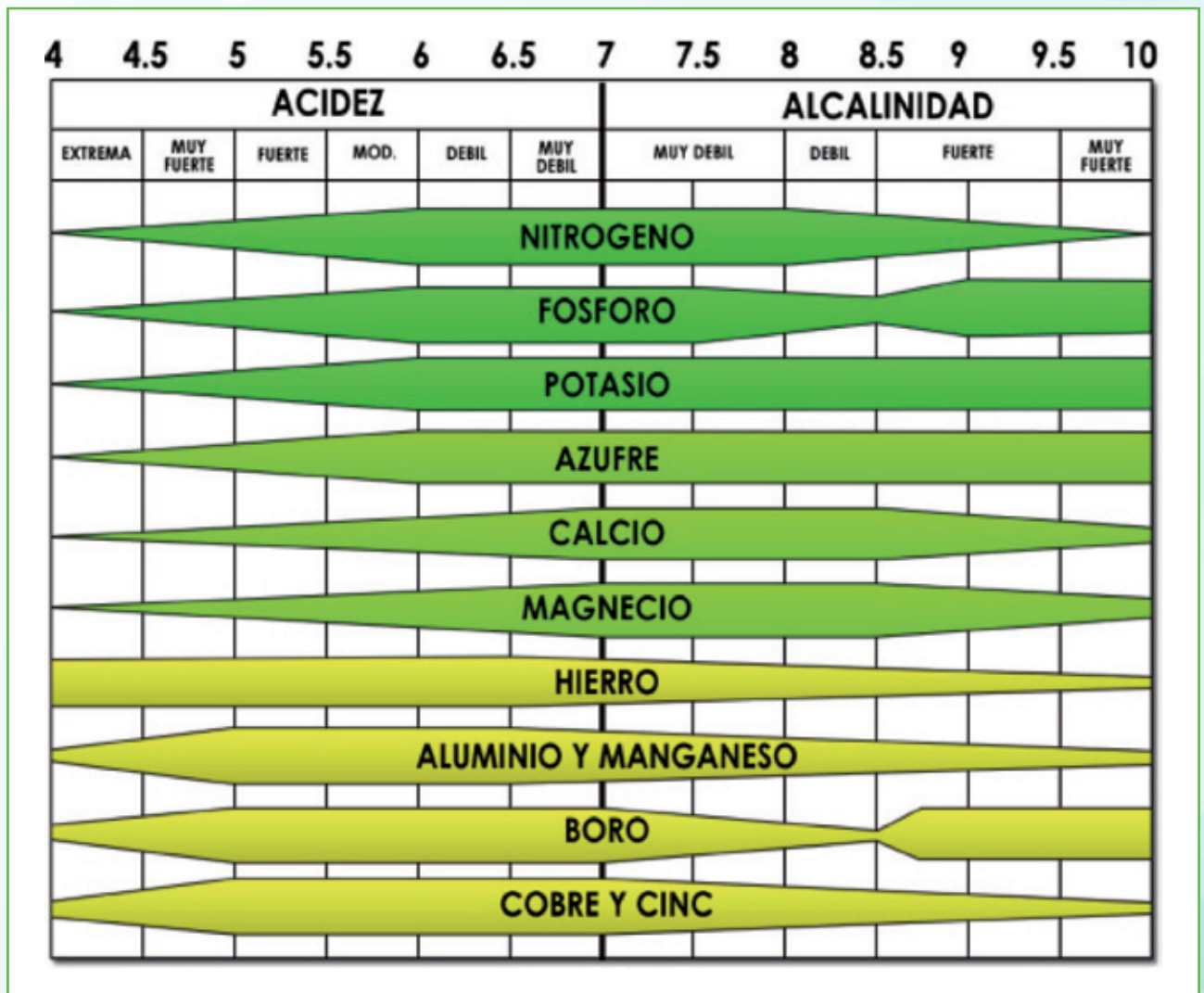
**Aluminio:** A pHs bajos (ácidos), el aluminio satura el complejo de cambio del suelo y dificulta la absorción de otros minerales, produciendo efectos fitotóxicos cuando la saturación supera el 10%.

**Caliza activa:** A pHs altos (básicos), el problema suele ser el exceso de carbonatos de calcio. Dentro de los carbonatos, aquellos cuyo tamaño es inferior a 50  $\mu\text{m}$  se denominan caliza activa por su alta solubilidad en agua y enriquecen la solución del suelo en iones bicarbonato. Altos niveles de caliza activa (>5%) pueden ocasionar carencias de algunos nutrientes como el fósforo y el hierro.





# Solubilidad de los minerales a diferentes pHs



# Diagnóstico Avanzado

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador avanzado

#### 3.4. Estado químico-materia orgánica (%) y relación C/N del suelo

A nivel básico ya hemos explicado el papel de la materia orgánica (MO) en el suelo y cómo estimarla grosso modo. En este nivel avanzado, mediremos el contenido exacto en MO (%) y la relación carbono/nitrógeno (C/N) del suelo siguiendo protocolos estándares de laboratorio (MAPA, 1994):

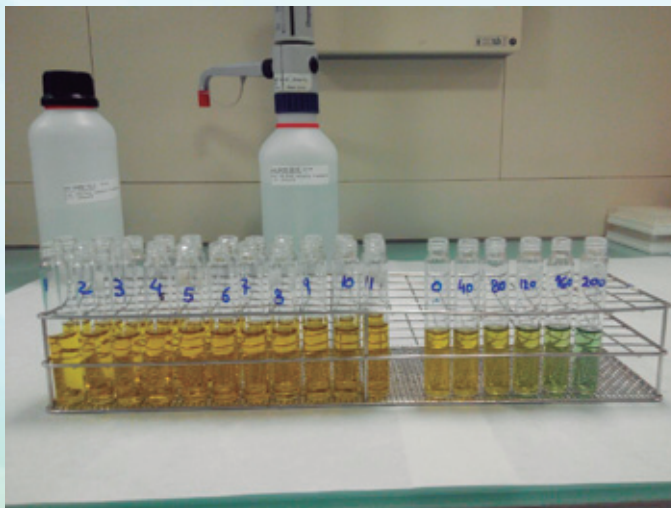
- Toma de muestras: al azar dentro del área de estudio, con una sonda de 2,5 cm de diámetro y una profundidad igual a la capa arada (frecuentemente 0-30 cm).
- Procesado: las muestras se homogenizan, tamizan, secan y conservan a temperatura ambiente.
- Análisis de laboratorio: el C orgánico del suelo se oxida con dicromato en presencia de ácido sulfúrico. El exceso de oxidante se valora con sulfato ferroso amónico y la cantidad de C orgánico oxidado se calcula a partir de la cantidad de dicromato reducido. Para determinar el N (Kjeldahl), el nitrógeno orgánico total se convierte en sulfato de amonio mediante una digestión en ácido sulfúrico, se neutraliza, se recoge en una solución de ácido bórico y se titula con ácido clorhídrico.

Compara ambos resultados de %MO y C/N con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico avanzado (pág. 52) y asígnale en consecuencia un valor de 0 a 10.

### ¿Por qué medimos el contenido en MO y la relación C/N del suelo?

La MO sirve de alimento a los organismos del suelo y, una vez mineralizada por ellos, a los cultivos. Además, tal y como se ha explicado durante el diagnóstico básico, mejora otras propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que le convierte en uno de los mejores indicadores de su salud.

La relación C/N nos indica la evolución de esta materia orgánica. Los microorganismos del suelo requieren carbono (C) como fuente de energía, y nitrógeno (N) como intermediario en la síntesis de proteínas. Si no disponen de alguno de estos elementos, la mineralización se ralentiza y por consiguiente los cultivos no disponen de suficientes nutrientes para su desarrollo. Según el sistema de producción agrícola que sigamos (modo de laboreo, abonado, etc.) podemos modificar el contenido en materia orgánica y la relación C/N del suelo.



# Diagnóstico Avanzado

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador avanzado

#### 3.5. Estado químico-macronutrientes minerales (N, P, K)

Mediremos el contenido en Nitrógeno nítrico (N), Fósforo (P) y Potasio (K) del suelo siguiendo una metodología estándar de laboratorio (MAPA, 1994):

- Toma de muestras y procesado: idéntico al apartado anterior (indicador avanzado 3.4).

Análisis de laboratorio: Brevemente, los nitratos del suelo se extraen con KCl 1M, se reducen a nitrito y se determinan espectrofotométricamente a 540nm. El fósforo se extrae del suelo con  $\text{CO}_3\text{HNa}$  y el ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) acaba reduciéndose por el ácido ascórbico a color azul, que se determina a 880nm. El potasio se extrae con acetato amónico y se determina por absorción atómica.

Estos son los niveles óptimos aproximados que deben mantener estos macronutrientes en suelos agrícolas: Nitrógeno nítrico (N): 10-30 ppm; Fósforo (P): 25-50 ppm; Potasio (K): 100-200 ppm.

Tras analizar tu suelo, comprueba cuántos de estos macronutrientes se encuentran dentro del rango óptimo y asigna en consecuencia un valor de 0 a 10 a este indicador en la tabla-resumen de diagnóstico avanzado (pág. 52), según la siguiente valoración:

Tres macronutrientes en rango óptimo=8,5 puntos.  
Dos macronutrientes=5 puntos. Uno=1,5 puntos.

ACLARACIÓN 1: Estos rangos están calculados pensando en que la muestra de suelo se toma en el momento de la cosecha, según se recomienda al principio del manual (página 3). En ese momento, parte de los nutrientes del suelo habrán sido ya tomados por los cultivos.

ACLARACIÓN 2: Ten en cuenta que estos rangos son meramente orientativos, y que no todos los cultivos tienen las mismas necesidades. Puedes encontrar información más detallada en <http://www.fraisoro.net/FraisoroAtariaDoku/recomenculitvosdeinvernadero-huertasyfrutales.pdf>

### ¿Por qué medimos los niveles de macronutrientes en el suelo?

La disponibilidad de minerales influye directamente en la productividad de los cultivos y la actividad biológica del suelo. Dentro de estos minerales, los más importantes en la agricultura son el N, P y K, por ser tomados en mayor proporción por las plantas ("macronutrientes"). Por debajo de los rangos óptimos indicados, se estaría limitando el potencial productivo de nuestros cultivos. Por encima, el exceso de nutrientes podría lixiviarse y eutrofizar-contaminar los recursos fluviales cercanos.

# Diagnóstico Avanzado

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador avanzado

#### 3.6. Estado químico-salinidad (conductividad eléctrica)

La conductividad eléctrica (CE) de un suelo nos indica su contenido en sales, siendo estas esenciales para el crecimiento de las plantas y la biota edáfica. Sin embargo, la acumulación excesiva de sales puede afectar a los cultivos, siendo este problema relativamente común en zonas áridas-semiáridas (también en invernaderos).

Para medir la conductividad de nuestro suelo seguiremos una metodología similar a la descrita para la determinación de pH (solución 1:2,5 de suelo:agua; ver indicador avanzado 3.3.), con la diferencia de que ahora empleamos un conductímetro y que tomamos la medida con las partículas en suspensión (MAPA, 1994).

Compara tu resultado con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico avanzado (pág. 52) y asígnale en consecuencia una nota de 0 a 10.

**ACLARACIÓN:** La CE de una solución aumenta con la temperatura, a razón de aproximadamente 2% por °C de incremento. Por eso, las conductividades dadas en la tabla-resumen de diagnóstico están estandarizadas para 25°C.

#### ¿Por qué medimos la salinidad del suelo?

El exceso de sales afecta a los cultivos y organismos del suelo de varias maneras: (i) toxicidad directa (p. ej., Boro); (ii) destrucción del equilibrio iónico en los tejidos; (iii) interferencia con la absorción de nutrientes (p. ej., calcio en tomate) y agua (por descenso del potencial osmótico).

En general, valores de CE entre 0 y 1 son aceptables para la mayoría de cultivos y organismos edáficos, aunque no todos tienen la misma tolerancia a la salinidad. Por eso, las tablas siguientes pueden resultarte útiles. En ella se muestran los límites CE (en dS/m) que cada cultivo puede soportar sin producirse disminuciones en su rendimiento:

#### Cultivos hortícolas

Tomate	Pepino	Espinaca	Col	Pimiento	Cebolla	Judía	Fresa
2.5	2.5	2.0	1.8	1.5	1.2	1.0	1.0

#### Cultivos extensivos

Cebada	Remolacha	Trigo	Soja	Maíz	Patata
8.0	7.0	6.0	5.0	1.7	1.7

# Diagnóstico Avanzado

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador avanzado

#### 3.7. Estado químico-contaminantes/ pesticidas (concentración en suelo)

Mediante el método TERRATTEST® podemos analizar la presencia (y la concentración) de más de 200 posibles contaminantes en nuestros suelos y aguas, pertenecientes a los siguientes grupos:

- Metales
- Compuestos Aromáticos
- Fenoles
- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- Hidrocarburos Volátiles Halogenados
- Clorobencenos
- Clorofenoles
- Bifenilos policlorados
- Otros clorohidrocarbonos
- Hidrocarburos totales de petróleo
- Pesticidas

Las concentraciones máximas permitidas en suelos agrícolas para cada uno de estos compuestos varía entre entre países (e, incluso, a nivel regional). No existiendo aún desarrollos legislativos específicos a nivel europeo, tomaremos como límites los Valores Indicativos de Evaluación (VIE) establecidos en la Ley 1/2005 del País Vasco para la prevención y corrección de la contaminación del suelo ([http://www.ihobe.net/documentos/imagenpaginas/Ley\\_1-2005.pdf](http://www.ihobe.net/documentos/imagenpaginas/Ley_1-2005.pdf)).

Definiéndose VIE-A como la “concentración máxima en que una sustancia se encuentra en el suelo de forma natural”, y VIE-B como la “concentración máxima por encima de la cual puede suponer un riesgo para la salud humana o e medio ambiente, dependiendo del uso del suelo”, se valorará así:

Partiremos de una nota máxima de 10 en el diagnóstico avanzado (pág. 52) e iremos restando 1 punto por cada compuesto que supere el VIE A. En caso de superar el VIE B correspondiente al uso más sensible del suelo (categoría “otros usos”) la nota de este indicador será de 0 puntos. También será 0 la nota en caso de detectarse la presencia de agroquímicos no permitidos actualmente según la Directiva europea 91/414/EEC –Anexo 1(ver indicador básico , pág. 23)

#### ¿Por qué medimos la concentración de contaminantes/pesticidas en suelo?

Los suelos agrícolas no están exentos de recibir contaminantes procedentes de procesos químicos industriales (vía deposiciones atmosféricas y vertidos directos) y por la propia actividad agrícola (uso de agroquímicos). De hecho, 63 de las 240 sustancias potencialmente contaminantes analizadas por el método TERRATTEST® son pesticidas. En este apartado tratamos de averiguar si estas sustancias están efectivamente presentes en nuestro agroecosistema y, siendo así, si alcanzan concentraciones que puedan suponer un riesgo para la salud humana o del medio ambiente.

# Diagnóstico Avanzado

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador avanzado

#### 3.8. Estado biológico-actividad microbiana (respiración basal)

Estimaremos la actividad de los microorganismos del suelo midiendo su tasa de respiración. Esta tasa es altamente variable y puede presentar amplias fluctuaciones naturales dependiendo del sustrato disponible, humedad, temperatura, etc. Además, las raíces de las plantas también contribuyen notablemente a la respiración del suelo. Por estas razones, analizamos la respiración del suelo una vez retiradas las raíces y en condiciones estándar de laboratorio, según el método ISO 16072 (2002):

- Toma y procesamiento de muestras: idénticos a los realizados para los análisis de diversidad funcional microbiana (indicadores avanzados 2.3. y 2.4.)

Análisis de laboratorio: Brevemente, se mide la tasa de emisión de  $\text{CO}_2$  del suelo durante los primeros 3

días de incubación en tarros herméticos a  $30^\circ\text{C}$ , en presencia de una solución de NaOH y sin adición de nutrientes externos (respiración a nivel basal).

Compara tu resultado con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico avanzado (pág. 52) y asígnale en consecuencia una nota de 0 a 10.

#### ¿Por qué medimos la respiración basal del suelo?

La respiración del suelo es una propiedad bien establecida para monitorizar la actividad microbiana de descomposición de la materia orgánica, ya que refleja la actividad oxidativa global de los microorganismos. Una alta respiración basal indica que el suelo está activo y, por tanto, funcionando. Pero también supone emitir  $\text{CO}_2$  a la atmósfera, por lo que no es conveniente elevarla sin control.



# Diagnóstico Avanzado

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador avanzado

#### 3.9. Estado biológico-abundancia microbiana (respiración inducida por sustrato)

Estimaremos la abundancia microbiana del suelo midiendo su potencial máximo de respiración en condiciones ideales (temperatura, humedad y disponibilidad de sustratos), según el método ISO 17155 (2002): Brevemente, se toman los suelos incubados a 30°C durante 3 días en la medida anterior, se les añade una solución nutritiva consistente en una mezcla de glucosa,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  y  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , y se mide su tasa de emisión de  $\text{CO}_2$  durante 6 nuevas horas de incubación (a 30°C y en presencia de NaOH).

Compara tu resultado con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico avanzado (pág. 52) y asigne en consecuencia una nota de 0 a 10.

#### ¿Por qué medimos la respiración inducida por sustrato del suelo?

La respiración inducida por sustrato es una medida indirecta de la biomasa (abundancia) microbiana. Un suelo sano y rico en nutrientes puede albergar gran cantidad de microorganismos, los cuales hoy sabemos que son responsables del 80-90% de la actividad biológica del suelo (reciclaje de nutrientes, etc.). Los indicadores biológicos como este tienen la ventaja de ser altamente sensibles al manejo agrícola y responder rápidamente ante los cambios introducidos en el suelo. Para hacernos una idea de su rapidez, pensemos que en este ensayo se establece un período máximo de incubación de 6 horas precisamente para evitar un aumento significativo de la población microbiana durante el propio ensayo, al encontrarse en condiciones ideales.



# Diagnóstico Avanzado

## 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo

### Indicador avanzado

#### 3.10. Estado biológico-cociente respiratorio ( $qCO_2$ )

Ambas propiedades del suelo medidas anteriormente (respiración y abundancia microbiana) suelen combinarse para obtener el denominado cociente respiratorio ( $qCO_2$ ) que expresa la tasa respiratoria en función de la biomasa microbiana. Se calcula dividiendo los valores anteriores de respiración basal (numerador; indicador 3.8.) y respiración inducida por sustrato (denominador; indicador 3.9).

Compara tu resultado con los valores de referencia de la tabla-resumen de diagnóstico avanzado (pág. 52) y asigne en consecuencia una nota de 0 a 10.

#### ¿Por qué medimos el cociente respiratorio del suelo?

El cociente respiratorio puede utilizarse para estudiar el desarrollo de suelos, la calidad del sustrato, el desarrollo del ecosistema, y la respuesta frente a estreses. La teoría indica que a medida que un ecosistema gana en madurez y diversidad, aumenta la competición por la energía disponible lo que se deriva en una presión selectiva más fuerte hacia usos más eficientes de los recursos disponibles. En términos de biomasa, esto significa que los ecosistemas estables albergan mayor cantidad de biomasa, dando lugar a cocientes respiratorios más bajos. Por el contrario, un incremento en el cociente respiratorio (es decir, que crezca proporcionalmente más la respiración que la biomasa) puede ser indicativo de una situación de estrés de la comunidad microbiana (por ejemplo, por la aplicación de un pesticida).





# Diagnóstico Avanzado

## 4º Servicio de un agroecosistema: mitigar el cambio climático

### Indicador avanzado

#### 4.1. Contenido en materia orgánica del suelo (medida de laboratorio)

Esta medida ya la hemos realizado antes, como indicador del estado químico del suelo (indicador avanzado 3.4.), dentro del 3º Servicio de un agroecosistema: cuidar el suelo.

Por tanto, no es necesario que repitas la medida, sino que puedes aprovechar el resultado obtenido antes y compararlo con los valores de referencia de este indicador en la tabla-resumen de diagnóstico avanzado en la página 52 (en esta ocasión, los valores de referencia cambian al estar valorando el 4º Servicio de un agroecosistema: mitigar el cambio climático).

#### ¿Por qué medimos la materia orgánica del suelo en el laboratorio?

A nivel básico ya hemos explicado la importancia de conservar la materia orgánica del suelo, en relación al cambio climático. El análisis de laboratorio nos permitirá monitorizar con mayor exactitud la evolución de este indicador.



# Diagnóstico Avanzado

## 4º Servicio de un agroecosistema: mitigar el cambio climático

### Indicador avanzado

#### 4.2. Emisiones de CO<sub>2</sub>

Se trata de medir las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se están produciendo desde nuestro suelo, siendo este uno de los principales gases de efecto invernadero, junto con el metano (CH<sub>4</sub>) y los óxidos nitrosos (NxO). Las emisiones de CO<sub>2</sub> en campo se cuantificarán mediante un aparato portátil (SRC-1/EGM-4, de PP Systems<sup>R</sup>).

Se establecen 4 puntos de muestreo dentro del área de estudio y en cada punto se obtiene un valor medio emisiones de CO<sub>2</sub> a partir de los resultados de 5 mediciones. Finalmente, se compara este valor medio de emisiones con los valores de referencia indicados en la tabla de indicadores avanzados, asignándole una nota de 0 a 10.

Los suelos que mantienen bajas tasas de emisión de CO<sub>2</sub> ayudan a ralentizar el cambio climático.

#### ¿Por qué medimos las emisiones de CO<sub>2</sub>?

A nivel básico ya hemos explicado la importancia de conservar la materia orgánica del suelo, en relación al cambio climático. El análisis de laboratorio nos permitirá monitorizar con mayor exactitud la evolución de este indicador.



Servicio	Indicadores básicos	Mal 0...3	Regular 3...7	Bien 7...10	Nota indicador (0-10)	Nota servicio (0-10)
1. Producción	1.1. Cosecha (g/planta) Pág. 6 <span>¡Imprescindible!</span>	Ver pág. 6	Ver pág. 6	Ver pág. 6		
	1.2. Plagas (% plantas sanas) Pág. 8 <span>¡Imprescindible!</span>	0 - 45	45 - 85	85 - 100		
2. Biodiversidad	2.1. Diversidad de cultivos (nº especies) Pág. 10 <span>¡Imprescindible!</span>	0 - 3	3 - 7	7 - 10		
	2.2. Diversidad vegetal adyacente (nº estratos) Pág. 11	1	2	3		
	2.3. Ausencia de especies invasoras (nº especies) Pág. 12	2	1	0		
	2.4. Diversidad de macrofauna (nº tipos) Pág. 13 <span>¡Imprescindible!</span>	0 - 6	6 - 14	14 - 20		
	2.5. Diversidad de mesofauna en suelo (índice) Pág. 14	0 - 30	30 - 70	70 - 100		
2. Suelo	3.1. Físico-Erosión (gana vs. pierde suelo; cm) Pág. 16	(-3,5) - (-2)	(-2) - 0	0 - (+1,5)		
	3.2. Físico-Tiempo de infiltración (min) Pág. 17	60 - 30	30 - 10	10 - 0		
	3.3. Físico-Compactación (cm) Pág. 18	0- 10	10 - 20	20 - 40		
	3.4. Químico-Acidez/Basicidad pH Reacción Pág. 19	3-4,5 ó > 9 Nula ó muy fuerte	4,5-5,5 ó 8-9 Leve ó fuerte	5,5 - 8 Media		
	3.5. Químico-Materia orgánica Reacción Color Pág. 20	Ninguna Pálido	Débil Medio	Fuerte Oscuro		
	3.6. Químico-Nutrientes minerales (coloración) Pág. 21	Pálida ó anormal	Media	Uniforme y oscura		
	3.7. Químico-Pesticidas/contaminantes (uso) Pág. 22 <span>¡Imprescindible!</span>	Ver pág. 23	Ver pág. 23	Ver pág. 23		
	3.8. Biológico-Actividad (% degradación) Pág. 24	0 - 10	10 - 20	20 - 40		
	3.9. Biológico-Lombrices (nº) Pág. 25 <span>¡Imprescindible!</span>	0 - 3 ó > 20	3 - 7 ó 10 - 20	7 - 10		
	3.10. Biológico: Raíces (desarrollo) Pág. 26	Superficial	Medio	Profundo		
4. Cambio climático	4.1. Materia orgánica Reacción Color Pág. 27 <span>¡Imprescindible!</span>	Ninguna Pálido	Débil Medio	Fuerte Oscuro		
	4.2. Sistema de producción (gana vs. pierde C) Pág. 28 <span>¡Imprescindible!</span>	Ver pág. 28	Ver pág. 28	Ver pág. 28		
<b>DIAGNÓSTICO BÁSICO</b>						<b>NOTA FINAL</b>

Servicio	Indicadores avanzados	Mal 0...3	Regular 3...7	Bien 7...10	Nota indicador (0-10)	Nota servicio (0-10)
1. Producción	1.1. Cosecha (t/ha) Pág. 29	Ver pág. 30	Ver pág. 30	Ver pág 30		
	1.2. Plagas (% plantas sanas) Pág. 31	0 - 45	45 - 85	85 - 100		
2. Biodiversidad	2.1. Diversidad de cultivos (especies + variedades) Pág. 32	0 - 3,2	3 - 7,5	7,5 - 11		
	2.2. Diversidad vegetal adyacente (nº especies) Pág. 33	0 - 9	9 - 21	21 - 30		
	2.3. Diversidad funcional de hongos (NSU) Pág. 34	0 - 10	10 - 40	40 - 95		
	2.4. Diversidad funcional bacterias (NSU) Pág. 35	0 - 10	10 - 20	20 - 31		
	2.5. Diversidad genética de hongos (S) Pág. 36	0 - 10	10 - 30	30 - 50		
	2.6. Diversidad genética bacterias (S) Pág. 37	0 - 10	10 - 30	30 - 50		
2. Suelo	3.1. Físico-Almacenamiento de agua (%) Pág. 38	0 - 9	9 - 21	21 - 30		
	3.2. Físico-Compactación (Mpa) Pág. 39	4 - 2,5	2,5-1,5	1,5-0		
	3.3. Químico-Acidez/Basicidad: pH Pág. 40 Al Ca act.	3 - 4 ó > 9 Al > 10% Ca > 5%	4,5-5,5 ó 9-8	5,5 - 8 Al < 10% Ca < 5%		
	3.4. Químico-Materia orgánica (%) Pág. 42 -Relación C/N	0 - 1 ó >8 < 4 ó >14	1-2 ó 8-4 4-8 ó 14-10	2 - 4 8 - 10		
	3.5. Químico-Minerales (N, P, K) Pág. 43	Ver pág. 43	Ver pág. 43	Ver pág 43		
	3.6. Químico-Salinidad (dS/m) Pág. 44	9 - 3	6 - 3	1 - 0		
	3.7. Químico-Pesticidas/Contaminantes (ppm) Pág. 45	Ver pág. 45	Ver pág. 45	Ver pág 45		
	3.8. Biológico-Actividad micro (ppm C-CO <sub>2</sub> /h) Pág. 46	0 - 0,6	0,6 - 1,4	1,4 - 3		
	3.9. Biológico-Abundancia micro(ppm C-CO <sub>2</sub> /h) Pág. 47	0 - 6	6 - 18	18 - 36		
	3.10. Biológico-Cociente respiratorio (qCO <sub>2</sub> ) Pág. 48	0,6 - 0,2	0,2 - 0,1	0,1 - 0,05		
4. Cambio climático	4.1. Materia orgánica (%) Pág. 49	0 - 1	1 - 3	3 - 6		
	4.2. Emisiones CO <sub>2</sub> (gCO <sub>2</sub> /m <sub>2</sub> h) Pág. 50	1,2 - 0,9	0,9 - 0,5	0,5 - 0,2		
<b>DIAGNÓSTICO AVANZADO</b>						<b>NOTA FINAL</b>

# Malos resultados (básico): ¿Qué significan? ¿Cómo mejorarlos?

Servicio	Indicadores básicos "enfermos"	Causas posibles	Soluciones
1. Producción	1.1. Cosecha	Pocos nutrientes Suelo compactado Acidez / basicidad extremas Plagas	Abonado Laboreo profundo y aportes orgánicos Acidez: cales. Basicidad: S o amonios Ver a continuación
	1.2. Plagas	Chupadores Hongos y bacterias suelo Nemátodos suelo Hongos, virus e insectos aéreos Gasterópodos. Roedores y topos	Reducir abonado. Usar abonos maduros Evitar encharcamientos. Drenaje Rotar cultivos. Variedades resistentes Retirar partes dañadas. Fauna auxiliar Fomentar fauna auxiliar
2. Biodiversidad	2.1. Diversidad de cultivos	Monocultivo	Introducir nuevos cultivos. Rotaciones
	2.2. Diversidad vegetal adyacente	Concentración parcelaria	Mantener franjas sin cultivar
	2.3. Invasoras	Suelo desnudo	Mantener la cobertura vegetal
	2.4. Diversidad de macrofauna	Escasez de hábitats Falta de alimento Laboreo intensivo Pesticidas	Fomentar refugios (setos, cajas nido) Aportes orgánicos Mínimo laboreo No usar pesticidas
	2.5. Diversidad de mesofauna	Falta de alimento Laboreo intensivo Pesticidas	Aportes orgánicos Mínimo laboreo No usar pesticidas
3. Suelo	3.1. Físico-Erosión	Laboreo intensivo Laboreo inadecuado (tierra hacia abajo) Suelo desnudo	Mínimo laboreo Laboreo adecuado (tierra hacia arriba) Mantener la cobertura vegetal
	3.2. Físico-Infiltración	Encostramiento superficial Compactación superficial	Aportes orgánicos. Incorporación restos Reducir tránsito de maquinaria
	3.3. Físico-Compactación	Compactación superficial Compactación subsuperficial (suela de labor)	Reducir tránsito de maquinaria Evitar aperos de cuchillas horizontales Laboreos profundos (subsulado)
	3.4. Químico-Acidez/Basicidad	Acidez extrema Basicidad extrema	Encalar (CaO, Ca(OH) <sub>2</sub> , cenizas) Materia orgánica y azufres
	3.5. Químico-Mat.orgánica (MO)	Abonado mineral Retirada o quema de restos de cosecha	Abonado orgánico (compost, estiércol) Incorporación de restos al suelo
	3.6. Químico-Minerales	Abonado insuficiente ó inadecuado	Abonado correcto (dosis y momentos)
	3.7. Químico-Pesticidas	Uso pesticidas potencialmente peligrosos	Medidas preventivas (ver 1.2)
	3.8. Biológico-Actividad	Escasez de nutrientes complejos Escasez de oxígeno ó agua Presencia de sustancia tóxicas	Aportes orgánicos (abonos, restos) Descompactación (ver 3.3). Riego Evitar contaminantes (pesticidas o no)
	3.9. Biológico-Lombrices	Estrés físico (laboreo) Estrés químico (acidez, pesticidas) Estrés biológico (topos y roedores)	Reducir/evitar uso rotocultivador Evitar acidez y pesticidas. Aportar MO. Prevenir plagas (ver 1.2)
	3.10. Biológico: Raíces	Compactación Enfermedades radiculares	Descompactación (ver 3.3) Evitar encharcamientos. Rotar (ver 1.2)
4. Cambio climático	4.1. Materia orgánica	Ver 3.5	Ver 3.5
	4.2. Sistema de producción	Laboreo intensivo Abonado mineral Retirada o quema de restos de cosecha Suelo desnudo	Mínimo laboreo Abonado orgánico (compost, estiércol) Incorporación restos vegetales Cobertura vegetal

# Malos resultados (avanzado): ¿Qué significan? ¿Cómo mejorarlos?

Servicio	Indicadores avanzados "enfermos"	Causas posibles	Soluciones
1. Producción	1.1. Cosecha	Pocos nutrientes Suelo compactado Acidez / basicidad extremas Plagas	Abonado Laboreo profundo y aportes orgánicos Acidez: cales. Basicidad: S o amonios Ver 1.2
	1.2. Plagas	Chupadores Hongos y bacterias suelo Nemátodos suelo Hongos, virus e insectos aéreos Gasterópodos. Roedores y topos	Reducir abonado. Usar abonos maduros Evitar encharcamientos. Drenaje Rotar cultivos. Variedades resistentes Retirar partes dañadas. Fauna auxiliar Fomentar fauna auxiliar
2. Biodiversidad	2.1. Diversidad de cultivos	Monocultivo	Introducir nuevos cultivos. Rotaciones
	2.2. Diversidad vegetal adyacente	Concentración parcelaria	Mantener franjas sin cultivar
	2.3. Diversidad funcional hongos	Uso de abonos simples (N-P-K) Laboreo intenso Basicidad extrema	Uso de abonos compuestos (orgánicos) Mínimo laboreo Controlar basicidad (ver 3.3)
	2.4. Diversidad funcional bacterias	Uso de abonos simples (N-P-K) Acidez extrema	Uso de abonos compuestos (orgánicos) Controlar acidez (ver 3.3)
	2.5. Diversidad genética hongos	Exceso de nutrientes lábiles Laboreo intenso Basicidad extrema	Uso de abonos maduros (compost) Mínimo laboreo Controlar basicidad (ver 3.3)
	2.6. Diversidad genética bacterias	Escasez de nutrientes lábiles Acidez extrema	Uso abonos jóvenes (estiércol) Controlar acidez (ver 3.3)
3. Suelo	3.1. Físico-Almacenamiento agua	Estructura edáfica pobre (falta de poros)	Descompactar (ver 3.2.) y añadir MO
	3.2. Físico-Compactación	Compactación superficial Compactación subsuperficial (suela de labor)	Reducir tránsito de maquinaria Evitar aperos de cuchillas horizontales Laboreos profundos (subsulado)
	3.3. Químico-Acidez/Basicidad	Acidez extrema Basicidad extrema	Encalar (CaO, Ca(OH) <sub>2</sub> , cenizas) Materia orgánica y azufres
	3.4. Químico-Mat.Orgánica (MO)	Abonado mineral Retirada o quema de restos de cosecha	Abonado orgánico (compost, estiércol) Incorporación de restos al suelo
	3.5. Químico-Minerales	Abonado insuficiente ó inadecuado	Abonado correcto (dosis y momentos)
	3.6. Químico-Salinidad	Riego insuficiente ó inadecuado	Control del riego
	3.7. Químico-Contaminantes	Vertido contaminantes (pesticidas o no)	Evitar vertidos y pesticidas (ver 1.2)
	3.8. Biológico-Actividad micro	Escasez de nutrientes complejos Escasez de oxígeno ó agua Presencia de sustancia tóxicas	Aportes orgánicos (abonos, restos) Descompactación (ver 3.3). Riego Evitar contaminantes (pesticidas o no)
	3.9. Biológico-Abundancia micro	Estrés físico (laboreo) Estrés químico (pH, MO ó pesticidas) Estrés biológico (topos y roedores)	Mínimo laboreo Control pH. Aportar MO. No pesticidas Prevenir plagas (ver 1.2)
	3.10. Biológico-Cociente respirat.	Fuentes de estrés microbiano (ver 3.9)	Aumentar biomasa microbiana (ver 3.9)
4. Cambio climático	4.1. Materia orgánica	Ver 3.4	Ver 3.4
	4.2. Emisiones CO <sub>2</sub>	Laboreo intensivo Transporte cosecha a larga distancia	Mínimo laboreo Consumo local