



# **EL SUELO**

## **UN PASEO POR LA VIDA**

**THE SOIL, A WALK THROUGH LIFE**



# EL SUELO

## UN PASEO POR LA VIDA

### THE SOIL, A WALK THROUGH LIFE

Organiza  
Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN-CSIC)  
ISRIC – *World Soil Information*

Dirección MNCN  
Santiago Merino

Comisariado  
Fernando Garrido - MNCN  
Stephan Mantel - ISRIC

Dirección técnica y coordinación  
Cristina Cánovas - MNCN

Contenido  
Cristina Cánovas  
Jorge Curiel  
Asunción de los Ríos  
Jorge Durán  
Fernando Garrido  
Noemí Guil  
Stephan Mantel  
Carmen Martínez  
Ana Rey  
Alexandra Rodríguez  
Miguel Ángel Ruiz

Traducción  
Mercedes López de Bergara - Cambridge University Press

Delineación  
José Arroyo

Maquetas  
Jesús Juez

Reproducciones didácticas  
Elena Gazo

Monolitos originales y fotografías de suelo  
ISRIC – *World Soil Information*

Colecciones del MNCN  
Rafael Araújo, Javier de Andrés y Dolores Bragado - Malacología  
Amparo Blay, Mercedes Paris y Mercedes Hitado - Entomología  
Marta Calvo - Anfibios y Reptiles  
Ángel Garvía y Luis Castelo - Mamíferos  
Isabel Morón - Biblioteca  
Aurelio Nieto - Geología  
Javier Sánchez y Begoña Sánchez - Invertebrados

Arquitecto  
Alfonso Marra

Diseño y producción gráfica  
Miguel Ángel Vela  
Alfonso Nombela

Mantenimiento - Servicio técnico MNCN  
José María Torregrosa  
Antolín Gutiérrez  
Miguel Ángel Luengo  
Manuel Moratilla de Nicolás  
José Luis Nieto  
Enrique Recio  
Sergio Rubio

Servicio de Fotografía MNCN  
Jesús Muñoz  
Fernando Señor

Comunicación  
Pilar López  
Xiomara Cantera  
Azucena López  
Ángeles Sacristán

Programas Públicos  
Pilar López

Mediateca  
Marisol Alonso  
Noelía Cejuela

Sociedad de Amigos del Museo  
Josefina Cabarga

Transporte MNCN  
Demetrio Bautista

Instituciones que han colaborado  
Carlos Dorransoro - Universidad de Granada  
Raimundo Jiménez - Universidad Autónoma de Madrid  
Cambridge University Press  
*Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*  
Instituto de Ciencias Agrarias (ICA, CSIC)  
ISRIC - *World Soil Information*

Otras contribuciones  
Arturo Angulo  
Carmen Ascaso  
Luis Barrera  
Stella Caraman  
Susana Cobacho  
Anton Egorov  
Christopher Emsden  
Emilio Esteban  
Lidia García  
Isaac Garrido  
Juan González  
Julieta Hernández  
Olga Leonis  
Consuelo Martín  
Rocío Muñoz  
Alfonso Navas  
Sergio Pérez-Ortega  
Julio Redondas  
Victoria Rodríguez  
Antonio Vives

Agradecimientos  
Cervezas La Cibeles  
Jesús Chamorro  
Ramiro Fernández  
Rosario Rodríguez  
Josefa Sánchez

Organiza:



Con el patrocinio de:



Con la colaboración de:





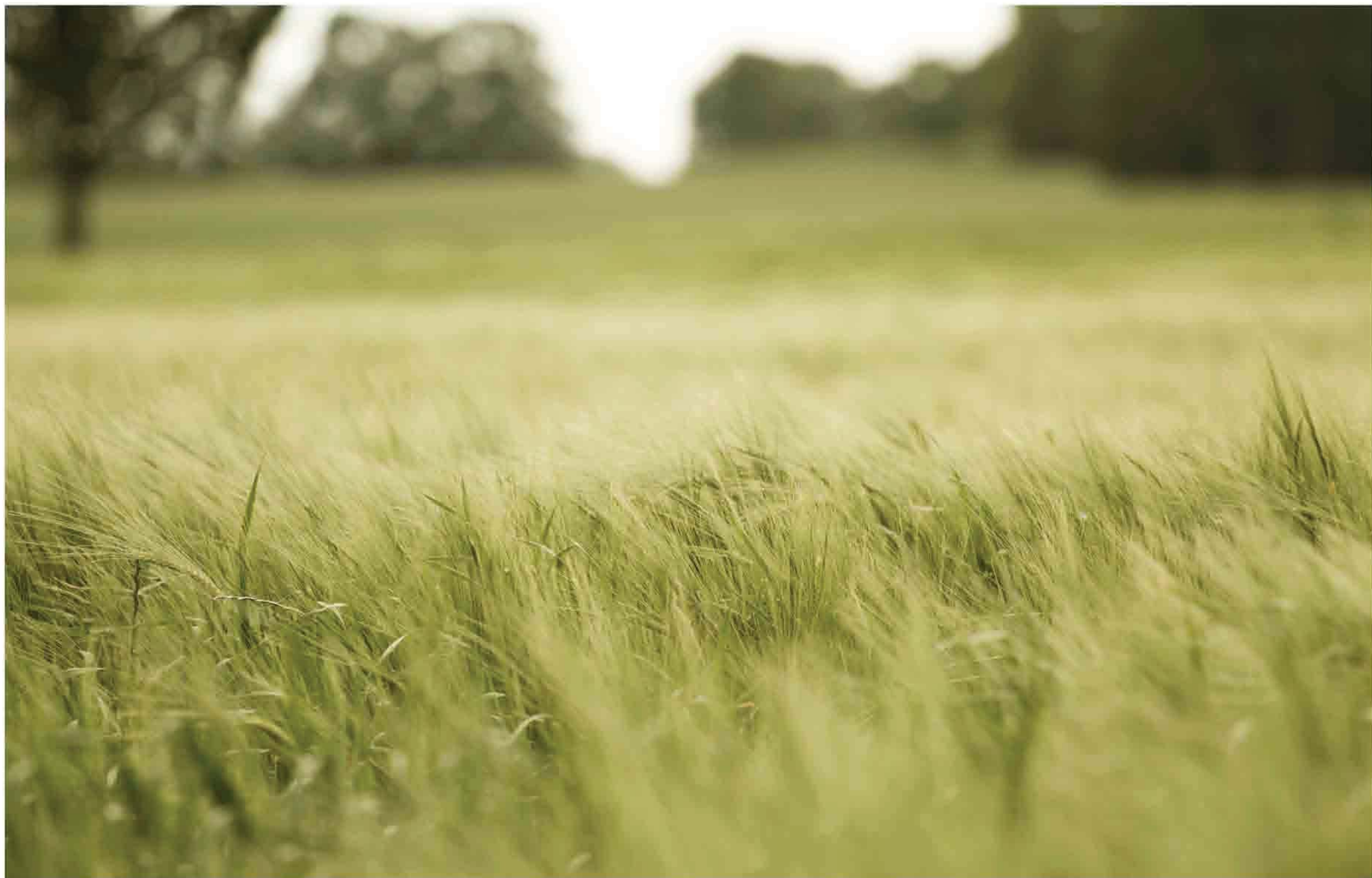
**MUCHO MÁS QUE TIERRA**  
**MUCH MORE THAN GROUND**



**MUCHO MÁS QUE ARENA**  
**MUCH MORE THAN SAND**



**MUCHO MÁS QUE HOJAS**  
**MUCH MORE THAN LEAVES**



**MUCHO MÁS QUE HIERBA**  
**MUCH MORE THAN GRASS**



**ES VIDA**  
IT IS LIFE

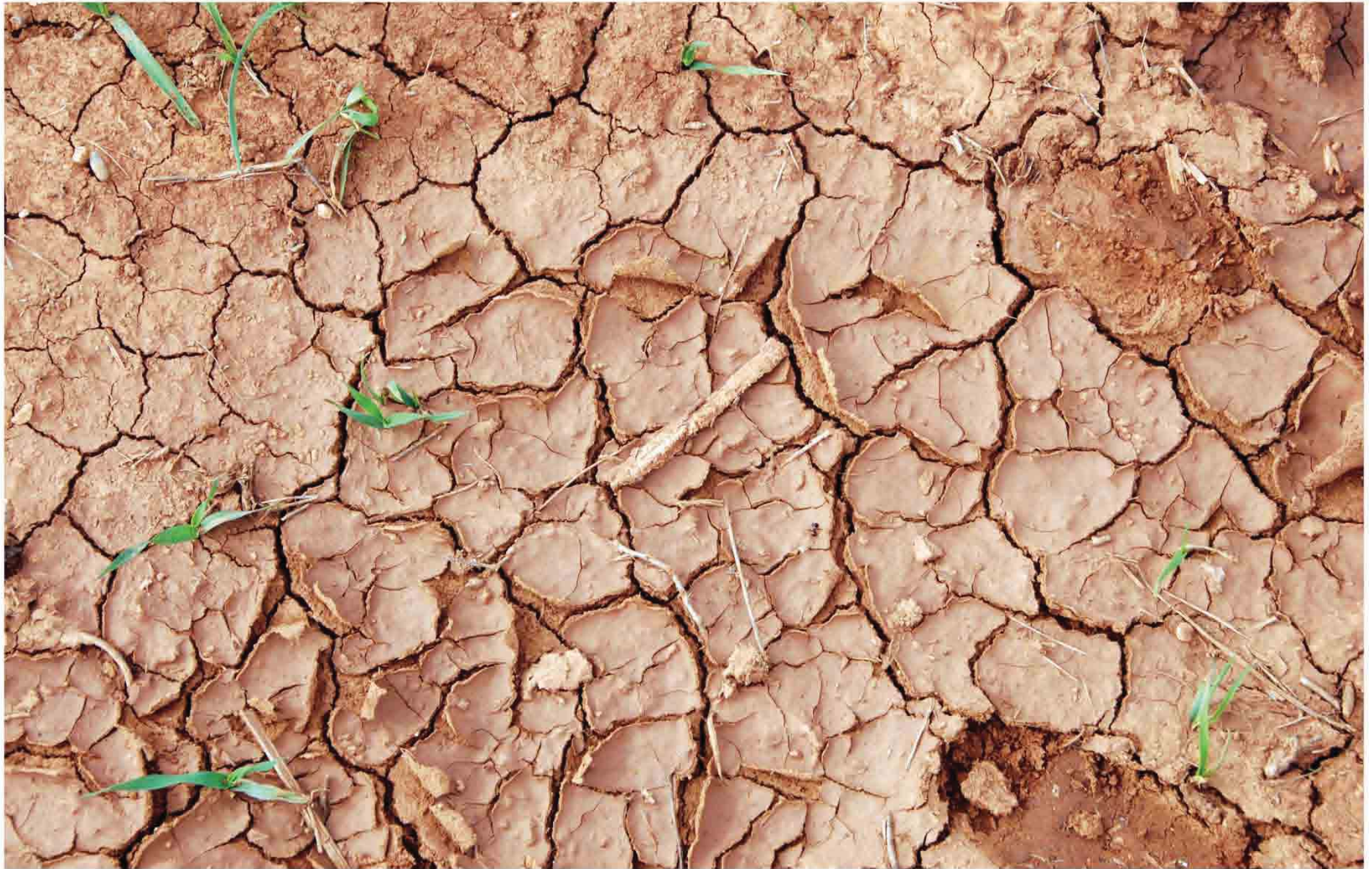


**ES SOPORTE**  
IT IS A SUPPORT





**ES ALIMENTO**  
IT IS FOOD



**Y SE AGOTA...**  
**IT IS RUNNING OUT...**



# Grandes desconocidos

## Great unknowns

“Que el asfalto y las alfombras de las ciudades no nos hagan olvidar que somos hijos de la tierra”  
(Miguel Hachen)

Siempre se ha dicho que al caminar es importante mirar hacia delante, pero convendría que, de vez en cuando, también mirásemos hacia abajo.

Y ¿qué hay abajo? Suelo.

Al soportar el peso de la vida, los suelos son los pies del planeta. Y aunque estamos en permanente contacto con ellos no nos percatamos de su existencia hasta que nos manchamos de tierra los zapatos.

Son unos grandes desconocidos, quizás porque no los vemos. Están ocultos bajo la apariencia de hierba o asfalto.

Es difícil intuir que lo que hay bajo nuestros pies es una explosión de color, una extrema diversidad de texturas, de estructuras y de vida repartidas a lo largo de una serie de horizontes que no unen cielo y tierra, sino tierra con tierra. Y que además los suelos son un gran almacén de nutrientes; para la vida que albergan, para la vida que sostienen.

Sin embargo, tienen su talón de Aquiles: se agotan, y de ellos depende la salud del planeta.

Bienvenidos a este mundo subterráneo.

Os animamos a dar un paseo por el suelo, un paseo por la vida.

It has always been said that it is important to look ahead while walking, but it would be convenient to look down once in a while.

And, what is below? Soil.

Since they bear life, soils are the feet of the planet. And even though we are permanently in contact with them, we do not notice their existence until our shoes get dirty.

They are the great unknowns, maybe because we do not see them. They are concealed under the guise of grass or pavement.

It is difficult to envisage that what is under our feet is an explosion of colour, an extremely diverse array of textures, structures and life forms, all of them spread out across a series of horizons that do not join sky and earth but earth with earth. Soils are also great nutrient warehouses for the life they host, for the life they sustain.

However, they have their own Achilles heel: they can get depleted. And our planet's health depends on them.

Be welcomed to this subterranean world.

We animate you to go for a walk through the soil, a walk through life.



© Günter Seggebaug, CC BY-SA 3.0



# ¿Qué no es el suelo?

## What is not the soil?

El suelo es mucho más de lo que creemos. Es la epidermis viva del planeta.  
Soil is much more than we think. It is the living epidermis of the planet.

### No es un medio inerte

Es un medio vivo y dinámico, un conjunto de minerales, materia orgánica y organismos vivos que, junto con gases y líquidos que discurren y se almacenan en su gran red de poros, cubre parte de la superficie de la Tierra.

### Soil is not a lifeless medium

It is alive and dynamic. Soil is a combination of minerals, organic matter and living organisms that cover a great part of the Earth's surface, along with liquids and gases that flow through and are stored in its great network of pores.



¿Sabías que entre un 40 y 60% del volumen total de un suelo son poros y cavidades rellenos de aire y agua?



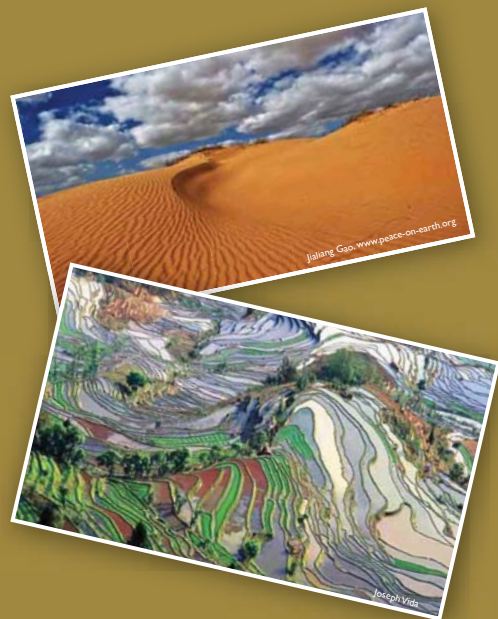
### No sólo es soporte

También bebe y respira. Por una parte, almacena agua que recibe de la lluvia o de la irrigación (Agua Verde) y que está disponible para el 90 % de toda la producción agrícola del mundo. Supone el 65% del contenido total de agua dulce y es esencial para que las plantas puedan adsorber nutrientes esenciales y para el mantenimiento de la vida. Por otra, la respiración de las raíces y la actividad de los microorganismos consumen mucho oxígeno, lo que hace que presente más CO<sub>2</sub> que el aire.

Did you know that between 40% and 60% of the total volume of the planet's soil is made up of pores and cavities filled up with air and water?

### Soil is not just a support

It also drinks and breathes. It contains a great quantity of water it receives from natural rain or irrigation. The water stored in the soil (called Green Water) serves as the source for 90% of the world's agricultural production and represents 65% of global fresh water. This water is essential for nutrient adsorption by plants and for the preservation of life. The breathing process of roots and the microbial activity consume much oxygen, making the CO<sub>2</sub> content in soil atmosphere richer than in air.



### No es uno ni es homogéneo

Hay muchos y cada uno presenta una sucesión de capas horizontales diferentes –horizontes– que forman su perfil. Sus múltiples colores, estructuras y texturas son visibles en los desmontes naturales o cuando es excavado, como en los bordes de carretera.

### Soil is neither a unique entity nor it is homogeneous

There are many different types of soils, each one formed by successive horizontal layers or horizons that, brought together, make up their profile. Their great diversity of colours, structures and textures is visible in natural embankments or when the soil is dug up (e.g., along the roads).



# ¡Toca el suelo!

## Touch the soil!

La sensación que se produce al tocar el suelo depende de sus dos propiedades físicas más importantes: la textura y la estructura.

The sensation produced when you touch soil depends on its two most important physical properties: texture and structure.

Cada horizonte del suelo puede tener una textura y una estructura diferentes y ambas propiedades tienen un profundo efecto en su comportamiento en el medio ambiente, pues determinan su capacidad de retener agua y nutrientes.

Each soil horizon may have a different texture and structure but both properties have a profound effect on the behaviour of soil in the environment, since they determine its capacity for water retention and nutrient absorption.

### La textura, un cóctel de arena, limo y arcilla

La textura es la proporción en la que se encuentran distribuidas en el suelo partículas de tres rangos de tamaño: arena (las más grandes), limo y arcilla (las más pequeñas). De la proporción de unas y otras dependerá la aireación, la permeabilidad, la disponibilidad de agua y nutrientes o la facilidad con la que se puede trabajar ese suelo.



¿Sabías que cada año, millones de toneladas de polvo arenoso del Sáhara sobrevuelan el Océano Atlántico para fertilizar con sus nutrientes la selva del Amazonas?

**Texture: a cocktail of particles in three sizes: sand, silt, and clay**

Soil texture refers to the proportion in which soil particles are distributed in these three size ranges: sand particles are the biggest, followed by silt particles and, lastly, clay particles, the small ones. The proportion of particle sizes will affect the aeration, permeability, water and nutrient availability and how workable the soil is.

Did you know that each year millions of tons of dust from the Sahara sand fly over the Atlantic Ocean and fertilize with their nutrients the Amazon forest?

### La estructura, ¿cómo se disponen estas partículas?

La arcilla, la materia orgánica y algunos compuestos de calcio o hierro, a modo de pegamento, mantienen unidas las partículas del suelo formando distintas estructuras: granular, laminar, columnar, etc. Puede haber suelos sin estructura (foto superior) o con una estructura desarrollada y fuerte, con agregados bien formados (foto izda.). Una estructura estable previene la erosión y favorece el crecimiento de las raíces.

**Structure: how are the particles arranged?**

Clay, organic matter and some calcium and iron compounds keep soil particles together and make up different structures: granular, laminar, columnar, etc. We can find soils without structure (top picture) or with a strong one, with well formed aggregates (left picture). A stable structure prevents soil erosion and supports root growth.





# Leyendo el suelo

## Reading the soil

El perfil del suelo es como las páginas de un libro: un archivo de acontecimientos pasados.

The soil profile is as pages in a book: an archive for past events.

Erupción del volcán Laki (Islandia), 1783  
Eruption of the Laki volcano (Iceland), 1783



Desastre natural (fallecimiento del 25% de la población)  
Icelandic society disrupted (25% population died)

10 años de cambio climático  
10 year (global) climate change

Capas de ceniza del volcán Laki, 1783  
Ash layers Laki volcano, 1783

El invierno más frío en Estados Unidos, 1784  
Coldest winter ever in US, 1784

Hambruna en India y Egipto, 23.000 víctimas en el Reino Unido (nubes de azufre)  
Famines in India and Egypt  
23.000 victims in UK (sulphur clouds)

Capas de ceniza del volcán Hakla, 2.800 años antes del presente.  
Ash layers Hakla volcano, 2800 years BP

### El suelo como un libro de historia cultural y de paisaje

El suelo de Islandia que se muestra aquí se formó en un fondo de valle donde el agua y los restos vegetales se acumulan formando un suelo de turba.

Las capas de ceniza de color más claro intercaladas en la turba son testigos silenciosos del desastre humanitario que siguió a la dramática erupción del volcán Laki en 1783. El polvo que emitió a la atmósfera causó un descenso global de la temperatura, reduciendo la producción agrícola, especialmente en el norte de Europa. Se lamentaron las víctimas producidas por el hambre y por el efecto residual del azufre y el flúor que emitió a la atmósfera. En Francia, el hambre y la pobreza se agravaron por la escasez de las cosechas en 1785 y 1788 causada por el clima extremo.

La erupción del volcán Laki se considera un detonante de la Revolución Francesa.

Las capas de ceniza que se muestran aquí son como páginas en el libro del paisaje que es el suelo: un archivo de eventos pasados, en este caso con consecuencias dramáticas para la sociedad.

#### Soil as a book of the landscape and cultural history

The soil from Iceland shown here was formed in a valley bottom, where water and dead plants accumulate, forming a peat soil.

The lighter coloured ash layers, in between the peat, are silent witnesses of the humanitarian disaster that followed the dramatic eruption of the Laki volcano in 1783. The dust brought into the atmosphere caused a global lowering of temperatures, negatively affecting crop production, especially in Northern Europe. Deaths were mourned because of starvation and the effects of the fall-out: sulphur and fluoride brought into the atmosphere. In France, famine and poverty were aggravated by the crop failures in 1785 and 1788 caused by climate extremes.

The impact of the eruption of the Laki volcano is therefore thought to have been the spark for the French revolution.

The ash layers seen here are pages in the book of the landscape that is soil: an archive for past events, in this case with dramatic consequences for society.



# Humus, un tesoro natural

## Humus, a natural treasure

El humus es un abono orgánico que enriquece el suelo.

Humus is an organic fertilizer that enriches the soil.

### Pequeños "agricultores"

La fertilidad del suelo depende de los organismos vivos que habitan en él. Cuando disponen de materia orgánica muerta, se ponen a trabajar descomponiendo los residuos para producir el humus.

Las plantas, los animales y los microorganismos depositan sus residuos en el suelo y se van acumulando en los horizontes más superficiales. Pueden ser hojas, tallos, raíces, semillas, polen, excrementos y excretas, animales muertos y microorganismos, entre otros. Los microorganismos lo descomponen liberándose los nutrientes que contienen.

### Little "farmers"

Soil's fertility depends on the living organisms inhabiting it. When they have dead organic matter at their disposal, they start doing their job by breaking down the remains to ultimately produce humus.

Plants, animals, and microorganisms deposit their residues in the soil, accumulating organic matter in the upper soil horizons. These residues may be dead leaves, stems, roots, seeds, pollen, faeces and excreta, as well as dead animals and microorganisms, among others. Living microorganisms decompose all this material and release their nutrients.

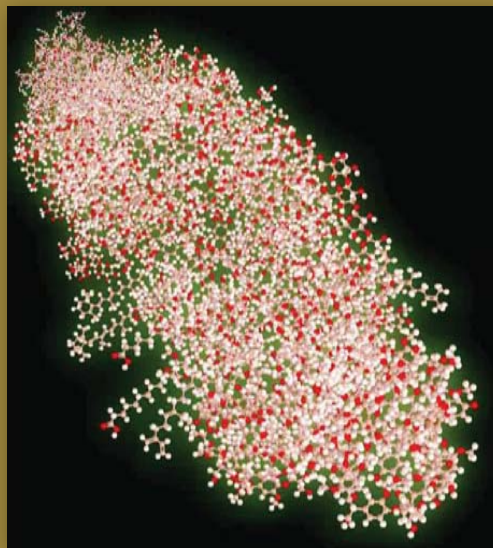


### ¿Cómo se produce?

El proceso es muy complejo y se llama humificación. En él se producen alteraciones bioquímicas en las que los restos orgánicos pierden su estructura celular y se convierten en un material de tamaño muy fino (coloidal), generalmente oscuro y que tiñe al suelo de tonos negros. Poco a poco, estos restos se descomponen y se fusionan totalmente con los minerales del suelo.

### How is it produced?

The whole process is very complex and it is called humification. It involves biochemical reactions in which organic residues lose their cellular structure and are broken down into a very small material (colloidal), which is usually dark and provides the soil with its black hue. Little by little, these remains progressively decompose and become totally merged with the mineral particles of the soil.



Estructura simulada de la porción de una macromolécula de ácido Húmico.  
Rosa: átomos de C (carbono)/Blanco: átomos de H (hidrógeno)/Rojo: átomos de O (oxígeno).

Simulated structure of a portion of a humic acid macromolecule.  
Pink: Carbon atoms/White: Hydrogen atoms/Red: Oxygen atoms.

### ¿Para qué sirve?

**NUTRIENTES** esenciales para las plantas (nitrógeno, fósforo o azufre).

**PEGAMENTO**, une las partículas del suelo en forma de agregados que reducen la erosión y aumentan la capacidad de retención de agua y nutrientes.

**AGRICULTURA**, es esencial, ya que de él depende la **FERTILIDAD** del suelo.

### What is it useful for?

Essential **NUTRIENTS** for plants (nitrogen, phosphorus and sulphur).

It also acts as the **GLUE** that binds soil particles together and creates aggregates which, in turn, reduce erosion and increase the capacity for water and nutrient retention.

Humus is fundamental for **AGRICULTURE**, since soil **FERTILITY** depends on it.

En condiciones naturales, el humus puede permanecer siglos en el suelo. Como está compuesto por sustancias muy heterogéneas llamadas sustancias húmicas, los microorganismos no pueden desarrollar una gama de enzimas suficiente para su descomposición completa y rápida. Sin embargo, las prácticas agrícolas intensivas pueden reducirlo mucho.

In natural conditions, humus may remain in the soil for centuries. Because it is composed by highly heterogeneous substances (humic substances), microorganisms cannot develop a sufficient array of enzymes to achieve its complete and rapid decomposition. However, intensive agricultural practices may greatly shorten humus life span.



# ¿Cómo se ordenan los suelos?

## How do we classify soils?

“Cuando el hombre pone la planta en el suelo, pisa siempre cien senderos”  
(Dorothy Lawholte)

Al igual que en Biología se ha tenido que recurrir a un sistema de clasificación para ordenar la gran cantidad de especies animales y vegetales que existen, en Edafología, la ciencia que estudia el suelo, se ha tenido que idear otro semejante para identificar todos los suelos que hay, agrupándolos según sus propiedades y usos posibles.

Similar to Biology, where a classification system to organize the large array of existing animals and plant species was required, in Pedology or Soil Science, it has also been necessary to come up a system to identify the large number of different soils and group them according to their properties and potential uses.

¿Puede haber tantos suelos diferentes como individuos hay en el planeta!

There may be as many soils as people on the planet!

### Geología+Topografía+Clima=Suelo

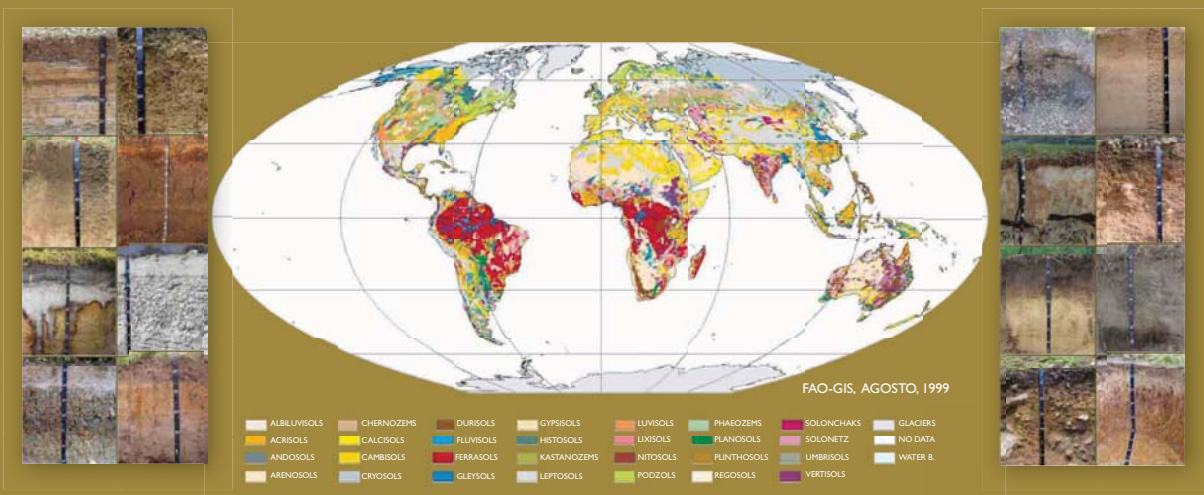
Como si se tratara de ingredientes en una receta, cuando en un lugar se combinan estos tres elementos se desarrolla un suelo determinado. En la Tierra existen muchas zonas ecológicamente diferentes, por lo que se desarrollan suelos con formas y funciones distintas. Los edafólogos los ordenan agrupándolos según sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Para ello, la clasificación de suelos no sólo tiene en cuenta el clima y otros factores formadores sino también características identificables de cada tipo de suelo, los llamados horizontes de diagnóstico.

### Geology+Topography+Climate=Soil

Just like the ingredients of a recipe, each specific soil develops out of a combination of this three elements. The Earth contains many areas that are ecologically different, which results in soils with different shapes and functions. Soil scientists classify them by grouping them according to their physical, chemical and biological properties. In order to do so, soil classification is not just based on climate and other soil forming factors, but also on identifiable characteristics of each soil type, such as diagnostic soil horizons.

## Principales suelos del mundo

Dominant soils of the world



## ¿Cómo se nombran los suelos?

Puede parecer algo complejo, pero cada uno describe por sí mismo el tipo de suelo que es. Por ejemplo, ANDOSOL deriva del término japonés “an” que significa *negro* y “do” que significa *suelo*, aludiendo así a su carácter de suelos negros formados a partir de cenizas volcánicas.

### How are soils named?

It might seem complex, but each one describes itself the kind of soil it is. For instance, ANDOSOL derives from the Japanese term “an”, which means *black*, an “do”, which means *soil*, referring to the black soil formed out of volcanic ashes.





# ¿Cómo se forma un suelo?

## How is soil created?

El suelo es el resultado de decenas de miles de años de interacción entre la **ROCA MADRE**, el **RELIEVE**, el **CLIMA** y los **ORGANISMOS**, todo ello a lo largo del **TIEMPO**.

Soil is the result of tens of thousands of years of interaction among the **BEDROCK**, **LANDSCAPE**, **CLIMATE** and **LIVING ORGANISMS**, over a period of **TIME**.

### Edafogénesis (formación del suelo)

La mayor parte de los suelos que podemos observar han aparecido durante el Holoceno, hace unos 11.000 años, ¿cómo se han formado? Si los seres vivos nos caracterizamos por nacer, crecer, reproducirnos y morir, entonces se podría decir que el suelo también está vivo:

**NACE**, a partir de la roca madre, cuando ésta se desintegra por la acción del clima y es colonizada por seres vivos.

**CRECE** cuando, con el tiempo, los minerales de la roca se transforman o incluso se disuelven, dándole al suelo diferentes colores; la actividad de los seres vivos lo mezcla y proporciona materia orgánica (humus) que lo oscurece; con todo esto crece en profundidad.

**SE MULTIPLICA** dando lugar a distintos horizontes e incluso a nuevos suelos, hasta que se forma el perfil.

**Y PUEDE MORIR**, por causas naturales (erosiones, inundaciones, etc.) o por una mala gestión por nuestra parte.

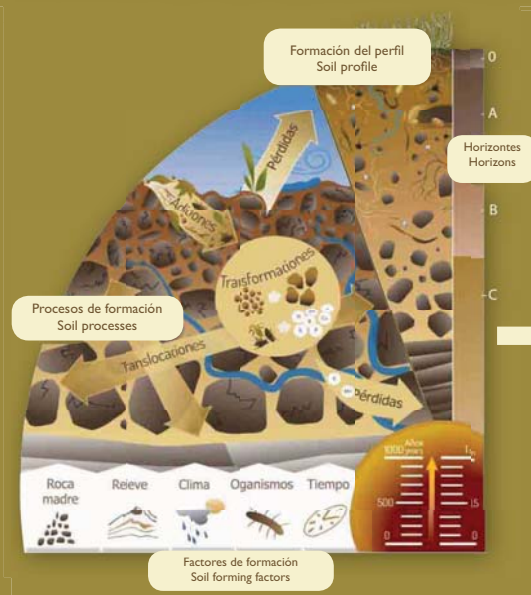
¿Sabías que un centímetro de suelo puede tardar hasta 1.000 años en formarse?



Did you know that it takes about 1000 years for one centimetre of soil to form?

### Pedogenesis (soil formation)

Most of currently visible soils appeared during the Holocene period, about 11000 years ago. But, how were they formed? If living organisms are characterized by being born, growing up, reproducing and dying, we could then say that the soil is also alive.



De la roca al suelo  
From rock to soil



Soils are **BORN** out of the bedrock when this is fragmented and weathered as a result of climate action and it is progressively colonized by living organisms.

Soils **GROW** over time when the minerals in the rock dissolve or transform, giving the soil its different colours. The activity of living organisms mixes it all up and produces organic matter (humus); the soil grows in depth.

Soils **MULTIPLY**, giving rise to different horizons until the characteristic soil profile is created.

And soils may **DIE** too, by natural causes (erosion, floods, etc.) or due to bad management on our part.

En la formación del suelo se producen cambios de composición y forma de algunos compuestos (transformaciones), cambios de posición (translocaciones) y enriquecimiento y eliminación de materiales (adiciones y pérdidas).

Soil forming processes are: changes in the composition and shape of some compounds (transformations), position changes (translocations) and enrichment and disposal of materials (additions and losses).



## ROCA MADRE

A partir de ella se desarrolla el suelo.

Puede ser material rocoso, sedimentos acumulados por la acción de los ríos, el viento o el hielo e, incluso, material orgánico en descomposición. Su composición química y mineral influye en el contenido mineral y en las características físicas y químicas del suelo.

Por ejemplo, si se forma a partir de roca de granito suele ser rico en cuarzo (que hereda de ese granito) y el suelo que resulta tiende a ser ácido. En cambio, el que crece sobre basaltos suele ser arcilloso y su pH tiende a ser neutro o alcalino. Esto es importante porque el pH influye en la facilidad con que los nutrientes son absorbidos por las raíces de las plantas.

Izda.: Andosol, se desarrolla sobre cenizas volcánicas.

Dcha.: Arenosol, se desarrolla sobre materiales arenosos como dunas.

## PARENT MATERIAL

Soils develop from the parent material.

This can be rocky ground, sediments accumulated due to the action of rivers, wind or glaciers, or it can even be decomposing organic material. Its chemical and mineralogical composition influences the mineral content and physical-chemical properties of the soil.

For example, those derived from granite are typically rich in quartz sand (inherited from the granite) and the resulting soil tends to be acidic. On the other hand, those soils derived from basalt are often clayey and their pH tends to be neutral or alkaline. This is important since pH influences the ability of plants to absorb nutrients through their roots.

Left: Andosol, developed from volcanic ashes.

Right: Arenosol, developed on sandy materials such as dunes.

Ah - Horizonte superficial con acumulación de materia orgánica / Topsoil with accumulation of organic matter.

AC - Horizonte de transición en A y C / Transition horizon between A and C.

Bw - Horizonte alterado / Altered horizon.

*Andosol*  
(del japonés *an*, negro, y *do*, suelo)

Son suelos que se desarrollan sobre materiales de eyección volcánica, sobre todo cenizas. Comunes en colinas y montañas, se encuentran en regiones húmedas y con una gran variedad de tipos de vegetación. Muestran perfiles del tipo AC o ABC. La rápida alteración de los materiales volcánicos porosos da lugar a que tengan complejos órgano-minerales estables. Aunque muchos se explotan de forma intensiva, limitan la disponibilidad de fósforo para las plantas, lo que hace que el cultivo no sea totalmente óptimo.

*Andosol*  
(from Japanese *an*, black, and *do*, soil)

Soils that develop over ejected volcanic materials, mainly ash. They are common in undulating to mountainous, humid regions with a wide range of vegetation types. They show AC or ABC profiles. Because of the rapid weathering of porous volcanic material, they accumulate stable organo-mineral complexes. Although many of them are intensively cultivated, they offer plants a low phosphorus availability, which makes them not totally ideal for agriculture.

*Arenosol*  
(del latín, *arena*)

Son suelos arenosos y muy permeables que se desarrollan sobre areniscas, desiertos o playas. Se encuentran en climas muy diferentes, en zonas con vegetación herbácea o en bosques claros. En climas húmedos pueden adquirir colores claros por la pérdida de humus, hierro o arcillas. En zonas tropicales húmedas, son suelos estériles y sensibles a la erosión, mientras que en zonas templadas y áridas en ocasiones se utilizan para la producción de pastos.

*Arenosol*  
(from Latin *arena*, sand)

Sandy, very permeable soils, developed from unconsolidated sandy materials, deserts and beach lands. They are found in regions with very different climates, in areas with herbaceous vegetation or open woodland. In humid climates they can show clear colours because of the leaching of humus, iron or clay. In humid tropical areas, they are sterile soils and highly sensitive to erosion. In temperate and arid regions, they are sometimes used for pasture.



### ORGANISMOS VIVOS: LA BIOTA

Todos los organismos vivos que habitan el suelo ejercen un papel trascendental en la formación del suelo. De ellos dependen los ciclos biogeoquímicos del carbono o del nitrógeno, aportan materia orgánica que posteriormente se transforma en el humus, aceleran la meteorización (fragmentación) de la roca madre e incrementan la porosidad y el movimiento del agua y el aire. Además, la cubierta vegetal protege al suelo de la erosión, interceptando las gotas de lluvia.

Organismos como las lombrices, las termitas o los roedores excavan y mezclan el suelo transportando materia orgánica en profundidad y generan canales en los cuales el aire, el agua y los solutos se mueven fácilmente. Algunos microorganismos como los hongos, los protozoos o las bacterias son capaces de procesar materia orgánica, aunque en función de la humedad y aireación del suelo.

Izda.: Technosol, sin biota, relacionado con la actividad humana.  
Dcha: Suelo de termitero, desarrollado por organismos (termitas).

### LIVING ORGANISMS: BIOTA

All living organisms inhabiting the soil play a fundamental role in its formation process. Both nitrogen and carbon biogeochemical cycles depend on the biota. Living organisms provide the organic matter that later transforms into humus, speed up weathering (fragmentation) of the parent material and increase porosity and air and water flow. Besides, the vegetation cover protects the soil against erosion by intercepting raindrops.

Organisms such as earthworms, termites or rodents dig in the soil and mix it up, carrying organic matter to deep areas and creating channels through which air, water and particles can move easily through the soil. Some microorganisms such as fungi, protozoa and bacteria are able to process organic matter although dependent on soil moisture and aeration.

Left: Technosol, without biota, characterized by their technical origin.  
Right: Termite soil, developed from organisms activity (termites).

- 1 - Pavimento / Pavement.
- 2 - Arena de construcción / Construction sand.
- 3 - Asentamientos y área industrial (residuos) 1850-1920/ Household and industrial refuse (dumped materials) 1850-1920.
- 4 - Suelo arenoso original / Original sandy soil.
- 5 - Lecho de materia orgánica y residuos / Leaching visible of organic matter and pollutants from dumped waste material.

### *Tecnosol*

Son suelos de origen tecnológico, donde pueden encontrarse muchos materiales asociados a la actividad humana. Se originan sobre residuos (rellenos industriales, lodos, residuos mineros o cenizas) o pavimentos, entre otros. También se incluyen en este grupo los generados a partir de otros suelos naturales que han sido transportados a diferentes localizaciones para usarse como relleno. Suelen aparecer en zonas urbanas e industriales y en ocasiones deben ser tratados con cuidado porque pueden contener sustancias tóxicas de origen industrial.

### *Technosol*

Soils of technological origin, in which many different materials associated to human activity can be found. They include soils from wastes (landfills, sludge, mine spoils or ashes) and pavements, among others. They also include soils created from other natural soils which have been moved to a new location to be used as filling. They are found mostly in urban and industrial areas, and sometimes have to be treated with care as they may contain toxic substances resulting from industrial processes.

### *Suelo de termitas*

La mayoría de las termitas utilizan el suelo, junto con saliva y excrementos, para construir sus termiteros. Pueden ser subterráneos, en superficie o asociados a matorrales y árboles. Los que están sobre el suelo se erosionan y reconstruyen continuamente, lo que hace que se vaya redistribuyendo el suelo sobre la superficie. El resultado es la modificación del perfil, de manera que los cambios en la textura, naturaleza y distribución de la materia orgánica parece ser más relevantes que en las propiedades químicas del suelo.

### *Termites soil*

Most termites use soil, together with saliva and faeces, to build their nests. Nests may be subterranean, superficial or connected to shrubs and trees. Nests above ground are continually being eroded and reconstructed, which redistributes soil over the surface and results in the modification of the profile. That is why the changes in soil texture and in the nature and distribution of organic matter appear to be more relevant than the changes in chemical soil properties.



## CLIMA

Es uno de los elementos más importantes en la formación de un suelo, de hecho la fragmentación de la roca madre se produce fundamentalmente por los cambios de temperatura. Además, ésta junto con la humedad, influyen en el tipo de vegetación y fauna y en la transformación y transporte de minerales y materia orgánica.

Por ejemplo, en un clima cálido y húmedo, como el de los trópicos, las lluvias suministran el agua necesaria para la actividad de los seres vivos que, además, aumenta con la temperatura; se favorece el lavado y arrastre de sales y nutrientes y la descomposición de la materia orgánica es rápida, por lo que estos suelos son poco fértiles.

Izda.: Acrisol, se desarrolla en climas tropicales húmedos y cálidos.

Dcha.: Chernozem, en climas continentales de inviernos fríos y veranos cálidos.

## CLIMATE

Climate is one of the most important soil forming factors. In fact, initial rock fragmentation is produced mainly through temperature changes which, together with moisture, affect the kind of plants and fauna and the transformation and transportation of minerals and organic matter.

For instance, in warm and humid climates such as that of the tropics, the rain provides enough water to support biotic activity which, besides, increases with temperature. This climate tends to favour salt and nutrient leaching (they are not very fertile soils) and organic matter decomposition is fast, making them not very fertile soils.

Left: Acrisol, developed in humid and warm tropical climates.

Right: Chernozem, developed in continental climate with cold winters and hot summers.

Ap – Horizonte superficial cultivado / Ploughed topsoil.

Ah – Horizonte superficial con acumulación de materia orgánica / Topsoil with accumulation of organic matter.

AE – Horizonte de transición en A y E / Transition horizon between A and E.

E – Horizonte eluvial, generalmente de color claro y con rasgos de pérdida de arcilla y óxidos de hierro y aluminio dejando altos contenidos en arena y limo / Eluviated, horizon that has been significantly leached of clay, iron, and aluminium oxides, which leaves a concentration of sand and silt sizes.

Bt – Horizonte subsuperficial de acumulación de arcillas silicatadas / Subsoil horizon with accumulation of silicate clays.

Ck – Horizonte mineral de acumulación de carbonatos como consecuencia de procesos edafogénéticos (lavado) / Accumulation of carbonates as a consequence of soil forming processes (leaching).

*Acrisol*  
(del latín *acris*, ácido)

Son suelos muy alterados y ácidos, que se caracterizan porque acumulan arcillas en profundidad. El horizonte A es somero, oscuro y con materia orgánica ácida y poco descompuesta. Se encuentran fundamentalmente en superficies antiguas con un relieve ondulado, en climas tropicales húmedos y cálidos. Son pobres en nutrientes, con contenido tóxico de aluminio y susceptibles a la erosión, por lo que su uso agrícola es limitado excepto en cultivos tolerantes a la acidez como la piña, el caucho o el aceite de palma.

*Acrisol*  
(from Latin *acris*, acid)

Strongly weathered acid soils characterized by the accumulation of clays in deep horizons. They show a shallow A-horizon with dark, raw and acidic organic matter. They are mostly found in old land surfaces with hilly or undulating topography, in tropical, wet and warm climates. Their deficiency of plant nutrients, toxic aluminum content and high susceptibility to erosion impose limitations on agricultural uses, except for acidity-tolerant crops such as pineapple, rubber or palm oil.

*Chernozem*  
(del ruso *chern*, negro y *zemlja*, tierra)

Son suelos con un horizonte superficial negro rico en materia orgánica, que se desarrollan a partir de sedimentos originados por el viento, en regiones con climas continentales de inviernos fríos y veranos cálidos. Son característicos de relieves llanos o suavemente ondulados con vegetación herbácea esteparia. Su elevada fertilidad natural y su topografía favorable hacen que sea un excelente suelo de cultivo y de pasto.

*Chernozem*  
(from Russian *chern*, black, and *zemlja*, earth, land, soil)

Soils with a black surface layer rich in organic matter, developed from wind sediments in regions with a continental climate with cold winters and hot summers. They are characteristic of flat or slightly undulating plains with tall-grass steppe vegetation. Their high natural fertility and favourable topography make them an excellent soil for a wide range of agricultural uses including arable cropping and cattle ranging.



## RELIEVE

Influye directamente en la forma en la que el agua penetra en el suelo, lo que está relacionado con la pérdida o acumulación de materiales orgánicos e inorgánicos.

En zonas planas, los suelos suelen ser más profundos y el agua tiende a penetrar verticalmente en el suelo mientras que en las pendientes el agua de lluvia puede circular ladera abajo, lo que produce erosión y los suelos son menos profundos. En cambio, los que se forman en los fondos de valle pueden acumular el material orgánico o inorgánico que se pierde en las laderas y recibir más agua, pues además de la lluvia natural, también les puede llegar el agua de escorrentía que provenga de los suelos de pendientes adyacentes. Estos suelos tienden a ser muy fértiles, aunque en ocasiones se encharcan.

Izda.: Leptosol, suelo típicos de zona de pendiente.

Dcha.: Fluvisol, suelo desarrollado sobre depósitos aluviales en zona llana.

## TOPOGRAPHY

Topography directly affects the water inflow into the soil which is subsequently related to the loss or accumulation of organic and inorganic materials.

Whilst flat land soils are usually deeper with water inflow that tends to be vertical, slope soils allow water to circulate overland downslope, which produces erosion and less deep soils. In contrast, valley soils may accumulate organic and inorganic material that flows downslope and receive more water, as they get both natural rainfall and the surface runoff water from soils in adjacent slopes. These valley soils tend to be very fertile although they get flooded occasionally.

Left: Leptosol, common in sloped areas.

Right: Fluvisol, soil developed on alluvial deposits typically on level topography.

Ah - Horizonte superficial con acumulación de materia orgánica / Topsoil with accumulation of organic matter.

Ck - Horizonte mineral de acumulación de carbonatos como consecuencia de procesos edafogénicos (lavado) / Accumulation of carbonates as a consequence of soil forming processes (leaching).



*Leptosol*  
(del griego *lepto*, delgado)

Son suelos jóvenes y delgados que se desarrollan sobre roca dura o material calcáreo. Son típicos de zonas erosionadas y se encuentran en regiones montañosas y en todo tipo de climas. Tienen un horizonte A poco profundo que en ocasiones muestra signos de alta actividad biológica. Son poco atractivos para el cultivo, la producción forestal o el pastizal.

*Leptosol*  
(from Greek *leptos*, thin)

Young, shallow soils that develop over hard rock or highly calcareous material. Leptosols are found in all climatic zones, but are typical of highly eroded areas and mountain regions. They show a thin A-horizon, sometimes showing signs of intensive biological activity. They are unattractive for arable cropping, tree crop production or extensive grazing.

*Fluvisol*  
(del latín *fluvius*, río)

Son suelos jóvenes que se desarrollan sobre sedimentos procedentes de ríos, lagos o mares. Se encuentran en áreas que se inundan periódicamente, y aparecen en todos los continentes y climas. No tienen horizonte B. Suelen utilizarse para cultivos, huertas y pastos. Suelen requerir un control de las inundaciones, drenajes artificiales y regadío.

*Fluvisol*  
(from Latin *fluvius*, river)

Young soils that develop over sediments from rivers, lakes or seas. They are found in areas with periodic flooding, in all continents and climates. They lack the B-horizon and are generally used for arable crops, orchards and pastures. They usually require flooding control and artificial drainage and irrigation systems.



## TIEMPO

Cada uno de los factores anteriores ejerce su influencia en la formación del suelo a lo largo del tiempo; la acción de la roca madre cada vez va siendo menos significativa en su desarrollo, mientras que el clima u otros factores influyen más en sus características y propiedades.

En un suelo maduro los horizontes están desarrollados y bien diferenciados. Este estado puede necesitar siglos para ser alcanzado dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura.

Aunque después de cientos de años o incluso de milenios, la formación del suelo puede alcanzar un estado de equilibrio con el medio ambiente, también puede sufrir procesos de degradación como la pérdida de nutrientes; el suelo se vuelve infértil.

Izda.: Cambisol, suelo joven de estructura poco desarrollada.  
Dcha.: Ferralsol, suelo muy alterado y evolucionado.

## TIME

All of the above factors exert their influence on the development of the soil over time. The effect of the parent material is progressively less significant, while climate or other factors have a stronger influence on soil properties and characteristics.

In a mature soil, horizons are well-developed and differentiated. Reaching this condition may take centuries, depending on moisture and temperature conditions.

Although after centuries, or even millennia, soil formation may reach an equilibrium with the environment, it can also suffer from degradation processes, such as nutrient loss, and become infertile.

Left: Cambisol, young soil with poorly developed structure.  
Right: Ferralsol, highly weathered and developed soil.

Ah - Horizonte superficial con acumulación de materia orgánica / Topsoil with accumulation of organic matter.

AB - Horizonte de transición / Transition horizon.

BA - Horizonte de transición / Transition horizon.

Bo - Horizonte subsuperficial de acumulación de óxidos e hidróxidos de Fe y Al / Residual accumulation of Fe and Al oxides and hydroxides.

### *Cambisol*

(del latín *cambiare*, cambiar)

Son suelos jóvenes, de estructura poco desarrollada y en los que se empiezan a diferenciar los horizontes (ABC) y los cambios de color. Se caracteriza porque la roca madre apenas ha sufrido alteraciones. Apenas contienen arcilla iluviada (procedente de la acumulación de material de un horizonte a otro), materia orgánica ni compuestos de hierro y aluminio. Aparecen en todos los climas y tipos de vegetación y su uso agrícola es variado aunque con limitaciones debido a su poca profundidad, pedregosidad y bajo contenido en bases.

### *Cambisol*

(from Latin *cambiare*, to change)

Young soils with a poorly developed structure, in which different horizons and colour changes begin to show. They have an ABC profile that is characterized by slight weathering of parent material, which has barely suffered any alterations. They contain barely any illuviated clay (derived from the accumulation of material from one horizon to another), organic matter or aluminum and iron compounds. They are found in all climates and vegetation types and are used for diverse agricultural purposes, although with limitations due to their lack of depth, stoniness and low base content.

### *Ferralsol*

(del latín *ferrum*, hierro y *aluminium*, aluminio)

Son suelos muy alterados, de color rojo o amarillo, con límites difusos entre sus horizontes. Su perfil presenta los horizontes ABC y se caracteriza por tener un pH ácido y un contenido abundante de arcilla. Son característicos de los trópicos húmedos y se encuentran en zonas llanas o suavemente onduladas del Pleistoceno (2,59 Ma - 10.000 años a.C.) o más antiguas. Aunque sus propiedades físicas son propicias, son poco productivos, por lo que para un uso agrícola estable y sostenible hay que fertilizarlos y encalarlos.

### *Ferralsol*

(from Latin *ferrum*, iron and *aluminium*, alum)

Deeply weathered red or yellow soils with diffuse horizon boundaries. They show a classical ABC profile development and have an acid pH and a high content of clay. These soils are characteristic of the humid tropics and can be found on flat, or slightly undulating areas dating back to the Pleistocene (2,59 Ma - 10.000 BC) or earlier. Although they have good physical properties, they show low natural fertility and require fertilization and liming in order to use them for sustainable sedentary agriculture.



# ISRIC

International Soil Reference and Information Centre  
(ISRIC – World Soil Information)

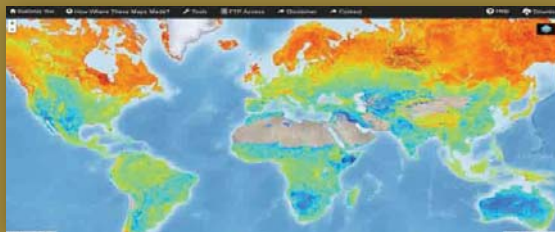
ISRIC es una fundación científica independiente creada en 1966 por recomendación de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (ISSS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Aporta información sobre recursos edáficos mundiales a la comunidad internacional y mantiene el Museo Mundial del Suelo. Participa y da apoyo a la Alianza Mundial por el Suelo liderada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) además de colaborar con diferentes instituciones en tres áreas prioritarias:



- Cartografía de suelos y recopilación de datos de suelos de diferentes países bajo la premisa de hacerlos totalmente accesibles.

- Investigación aplicada en estudios sobre la degradación del suelo, seguridad alimentaria, uso eficiente del agua y el cambio climático.

- Programas de formación y educación en ciencias del suelo a investigadores, agricultores, ingenieros agrónomos y estudiantes a través del Museo Mundial del Suelo.



En 2014, ISRIC lanzó un sistema novedoso para la edición de mapas actualizables de propiedades y clases de suelo a escala mundial (SoilGrids 1km) para dar soporte a estudios de sostenibilidad ambiental mundial.

ISRIC is an independent, science-based foundation. It was founded in 1966 following a recommendation of the International Soil Science Society (ISSS) and United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). It has a mandate to serve the international community with information about the world's soil resources and it hosts the World Soil Museum. ISRIC participates in the implementation of the Global Soil Partnership (GSP) led by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

In collaboration, ISRIC operates in three priority areas:

- Soil data and mapping under the premise of total information availability.
- Applied research on global development issues, such as: combatting land degradation, food security, efficient water use, and climate change mitigation.
- Education through the World Soil Museum and training programs in soil science to researchers, farmers, agronomy engineers, and students.

In 2014, ISRIC released a new system for producing updatable soil property and class maps for the entire world (SoilGrids 1km) in support of studies of global environmental sustainability.





# Un poco de historia...

## A bit of History...



Aunque la humanidad ha utilizado el suelo durante milenios, su estudio científico emergió en el siglo XIX.  
Although humanity has used the soil for some millennia, the study of soil itself emerged as a science in the 19th century.

En la Biblia hebrea, el primer humano se llamó Adam, procedente de *adama* ('suelos') y su pareja *Hava* o *Eva* ('vida' o 'madre de vida'). Por lo tanto, Adán y Eva significa 'suelo y vida'. Algo similar ocurre con el nombre latín *Homo* que comparte raíz con 'humus', materia orgánica del suelo.

In the Hebrew Bible, the first human was named Adam, derived from *adama*, meaning 'soils'. The name of his partner was *Hava* (or 'Eve'), meaning 'living' or 'mother of life'. Thus, Adam and Eve signify 'soil and life'. A similar metaphor is found in the Latin name for the human species *Homo*, derived from 'humus', the organic matter of the soil.

### Siglo XX/20th century:

- Edición del primer mapa de suelos del mundo (Glinka, 1908).
- Edición de las clasificaciones mundiales del suelo (World Reference Base (FAO, 1998) y Soil Taxonomy (Soil Survey Staff-USDA, 1999), conferencias internacionales, traducción y difusión de conceptos edáficos de origen ruso.

- First map of soils of the world (Glinka, 1908).
- Dissemination and further development of the Russian soil science theories through translation and increased international exchange. Development of global soil classification systems, such as the USDA Soil Taxonomy (1975 onwards) and the FAO-IUSS World Reference Base (1998 - onwards).

### Siglo XIX/19th century:

- Introducción del término 'pedología' (Fallou).
- Utilización de la palabra 'suelo' para hacer referencia a "horizontes de roca que... cambian bajo la influencia conjunta del agua, el aire, y varias formas de organismos vivos o muertos" (Dokuchaev).
- Pedología como disciplina científica: el suelo como "un cuerpo independiente natural e histórico cuya formación está gobernada por los cinco factores formadores" (Dokuchaev, Glinka). Estos principios genéticos de formación del suelo fueron ampliados por Marbut y, más tarde, por Jenny en EE. UU.
- Aparecieron por primera vez conceptos e ideas como las de horizontes del suelo, la relación suelo y paisaje, zonalidad y los factores formadores.

- Introduction of the term 'pedology' (Fallou)
- The word 'soil' as a scientific term to refer to "horizons of rock which...change under the joint influence of water, air, and various forms of organisms living and dead" (Dokuchaev).
- Pedology as a scientific discipline: the soil as "an independent natural-historical body" whose formation was governed by the five forming factors" (Dokuchaev, Glinka). These soil genesis principles were broadened by Marbut and, later, by Jenny in the USA.
- Appearance of ecological concepts and ideas such as soil horizons, soil and landscape relationship, zonality, and soil forming factors.

### Siglo XVIII/18th century:

- Nacimiento de una visión moderna de la fertilidad del suelo y de la química aplicada a la agronomía (Wallerius).
- El papel del humus en la nutrición de las plantas (Komov, Thaer).

- Development of a modern view on soils fertility and applied chemistry to agronomy (Wallerius) .
- The role of humus in the nutrition of plants (Komov, Thaer).

### Siglo XVI-XVII (Renacimiento)/16th-17th century (Renaissance):

- Primeros tratados de agricultura (Alberto Magno).
- Estudio de la formación del suelo bajo el impacto de la vegetación (Leonardo da Vinci).

- First agronomic treatises were written (Albert the Great).
- Study of soil formation under the impact of vegetation (Leonardo da Vinci).

### Siglo IV a.C./4th century BC:

- Primeros intentos para reunir información sobre suelos (Teofrasto, Plinio) y para su clasificación (Columela).

- First attempts to collect soils' information (Theophrastus, Pliny) and their classification (Columella).





# Walter Kubiëna

## (1897-1970)

“En la fábrica microscópica somos capaces de leer la historia de un suelo... pero también de conocer los detalles de su comportamiento en el futuro”

“In the microscopic fabric we are able to read the history of a soil... but also to know the details of its future behavior”

(Walter Kubiëna)

En 1938 publicó su libro *Micropedology*, considerado el inicio de la Micromorfología del Suelo (estudio microscópico del mismo) y él, el padre de esta disciplina. Las ideas publicadas aún tienen influencia en la Ciencia del Suelo actual.

In 1938, he published his book “Micropedology”, considered the beginning of Micropedology (microscopic study of the soil) and Kubiëna himself as the father of this discipline. The ideas published in this book still influence Soil Science nowadays.

### Formación académica

Nació en Moravia (República Checa) en 1897. Estudió agricultura, geología, bacteriología y micología en Viena, donde en 1927 obtuvo el título de Doctor y posteriormente microbiología del suelo en Canadá. En 1937 fue profesor en Iowa (EE. UU.) y un año más tarde publicaba sus clases en su libro *Micropedology*. Trabajó como profesor en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas desde 1950 a 1955 y publicó su famoso libro *Soils of Europe* sobre la clasificación del suelo.

#### Background

He was born in Moravia (Czech Republic) in 1897. He studied agriculture, geology, bacteriology, and mycology in Vienna, where in 1927 obtained his doctor's degree. Afterwards, he studied soil microbiology in Canada and, in 1937, he lectured in Iowa (USA). One year later, he published his lectures in his book *Micropedology*. He worked as Guest Professor at the Consejo Superior de Investigaciones Científicas from 1950 to 1955 and published his famous book *Soils of Europe* on soil classification.

### La Ciencia sin fronteras

Desde su doctorado y durante toda su carrera, Kubiëna disfrutó de la máxima movilidad científica. Trabajó en múltiples instituciones académicas en España, Alemania, Francia y EE. UU. Además viajó incansablemente por todo el mundo estudiando la micromorfología y microfauna del suelo, lo que le permitió evolucionar en sus propias teorías.

#### Science without borders

Since he was awarded his doctorate and throughout his whole career, Kubiëna enjoyed maximum scientific mobility. He worked in multiple academic institutions in Spain, Germany, France and USA. He also travelled restlessly around the world studying soil micromorphology and microfauna, which allowed him to develop his own theories.

### Teoría y técnica, de la mano

No sólo se limitó a pensar, también actuó. Revolucionó el concepto de suelo de principios del siglo XX, estudiándolo como una entidad compleja y organizada y no como una serie de componentes aislados. Y para ello desarrolló la técnica de observación microscópica del suelo, que continúa utilizándose en la actualidad y que revela la estructura interna y organización del suelo y los procesos que ocurren.

#### Theory and technique, hand in hand

He didn't just think, he also acted. He revolutionized the concept of soil that existed at the beginning of the 20th century, as he studied it as an organized complex entity, rather than as a collection of isolated components. For this purpose, he developed the technique of microscopic observation of the soil, which is still used nowadays. This technique reveals the internal structure and organization of the soil and helps to understand soil processes.

### La fábrica del suelo

Fue el primero en introducir este concepto. El suelo estaría formado por 'el esqueleto de la fábrica', minerales y organismos estáticos que no se descomponen o lo hacen muy lentamente, y 'el plasma', dinámico y con cambios continuos de composición y forma.

#### The fabric of soil

He was the first to introduce this concept. The soil was made up of the “skeleton of the fabric”, which consisted of static minerals and organisms that are either not decomposable or decompose very slowly, and the “plasma”, which is more dynamic and undergoes continuous changes in both composition and shape.

### Voluntad y perseverancia

Fue un científico brillante que dedicó su vida a la búsqueda de principios que explicaran el suelo en el espacio y el tiempo. Para ello contó con un entusiasmo casi ilimitado que transmitía a todos sus colaboradores. Dio un gran impulso al estudio de la génesis del suelo, a la micromorfometría y a la aplicación de la micromorfología del suelo en diversas disciplinas de las Ciencias de la Tierra.

#### Willpower and persistence

He was a brilliant scientist, who dedicated his life to the search for principles that explained soils within space and time. He had an almost unlimited enthusiasm for his work, which he transmitted to all his collaborators. He gave a considerable impulse to the study of soil-forming processes, soil micromorphometry and the application of soil micromorphology to related Earth Sciences.



# ¿Para qué sirve el suelo?

## What does the soil do?

El suelo, como resultado de su propia naturaleza, ejerce una gran cantidad de funciones beneficiosas en los ecosistemas que muchas veces pasan desapercibidas.

The soil, as a result of its own nature, performs a large quantity of functions that are beneficial to ecosystems and that often go unnoticed.

### ¿Por qué es importante el suelo?

El suelo es el soporte de la vida.

SOSTIENE la vida de las plantas, aportando el agua y los nutrientes que necesitan; es un **FILTRO** medioambiental; **REGULA** el flujo de agua superficial y subterránea; es un gran **ALMACÉN** de carbono, por lo que mitiga el cambio climático; **COBIJA** a millones de seres vivos; es nuestra principal fuente de **ALIMENTO** y nuestro principal **PROVEEDOR** de materias primas.

Sus múltiples funciones se pueden resumir en estas 6 principales:

Hábitat para los organismos del suelo  
Ciclo de nutrientes, filtro y amortiguador  
Medio para el crecimiento de las plantas

Regulación del clima, el agua y almacenamiento de carbono  
Medio para la ingeniería  
Patrimonio físico y cultural

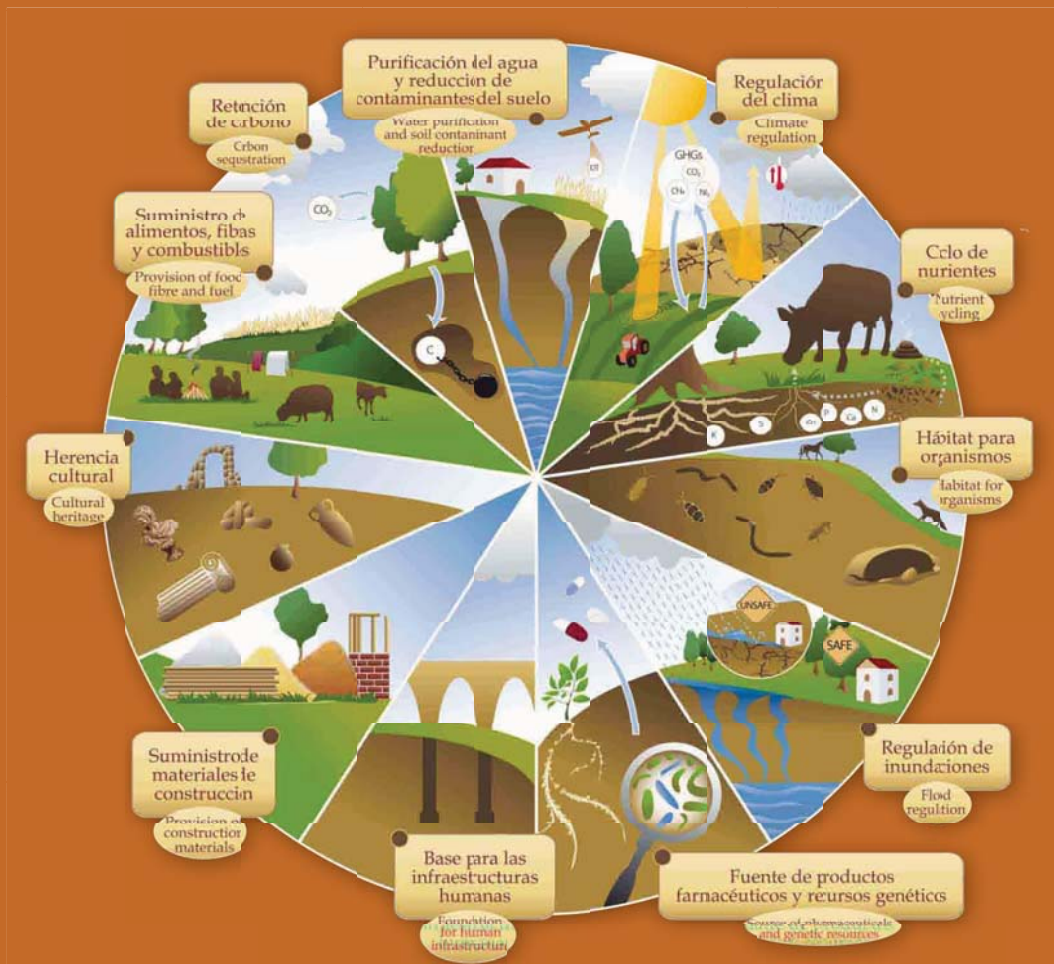
### Why is soil so important?

Soil is the basis of life. It **SUSTAINS** the life of plants, providing the water and nutrients they need in order to live; it acts as a great environmental **FILTER**; **REGULATES** the flow of surface and underground water; it is a great **STOREHOUSE** for carbon, thus reducing climate change; it provides a **HOME** to millions of living beings; it is our main source of **FOOD** and our main **SUPPLIER** of raw materials.

Its multiple functions can be summarised in these main 6:

Habitat for soil organisms  
Nutrient cycle, filter and buffer  
Medium for plant growth

Water and climate regulations and carbon storage  
Engineering medium  
Physical and cultural heritage







# Hábitat para la biodiversidad

## Habitat for biodiversity

Una cuarta parte de las especies del planeta viven en el suelo, incluyendo representantes de todos los reinos de la vida.

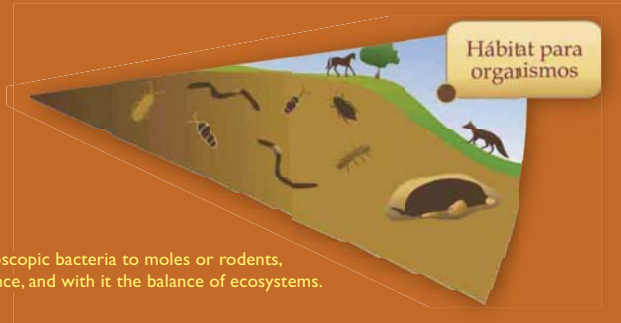
A quarter of the world's species live in soil, including representatives from all kinds of life.

### El suelo está vivo

Su fuerza procede de la biodiversidad que existe en él. Desde microscópicas bacterias hasta topos o roedores, el trabajo coordinado de multitud de organismos posibilita su funcionamiento y, por tanto, el equilibrio de los ecosistemas.

#### The soil is alive

Its strength comes largely from the existing biodiversity in it. From microscopic bacteria to moles or rodents, the coordinated work of a multitude of organisms enables soil maintenance, and with it the balance of ecosystems.



### Coge una cucharada de suelo de tu jardín...

En ella puede haber miles de especies, millones de organismos y cientos de metros de redes fúngicas (hongos). Aunque no los vemos, existen más organismos bajo nuestros pies que por encima del suelo, y no debemos olvidar que existen otros que viven en estrecha relación con él, como los que habitan las piedras o forman costras en su superficie.

#### Take a spoonful of your garden soil...

It may contain thousands of species, millions of individuals and hundreds of meters of fungal networks. Although we can not see them, there are more organisms under the soil surface than above it. In addition to the organisms living in the soil we must not forget that there are others who live in close relationship with it, for example those who inhabit the rocks or form crusts on the surface.





# Sostén de la vegetación

## Medium for plant growth

El suelo es el medio en el que crecen casi todas las plantas que vemos a nuestro alrededor: bosques, jardines, campos de cultivo, pastos, etc.

The soil is the medium where most plants we see around us grow: forests, gardens, fields, pastures, etc.

### Soporte físico para las plantas

Sus raíces están ancladas en el suelo, que les sirve de soporte para poder crecer y prosperar. A su vez las raíces ayudan a estabilizarlo y protegerlo.

#### Physical support for plants

Plant roots are anchored in the soil, which acts as the foundation that enables them to grow and prosper. In turn, the roots help stabilize and protect the soil.



### Proporciona nutrientes, agua y oxígeno

Las plantas los absorben a través de sus raíces y son esenciales para su crecimiento.

Soil provides nutrients, water and oxygen

Plants absorbed them through their roots and they are essential for their growing.

## El suelo es esencial para obtener:

Soil is essential to obtain:

#### MADERA

La utilizamos como combustible y material de construcción.

#### WOOD

Used as fuel and building material.



#### ALIMENTO

Un 95% de nuestros alimentos proceden del suelo.

#### FOOD

95% of our food is produced in our soils.



Stella Caraman para: [www.4mat.es](http://www.4mat.es)

#### FIBRA

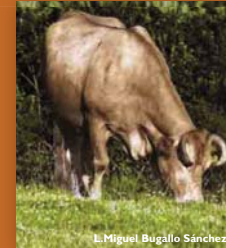
Con ella elaboramos la ropa con la que nos vestimos, como el algodón.

#### FIBER

To make clothes, like cotton.



David Nance



#### FORRAJE

Proporciona alimento para el ganado.

#### FODDER

Soil provides food for cattle.



# Ciclo de nutrientes y filtro

## Cicle of nutrients and filter

El suelo mantiene los ciclos de nutrientes, actúa como filtro medioambiental y neutraliza sustancias perjudiciales.

Soil regulates the cycles of nutrients, acts as an environmental filter and neutralize harmful substances.

### Despensa de la naturaleza

Transforma los nutrientes esenciales para los seres vivos haciéndolos disponibles para las plantas y los microorganismos. Libera una parte de ellos a la atmósfera o al agua de ríos, lagos o mares y otra parte la almacena para que puedan ser utilizados más tarde.



#### Nature's storehouse

Soils transform nutrients that are essential for living beings making them accessible to plants and microbes. Part of them are released into the atmosphere or into the water of rivers, lakes or seas and other part is stored, so they can be used at a later stage.



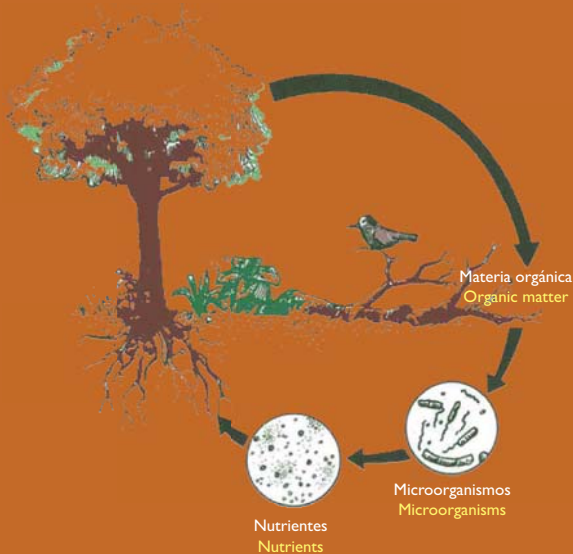
### Filtro de contaminantes

Los minerales y los microorganismos capturan compuestos orgánicos e inorgánicos potencialmente peligrosos. De esta manera el suelo es capaz de neutralizar sustancias tóxicas del aire y del agua, que son degradadas por esos microorganismos y/o almacenadas en regiones seguras, evitando que contaminen otras zonas.



#### Filter for pollutants

Minerals and microbes in the soil are responsible for filtering potentially dangerous organic and inorganic materials. For that soils are able to absorb contaminants from both water and air. Some of these compounds can be degraded by microorganisms and stored in safe regions of the soil, thus preventing contamination of other areas.



### Reutiliza los residuos orgánicos

Reutiliza los desechos de plantas, animales y microorganismos (heces, hojarasca, mudas...) y los restos de estos seres vivos tras su muerte. Los invertebrados, bacterias y hongos los transforman en minerales que pueden ser utilizados de nuevo por otras plantas, animales y microorganismos.



#### Reuse the organic waste

Soils reuse waste produced by plants, animals and microorganisms (e.g. faeces, litter, molting waste...), as well as the remains of these organisms after their death. Soil organisms (e.g., invertebrates, bacteria and fungi) transform this waste and remains into simpler mineral forms, which can be used again by other living plants, animals, and microorganisms.

¡El suelo favorece la existencia de agua en buenas condiciones para que sea utilizada por los seres vivos!



Soils enable the existence of good quality water, which can be used by human beings and other living creatures!



# Carbono, agua y clima

## Carbon, water and climate

El suelo contribuye a mitigar el cambio climático y nos protege de las inundaciones.

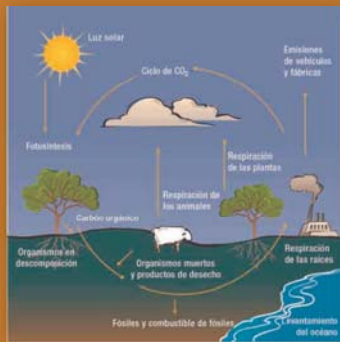
Soil contributes to mitigate the climate change and protects us from flooding.

### Almacena cantidades enormes de carbono

El carbono (C) es el elemento estructural principal de todos los seres vivos y el suelo es el mayor almacén terrestre del planeta.

*Soils store huge amounts of carbon*

Carbon is the main structural element in all living beings and the soil is the biggest terrestrial carbon storehouse on Earth.



¡El peso de todo el C que contienen los suelos es equivalente a más de 35 veces el peso de todos los seres humanos del planeta!

*The weight of all carbon contained in the soil is equivalent to more than 35 times the weight of all human beings on Earth!*



¡El suelo almacena 25.000.000.000 de toneladas de carbono! Contiene más del triple del que puede haber en la atmósfera y el cuádruple del de toda la vegetación del planeta.

The soil stores 25 000 000 000 of tons of carbon! It contains more than three times the amount we find in the atmosphere and four times the amount in all the vegetation on the planet.

### Regula el ciclo del agua

Un suelo sano (izda.) retiene parte del agua de lluvia -un m<sup>3</sup> almacena hasta 200 l-, reduciendo el riesgo de inundaciones y crecidas. También alimenta nuestros acuíferos y garantiza el aporte de agua a plantas, animales y microorganismos. En las ciudades (dcha.), la pérdida de este suelo óptimo impide correcto almacenamiento de agua.

*Soil is a water regulator*

Healthy soils (left) absorb most of the rainwater -one m<sup>3</sup> can store up to 200 liters of water- which contributes to reducing the risk of flooding and water discharges, thus feeding our aquifers and ensuring the supply of water to plants, animals and microorganisms. In the cities (right) the loss of this healthy soil prevents the correct water storage.



Stella Caraman para: [www.vegetacion.org](http://www.vegetacion.org)

### Regula el clima

El carbono forma parte del CO<sub>2</sub>, uno de los gases responsables del cambio climático. Este elemento llega al suelo fundamentalmente mediante de la descomposición de plantas y animales. Aunque una parte se libera a la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub> (respiración del suelo), otra queda secuestrada en forma de materia orgánica, mitigando así el efecto invernadero.

*El suelo acumula calor durante el día y lo libera durante la noche haciendo, por ejemplo, que las noches de invierno sean más cálidas.*

*The soil stores heat during the day and releases it during the night making winter nights warmer.*

*Soil is a climate regulator*

Carbon, from CO<sub>2</sub>, one of the gases responsible of climate change, reaches soils through plant and animal decomposition. Although some carbon is released into the atmosphere (soil respiration), some is stored in organic matter, thus reducing climate change.



¡OJO! El aumento de temperatura debido al cambio climático está provocando la liberación del carbono almacenado en suelo, acelerando el calentamiento global.

ATTENTION! The current increase in temperature favors the release of soil carbon into the atmosphere, therefore speeding up the global warming process.



# Ingeniería y conservación

## Engineering and conservation

El suelo no sólo es un elemento de soporte, también aporta materias primas y conserva restos arqueológicos y paleontológicos.

The soil is not only a support, it also provides raw materials and preserves archaeological and paleontological remains

### Fuente de materias primas y base de infraestructuras

El suelo es una fuente fundamental de materias primas como arcillas, gravas, minerales y fuentes de energía como la turba. Con estos elementos se pueden construir ladrillos, cerámicas, recubrimientos, etc.

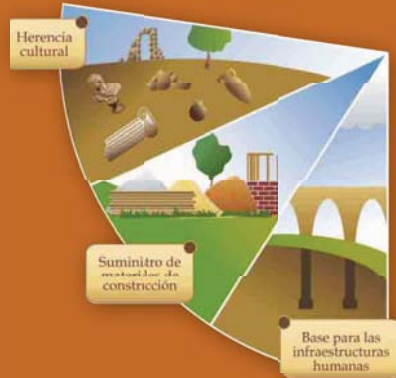
También es la base sobre la que se construyen infraestructuras de todo tipo: carreteras, edificios, vías del tren, jardines o incluso los vertederos que reciben nuestros residuos. Antes de llevar a cabo cualquier obra de ingeniería es imprescindible realizar un estudio de suelos para conocer sus características físicas y mecánicas y el tipo de cementación adecuada de la obra que se va a construir.



### Source of raw materials and basis for infrastructure

The soil is a vital source of raw materials such as clay, gravel, minerals, as well as energy sources such as peat. With these materials we can build bricks, ceramics, coatings, etc.

It is also the foundation on which all kinds of infrastructures are built: roads, buildings, railroad tracks, gardens or even waste dumps. Before any engineering work a survey of the physical and mechanical characteristics of the soil is essential for grounding of what is going to be built.



Did you know that the tilt of the Tower of Pisa is due to the sandy and unstable soil over which they laid down its foundation?



¿Sabías que la inclinación de la Torre de Pisa se debe al suelo arenoso e inestable sobre el que se asentaron sus cimientos?

### Conservación del patrimonio físico y cultural



A menudo el suelo lleva la impronta de los humanos, las plantas y los animales del pasado. Es un medio histórico que preserva restos arqueológicos y paleontológicos cuyo estudio nos ayuda a conocer aspectos fundamentales de la biología y de las sociedades antiguas.

Sin embargo, no todos los suelos preservan igual este patrimonio. Mientras que en los húmedos y pocos aireados se conservan mejor los restos humanos y animales, en los suelos bien aireados la materia orgánica se descompone más rápidamente (se conserva peor) y, sin embargo, los objetos metálicos se preservan mejor.

### Conservation of physical and cultural heritage

The soil often carries the imprint of human, plant and animal occupation throughout time. It is a means to preserve archaeological and paleontological remains through history, allowing us to study them, which helps us to find out about fundamental aspects of biology and ancient societies.

However, not all soils preserve this heritage in the same way. While wet and poorly-aerated soils are good at preserving the remains of humans and animals, well-aerated soils cause organic matter to decompose more quickly (worse conservation) and are better for preserving metal objects.



# El suelo está lleno de vida

The soil is full of life

"Y sin embargo, se mueve..."  
(Atribuida a Galileo Galilei)

"And yet it moves ..."  
(Attributed to Galileo Galilei)

## El suelo, un ecosistema en continua transformación

The soil, an ecosystem that is constantly changing

Los organismos del suelo hacen que éste sea un sistema en continua transformación que facilita la vida de las plantas, los animales y los seres humanos que habitan sobre él. Diferentes organismos desempeñan distintas funciones:

Organisms in the soil make it a continuous processing system that facilitates the life of plants, animals and humans that live on it. Different organisms have different functions:



**ORGANISMOS PIONEROS**, capaces de colonizar nuevos suelos, elaborando su propia materia orgánica (fotosíntesis) o captando de la atmósfera nutrientes minoritarios pero fundamentales para la vida, como el nitrógeno.

**PIONEERS**: they are able to colonize new soils, developing their own organic matter (photosynthesis) or capturing minor nutrients that are essential to life, such as nitrogen, from the atmosphere.



**ORGANISMOS REGULADORES**, que controlan la abundancia y la actividad de los otros organismos.

**REGULATORS**: they control the abundance and activity of other organisms.



**ORGANISMOS RECICLADORES**, encargados de procesar los residuos orgánicos (hojarasca y restos animales y vegetales) transformándolos en nutrientes más sencillos.

**RECYCLERS**: they are responsible for processing organic waste (dead leaves and animal and plant remains), transforming them into simpler nutrients.



**ORGANISMOS ARQUITECTOS**, que participan en el diseño de la estructura del suelo favoreciendo procesos de agregación, generando redes de poros y túneles o transportando partículas.

**ARCHITECTS**: they participate in designing the structure of the soil, supporting aggregation processes, generating networks of pores and tunnels and transporting particles.

¿Sabías que en una superficie del tamaño de un campo de fútbol, los organismos del suelo producen cada año una cantidad de materia orgánica equivalente al peso de 25 coches?

Did you know that within an area the size of a football pitch, each year soil organisms produce organic matter equivalent to the weight of 25 cars?



CIANOBACTERIAS  
(MICROORGANISMOS  
FOTOSINTETICOS)



HICORIZAS  
(MICROORGANISMOS  
SAPROFITAS)



RESTOS DE PLANTAS  
Y ANIMALES



BACTERIAS  
Y ARQUEAS



HONGOS  
SAPROFITAS



NEMATODOS  
(COMEDORES  
DE RAICES)



TARDIGRADOS



PROTOZOOOS



COLEMBOLOS



NEMATODOS  
(COMEDORES DE  
MICROORGANISMOS)



ACAROS



TARDIGRADOS



INCHOS BOLA



LOMBRON DE TIERRA



ALMAYADOS  
PREDADORES



ESCABAJAIS



CRAMPES



FORMIGAS



ARANAS



AVES



MAMIFEROS



PRODUCTORES  
PRIMARIOS



CONSUMIDORES  
PRIMARIOS



CONSUMIDORES  
SECUNDARIOS



DEPREDADORES



# Microorganismos del suelo

## Microorganisms in the soil

Organismos microscópicos, fundamentales para el desarrollo y mantenimiento del suelo.

Microscopic organisms, basic for soil development and maintenance.

*No visibles a simple vista...*

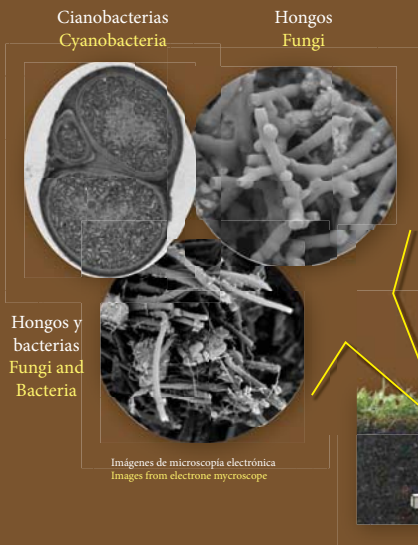
La diversidad de microorganismos en el suelo es sorprendente. Las bacterias y los hongos son los más abundantes, pero también podemos encontrar arqueas y algas. En un puñado de suelo puede haber hasta un billón de bacterias, de las que sólo podemos poner nombre a un 5%.

*Not visibles to the naked eye...*

The diversity of soil microorganisms is amazing. Bacteria and fungi are the most abundant types, but we can also find archaea and algae. There can be up to a trillion bacteria within a handful of soil, only 5% of which can be named.



*...pero fundamentales*



Son **PIONEROS**: inician la colonización del suelo gracias a su capacidad de formar materia orgánica a través de la fotosíntesis (algas y cianobacterias) o de captar el nitrógeno de la atmósfera (bacterias y arqueas). Son **RECICLADORES**: los principales descomponedores de materia orgánica (hongos y bacterias) y los únicos capaces de romper compuestos poco biodegradables, como la madera. Son **ARQUITECTOS**: contribuyen a estructurar el suelo como es el caso de los hongos, que forman extensas redes de hifas que favorecen la agregación de las partículas del suelo. Y son **REGULADORES**: controlan la abundancia y actividad de las plantas y de otros microorganismos. Pueden causar plagas perjudiciales en las plantas o establecer relaciones beneficiosas, como son las micorrizas (simbiosis entre hongo y raíz).

*¿Sabías que probablemente el ser vivo más grande y longevo del mundo vive en el suelo? Es el hongo de la miel, Armillaria ostoyae, y su extensión ocupa unos 445 campos de fútbol.*

*Did you know that the largest and longest-lived organism in the world lives in the soil? It's the honey fungus or Armillaria ostoyae and it can reach an extension of 445 football pitches.*

*...but essential to the soil*

They are **PIONEERS**: the first colonizers of the soil due to their capacity to produce organic matter through photosynthesis (in the case of algae and cyanobacteria) or to capture nitrogen from the atmosphere (bacteria and archaea). They are **RECYCLERS**: they are the main decomposers of organic matter (fungi and bacteria) and the only ones able to break low biodegradable compounds such as wood. They are **ARCHITECTS**: they help structure the soil. For instance, fungi build large hyphae nets that enhance particle aggregation. And they are **REGULATORS**: they control the abundance and activity of plants and other microorganisms. They can cause damaging plagues in plants but also establish beneficial relationships, such as mycorrhizae (symbiosis between a fungus and the roots of a plant).



### El olor a tierra mojada

La responsable de este olor, que solemos percibir tras la lluvia, es la bacteria *Streptomyces coelicolor*. Se encuentra en la mayoría de los suelos y produce una sustancia llamada geosmina, palabra de origen griego que significa "aroma de la tierra".

*The smell of the wet soil*

The smell we can usually perceive after the rain is due to a soil-dwelling bacteria called *Streptomyces coelicolor*. It is found in most soils and produces a compound named geosmin, word of Greek origin which means Earth's perfume.

### Fuente de medicamentos

El suelo es un auténtico almacén de "medicamentos". Las bacterias y los hongos producen antibióticos y otros medicamentos y compuestos utilizados por el ser humano.

*Source of medicines*

The soil is a real storehouse of "medicines". Bacteria and fungi produce antibiotics and other medicines, and compounds used by humans.





# La fauna que 'no vemos'

Fauna we 'cannot see'

Organismos microscópicos con cualidades de animales, para verlos necesitamos un microscopio o una lupa.  
Microscopic organisms with animal qualities, we need a microscope or a stereoscope to see them.

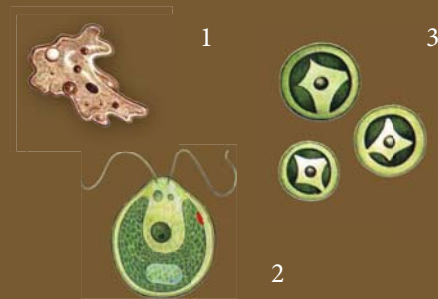


## Protistas, los 'primerísimos o primordiales'

Eso es lo que significa su nombre, que procede del griego. Son organismos unicelulares que viven en la capa acuosa de las partículas del suelo. Controlan las poblaciones de bacterias mediante su ingesta y degradan la materia orgánica. Sin embargo, el desconocimiento generalizado sobre su diversidad, estructura y función en los suelos hace que ignoremos su impacto en los ecosistemas.

*Protists, the "very first or primordial" microorganisms*

That is what their name, derived from Greek, means. They are single-celled organisms that live in the water layer of soil particles. They control bacteria populations through ingestion and degrade organic matter. However, the widespread ignorance about their diversity, structure and function in soils makes us ignore their impact on ecosystems.



1. Amoeba 2. Chlamydomonas 3. Pleurococcus

## Nematodos, indicadores de la salud de los suelos

Conocidos vulgarmente como "gusanos redondos", este grupo es el más abundante del suelo, donde juegan un papel indispensable en su funcionamiento adheridos a la película de agua. Intervienen en la mineralización, movilización del nitrógeno, descomposición de la materia orgánica, propagación de los microorganismos y la distribución, localización y reciclado del carbono en la rizosfera (espacio donde se desarrollan las raíces de las plantas). Además, controlan una gran parte de las poblaciones del resto de organismos alimentándose de vegetación, bacterias y hongos, entre otros. Su estudio es muy útil para valorar la contaminación y conservación de los suelos.



Nematodos típicos del suelo: a) *Tylenchorynchus* (fitoparásito); b) *Cryptonchus* (depredador); c) *Hemicyclophora* (fitoparásito); d) *Aporcelaimellus* (omnívoro); e) *Prionchulus* (depredador); f) *Chromodoris* (omnívoro); g) *Acrabeles* (bacterióvoro); h) *Hoplolaimus* región anterior; i) *Hoplolaimus* región caudal (fitoparásito).

Alfonso Navas y Susana Cobacho.

¿Sabías que en tan solo 100 centímetros cúbicos de un suelo pueden encontrarse miles o decenas de miles de individuos y decenas de especies distintas de nematodos?

Did you know that in just 100 cubic centimeters of soil you can find thousands or tens of thousands of individuals and dozens of different species of nematodes?

## Nematodes, indicators of soil health

Commonly known as "roundworms", they are the most abundant group in the soil, where they play an essential role in its functionality. They adhere themselves to water layers and participate in the mineralization process, the mobilization of nitrogen, decomposition of organic matter, spreading of microorganisms and distribution, location and recycling of carbon in the rhizosphere (area of the plant where roots develop). They also control a large part of the population of the rest of organisms by feeding on vegetation, bacteria and fungi, among others. Studying them is very useful in order to assess soil pollution and preservation.

## Microartrópodos del suelo

Son pequeños invertebrados que habitan principalmente en el estrato superior, alimentándose de vegetación en descomposición, bacterias y hongos, protistas y nematodos. Su tamaño puede variar desde dimensiones microscópicas (algunos ácaros) hasta varios milímetros de longitud como, por ejemplo, los colémbolos, que se desplazan a saltos usando su cola como un resorte.

*Soil microarthropods*

They are small invertebrates that live mainly in the upper layer of the soil, feeding on decaying vegetation, bacteria and fungi, protists and nematodes. They can range in size from microscopic dimensions (like some mites) to several millimeters in length as in the case of *Collembola*, for example, that move about by jumping, using their tails as a spring.





# La fauna que vemos

## The fauna that we can see

Para verlos no hacen falta lupas ni microscopios, son los arquitectos del suelo.

It is not necessary neither stereoscopes nor microscopes to see them. They are the architects of the soil.



Basado en Aldina Monique

### Visibles a simple vista

Son una parte muy importante de la biodiversidad del suelo.



Entre los componentes de esta fauna se encuentran milípedos, centípedos, termitas, hormigas, isópodos, escarabajos o lombrices, pero también animales más grandes como serpientes, ratones, conejos o topos.

Reestructuran los suelos mediante su manera de vivir, sus hábitos alimenticios, su movimiento, sus excreciones y su muerte. Los efectos que producen pueden ser físicos (mezcla de los suelos y sus componentes, construcción de galerías, fragmentación y agregación), químicos (modificación de la calidad de la materia orgánica y la composición química del suelo) o biológicos (regulando la abundancia de otros organismos dentro de las cadenas tróficas).

### Visible with the naked eye...

They are a very important part of soil biodiversity.

Among the components of this fauna we can find millipedes, centipedes, termites, ants, isopods, beetles and worms, but also larger animals such as snakes, mice, rabbits and moles.

They restructure the soil through their way of life, their feeding habits, their movement, their excretions and their death. The consequences of this can be physical (mixture of soil and its components, construction of tunnels, fragmentation and aggregation), chemical (modifications in the quality of organic matter and soil chemical composition) or biological (as integral parts of the food chain).

## Las lombrices... esos animales que fascinaban a Darwin

A Darwin le interesaban mucho las lombrices. Es probable que mucha gente desconozca este aspecto de la biografía del gran naturalista, quien en 1881, seis meses antes de su muerte, publicó *La formación del manto vegetal por la acción de las lombrices: con la observación sobre sus hábitos*. Esta obra tuvo más éxito que *El origen de las especies* y contribuyó a que las lombrices dejaran de considerarse una plaga y empezaran a valorarse por su importante papel en la formación del manto vegetal y en la fertilidad del suelo.

¿Sabías que los suelos sin lombrices pueden perder hasta un 90% de su capacidad de absorción de agua?

Did you know that soils without earthworms can lose up to 90% its water absorption capacity?

Airean, mezclan y transforman los sedimentos, modificando la naturaleza física, química y biológica del suelo; donde son abundantes pueden llegar a procesar hasta 250 toneladas de suelo al año por hectárea.

### Earthworms ... the animals that fascinated Darwin

He dedicated 40 years of his research to them, as well as a book that was more successful than *The Origin of Species*. They deserve no less, as their role in the formation of vegetation cover and soil fertility is very important. They aerate, mix and transform sediments, altering the physical, chemical and biological nature of the soil. In lands rich in earthworms, they can process up to 250 tons of soil per year, per hectare.



CHARLES ROBERT DARWIN, LL.D., F.R.S.  
IN THE DURETY OF MAN HE BRINGS HIS OWN SPECIES DOWN AS LOW AS POSSIBLE—I.E. TO "A HAIRY QUADRUPED FURNISHED WITH A TAIL AND POINTED EARS, AND PROBABLY JERBERG IN HIS HAIR"—WHICH IS A BRAND FOR THE VERY GENERAL IMPRESSION OF THE PUBLIC MIND. THE ILLUSTRATION BY JOHN VAN WYKE.

Con el permiso de John van Wyke et al. 2002. The Complete Work of Charles Darwin Online. (<http://darwin-online.org.uk/>)  
Reproduced with permission from John van Wyke et al. 2002. The Complete Work of Charles Darwin Online. (<http://darwin-online.org.uk/>)



# Los tardígrados del suelo

## The soil tardigrades

Tienen un tamaño medio de 0,5 mm y son los organismos menos conocidos del suelo.

Tardigrades are about 0.5 mm in size and they are the most neglected organisms associated to soil.

### Los entrañables 'ositos de agua'

Si hay organismos con el don de la ubicuidad y la supervivencia, esos son los tardígrados. Y aunque son acuáticos (necesitan una película de agua alrededor de su cuerpo para estar activos) también viven en medios terrestres como el suelo, y es que a veces se nos olvida que bajo nuestros pies hay agua.

Conocidos como ositos de agua, estos invertebrados microscópicos se distribuyen por todo el planeta, desde los polos hasta el Ecuador y desde los picos más altos (como el Everest) hasta las fosas oceánicas más profundas. Y pueden ocupar cualquier hábitat conocido y sobrevivir a las condiciones más extremas, incluso en el espacio exterior.

### The charming water bears

If there are ubiquitous and survivor organisms, they are the tardigrades. Even when they are aquatic organisms (they need a film of water surrounding their bodies to be active), tardigrades can also inhabit terrestrial environments as the soil since we sometimes forget that under our feet there is also water.

Known as 'water bears', these microscopic invertebrates live all around the world, from the Poles to the Equator, and from the highest peaks (such as the Everest) to the deepest ocean trenches. Moreover, they can inhabit any known environment and survive to the most extreme conditions, even in the outer space.



William R. Miller, Ph.D., Baker University



William R. Miller, Ph.D., Baker University

### Biodiversidad olvidada

Sin embargo, no se han estudiado en todos los medios por igual, siendo los más olvidados los asociados al suelo. De ellos se conocen sus adaptaciones morfológicas a este medio, como la pérdida de uñas para moverse mejor entre los granos de arena; también la importante función que ejercen al controlar las poblaciones de nematodos, alimentándose de los carnívoros. Incluso existen tardígrados cuya diversidad y abundancia varían con ciertos cambios ambientales, dejando entrever su potencial uso como bioindicadores de la calidad de los suelos.

Pese a esto, se sigue sin conocer la verdadera importancia ecológica de estos increíbles animales, que todavía forman parte de nuestra 'biodiversidad olvidada'. Y lo que apenas se conoce, es difícil de preservar.

### Forgotten biodiversity

However, it has not been invested the same sampling effort in all environments, being the most neglected ones those associated to soil. We do know tardigrade morphological adaptations to edaphic habitats, such as the claw reduction or disappearance to facilitate the movement among the grains of sand. We also know their important function controlling nematode populations, feeding of carnivorous nematodes. Furthermore, some tardigrade diversities and abundances are related to environmental changes, catching a glimpse of their potential use as bioindicators of soil health.

Even though, we do not know the real ecological importance of these astonishing animals that are still part of our "neglected biodiversity". And that that we ignored, we cannot preserve it.

# Contaminación del suelo

Soil pollution



Muchas veces no nos damos cuenta de que continuamente utilizamos productos químicos en la industria, la agricultura, el comercio o en nuestras casas con los que podemos provocar la contaminación del aire, el agua y el suelo.

Cuando desechamos los residuos procedentes de estas actividades podemos estar perturbando ecosistemas enteros, ya que muchos son tóxicos para algunos animales y plantas, e incluso para nosotros mismos.

## ¿Cómo los eliminamos?

Lo habitual es que estos residuos se desechen en el suelo por su capacidad para retener, filtrar, descomponer, reciclar o inmovilizar algunas sustancias. Sin embargo, en ocasiones contienen sustancias altamente tóxicas y persistentes. Cuando se sobrepasa el límite de la capacidad de los suelos para degradarlas o retenerlas, estas se contaminan: las sustancias tóxicas pasan del suelo al agua o a la cadena trófica, con el peligro que esto conlleva.

Quite often we do not notice that we are continuously using chemicals in industrial, agricultural, commercial or domestic activities, with which we may pollute the air, the water and the soil.

When we discard the residues from these activities we may be disrupting entire ecosystems since much of this waste is toxic to animals and plants, and even hazardous to ourselves.

## How do we discard them?

The usual way to dispose of waste is to leave it on the soil, because of its capacity to retain, filter, decompose, recycle and immobilize some substances. However, in some cases, these products or their derivatives contain highly toxic and persistent chemicals. When the soil's limited capacity to degrade or retain them is exceeded, the soil becomes polluted. This is very dangerous because these toxic substances are passed on to water and to the food chain, which entails some consequences.

# Suelos sanos, vida sana

## Healthy soils, healthy life



“La anemia del suelo también produce anemia humana”

“Soil anaemia also breeds human anaemia”

(M. S. Swaminathan)

### Un recurso no renovable



La expansión de las ciudades, la deforestación, el uso insostenible de la tierra, las malas prácticas agrícolas, la contaminación, el sobrepastoreo y el cambio climático son los principales causantes de la pérdida de suelo y de su fertilidad condicionando la seguridad alimentaria de las generaciones futuras. El 33% de los suelos a nivel mundial está moderada o altamente degradado. En España esta situación se agrava por la fragilidad y alto grado de erosión al que han sido sometidos, llegando incluso a procesos de desertificación irreversible.

### Soils, a non-renewable resource

Growth of cities, deforestation, the unsustainable use of the land, bad agricultural practices, pollution, overgrazing and climate change are the main causes for loss of soils and their fertility. As a result, food security for future human generations is in danger. Up to 33 % of the world's soils are moderately to highly degraded. In Spain, this situation is worsened due to their fragility and the high degree of erosion they have been subjected to, even reaching irreversible desertification processes.

### La conservación del suelo

La agricultura de conservación produce más alimentos en forma sostenible, aplicando una mínima alteración del suelo que evita la pérdida de materia orgánica; cobertura permanente que disminuye la erosión y rotación de cultivos que favorece un aprovechamiento sostenible de los nutrientes.

### Soils conservation

Conservation agriculture is an approach for improved and sustained productivity on the bases of the following principles: minimum soil disturbance, thus avoiding the loss of organic matter; permanent soil cover, thus reducing soil's vulnerability to erosion and crop rotation, thus favouring a sustainable use of nutrients.

### La experiencia de Terra Preta, Brasil

En la cuenca del Amazonas, en un paisaje de tierra árida, se encontraron parcelas de tierra muy fértil con alto contenido de materia orgánica y nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y calcio), algo extraño en una zona de muy baja fertilidad. Se descubrió que existieron asentamientos indígenas hace unos 2.000 años y las evidencias sugieren que fueron estas poblaciones las que mejoraron la fertilidad de los suelos mediante la aplicación de materia orgánica, rastrojos, hojas y ceniza. La experiencia de Terra Preta podría servir de ejemplo a la hora de desarrollar prácticas agrícolas intensivas en el trópico, de forma sostenible.

### An experience in Terra Preta (Brazil)

In the Amazon River basin (Brazil), deep within an arid landscape, very fertile lands with high contents of organic matter and nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium and calcium) were found. It was an anomaly as it was an area considered of very low fertility. It was later found out that there were indigenous settlements in the area from around 2000 years ago. Evidence suggests that it was these indigenous people that improved soil's fertility by adding organic matter, plant residues, leaves and ashes. This experience in Terra Preta may serve as an example when developing intensive but sustainable agricultural practices in the tropics.



Jesús Juez



Basado en Anton Egorov



Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura