



Con la colaboración:



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



Con la colaboración:





El suelo se manifiesta en todas partes,
pero especialmente en el bosque.
No es que el suelo del bosque sea
transparente, es que todo en él es bosque.
No hay arriba y abajo, no hay frontera,
no hay separación entre lo oculto y lo visible.
El bosque no es como el mar,
todo lo que ves es bosque.
En el bosque, suelo y cielo son la misma cosa.

2015 Año Internacional de los Suelos

Grandes desconocidos / <i>Great unknowns</i>	28
¿Qué no es el suelo? / <i>What is not the soil?</i>	30
¡Toca el suelo! / <i>Touch the soil!</i>	32
Leyendo el suelo / <i>Reading the soil</i>	34
Humus, un tesoro natural / <i>Humus, a natural treasure</i>	38
Suelos hay muchos. ¿Cómo se ordenan? / <i>There are many soils, how do we classify them?</i>	40
¿Cómo se forma el suelo? / <i>How is soil created?</i>	44
Roca madre / <i>Parent material</i>	46
Clima / <i>Climate</i>	50
Organismos vivos: la biota / <i>Living organisms: biota</i>	54
Relieve / <i>Topography</i>	58
Tiempo / <i>Time</i>	62
Los colores del suelo / <i>Soil colours</i>	66
Suelos y paisajes / <i>Soils and landscapes</i>	68
ISRIC / <i>International Soil Reference and Information Centre</i>	70
¿Para qué sirve el suelo? / <i>What does the soil do?</i>	72
Hábitat para la biodiversidad / <i>Habitat for biodiversity</i>	74
Ciclo de nutrientes y filtro / <i>Cycle of nutrients and filter</i>	76
Sostén de la vegetación / <i>Medium for plant growth</i>	78
Carbono, agua y clima / <i>Carbon, water and climate</i>	80
Ingeniería, patrimonio físico y cultural / <i>Engineering, physical and cultural heritage</i>	82
El suelo está lleno de vida / <i>The soil is full of life</i>	84
Microorganismos del suelo / <i>Microorganisms in the soil</i>	88
La fauna que “no vemos” / <i>Fauna we “cannot see”</i>	90
Los tardígrados del suelo / <i>The soil tardigrades</i>	92
La fauna que vemos / <i>Fauna we can see</i>	94
Contaminación del suelo / <i>Soil pollution</i>	96
Suelos sanos, vida sana / <i>Healthy soils, healthy life</i>	98



Desde los comienzos de la civilización el suelo ha sido fuente de vida. A lo largo de la historia, la manera en la que diferentes sociedades y comunidades han utilizado el suelo ha sido determinante, especialmente desde el comienzo de la agricultura, aproximadamente hace diez mil años, en la época de la transformación agrícola o revolución del Neolítico. Desde entonces, el estudio y la conservación de los suelos han estado relacionados con ella. Sin embargo, nuestros suelos son mucho más que un medio de cultivo. Son procesadores dinámicos de la tierra y sistemas de reciclaje de materias vitales y de energía; son el recurso fundamental donde la vida se genera y se mantiene dentro del dominio terrestre.

El suelo es un sistema complejo, diverso y dinámico gestionado por procesos naturales pero fuertemente influido por la actividad humana. Además es un recurso no renovable, lo que significa que tras su pérdida o degradación no es recuperable en el marco temporal de la vida de un ser humano. Es por este motivo que, en condiciones ambientales de cambio y una utilización del suelo que va en aumento, se necesitan estrategias alternativas para su manejo sostenible. A menos que entendamos sus atributos, sus procesos internos y sus funciones ambientales, los suelos no podrán gestionarse de forma efectiva y sostenible.

En este sentido, es cada vez más urgente el desarrollo de investigación científica sobre el suelo y sus procesos. Del mismo modo, la crisis global ambiental en la que vivimos ha generado la necesidad de educar al público general respecto al suelo en todas sus manifestaciones, tanto en la naturaleza como en relación con la vida humana.

En diciembre de 2013, en el marco de su 68ª Asamblea General, la Naciones Unidas declararon que *los suelos constituyen la base para el desarrollo de la agricultura, de funciones esenciales de los ecosistemas y para la seguridad alimenticia y por tanto, son claves para el mantenimiento de la vida en la Tierra* e invitaron a la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) a facilitar la disposición

Soil has been the main source of livelihood for human civilization for the very beginning. Throughout history, the ways different societies and communities used or abused their soil resources have been crucial for their ultimate fates, especially since the start of agriculture, approximately ten millennia ago; the agricultural transformation or Neolithic revolution. Since then, the study and conservation of soils have long been related to the agronomic science. However, our soils are by far much more than a mere cropping media. They are the earth's dynamic processor and recycler of vital materials and energy, the fundamental source within which life is generated and maintained in the terrestrial domain. The soil is a complex, diverse and dynamic system driven by natural processes and largely affected by human activities. Soil is a non-renewable resource, which means that its loss and degradation is not recoverable within a human lifespan. Alternative strategies are needed to manage soils sustainably under changing environmental conditions and increasing competition for use. Unless we understand its attributes, inner processes and environmental functions, soils cannot be managed effectively and sustainably. The urgency and significance of research and dissemination on the soil and its processes have increased significantly. The global environmental crisis has created a compelling need for educating the general public regarding soil in all its manifestations, in nature and in relation to the life of humans. December 2013, within its 68th General Assembly, the United Nations stated that soils constitute the foundation for agricultural development, essential ecosystem functions

del día y el año de los suelos. Como resultado, el 2015 fue declarado Año Internacional de los Suelos como una plataforma para incrementar el conocimiento sobre la importancia de este recurso natural, tanto para la seguridad alimentaria como para el desarrollo de funciones esenciales de nuestros ecosistemas.

Atendiendo a la llamada de la FAO, y en colaboración con ellos, el Museo Nacional de Ciencias Naturales, un centro de investigación emblemático dedicado al estudio de la biodiversidad y los recursos naturales, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), inauguró en octubre de 2015 la exposición “El suelo. Un paseo por la vida”. Esta muestra fue organizada en cooperación con el centro ISRIC-*World Soil Information*, una fundación independiente de base científica cuya misión consiste en servir a la comunidad internacional aportando información sobre los recursos edáficos del mundo ayudando así al tratamiento de cuestiones globales. En esta exposición hemos descrito los detalles primarios y las propiedades del suelo y explicado sus factores formadores –el material de partida, la topografía, el clima, la biota y el tiempo – con fotos espectaculares de perfiles de suelos como ejemplos de su efecto en los procesos edafogenéticos. Hemos puesto de manifiesto las funciones esenciales que el suelo cumple en la naturaleza y en la vida humana. Hemos aportado detalles sobre las comunidades vivas enormemente diversas que se hospedan en él y que incluyen especies microscópicas y macroscópicas. Con todo, hemos intentando aportar a los visitantes conocimientos básicos pero amplios sobre el suelo con el objetivo principal de potenciar la comprensión de su naturaleza y de la capacidad para manejarlo de manera sostenible, con el fin de evitar su degradación.

Como comisarios de la muestra esperamos que esta exposición y por ende, este libro, que recoge la mayor parte del contenido de la misma, despierte el interés a los visitantes y a los lectores y se convierta en un recurso para todos aquéllos interesados en los suelos, aportando conocimientos concretos que puedan incrementar su sentido de la curiosidad y el entusiasmo por este recurso natural tan vital como ignorado.

and food security and hence are key to sustaining life on Earth and invited the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) to facilitate the implementation of the Day and Year of the Soils. As a result, 2015 was declared the International Year of Soils aiming to be a platform for raising awareness of the importance of soils for food security and essential ecosystem functions. Attending to FAO's call, the National Museum of Natural Sciences, an emblematic scientific center devoted to the study of natural resources within the Spanish National Research Council, inaugurated in October 2015 the exhibition “The soil, a walk through life”. It was organized in cooperation with ISRIC-*World Soil Information*, an independent, science-based foundation which has a mission to serve the international community with information about the world's soil resources to help addressing major global issues. In this exhibition, we described the primary features and properties of soils and explained the soil forming factors – parent material, topography, climate, biota, and time – with spectacular pictures of soil profiles as examples of their effect on soil formation process. We revealed the essential functions that soil fulfills in nature and in human life. We gave an insight into the enormously diverse living communities comprising microscopic to macroscopic species that live in the soil. Overall, we tried to provide the visitors with comprehensive and basic knowledge about the soil with the main objective to enhance their ability to understand the nature of soil and their capacity to manage it judiciously in order to avoid its fatal degradation. But most of all, we hoped that visitors would be fascinated and inspired by

Por último, nos gustaría agradecer a *Cambridge University Press* (España) por habernos provisto de los fondos necesarios para organizar la exposición y a todos nuestros colaboradores, investigadores o técnicos, que nos han prestado generosamente su apoyo.

Fernando Garrido

Científico titular del Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN-CSIC)

Stephan Mantel

Director del Museo Mundial del Suelo (ISRIC-World Soil Information)

the exposition on this vital but often overlooked natural resource.

As curators of this exhibition, it is our hope that this book, that gathers most of the information displayed in the exhibition, will be a resource for all with an interest in soils and that it will provide insights that will boost a sense of excitement and curiosity.

Lastly, we would like to express our gratitude to Cambridge University Press (Spain) which has provided the needed funds to organize the exhibition and to all the collaborators, scientists and technicians, which have generously given their support.

Fernando Garrido

Staff researcher of National Museum of Natural Sciences (MNCN-CSIC)

Stephan Mantel

Director of World Soil Museum (ISRIC - World Soil Information)

Los suelos son fundamentales para la vida en la tierra, pero la presión humana sobre los mismos está alcanzando niveles críticos. Los suelos son la base de la producción de alimentos y de la seguridad alimentaria y nutricional; aportan a las plantas nutrientes y agua, así como sirven de sustento a sus raíces; funcionan como el mayor filtro de agua de la tierra y como tanque de almacenamiento; contienen más carbono que el que se encuentra en la vegetación terrestre regulando así las emisiones de dióxido de carbono y de otros gases de efecto invernadero; y albergan una tremenda diversidad de organismos de importancia decisiva para la sostenibilidad de los ecosistemas.

En muchas áreas del mundo la producción agrícola intensiva ha empobrecido el suelo. Actualmente el 33% de las tierras se encuentran de moderada a altamente degradadas debido a procesos de erosión, salinización, compactación, acidificación y contaminación química. El sellado del suelo por la urbanización y construcción de infraestructuras es otro fenómeno destacado que afecta generalmente a los suelos más fértiles de cada región, perdiéndose éstos para la producción de alimentos.

Como consecuencia de este proceso continuo de degradación y pérdida de suelo queda amenazada la capacidad de alimentar de forma sana y nutritiva a una población mundial en crecimiento, condenando a millones de personas presentes y futuras al hambre y la pobreza.

La comunidad internacional debe reaccionar ante ello. La celebración del año 2015 como *Año Internacional de los Suelos* (AIS) ha sido un verdadero punto de inflexión, en el que se ha revisado la *Carta Mundial del Suelo* (CMS), aprobada por unanimidad por 194 países, se ha publicado por parte de la FAO la obra monumental *El estado del recurso suelo en el mundo* (2015) y se han llevado a cabo miles de iniciativas a lo largo de todo el planeta para concienciar sobre el denominado “aliado silencioso de la humanidad”.

Soils are essential for life on earth, but human pressure on them is reaching critical levels. Soils are the basis of food production and food and nutrition security; they provide the plants with nutrients, water and support for their roots; they also function as the biggest earth water filter and storage tank and contain more carbon than it is found in terrestrial vegetation regulating carbon emissions and other greenhouse gases; Furthermore, they are home to a tremendous diversity of organisms that are critical to ecosystems' sustainability.

In many world areas with intensive agricultural production soils have depleted, and currently, 33% of the land is moderately to highly degraded due to erosion, salinization, compaction, acidification and chemical contamination. Soil sealing by urbanization and infrastructure construction is another important phenomenon that usually affects the most fertile soils of each region, and means they are lost for food production.

As a result of the soils continuous process of degradation and loss, world's growing population is threatened by his ability to feed in a healthy and nutritious way, condemning millions of people to a present and future of hunger and poverty.

The international community must react. The celebration of 2015 as the 'International Year of Soils' (IYS) has been a real turning point, the World Soil Charter (WSC) has been revised, and adopted unanimously by 194 countries, and FAO has published the monumental work 'The state of soil resources in the world' (2015) and carry out thousands of initiatives throughout the planet to raise awareness of the so called "silent ally of mankind".

Hay que felicitar al Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN), perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), por la elaboración de esta brillante exposición “El suelo, un paseo por la vida”, que ha contado con la destacada colaboración de ISRIC - *World Soil Information* (Wageningen, Países Bajos). Sin duda ha contribuido a despertar la empatía de niños y adultos por este elemento tan importante, cotidiano y a la vez desconocido e ignorado; profundizando en su conocimiento a través de un “paseo” didáctico, multidimensional, estimulante y bello.

Esto no hace más que empezar, los *Objetivos de Desarrollo Sostenible* (ODS), recientemente aprobados, establecen como prioridad estratégica la gestión sostenible de los suelos para contribuir a la erradicación total del hambre en el mundo y alcanzar una generación de *Hambre Cero* en 2030.

El *Año Internacional de los Suelos* no puede quedarse por tanto en el 2015, debe celebrarse cada año y las amenazas que afectan a nuestros suelos deben estar presentes en cada día y en cada decisión tomada que atañe al suelo, siendo responsabilidad de todos, desde los gobiernos hasta los pequeños agricultores, para lograr así un mundo que ejerza una gestión del suelo sostenible. Solo de ese modo podremos garantizar un abastecimiento de alimentos, suficiente y nutritivo para la población presente y futura. Desde la FAO, estamos comprometidos en la promoción del manejo sostenible de los suelos, como una pre-condición para alcanzar el desarrollo sostenible. La Alianza Mundial por el Suelo se constituye en el mecanismo que promueve este objetivo y usa el legado del AIS para catalizar acciones más allá del 2015.

Ignacio Trueba

Representante Especial de la FAO en España

We must congratulate the Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN) which belongs to the Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), for launching this brilliant exhibition “The soil, a walk through life”, which has had the outstanding collaboration of ISRIC-World Soil Information (Wageningen, Netherlands). It has certainly helped to inspire empathy in children and adults for this important, daily and once unknown and ignored element; deepening their knowledge through a didactic, multidimensional, inspiring and beautiful “walk through”.

This is only the start. The recently approved Sustainable Development Goals (SDGs), establish strategic and priority sustainable soil management to contribute to the total eradication of hunger in the world in order to bring about Zero Hunger in 2030.

The International Year of Soils should not remain in 2015; it should be held every year, and the threat to our soil must be present in every day and in every decision made concerning soils. It remains the responsibility of everyone, from governments to small farmers, in order to achieve a world practising sustainable land management. Only in this way can we ensure the food supply is sufficient and nutritious for the present and future population.

From FAO we are committed to promote a sustainable land management as a pre-condition for achieving the sustainable development. The Global Alliance for Soil constitutes the mechanism that promotes this goal and uses the legacy of AIS to catalyze actions beyond 2015.

Ignacio Trueba

Special Representative of FAO in Spain

En el libro de Luis Barragán *La revolución callada*, Kenneth Framton afirma que en el arquitecto mexicano Luis Barragán “existe una profunda consciencia de que la naturaleza ha sido contaminada y arrasada por los artilugios instrumentales del *Homo economicus*”. En la misma línea, el arquitecto japonés Tadao Ando afirma en *Towards a New Horizon in Architecture* que “lamentablemente, hoy la naturaleza ha perdido gran parte de su antigua sustancia, así como que hemos debilitado nuestra capacidad de percibir la naturaleza”.

La revista NEWS-SECS llevaba a su portada en diciembre de 2015 la imagen de Xavier Miserachs *Por las cercanías de la calle Guipúzcoa* en la Barcelona de los años 1960, momento en el que se iniciaba una acelerada carrera en el consumo de suelo. Miserachs afirma que “intenta explicar lo que le parece característico y significativo de un lugar”.

Como vemos, desde campos alejados de la Ciencia del Suelo, la arquitectura y la fotografía, en estos casos, desde hace años, se han ido enviando mensajes que no hemos sabido captar. La bulimia de *Homo economicus*, al que se refiere Framton, ha prevalecido. Si nos vamos más atrás en el tiempo, allá por los años 1920, H. H. Bennet y W. R. Chapline, ya desde la Ciencia del Suelo, fueron suficientemente explícitos al escoger como título de un importante libro *Soil Erosion a National Menace* y no solo aplicable a Estados Unidos, podemos añadir.

La Exposición *El Suelo, un paseo por la vida* es un magnífico trabajo, con el Dr. Fernando Garrido como Comisario y organizada por el Museo Nacional de Ciencias Naturales del CSIC en colaboración con ISRIC – *World Soil Information* (Wageningen, Países Bajos), con ocasión de la celebración *2015 Año Internacional de los Suelos*. La exposición nos invita a sensibilizarnos acerca de la relevancia del suelo en múltiples aspectos de la vida en el planeta. Vemos que la Ciencia del Suelo fue introducida en España por Emilio Huguet del Villar, con el nombre de Edafología. Huguet del Villar fue un geobotanista-edafólogo que en los años 1930 trabajó en el

In the book entitled Luis Barragán la revolución callada, Kenneth Framton claims that in the Mexican architect Luis Barragán there is a deep awareness that nature has been contaminated and devastated by the instrumental devices of the Homo economicus. In the same sense, the Japanese architect Tadao Ando claims, in Towards a New Horizon in Architecture, that “unfortunately, nature has currently lost a great part of its old substance and we have weakened our capacity to perceive nature”.

The December 2015 issue of the NEWS-SECS has as its cover photo a Xavier Miserachs’ picture entitled Nearby Guipuzcoa Street in the 1960’s Barcelona, a time in which an accelerated race of soil consuming started. Miserachs claimed that he attempted “to explain what seemed to him was characteristic and significant of a site”.

As we can see, from domains away from Soil Science, architecture and photography in these cases, messages have been sent for years, messages we have failed to grasp. The Homo economicus’ bulimia has prevailed. Going back in time, around the 1920’s, H. H. Bennet and W. R. Chapline, in this case from the domain of Soil Science, were sufficiently clear in choosing as the title of an important book “Soil Erosion a National Menace” and not applicable only to The United States, we can add.

The Exhibition “The soil, a walk through life” is a magnificent work, with Dr Fernando Garrido as Curator and organized by the Museo de Ciencias Naturales del CSIC in collaboration with ISRIC - World Soil Information (Wageningen, Países Bajos), in occasion of 2015 International Year of Soils. The Exhibition invites us to become aware of the relevance of soil in many aspects of life in the planet.

Instituto Forestal de Investigaciones en Madrid, fue miembro de la Subcomisión del Mapa Edafológico de Europa y presidente de la Subcomisión de Suelos de la Región Mediterránea de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo. Es autor del primer libro editado en España (1936) centrado a esta disciplina, que tituló *El Suelo*. En la Introducción de este libro podemos leer “un agricultor que desconoce su suelo es como un comerciante que desconociera el capital con que opera”. Planificar el uso del territorio sin conocimientos científicos sobre el suelo es “dar palos de ciego”, en palabras de Huguet del Villar.

El gran impulso de la Edafología en España tuvo lugar después de la Guerra Civil. El impulsor fue otro eminente edafólogo, José M. Albareda, que creó centros de investigación de Edafología del CSIC por toda la geografía española. Lamentablemente, en la actualidad muchos de estos centros han sido orientados hacia otros campos científicos, ello muestra un declive de la investigación en Ciencia del Suelo en España, lo que debería evitarse. Por otro lado, el hecho de no haber existido nunca una Agencia de Suelos en España explica la diversidad de criterios aplicados al producir información de suelos, lo que hace que la información no sea interoperable y sus aplicaciones más bien escasas.

La idea de “*learning from the past*” podría dar muchos frutos, si se supiese canalizar este conocimiento. En tal sentido, la Exposición contribuye a ello. Nos introduce en el lenguaje de los suelos, porque hace falta saber leer en un suelo la información que quiere transmitirnos. La Exposición nos muestra las exigencias de una adecuada gestión y protección de suelos y la necesidad de seguir investigando en muchos ámbitos de la Ciencia del suelo.

Las declaraciones y acciones de organizaciones internacionales no dejan de proclamarlo. La FAO con la *Alianza Mundial por el Suelo*; la Asamblea General de la ONU, con la Declaración del año 2015 como Año Internacional de los Suelos; la *International Union of Soil Science* con la *Declaración de Viena Sobre el Suelo*

We see that Soil Science was introduced in Spain by Emilio Huguet del Villar, under the name of “Edafología”. Huguet del Villar was a “geobotanista-edafólogo” who in 1930’s worked at the Instituto Forestal de Investigaciones in Madrid, he was a member of the Subcommission of the Soil Map of Europe and President of the Subcommission of Soil of the Mediterranean Region of the International Society of Soil Science. He is the author of the first book published in Spain (1936) focussed on Soil Science, entitled “El Suelo”. In the Introduction of this book we can read “a farmer who does not know his soil is like a businessman who does not know the resources with which he operates”. Land-use planning without scientific knowledge on soil is “a shot in the dark”, in words of Huguet del Villar. The strong momentum of Soil Science in Spain started after the Civil War, in the early forties. The driven force behind this plan was another eminent Spanish soil scientist, José M. Albareda, who created many soil research centres throughout Spain. Unfortunately, many of these centres have currently been oriented towards other scientific fields, showing a decline in research into Soil Science in Spain, something that should be prevented. Furthermore, the lack of a Soil Survey Agency in Spain explains the diversity of criteria applied in producing soil information. Consequently, the information is not interoperable and the applications are scarce. The idea of “learning from the past” would give many fruits, if we knew how to channel this knowledge. To this end, the Exhibition contributes. It initiates us into the soil language, because it is necessary to be able to read in a soil the information it wants to transfer to us. The Exhibition shows us the requirements

(2015); la Agenda del Desarrollo Sostenible; el trabajo del *Joint Research Centre* y del *European Soil Data Centre* de la Comisión Europea; los objetivos de FAO contra el hambre, la inseguridad alimentaria, la malnutrición y la pobreza rural; entre otras iniciativas.

Desde la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo, con las *Orientaciones Estratégicas de la SECS 2010-2020*, se indica el camino a seguir en la línea de las organizaciones internacionales citadas. Nuestro objetivo es promover espacios de colaboración, para contribuir al desarrollo sostenible, a la seguridad alimentaria, al bienestar social, a la cohesión y justicia a través de un mejor conocimiento, uso y protección del suelo.

Jaume Porta

Presidente de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo

for an appropriate soil management and soil protection and the need for more research in many fields of Soil Science.

The statements and actions of the international organizations do not cease to say it. FAO with the Global Soil Partnership; the General Assembly of the ONU with the Declaration of 2015 International Year of Soils; the International Union of Soil Science with the Vienna Soil Declaration (2015); the Agenda for Sustainable Development; the work of the Joint Research Centre and the European Soil Data Centre of the European Community; the FAO's objectives against hunger, food insecurity, malnutrition and rural poverty; amongst other international initiatives.

From the Spanish Society of Soil Science, with the Strategic Orientation Proposals 2010-2020, the path to be followed is pointed out, according to the directives of the international organizations quoted above. Our aim is to promote collaborative spaces to contribute to sustainable development, food security, social welfare, cohesion and justice, through a better knowledge, use and protection of soil.

Jaume Porta

President of the Spanish Society of Soil Science

Deseo que esta publicación sirva de base para aquellos técnicos que cada día se enfrentan a la valoración, el uso y el manejo del suelo, para que tengan presente que es un organismo vivo, fácil de degradar y difícil de sanar o de recuperar. Casos en los que es muy difícil restaurarlo si verdaderamente no conocemos cómo se han formado y a qué procesos los hemos sometido a lo largo del tiempo.

Una llamada muy especial a los ingenieros agrónomos que continuamente se tienen que hacer las preguntas de para qué sirven los suelos, cuánto cuestan y cómo manejarlos en una agricultura cada vez más extensiva y más obligada a la sostenibilidad.

Esperamos que el 2015, como Año Mundial del Suelo, no sea olvidado, y esta publicación quede como testigo y como llamada de atención.

María Cruz Díaz Álvarez

Decana Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos
de Centro y Canarias

Presidenta Asociación Nacional de Ingenieros Agrónomos

I wish this book served as a base for all those technicians that everyday face the evaluation, use, and management of soils to keep in mind that soil is a living entity, easily degradable and difficult to heal or recover. Especially in those cases in which soil recovering becomes particularly challenging if we do not really know about its genesis and the processes to which soils have been subjected over time. I would like to draw agronomic engineers' attention about the soil since they must continuously question the utility of soils, their price and how to manage them, everything within a more extensive and committed to sustainability agriculture. We hope that 2015, as the International Year of Soils will not be forgotten and this book could remain as its witness and as a call to action.

María Cruz Díaz Álvarez

Dean Official College of Agricultural Engineering
of Central Spain and Canary Islands

President Spanish National Association
of Agronomist Engineers

A detailed close-up photograph of a forest floor. The ground is covered with a thick layer of vibrant green moss. Scattered across the moss are several fallen leaves in various stages of decay, showing colors of yellow, orange, and brown. Some leaves are large and broad, while others are smaller and more delicate. Thin, dry twigs and grass blades are also visible, some lying flat and others standing upright. The lighting is natural, highlighting the textures of the moss and the veins on the leaves.

Jesús Juez



MUCHO MÁS QUE HOJAS

**MUCH MORE
THAN LEAVES**





**MUCHO
MÁS QUE
HIERBA**

**MUCH MORE
THAN GRASS**





MUCHO MÁS QUE ARENA

**MUCH MORE
THAN SAND**





MUCHO MÁS QUE TIERRA

MUCH MORE
THAN GROUND

A photograph of an elderly man with a weathered face, wearing a patterned, long-sleeved shirt and reddish-brown trousers. He is holding a wooden staff or tool, looking towards the camera with a slight smile. He is standing in a field of young green plants, possibly corn, with a dense forest and a thatched-roof hut in the background. The lighting is natural, suggesting daylight.

ES ALIMENTO

IT IS FOOD



Michael David Hill



**ES
VIDA**

IT IS LIFE



Aarón Escobar

A photograph of a riverbank or a steep embankment. The top of the bank is covered with dense green foliage and trees. The middle section of the bank shows a large number of thick, gnarled tree roots exposed horizontally, suggesting a process of soil erosion. Below the roots, the soil is layered and exposed, showing different textures and colors of earth. The bottom of the bank appears to be a river or a body of water, with some sediment visible.

ES SOPORTE

IT IS A SUPPORT





Y SE AGOTA...

IT IS RUNNING OUT...



GRANDES DESCONOCIDOS

GREAT
UNKNOWN

28

*“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? Nada menos que 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 separan el cielo de la tierra, sino la tierra de la 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, por lo que es fundamental conservarlos.

Os animamos a conocer un poco más 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? Nothing else than soil.

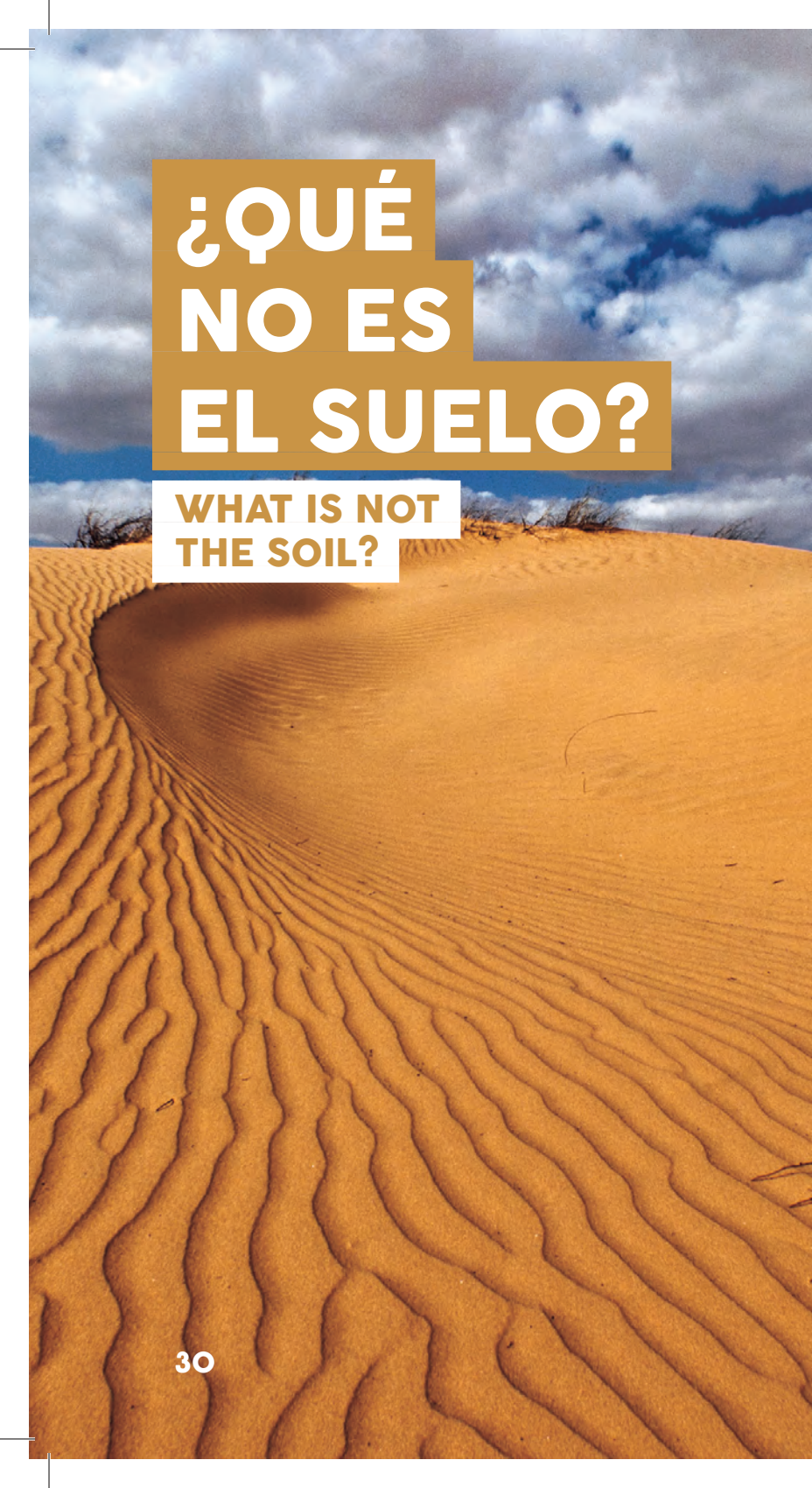
Since they bear life, soils are the feet of the planet. And even though we are permanently in contact with them, we do not notice their existence until our shoes get dirty.

It is the great unknown, maybe because we do not see it. 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 separate the sky from the earth but the earth from the 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 so it is essential that we preserve them.

We encourage you to know a bit more about this subterranean world, to go for a walk through the soil, a walk through life.





¿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.

El suelo 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.

El suelo bebe y respira

La respiración de las raíces y la actividad de los microorganismos consumen mucho oxígeno por lo que el suelo contiene más CO₂ que el aire. Y también contiene mucha agua, que recibe de la lluvia o de la irrigación. El agua que almacena (denominada Agua Verde) sirve como fuente al 90% de toda la producción agrícola del mundo y supone el 65% del contenido total de agua dulce. Esta agua es esencial para que las plantas puedan adsorber nutrientes esenciales para el mantenimiento de la vida.

El suelo no es uno ni es homogéneo

Hay muchos y diferentes, cada uno formado por una sucesión de capas horizontales – horizontes – que forman el perfil del suelo.

Horizonte O: capa superior, materia orgánica.

Horizonte A: capa orgánica-mineral, la más fértil del suelo.

Horizonte B: acumula minerales solubles y partículas de arcilla que se lavan desde el horizonte A.

Horizonte C: roca madre fragmentada.

Su gran diversidad de colores, estructuras y texturas sólo es visible cuando el suelo es excavado u, ocasionalmente, en los bordes de carretera.

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

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

The soil is not a lifeless medium

It is alive and dynamic. The 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.

The soil drinks and breathes

The breathing process in the roots and the microbial activity consume much oxygen, making the CO₂ content in soil atmosphere richer than in air. It also contains a great quantity of water it receives from natural rain or irrigation. The water stored in the soil (called Green Water, Agua verde) 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 absorption by plants and for the preservation of life.

There isn't just one soil and it's not homogeneous

There are many different types of soils, each one formed by successive horizontal layers or horizons that, brought together, make up the profile of a soil. O Horizon: topsoil layer, containing organic matter. A Horizon: organic-mineral layer, the most fertile part of soils. B Horizon: soluble minerals and migrating clay particles leached from the upper a horizon. C Horizon: fragmented rock material. Their great diversity of colours, structures and textures is only visible when the soil is dug up or, occasionally, along roads.

Suelo de desierto sobre roca caliza. Detalle de costra caliza superficial con líquenes endolíticos y fisura rellena de sedimento eólico
W. Kubiena, 1954. ICA (CSIC)



A close-up photograph of a person's hand holding a small amount of dark brown soil. The hand is positioned at the top of the frame, with fingers slightly curled. A stream of soil is falling from the hand, creating a vertical column of particles that fills the lower half of the image. The background is a soft, out-of-focus green, suggesting a natural or garden setting. The overall composition is simple and focuses on the tactile experience of touching soil.

¡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.

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.

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 o con una estructura desarrollada y fuerte, con agregados bien formados. Una estructura estable previene la erosión y favorece el crecimiento de las raíces.

¿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?

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

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.

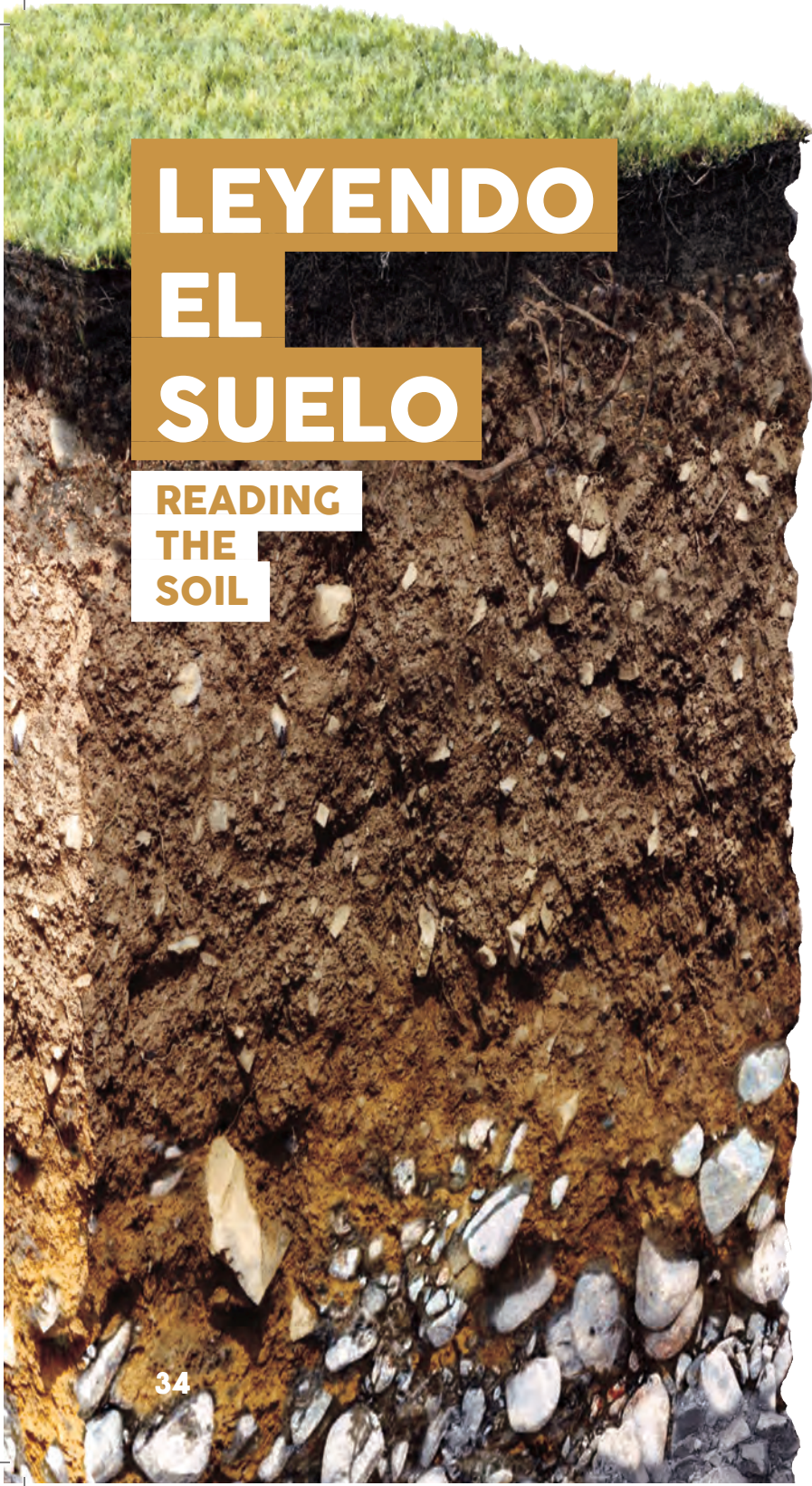
Texture: a cocktail of particles in three sizes: sand, silt, and clay

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 smallest ones. The proportion of particle sizes will affect the aeration, permeability, water and nutrient availability and how workable the soil is.

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, strong one, with well-formed aggregates. A stable structure prevents soil erosion and supports root growth.





LEYENDO EL SUELO

READING
THE
SOIL

34

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.*

El suelo como un libro de historia cultural y de paisaje

Las capas de ceniza 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.

El suelo de Islandia que se muestra a continuación (pg. 37) se formó en un fondo de valle donde el agua y los restos vegetales se acumulaban 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. Así mismo, hubo un gran número de víctimas debido al hambre y 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.

Soil as a book of the landscape and cultural history

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

The soil from Iceland shown (p. 37) 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 fluorine emitted to the atmosphere. In France, starvation 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.







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

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

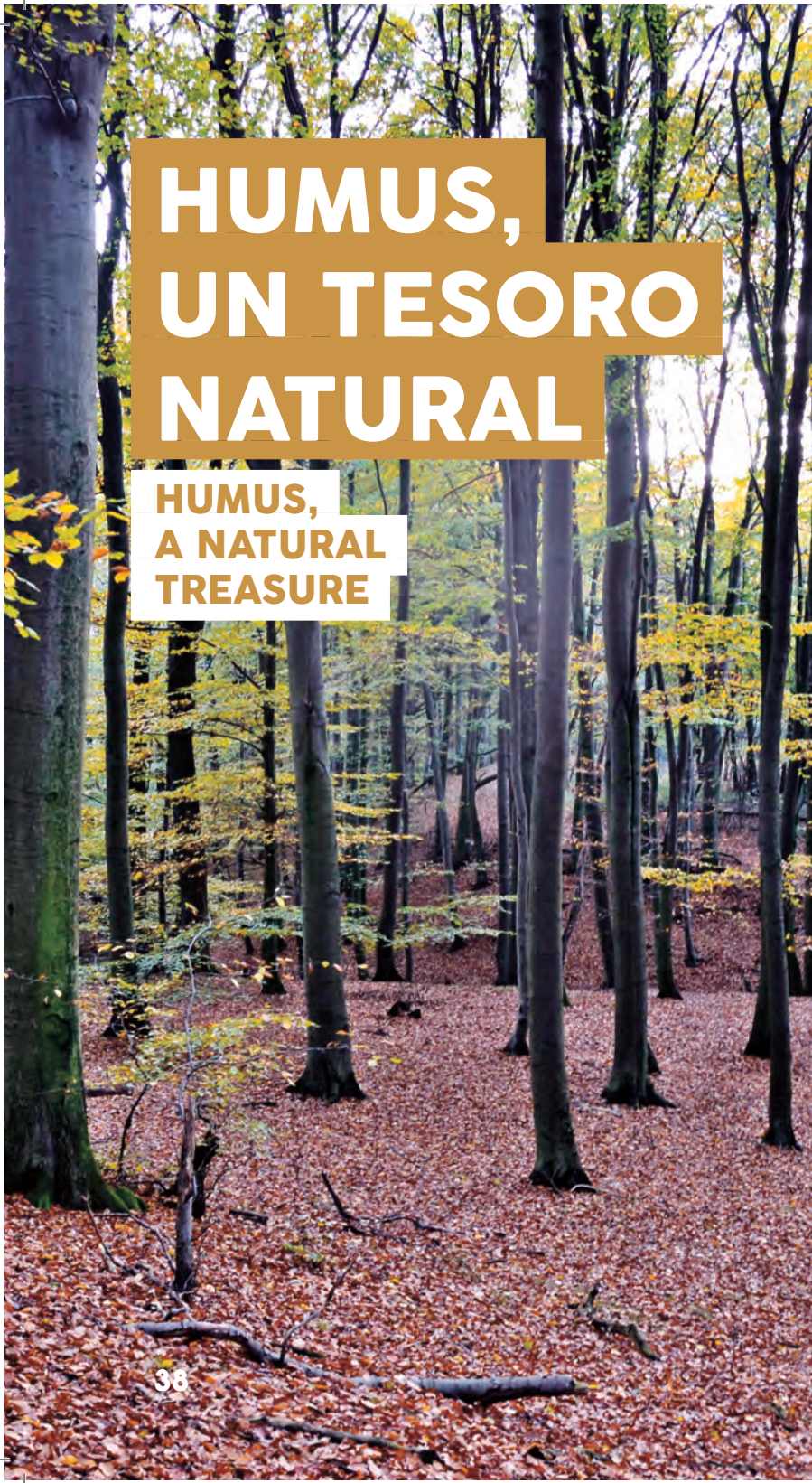
Capas de ceniza del volcán Laki, 1783
Ash layers Laki volcano, 1783

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*





HUMUS, UN TESORO NATURAL

HUMUS, A NATURAL TREASURE

El humus es un abono orgánico
que enriquece el suelo.

*Humus is an organic fertilizer which
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.

¿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.

¿Para qué sirve?

El humus es fundamental. Sirve como fuente de nutrientes esenciales para las plantas (nitrógeno, fósforo o azufre); actúa como un pegamento uniendo las partículas del suelo, formando agregados que reducen la erosión y aumentan la capacidad de retención de agua y nutrientes; para la agricultura es esencial, ya que de él depende la fertilidad del suelo.

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.

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.

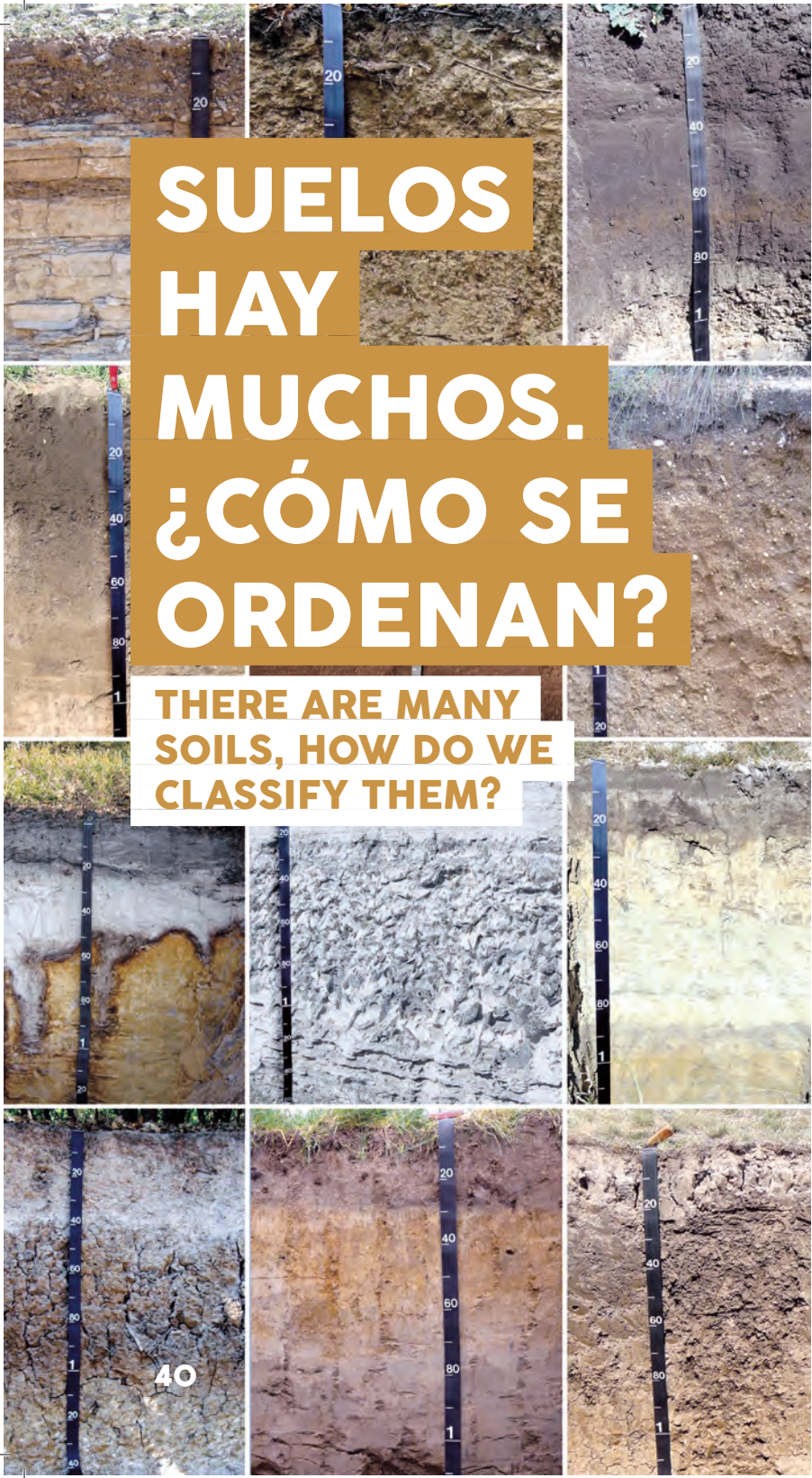
How is it produced?

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.

What is it useful for?

Humus is key. It is the source of 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. 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 decomposition. However, intensive agriculture may greatly shorten humus life span.





SUELOS HAY MUCHOS. ¿CÓMO SE ORDENAN?

THERE ARE MANY
SOILS, HOW DO WE
CLASSIFY THEM?

“Cuando un hombre pone la planta en el suelo, pisa siempre cien senderos”.

When one places the sole on the ground, one always steps over a hundred pathways.

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 para identificar la gran cantidad de suelos que hay, agrupándolos según sus propiedades y usos posibles.

Geología+Topografía+Clima=Suelo

Como si se tratara de ingredientes en una receta, cuando se combinan la geología, la topografía y el clima de un lugar 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.

¿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.

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

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

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

Geology+Topography+Climate=Soil

Just like the ingredients of a recipe, each specific soil develops out of a combination of factors in the geology, topography and climate of a place. 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.

How are soils named?

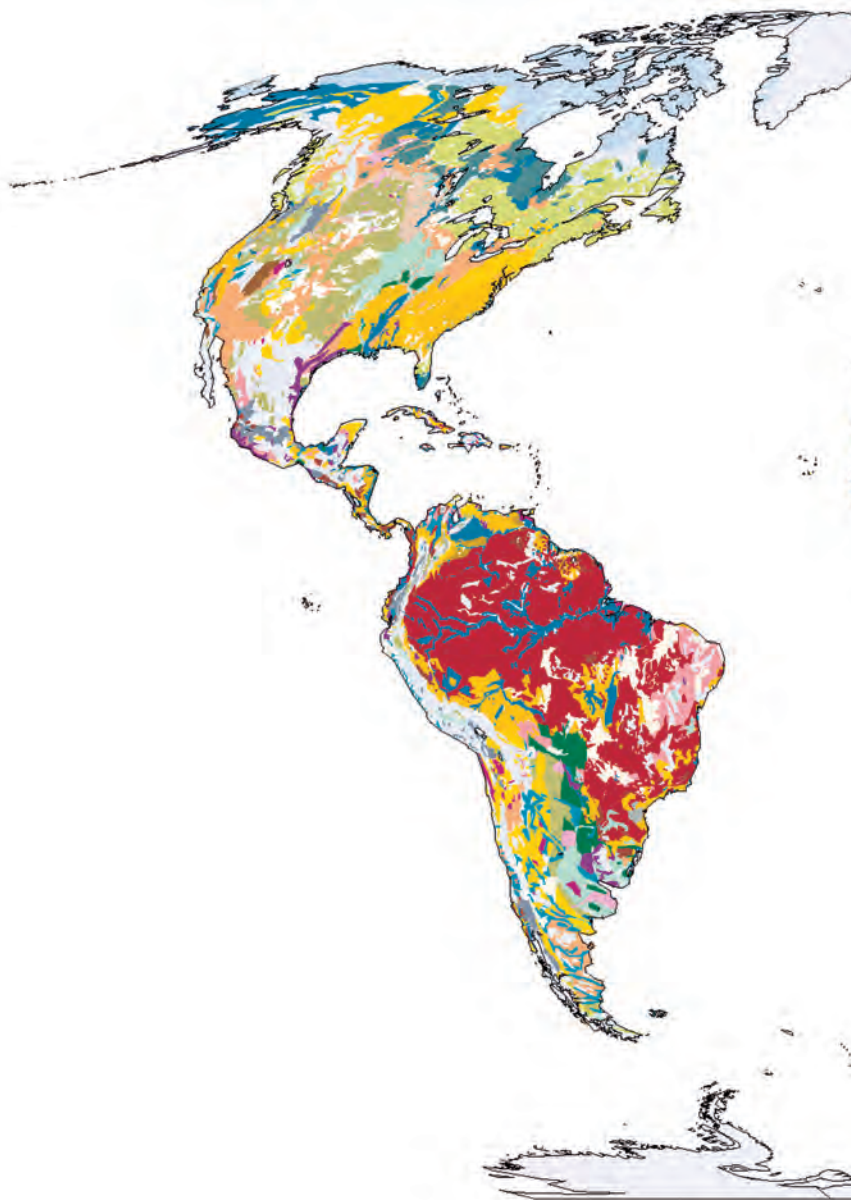
It might seem complex, but each one describes itself and the kind of soil it is. For instance, ANDOSOL derives from the Japanese term “an”, which means black, and “do”, which means soil, referring to the black soil formed out of volcanic ashes.

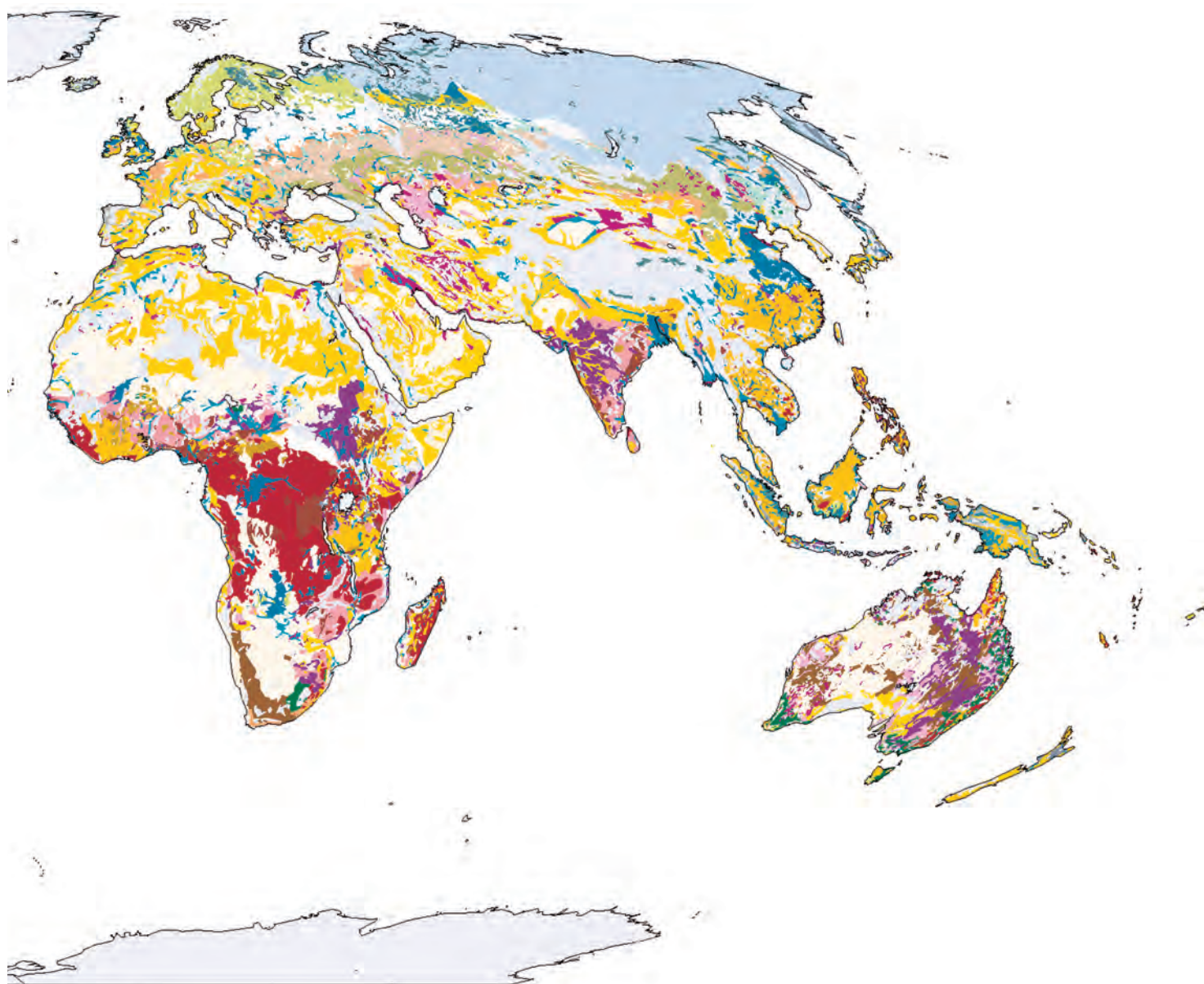


Principales suelos del mundo

Dominant soils of the world

-  Albiluvisols
-  Acrisols
-  Andosols
-  Arenosols
-  Chernozems
-  Calcisols
-  Cambisols
-  Cryosols
-  Durisols
-  Fluvisols
-  Ferralsols
-  Gleysols
-  Gypsisols
-  Histosols
-  Kastanozems
-  Leptosols
-  Luvisols
-  Lixisols
-  Nitosols
-  Podzols
-  Phaeozems
-  Planosols
-  Plinthosols
-  Regosols
-  Solonchaks
-  Solonetz
-  Umbrisols
-  Vertisols
-  Glaciers
-  No data
-  Water b.





¿CÓMO SE FORMA EL SUELO?

HOW IS SOIL CREATED?

40

60

80

¿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 centimeter of soil to form?



El suelo es el resultado de decenas de miles de años de interacción entre la roca madre, el paisaje, el clima y los organismos vivos, todo ello a lo largo del tiempo.

La mayor parte de los suelos que podemos observar han aparecido durante el Holoceno, hace unos 11.000 años, pero ¿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 esta se desintegra por la acción del clima y es poco a poco colonizada por seres vivos.

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

SE MULTIPLICA dando lugar a distintos horizontes, hasta que se forma el perfil característico del suelo.

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

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.

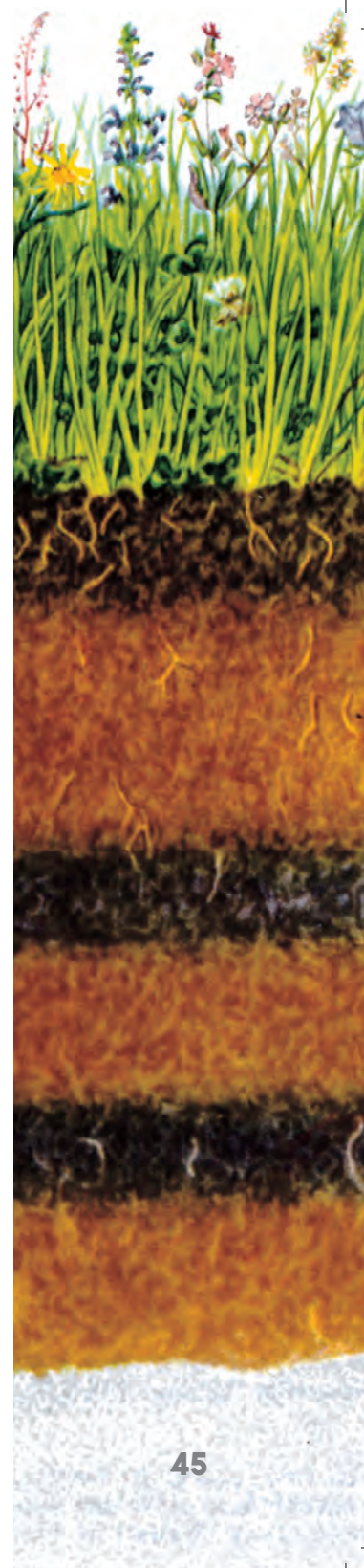
Most of currently visible soils appeared during the Holocene period, about 11000 years ago. But, how were they formed? If living beings are characterized by being born, growing up, reproducing and dying, we could then say that the soil is also alive.

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.

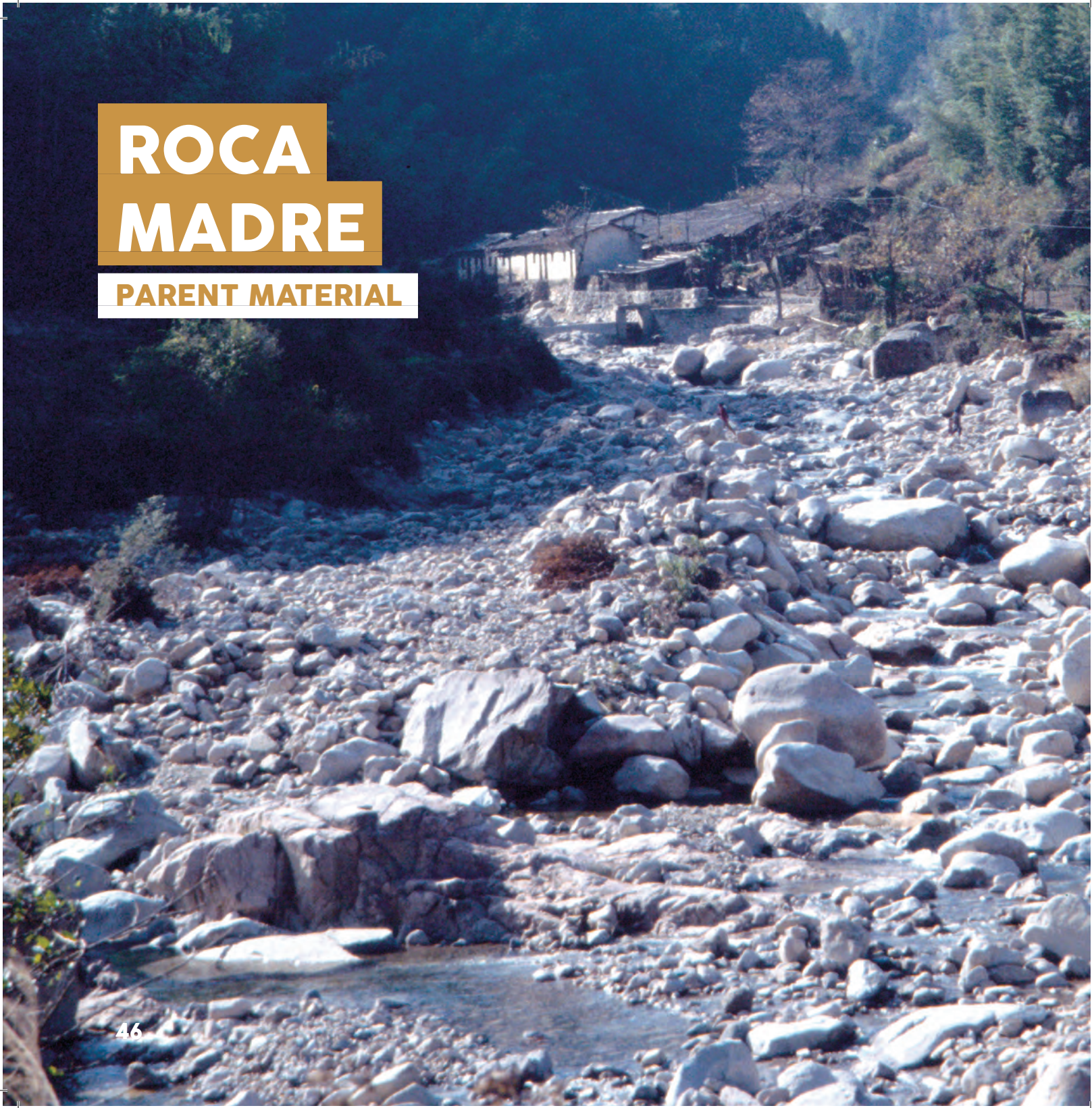
Soils MULTIPLY, giving rise to different horizons until the characteristic soil profile is created.

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



ROCA MADRE

PARENT MATERIAL



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.

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.





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.



CLIMA

CLIMATE

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.

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 and organic matter decomposition is fast, making them not very fertile soils.





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. Se desarrolla en climas tropicales húmedos y cálidos.

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. Developed in humid and warm tropical climates.



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.



ORGANISMOS VIVOS: LA BIOTA

LIVING ORGANISMS:
BIOTA



Todos los organismos vivos que habitan el suelo ejercen un papel trascendental en la formación del mismo. 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 aporta o mejora la estructura del suelo y 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.

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 solutes 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.





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.



RELIEVE

TOPOGRAPHY

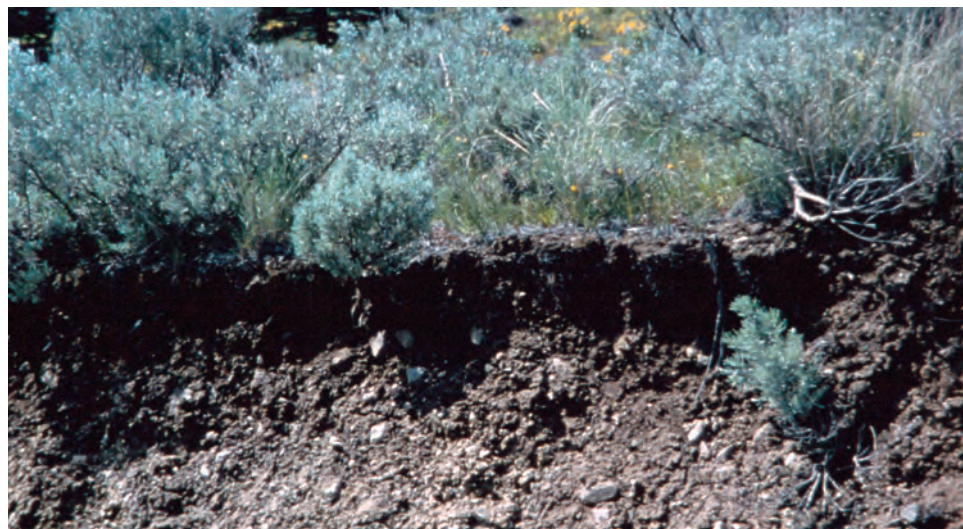


Influye directamente en la forma en la que el agua penetra en el suelo, lo que está relacionado con la pérdida o acumulación de materiales orgánicos e inorgánicos.

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, dando lugar a suelos 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.

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.





Leptosol (del griego *leptos* 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. Suelos típicos de zona de pendiente.

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. Common in sloped areas.



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

TIME



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, de manera que el suelo se vuelve infértil.

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.



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)

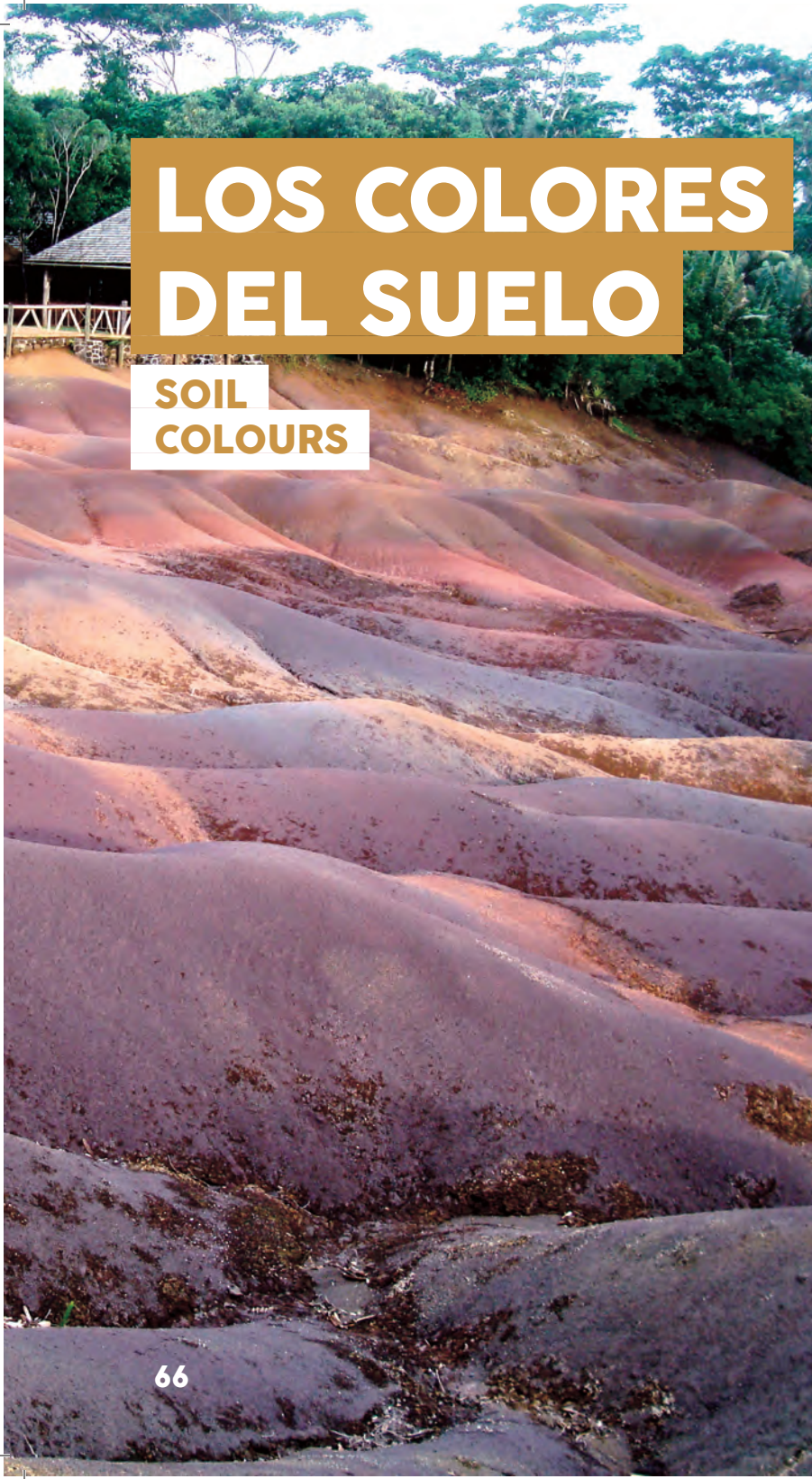
Son suelos muy alterados, de color rojo o amarillo, con límites difusos entre sus horizontes. Su perfil presenta los horizontes ABC y se caracteriza por tener un pH ácido y un contenido abundante de arcilla. Son característicos de los trópicos húmedos y se encuentran en zonas llanas o suavemente onduladas 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.





LOS COLORES DEL SUELO

SOIL COLOURS

Blancos, rojos, grises, amarillos, pardos e incluso negros; los suelos y sus horizontes tienen colores muy diversos.

White, red, gray, yellow, brown and even black; soils and their horizons have very different colours.

El color del suelo se debe a la materia orgánica y mineral que lo compone y puede variar a lo largo del año por la humedad, el contenido de humus o la disolución y pérdida de algunos de esos minerales.

¿Por qué un suelo es...?

Pardo o negruzco: acumulación de materia orgánica procedente de la muerte y descomposición de organismos vivos (hojas, raíces, microorganismos y pequeños animales). Rojo, naranja o amarillo: presencia de óxidos de hierro.

Azul o verde: presencia de hierro reducido.

Blanco: presencia de caliza, yeso u óxidos de silicio.

¿Para qué sirve saber su color?

El color es un criterio importante para clasificar los suelos y permite identificar algunas de sus propiedades o procesos biogeoquímicos que se puedan estar desarrollando.

¿Cómo se determina?

Se utiliza la escala de Munsell (1975) en la que se compara el color de la muestra de suelo que tenemos con la intensidad, tono y saturación de los que aparecen en la tabla.

Soil colour is determined by its organic and mineral matter and may vary throughout the year depending on moisture, content of humus or dissolution and loss of some of these minerals.

Why is soil...?

Brown or blackish: accumulation of organic matter from the death and decomposition of living organisms (leaves, roots, microorganisms and small animals). Red, orange or yellow: presence of iron oxides.

Blue or green: presence of reduced iron.

White: presence of limestone, gypsum or silicon oxides.

Why is knowing the colour useful?

Colour is an important key to classify soils and identify some of the properties and biogeochemical processes that may be taking place.

How is it determined?

The colour is determined by the Munsell scale (1975) by comparing the colour of the soil sample to the intensity, hue and saturation of those listed in the table.



SUELOS Y PAISAJES

SOILS AND LANDSCAPES

¿Sabías que en Edafología se llama catena (del latín cadena) a los diferentes suelos que pueden verse a lo largo de una ladera y que todos proceden de un mismo suelo original?

Did you know that the different soils that can be seen along a hillside, all of which derive from the same original soil, are called catena (Latin for string) in Pedology?

Existe una íntima relación ambiental entre los suelos y los paisajes en los que se desarrollan.

La influencia de uno en el otro es recíproca y también compleja.

¿Cuál es su relación?

Tendemos a valorar el paisaje desde un punto de vista estético, fisiográfico, cultural o histórico; y lo cierto es que es la huella de su historia natural, en la que participan los procesos de formación de los suelos. A su vez, características del paisaje como el relieve, la topografía o la orientación afectan a diversas propiedades físicas y químicas de los suelos, como resultado de los procesos de erosión y sedimentación.

Pongamos un ejemplo...

El paisaje influye en la profundidad y desarrollo de los suelos. En zonas escarpadas estos suelen ser poco profundos, según se desarrollan se van erosionando y pierden materiales que se acumulan en los valles ladera abajo. Esto hace que los suelos de fondo de valle sean mucho más profundos y determina a su vez el tipo de comunidades de plantas que pueden crecer en ese paisaje, lo que también influye en la distribución del agua y de la materia orgánica.

La posición en la ladera determina las características del suelo. Los suelos de la parte superior no están tan afectados por erosión hídrica, mientras que en aquellos que están en la parte más empinada ésta es muy intensa. Las partes más bajas reciben más agua y más sedimentos.

Y no sólo los suelos definen cómo es el paisaje. El relieve, el agua superficial y el ser humano también influyen directamente sobre él. La degradación del suelo afecta a todo el ecosistema, se altera la calidad visual del paisaje, su singularidad e incluso en los elementos culturales que lo caracterizan.

There is a close environmental relationship between soils and the landscapes they develop in. The influence on each other is mutual as well as complex.

What is the relationship between soils and landscapes?

We tend to value landscapes from an aesthetic, physiographic, cultural or historical view, and the truth is that landscapes are the footprints of the processes of soil formation. Moreover, landscape properties such as relief, topography or orientation affect several physical and chemical properties of the soil, as a result of erosion and sedimentation.

Let's take an example...

Landscapes influence the depth and development of soils. In steep areas, they usually have less depth because they are eroded as they develop, losing materials that accumulate in the valleys downhill. This results in deeper soils at the bottom of valleys which determines the type of plant communities that can grow in that landscape. This in turn influences the distribution of water and organic matter.

The position on the slope determines soil characteristics. Soils on the top are less affected by water erosion, while soils on the steepest part of the slope are subject to intense water erosion. The lower parts receive more water and sediments.

It's not only soils that define the landscape. Relief, surface water and humans also affect it directly. Soil deterioration affects the whole ecosystem, it alters the visual quality of the landscape, its uniqueness and even cultural elements that characterize it.



ISRIC

**INTERNATIONAL SOIL REFERENCE
AND INFORMATION CENTRE
(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 (SoilGrids1km) 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 properties and class maps for the entire world (SoilGrids1km) in support of studies of global environmental sustainability.



¿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 number of functions that are beneficial to ecosystems and that often go unnoticed.

¿Por qué es importante?

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**; it **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
kingdoms 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.

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.

¿Sabías que en una cucharilla de suelo sano puede haber más microorganismos que gente en el planeta?

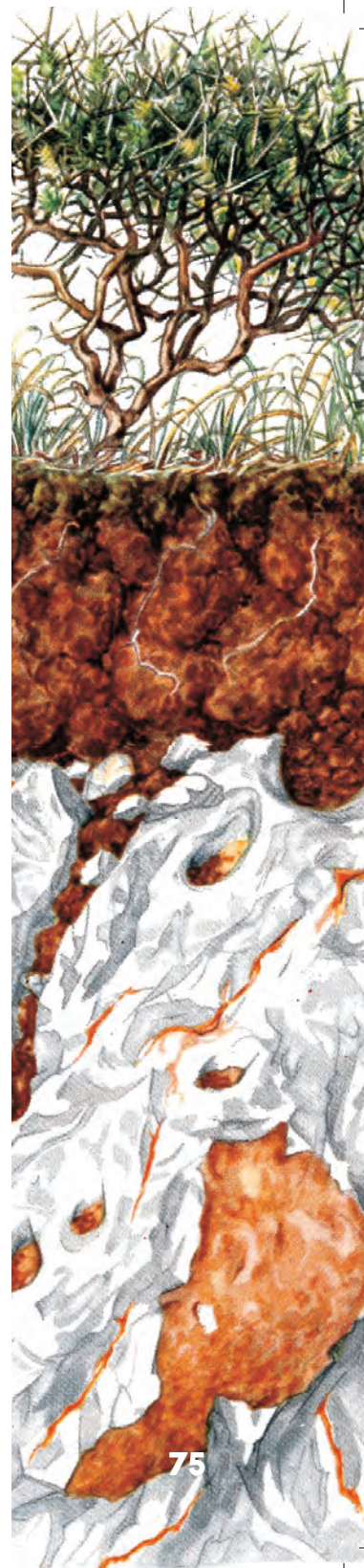
Did you know that there are in a teaspoon of healthy soil more microorganisms than people on the planet?

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.

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.



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.

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.

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.

¡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!

Nature's storehouse

Soils transform nutrients that are essential for living beings making them accesible 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.

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.

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.



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.

Proporciona nutrientes, agua y oxígeno

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

El suelo y la vegetación son esenciales para obtener:

FIBRA

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

MADERA

La utilizamos como combustible y material de construcción.

FORRAJE

Proporciona alimento para el ganado.

ALIMENTO

Un 95% de nuestros alimentos proceden del suelo.

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.

Soil provides nutrients, water and oxygen

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

Soil and plants are essential to obtain:

FIBER

To make clothes, like cotton.

WOOD

Used as fuel and building material.

FODDER

Soil provides food for cattle.

FOOD

95% of our food is produced in our soils.

¿Sabías que de las plantas del suelo obtenemos productos medicinales?

Did you know that many medicines are derived from plants growing in soils?



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.

¡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.

Regula el ciclo del agua

Un suelo sano retiene parte del agua de lluvia -un m³ almacena hasta 200 litros-, 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, la pérdida de este suelo óptimo impide correcto almacenamiento de agua.

Regula el clima

El carbono forma parte del CO₂, uno de los gases responsables del cambio climático. Este elemento llega al suelo fundamentalmente mediante la descomposición de plantas y animales. Aunque una parte se libera a la atmósfera en forma de CO₂ (respiración del suelo), otra queda secuestrada en forma de materia orgánica, mitigando así el efecto invernadero.

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

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. 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.

Soil is a water regulator

Healthy soils absorb most of the rainwater -one m³ 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 the loss of this healthy soil prevents the correct water storage.

Soil is a climate regulator

Carbon, from CO₂, 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. ATTENTION! The current increase in temperatura favors the release of soil carbon into the atmosphere, therefore speeding up the global warming process.



INGENIERÍA, PATRIMONIO FÍSICO Y CULTURAL

ENGINEERING,
PHYSICAL AND
CULTURAL
HERITAGE



El suelo no solo 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, múltiples minerales así como de fuentes de energía como la turba. Con estas materias se pueden construir ladrillos, cerámicas, recubrimientos, etc. Pero 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.

Protección del patrimonio físico y cultural

A menudo el suelo lleva la impronta de la ocupación de la tierra por 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 suelos húmedos y pocos aireados se conservan mejor los restos de los cuerpos humanos y animales, en los suelos bien aireados la materia orgánica de los restos se descompone más rápidamente, pero los objetos metálicos se conservan mejor.

Source of raw materials as well as basis for infrastructure

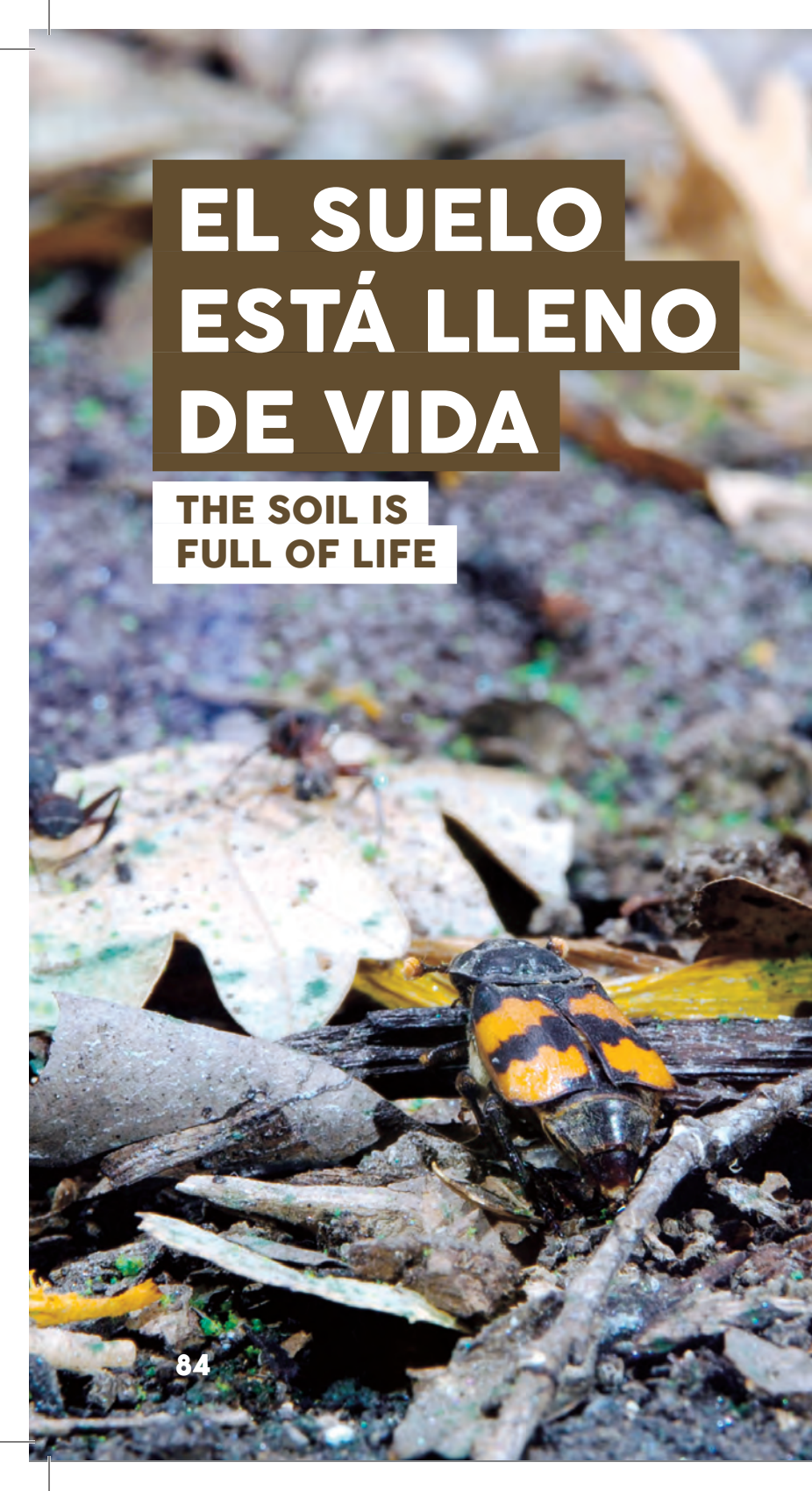
Soil is a vital source of raw materials such as clay, gravel, multiple minerals, and energy sources such as peat. With these materials we can build bricks, ceramics, coatings, etc. But it is also the basis on which all kind of infrastructures are built: roads, buildings, railroad tracks, gardens, and even waste dumps.

Conservation of physical and cultural heritage

Soil often has the imprint of the ancient human, plant and animal occupation. It is a historical means that preserves archaeological and paleontological remains whose study helps us to know fundamental aspects of biology and ancient societies.

However, not all the soils preserve this heritage in the same way. While remains of humans and animals are best preserved in wet and less aerated soils, in well-aerated soils organic matter decomposes more quickly, but metal objects are better preserved.





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)

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:

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.

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

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

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.

**¿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?*

***The soil, an ecosystem that is constantly
changing***

*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:*

*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.*

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

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

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



La red trófica del suelo

The soil food web



CIAOBACTERIAS
(MICROORGANISMOS
FOTOSINTÉTICOS)



RESTOS DE PLANTAS
Y ANIMALES



PRODUCTORES
PRIMARIOS



MICORRIZAS
(MICROORGANISMOS
SIMBIOTES)



BACTERIAS
Y ARQUEAS



NEMATODOS
(COMEDORES
DE RAÍCES)



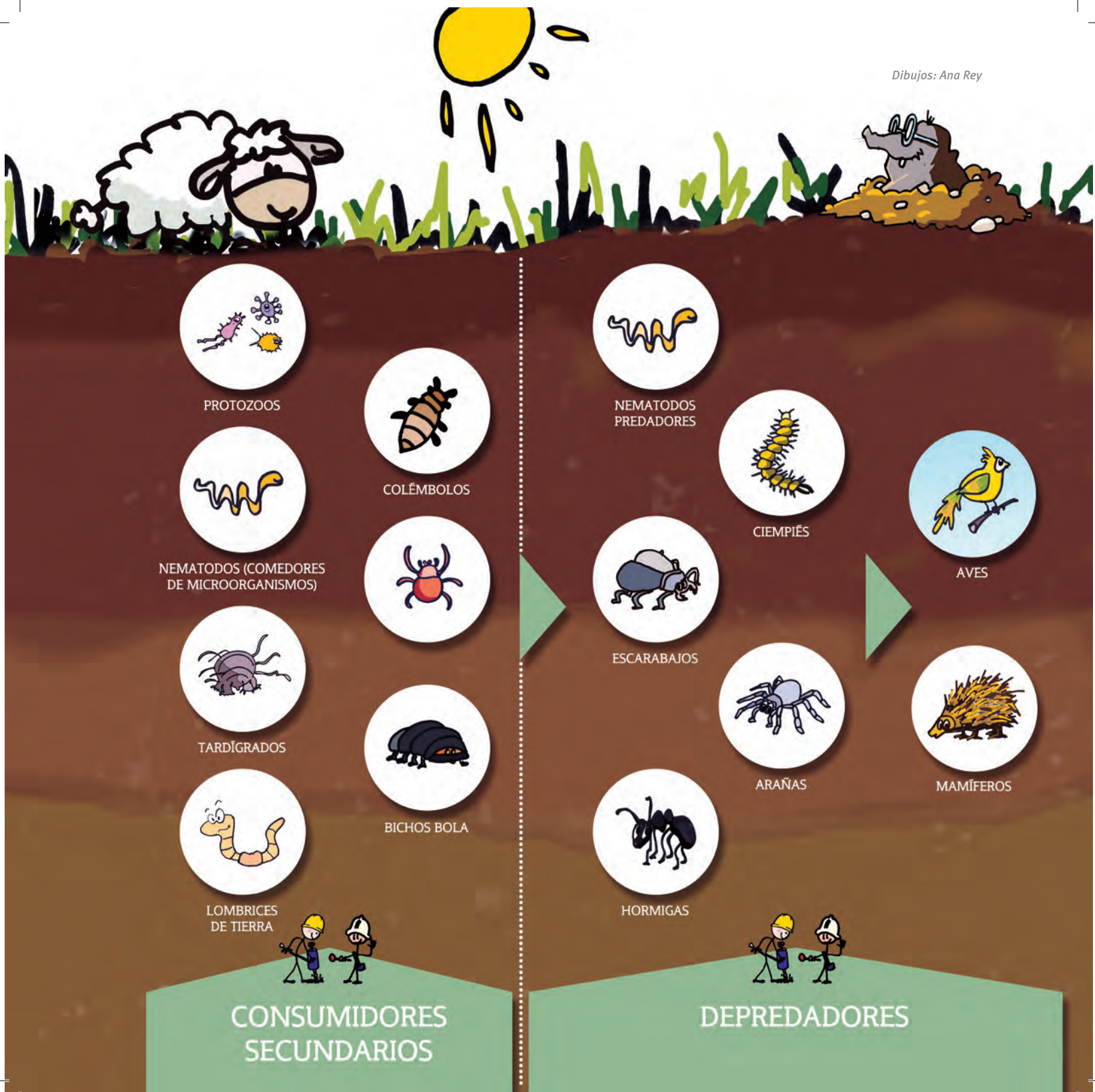
HONGOS
SAPROFITOS

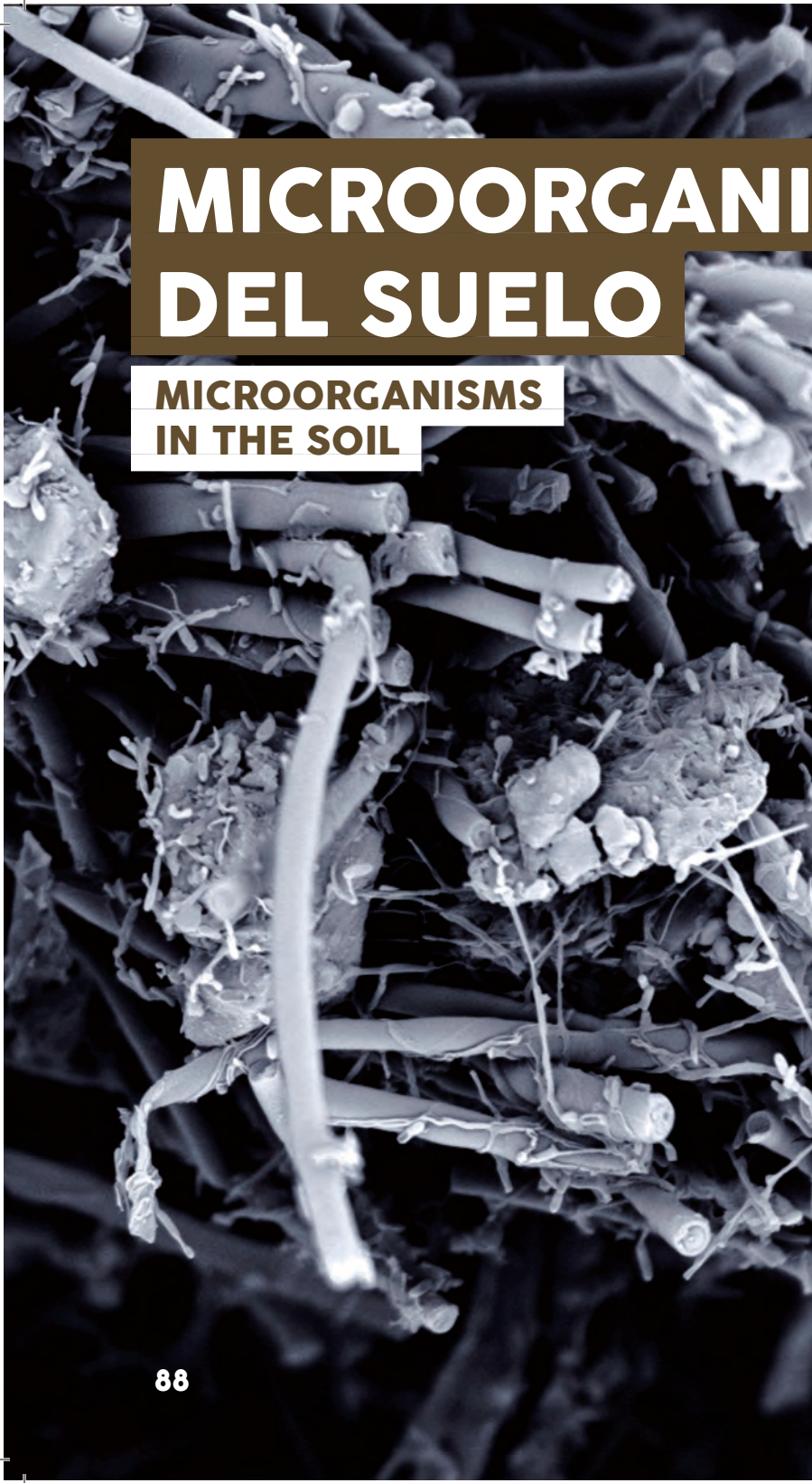


TARDÍGRADOS



CONSUMIDORES
PRIMARIOS





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%.

...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).

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".

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.

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.

...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 (symbioses between a fungus and the roots of a plant).

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".

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.

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.

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.

¿Sabías que en tan solo 100 cm³ 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?

Protists, the “very first or primordial” microorganisms

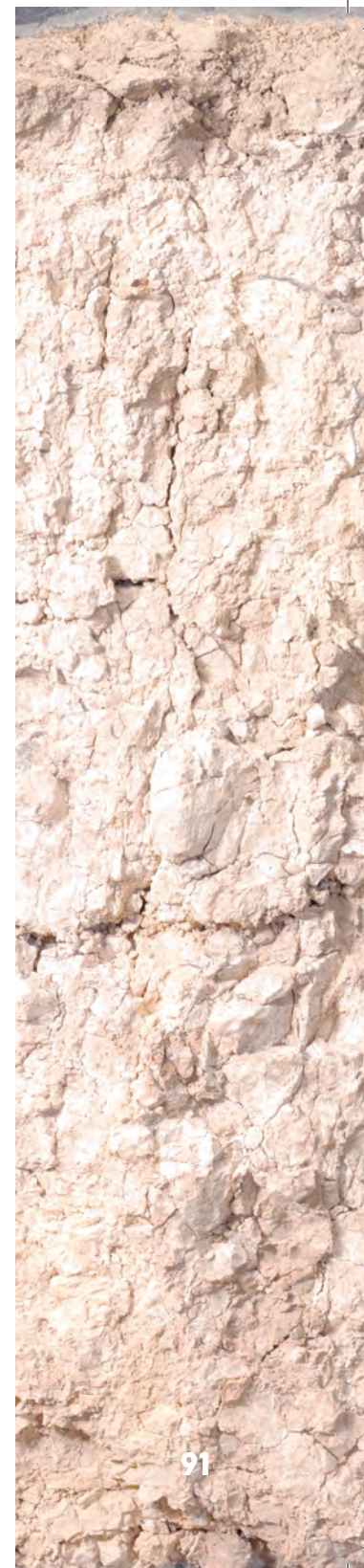
That is what their name, derived from Greek, means. They are single-celled organisms that live in the water layer of soil particles. They control bacteria populations through ingestion and degrade organic matter. However, the widespread ignorance about their diversity, structure and function in soils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

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. Their study is very useful in order to assess soil pollution and preservation.

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.



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.

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

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.

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.

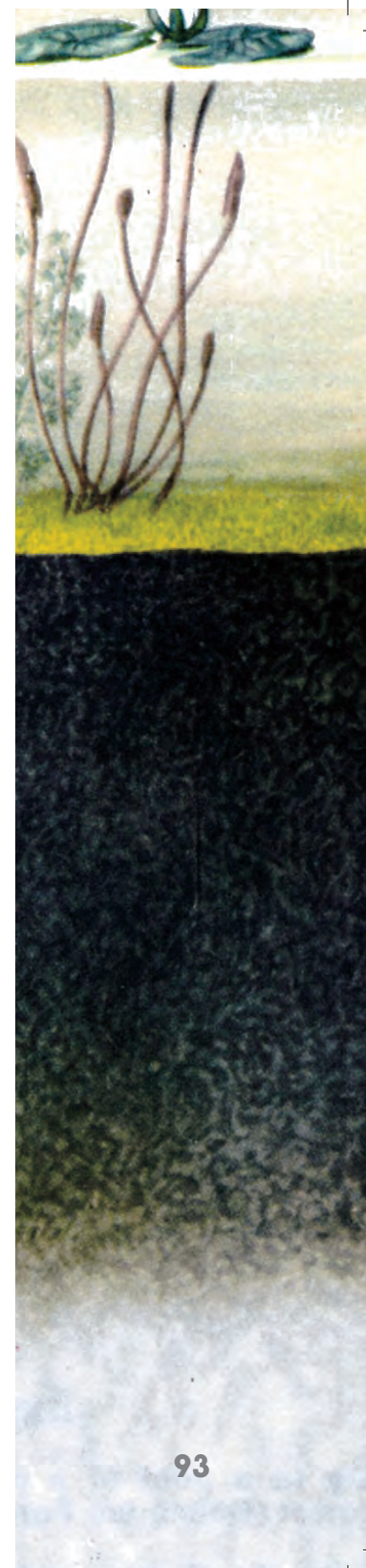
The charming water bears

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.

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 bioindicadors 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.



FAUNA WE CAN SEE



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

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).

Basado en Aldina Monique

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. 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 del suelo al año por hectárea.

¿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?

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).

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.



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, estos se contaminan: las sustancias tóxicas pasan del suelo al agua o a la cadena trófica, con el peligro que esto conlleva.

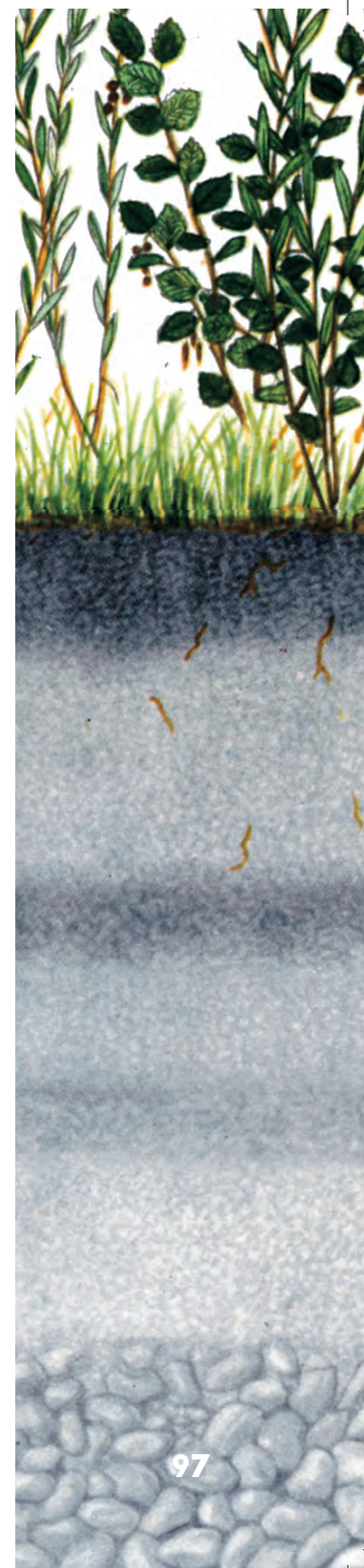
Quite often we do not notice that we are continuously using chemicals in industrial, agricultural, commercial or domestic activities, with which we may pollute the air, the water and the soil.

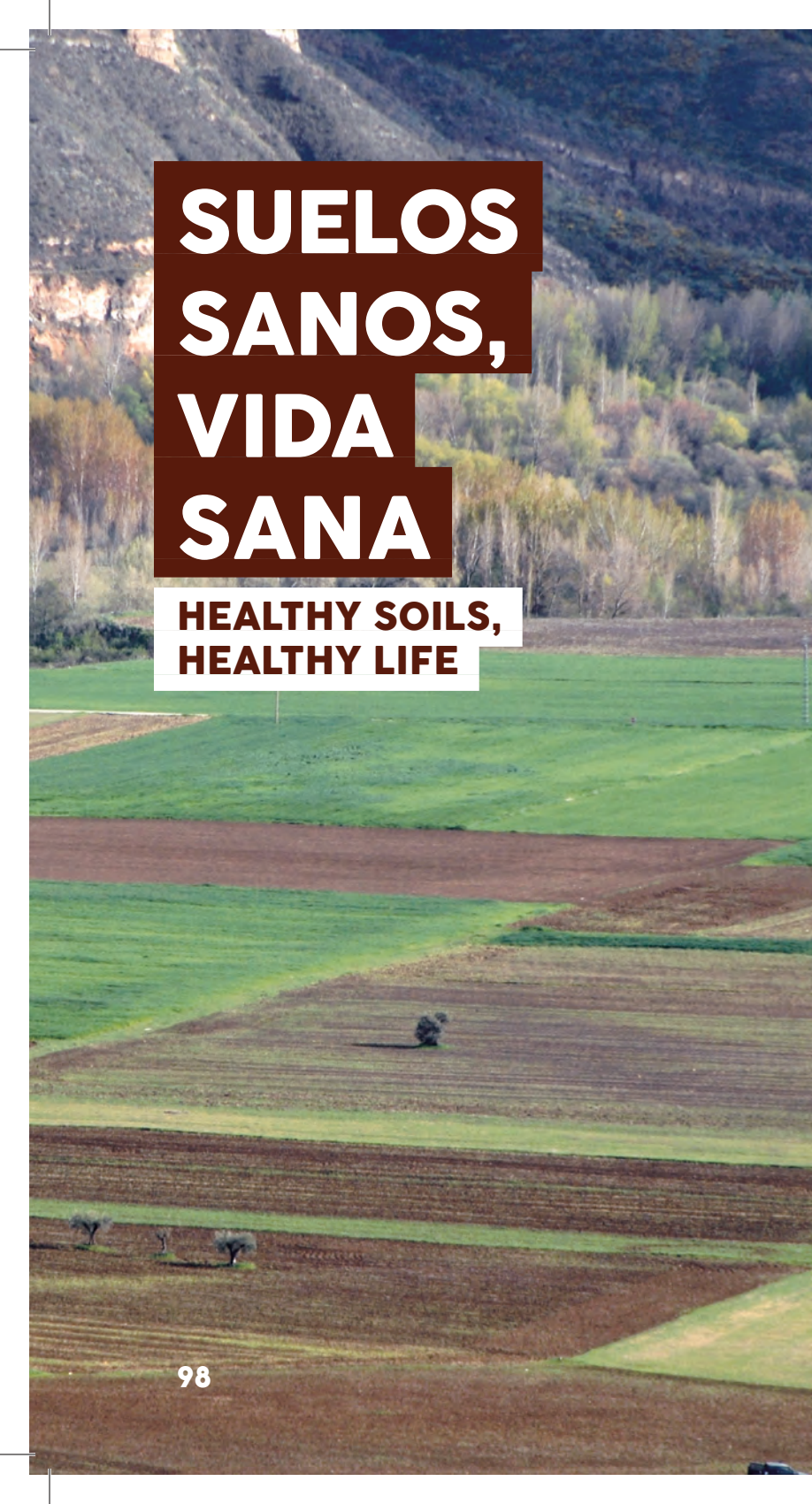
When we discard the residues from these activities we may be disrupting entire ecosystems since much of this waste is toxic to animals and plants, and even hazardous to ourselves.

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.

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; preservando una cobertura permanente que disminuye la

erosión y rotación de cultivos que favorece un aprovechamiento sostenible de los nutrientes.

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.

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.

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.

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.



EXPOSICIÓN

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 Hitado y Mercedes Paris (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

FACSIMILES Y FOTOGRAFÍA

Servicio de Fotografía MNCN

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, Noelia Cejuela

SOCIEDAD DE AMIGOS DEL MUSEO

Josefina Cabarga

TRANSPORTE

Demetrio Bautista

INSTITUCIONES QUE HAN COLABORADO

Carlos Dorronsoro (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 Leonís, Consuelo Martín, Rocío Muñoz, Alfonso Navas, Sergio Pérez-Ortega, Julio Redondas, Victoria Rodríguez, Antonio Vives

AGRADECIMIENTOS

Cervezas La Cibeles

CATÁLOGO

EDICIÓN

Cristina Cánovas, Fernando Garrido

TEXTOS

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

DISEÑO GRÁFICO

Alfonso Nombela, Juan Díaz Goy

IMPRESIÓN

Artes Gráficas Gala, S.L.

ISBN: 978-84-608-7991-6

DEPÓSITO LEGAL: M-15265-2016

© de la edición, Museo Nacional de Ciencias Naturales

© de los textos, sus autores

© de las imágenes, los titulares de los derechos gráficos.

Reservados todos los derechos



