

VI - EDAFOSFERA

El suelo y recursos asociados.

1. Fundamentos de la ciencia del suelo.
 - Concepto de suelo, componentes y organización en horizontes.
 - Fertilidad en relación al concepto de complejo de cambio.
 - Papel de los factores (clima, litología, topografía) de edafogénesis en las características de los suelos gallegos.
2. El suelo como recurso y recursos biológicos asociados.
 - Usos potenciales del suelo y Ordenación del Territorio.
 - Erosión y degradación de suelos. Descripción de los factores que influyen en la desertificación y relación con medidas de mitigación.
3. Impacto de las actividades agropecuarias y forestales. Erosión y degradación de suelos, deforestación y desertificación.

1. Fundamentos de la ciencia del suelo.

1.1. Concepto de suelo, componentes y organización en horizontes.

*El suelo se puede definir como la cubierta más superficial de la corteza terrestre, resultado de la **interacción** entre las rocas de la superficie terrestre, la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera.*

En el suelo confluyen los cuatro subsistemas que forman nuestro planeta: atmósfera, hidrosfera, geosfera y biosfera. Por eso se le clasifica, en ocasiones, como una interfase entre los cuatro subsistemas terrestres.

La **EDAFOLOGÍA** es la ciencia que estudia las propiedades, la estructura, el origen y los tipos de suelo.

Componentes del suelo.

a) La fase sólida.

- **Materia inorgánica:** Gravitas, arenas, limos y arcillas, resultantes de la alteración de la roca madre y sales minerales.
- **Materia orgánica :** viva (bacterias, hongos, invertebrados, etc.); muerta en descomposición (restos animales y vegetales)

b) La fase líquida:

Está constituida por el agua y las soluciones del suelo.

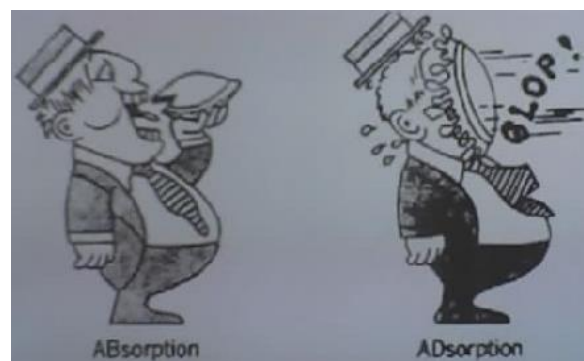
La fase líquida puede circular a través de los poros, puede quedar retenida en los huecos del suelo o mantenerse unida a la fracción sólida.

Por lo tanto, puede ser:

- Agua de gravitación: no está retenida en el suelo.
- Agua higroscópica: es el agua **adsorbida** directamente de la humedad atmosférica, forma una fina película que recubre las partículas del suelo. **No es absorbible** por las plantas.
- Agua capilar: es la que está en los tubos capilares del suelo. Una parte **puede ser absorbida** por las plantas y parte de ella no es absorbible.

Adsorción: es un proceso por el cual átomos, iones o moléculas son atrapados o retenidos en la superficie de un material.

Absorción: es un proceso en el cual átomos, moléculas o iones pasan de una primera fase a otra incorporándose al volumen de la segunda fase.



c) La fase gaseosa:

- Procede del aire atmosférico, por lo tanto tiene una composición similar a la del aire que respiramos, aunque con mayor proporción de dióxido de carbono, resultado del metabolismo de los organismos del suelo.
- Ocupa los poros del suelo. Cuando el suelo es muy húmedo, los espacios de aire disminuyen, al llenarse de agua.
- Es responsable de la oxidación de los componentes del suelo.
- En un suelo bien oxigenado, la fase gaseosa representa alrededor de un 25%. Si está mal oxigenado, habrá un predominio de organismos anaerobios.

Propiedades físicas del suelo:

Como hemos visto, el suelo es una mezcla de materiales sólidos, líquidos (agua) y gaseosos (aire). La adecuada relación entre estos componentes determina la capacidad de hacer crecer las plantas y la disponibilidad de suficientes nutrientes para ellas.

La proporción de los componentes determina una serie de propiedades como son: la textura, estructura, porosidad y permeabilidad.

1. Textura. Es la distribución o diferentes proporciones en que están presentes los distintos tamaños de las partículas sólidas que lo constituyen. Así, se suele distinguir:

a) Materiales gruesos, entre los que se encuentran fragmentos de la roca madre, aún sin meteorizar o poco meteorizados, de tamaño variable.

b) Materiales medios, constituidos por los de tamaño arena.

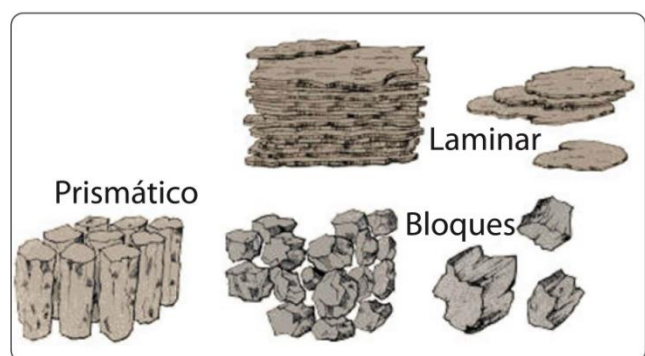
c) Materiales finos (arcillas y limos), de gran superficie en relación a su volumen; lo que le confiere una serie de propiedades específicas como cohesión, adherencia, absorción de agua, etc.

	Fragmentos rocosos	Arena	Limo	Arcilla
diámetro	> 2 mm (piedras y gravas).	0,05 - 2 mm.	0,002 - 0,05 mm.	<0,002 mm.
				
textura pedregosa, arenosa, arcillosa				

De un modo general, según la fracción de materiales que predominan se puede hablar de suelos pedregosos, arenosos, limosos o arcillosos. Entre estas tres categorías existe infinidad de combinaciones. De ellas, la más interesante son los suelos denominados francos (mezcla de arcilla y arena) al presentar condiciones óptimas para el cultivo.

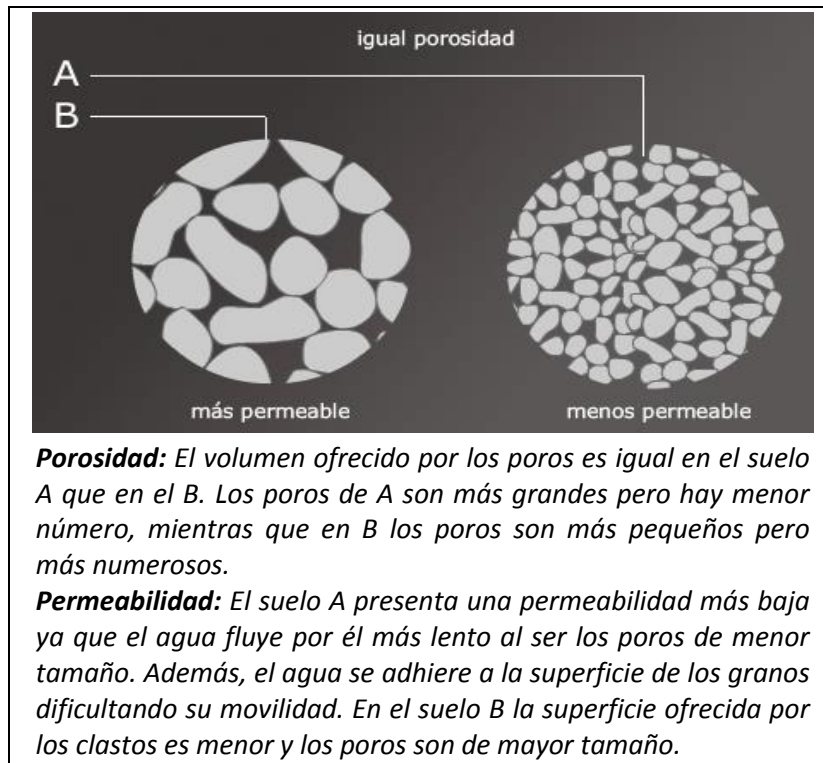
La textura es importante en un suelo porque determina la capacidad de retención del agua y sus propiedades en cuanto a permeabilidad y aireación del mismo. Así, las arcillas pueden retener mucha agua pero son muy impermeables, mientras los arenosos poseen una gran permeabilidad pero escasa capacidad para retener agua. Los **suelos francos** presentan una combinación adecuada de ambas lo que permite que retengan agua a la vez que proporcionan una buena aireación.

2. Estructura. Es la agrupación de las partículas en fragmentos mayores; unidos por los coloides del suelo: hay varios tipos de estructura según la forma de estos bloques (granular, prismática, laminar...).



3. Porosidad. Es el volumen de todos los espacios abiertos (poros) que hay entre los granos sólidos del suelo. Si decimos que una roca tiene una porosidad del 50% quiere decir que la mitad de la roca está constituida por poros y la otra mitad por partículas sólidas. La porosidad es importante para cultivar el suelo, ya que define el volumen de agua que puede ser retenida y dando así volumen al suelo.

4. Permeabilidad. Es la propiedad del sistema poroso del suelo que permite que fluyan los líquidos. Normalmente, el tamaño de los poros y su conectividad determinan si el suelo posee una alta o baja permeabilidad. Un suelo tendrá una **alta permeabilidad** si es **poros, de poros grandes con una buena conectividad entre ellos**. Los poros pequeños con el mismo grado de conectividad tendrían una baja permeabilidad, ya que el agua fluiría a través del suelo más lentamente. Es el caso de los suelos arcillosos.



Organización en horizontes.

Definimos **Horizonte del suelo** como las capas diferenciadas, con unas propiedades y características definidas que son el resultado de los procesos edáficos (de formación del suelo).

Definimos **Perfil del suelo** como el conjunto de los horizontes de un suelo.

Los principales horizontes del suelo son:

Horizontes superficiales:

- **El Horizonte O (mantillo)**, capa formada por la acumulación de hojarasca y de restos orgánicos no descompuestos. Tiene mayor fracción de materia orgánica que el horizonte A.
- **El horizonte A** es de tonalidad oscura porque contiene el humus, materia orgánica en vía de mineralización. En él se produce un lavado importante (lixiviación), siendo eliminadas por la acción del agua las sustancias solubles que emigran a niveles inferiores. Se sitúa en superficie o por debajo del horizonte O.

Horizontes subsuperficiales:

- **El horizonte E o eluvial**, es aquel que por lavado pierde componentes finos, especialmente arcillas y materia orgánica.
- **El horizonte B o de precipitación**, presenta una gran diversidad y es el resultado de la alteración del material de partida que adquiere una nueva estructura. En él aparecen nuevas arcillas y óxidos. En este horizonte precipitan las sustancias minerales lavadas en el horizonte A.
- **El horizonte C, o de transición** es el más profundo y constituye el tránsito con la roca madre. Está formado por material no consolidado a partir de los que se forman los horizontes superiores del suelo. Puede ser una roca meteorizada en el lugar o un material alóctono (resultante del proceso de erosión y sedimentación).
- **Roca madre**, a partir de la cual se ha formado el suelo.

1.2. Fertilidad en relación al concepto de complejo de cambio.

Podemos definir **fertilidad de un suelo** como la capacidad que posee ese suelo para suministrar elementos esenciales para el crecimiento de sus plantas, sin presentar concentraciones tóxicas de ningún elemento. Tanto las necesidades de elementos esenciales como la tolerancia a los elementos tóxicos varían con el tipo de planta con lo que el concepto de fertilidad no debe asociarse solo con el suelo sino también con el tipo de cultivo. Es decir, suelos aparentemente infértiles para un determinado cultivo pueden resultar altamente productivos cuando se cultiva otro tipo de plantas.

Un factor muy importante en fertilidad del suelo es la presencia de **humus**. Podemos definir **humificación** como *un conjunto de procesos químicos y microbiológicos de degradación de la materia orgánica que permiten su conversión en humus. Es llevado a cabo por la microflora del suelo, la cual transforma los restos biológicos en una mezcla de compuestos orgánicos que constituyen el HUMUS.*

Las partículas de arcilla y el humus tienen la propiedad de adsorber e intercambiar con la solución acuosa del suelo los nutrientes minerales que se encuentran disueltos en forma iónica. Esta propiedad conocida como **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)** es consecuencia de la carga eléctrica negativa existente en la superficie de las partículas más pequeñas del suelo, las de arcilla y humus. Estas cargas eléctricas atraen a los iones de carga positiva (cationes) presentes en la solución del suelo. Como las fuerzas que participan en la atracción de estos cationes son débiles, pueden pasar de nuevo a la solución acuosa a medida que la planta los necesite. Por esta razón se llaman **cationes intercambiables y el conjunto de sustancias que, como la arcilla y el humus, retienen los cationes y los intercambian con los de la solución acuosa del suelo, se denomina COMPLEJO DE CAMBIO.** El Complejo de Cambio es una auténtica reserva de nutrientes, ya que éstos son retenidos evitando su pérdida por arrastre hacia capas más profundas (lixiviado), y pasando a la solución acuosa a medida que, como consecuencia de la absorción por la planta, disminuye su concentración.

1.3. Papel de los factores (clima, litología, topografía) de edafogénesis en las características de los suelos gallegos.

Se define **edafogénesis** como el proceso de formación del suelo.

- El primer paso para la formación del suelo es la **meteorización de la roca madre** (debido fundamentalmente a los agentes climáticos), provocando por una parte una disgregación física de sus componentes, y por otra una alteración química de sus constituyentes mineralógicos. Así al cabo de un cierto tiempo la roca estará más o menos modificada (esta capa o manto de alteración que recubre la roca madre recibe el nombre de **regolito**).
- Sobre este sustrato alterado **se asientan los primeros colonizadores**, primero los líquenes y cianobacterias y posteriormente los musgos. Estos colonizadores contribuyen a transformar el sustrato sobre el que se asientan. Todos ellos aportan materia orgánica al suelo con su actividad y con su muerte o restos.
- Cuando existe una capa de algunos milímetros **pueden aparecer los primeros vegetales** con raíz enriqueciendo el suelo (todavía más) en materia orgánica. Los vegetales con sus raíces instaladas en las grietas de las rocas aceleran su meteorización.
- De esta manera, **se va desarrollando un suelo mucho más profundo (formándose los diferentes horizontes)** que alberga todo tipo de vegetales como árboles con raíces de grandes dimensiones. **Cuando cesa la evolución del suelo se le llama suelo clímax (punto de máximo desarrollo del suelo y en equilibrio con las condiciones ambientales).**

Factores que influyen en la formación del suelo: El suelo es resultado de la interacción de cinco factores:

- a) La roca madre (litología)
- b) Factores biológicos: seres vivos
- c) El clima
- d) La topografía
- e) El tiempo

a) LA ROCA MADRE. Es el sustrato a partir del cual se desarrolla el suelo. Especialmente importante son:

- **La composición mineralógica** de la roca madre. Determina los materiales a partir de los cuales evolucionará el suelo.
- **La permeabilidad**. Regula la penetración y circulación del aire y del agua, lo que va a condicionar de un modo decisivo la fragmentación y alteración de los materiales.

b) FACTORES BIOLÓGICOS. En general, el suelo se desarrolla a la par que la comunidad biótica que vive en él. Las acciones de los organismos son básicamente:

- **Aporte de materia orgánica**. Constituyen la fuente de material original para la fracción orgánica del suelo
- **Alteración de materiales**. Los organismos transforman los constituyentes del suelo al extraer los nutrientes imprescindibles para su ciclo vital. El papel de los microorganismos es fundamental en la humificación.
- **Mezcla de materiales**. Producen una intensa mezcla de los materiales del suelo como resultado de su actividad biológica

c) EL CLIMA. Es, quizás, el factor más importante porque condiciona el tipo de meteorización de la roca madre e influye mucho en la evolución del suelo. También influye en otros factores formadores del suelo como el factor biótico y en el relieve.

Los componentes climáticos más importantes son:

- **La humedad (disponibilidad y flujo de agua)**: Una humedad alta favorece actividades químicas y biológicas y se favorece el arrastre de partículas y diversas sustancias.
- **Temperatura**: El aumento de temperatura favorece la actividad química y biológica.
- **Balance hídrico**: Es la relación entre Evaporación (E) y Precipitación (P)
- **Viento**: Provoca aumento de evaporación y de erosión (arrastre de partículas), especialmente en las zonas áridas

d) LA TOPOGRAFÍA: la pendiente favorece la erosión que dificulta la formación del suelo y, además, condiciona la orientación respecto al Sol, lo que influye en que se mantenga más o menos humedad.

e) EL TIEMPO (de formación del suelo). La velocidad de formación de un suelo es extraordinariamente lenta (el suelo es un recurso no renovable). Para que un suelo llegue a su madurez hace falta un largo período de tiempo.

Hay una más rápida formación en los climas húmedos y cálidos que en climas secos y fríos.

Los suelos de Galicia

Las características y la distribución espacial de los distintos tipos de suelos de Galicia están fundamentalmente determinadas por la naturaleza de la roca madre, a la que se unen otros factores como el clima, relieve, el tiempo de desarrollo o el tipo de vegetación.

Aunque en Galicia existe una gran diversidad de rocas, la mayor parte de los suelos se desarrollan a partir de **rocas silíceas ácidas, como granitos, gneises o esquistos**. La **roca madre** aporta la mayor parte de la materia del suelo, por lo que la composición química de ésta determinará la escasez o abundancia de los nutrientes necesarios para el desarrollo vegetal o la de elementos importantes para la evolución del suelo. Con excepción del Fe, los demás elementos contenidos en la roca que se consideran esenciales para la nutrición vegetal son muy solubles, lo que por un lado facilita su absorción por las raíces de las plantas, pero al mismo tiempo favorece su pérdida por lixiviación.

De un modo general, podemos calificar el **clima de Galicia como templado-húmedo**. La temperatura, aunque no es muy elevada, es suficiente para que las reacciones químicas que afectan a los minerales y a la materia orgánica se produzcan con bastante rapidez. Sin embargo, dado que las rocas ácidas son bastante resistentes a la meteorización química, el desarrollo de los suelos es bastante lento, precisando períodos de tiempo que van desde unos pocos siglos a varios millones de años.

La abundancia de precipitaciones hace que la infiltración de agua en el suelo predomine sobre su pérdida por evapotranspiración. El resultado es un intenso lavado que conduce a un empobrecimiento en cationes básicos importantes para la nutrición vegetal (Na^+ , Ca^{2+} ; Mg^{2+} , K^+), lo que a su vez confiere a los suelos de Galicia un pH ácido (4,5-5).

La pérdida de bases puede ser amortiguada por la vegetación, que absorbe los cationes a través de las raíces y los devuelve a la parte superficial del suelo cuando caen las hojas. Una vez aquí la descomposición microbiana vuelve a liberarlos. Además de esta acción recicladora de la vegetación y los microorganismos, la pérdida de cationes puede reducirse gracias a la acción del **complejo de cambio (humus + arcillas)**. En los suelos de Galicia la retención de cationes es bastante limitada porque a pH ácido, la carga superficial negativa del complejo de cambio es baja.

Galicia tiene una **orografía accidentada**, por lo que buena parte de los suelos están situados en zonas de pendiente moderada, y por lo tanto son fácilmente erosionables. Las zonas bajas y depresiones (valles de ríos donde el nivel freático es elevado) están más protegidas frente a la erosión, pero pueden tener tendencia al encharcamiento.

Por lo general el espesor y el grado de evolución de los suelos aumentan progresivamente desde las zonas altas a las zonas bajas.

Principales tipos de suelos en Galicia

El resultado de la acción de los factores y procesos edafogenéticos que se acaban de exponer dan lugar a **unos suelos de escaso espesor** (salvo en aquellas zonas donde coinciden con rocas muy fracturadas o fisuradas) **y fácilmente erosionables, especialmente los que ocupan las laderas**. Su perfil está constituido por un horizonte A rico en humus (al que debe su característico color oscuro) que reposa directamente sobre roca madre fresca o sobre un horizonte C de roca madre alterada. Debido a su textura arenosa y al clima templado con abundantes precipitaciones, el horizonte A sufre una pérdida intensa de cationes básicos por lixiviación. Por lo general, los **suelos de Galicia carecen de horizontes de precipitación** (horizonte B) en los que se acumulen los elementos perdidos por los horizontes superiores; cuando existe un horizonte B éste es de tipo cámbico, es decir, formado por alteración y no por acumulación.

2. El suelo como recurso y recursos biológicos asociados.

2.1. Usos potenciales del suelo y Ordenación del Territorio

Según datos presentados en el *Mapa de coberturas y usos del suelo en Galicia* (2007) elaborado a partir de datos obtenidos del PROYECTO CORINE Land Rover, los usos del suelo en nuestra Comunidad y sus porcentajes son los siguientes:

Zonas edificadas y minas: incluye urbanizaciones, núcleos de población, zonas industriales, comerciales y de servicios y minas	1,91%
Zonas agroganaderas: incluyendo zonas agrícolas, zonas de ganadería tradicional y zonas de ganadería modernas.	38,82%
Zonas forestales: separadas en espacios con vegetación arbórea, espacios sin vegetación arbórea, espacios con poca vegetación o sin ella (playas, dunas, arenales y roquedos costeros)	58,56%
Zonas húmedas: zonas húmedas y pantanosas interiores y marismas.	0,11 %
Zonas de agua: ríos y embalses, lagunas continentales, lagunas litorales	0,60%

Si analizamos con detalle las zonas que ocupan los porcentajes más elevados, dentro de las **zonas agroganaderas** destaca la ganadería moderna (son explotaciones de vacuno de leche principalmente) que representan el 22,13% del territorio gallego. La mayor parte de esta superficie está ocupada por cultivos forrajeros (praderías y maíz fundamentalmente). El segundo uso agroganadero es la llamada ganadería tradicional que son pequeñas explotaciones de vacuno, junto a ganado ovino en pequeños rebaños. La mayor parte de esta zona está ocupada por prados y algo de agricultura de autoconsumo. El tercer grupo es el de las zonas agrícolas con suelo ocupado por maíz grano, cultivos hortícolas (en su mayoría para autoconsumo) y por el viñedo.

Por su parte, la **zona forestal** supone el 58,56% de Galicia. En el área arbolada las clases mayoritarias son el *eucalipto* y pino que constituyen la superficie más representativa del territorio forestal con orientación maderera. El bosque autóctono está distribuido entre las clases *castaño*, *especies caducifolias*, *mixtas caducifolia-pino* y *mimosas-caducifolias-pino*.

Por lo que respecta al espacio forestal desarbolado (un 33% del área forestal y un 19,36% del territorio de Galicia) es significativo observar que un porcentaje importante de él está sometido a pastoreo con una mayor o menor intensidad tanto por el ganado mostrenco (caballar vacuno, caprino y ovino) como por especies cinegéticas. Es una superficie perteneciente al territorio forestal y tiene una cobertura de pastizal arbustivo con una mayor o menor densidad de especies herbáceas. Por último, tenemos las **zonas edificadas y minas**. Dentro de las áreas artificiales, cabe decir que lo que más destaca es la clase *urbanización agrícola difusa*, fruto de la expansión de las periferias de las ciudades y del crecimiento de la edificación dispersa en el medio rural. Debido a la dispersión de la población en Galicia en pequeños núcleos de población, en algunas de las clases agrícolas se ha considerado el uso residencial para caracterizarlas.

Ordenación del territorio

La ordenación del territorio debe tener como objetivos racionalizar la dinámica de crecimiento económico y responder a intereses globales de la comunidad intentando anular, por ejemplo, las oportunidades especulativas sobre el espacio, tratando de evitar la apropiación individual de recursos públicos y tendiendo a reducir los desequilibrios sociales que se manifiestan en el uso del territorio.

Dentro de la ordenación territorial, el suelo debe ocupar un destacado lugar puesto que las funciones del suelo son diversas: ocupación, suelo como recurso, sumidero de residuos...etc. La gestión del suelo debe hacerse siguiendo el **principio de integración sostenible**. Es necesario que se desarrollen estudios diversos con el fin de elaborar mapas de fertilidad y de pérdida de suelo para restringir en unos casos y para adecuar en otros los posibles usos del suelo a diferentes actividades. **Conservar el potencial del suelo y evitar la erosión y la desertificación** deberían ser objetivos contemplados a la hora de diseñar políticas no solamente agrarias y forestales, sino también políticas de transporte e infraestructura, industriales y, sobre todo, urbanísticas.

Si queremos modificar los usos del suelo en nuestra comunidad debemos hacerlo siguiendo la normativa vigente, tanto autonómica como estatal.

A nivel legislativo autonómico, en el 2011 también aparece el Decreto 19/2011 por el que se aprueban las Directrices de Ordenación del Territorio, completando así las establecidas en el año 1995.

En el ámbito estatal, la última **Ley del Suelo data del año 2008**. Ésta es una ley que regula los derechos y obligaciones de los propietarios de los terrenos en España. Es la piedra angular del **derecho urbanístico** ya que regula el **derecho a edificar y el valor del suelo**.

Con relación a Europa, numerosos países europeos manifestaban su preocupación por la protección del suelo publicando **la Carta Europea de Suelos en el Consejo de Europa (1972)**, se establece que:

- *El suelo es uno de los bienes más preciados de la humanidad. Permite la vida de los vegetales, de los animales y de las personas en la superficie de la Tierra.*
- *El suelo es un recurso limitado que se destruye fácilmente.*
- *La sociedad industrial utiliza el suelo para la agricultura, la industria y otros fines. La política de ordenación del territorio debe concebirse en función de las propiedades del suelo y de las necesidades de la población actual y futura.*
- *Los agricultores y silvicultores deben aplicar métodos que preserven la calidad del suelo.*
- *Los suelos deben ser protegidos contra la erosión.*
- *Los suelos deben ser protegidos contra la contaminación.*
- *El desarrollo urbano debe ser organizado de manera que se cause el menor daño posible a las áreas vecinas.*

- *La recuperación de las obras de ingeniería civil sobre los suelos debe ser evaluada para adoptar las medidas de protección adecuadas.*
- *Es indispensable un inventario del recurso suelo.*
- *Para la utilización racional del recurso suelo es necesario un esfuerzo de investigación científica y colaboración interdisciplinar.*
- *La conservación del suelo debe ser materia de enseñanza a todos los niveles y de formación pública actualizada.*
- *Los gobiernos y las autoridades deben impulsar la planificación y administración racional de los recursos del suelo.*

2.2. Erosión y degradación de suelos.

La **erosión del suelo es un proceso que implica la movilización y transporte de los materiales, disgregados o no, de la superficie terrestre.**

Las **dos causas naturales** más importantes de erosión del suelo son la **erosión eólica y la erosión hídrica.**

Cuando en el proceso erosivo sólo actúan fuerzas de la Naturaleza («**erosión geológica o natural**»), por lo general la velocidad de transporte de las partículas del suelo es lo suficientemente lenta como para que la velocidad de formación de suelo compense las pérdidas sufridas, pero si se rompe este equilibrio a favor de las fuerzas erosivas, el fenómeno se incrementa considerablemente. Esta acción acelerada es debida, por lo general, a la acción humana (tala de bosques, cultivos, abandono de tierras, técnicas de cultivo inadecuadas, etc.). Este aumento de la erosión llega a provocar, incluso, la desaparición del suelo. A este tipo de erosión se la conoce como «**erosión antrópica o acelerada**».

La erosión del suelo resulta alarmante si tenemos en cuenta que su regeneración natural es extremadamente lenta y la pérdida de la cubierta vegetal contribuye a su erosión.

Erosión natural del suelo

a) **Erosión eólica.**- La acción erosiva del viento puede ser:

- Por arrastre de las partículas finas (arena, limo, arcilla) que ya estaban sueltas debido a otros fenómenos (deflación).
- Por desgaste o ataque que sufre el suelo cuando sobre él incide un viento cargado de material tamaño fino como la arena, que actúa mecánicamente sobre su superficie (abrasión eólica).

La erosión eólica aumenta en climas secos, con vegetación escasa y vientos frecuentes.

Hay zonas puntuales sin cubierta vegetal, excesivamente pastoreadas o sometidas al pisoteo continuo del ganado o de vehículos y maquinaria agrícola, que están muy expuestas a la erosión eólica.

b) **Erosión hídrica.**- El agua de lluvia golpea y disgrega los suelos desprovistos de vegetación. Si el agua de lluvia no se infiltra en el suelo, discurre por la superficie (escorrentía superficial) arrastrando partículas y nutrientes para las plantas.

En España esta erosión hídrica es más importante que la eólica.

Las formas en que se manifiesta la erosión hídrica son:

- **Erosión laminar o en manto:** Cuando el agua desciende por una pendiente remueve capas delgadas y uniformes del suelo. No es fácil de detectar, pero año tras año se van perdiendo sucesivas láminas superficiales de suelo. Si en el horizonte A del suelo desaparece el humus se pierde su fertilidad.
- **Erosión en surcos.**- Cuando las precipitaciones son intensas, el agua se concentra en pequeñas corrientes que abren surcos o regueros de algunos centímetros o decímetros de profundidad. Este tipo de erosión se observa muy claramente en los taludes de las carreteras.
- **Erosión en cárcavas o barrancos.**- La confluencia de surcos abre profundas incisiones en el terreno de varios metros de profundidad y anchura, llamadas cárcavas. Las cárcavas van creciendo hasta transformarse en estrechos y profundos barrancos. Son frecuentes en zonas áridas, terrenos arcillosos, con fuerte pendiente y escasa vegetación.

- Erosión en coladas de lodo.- En suelos con gran capacidad para la infiltración de agua, tras un período de lluvias prolongadas, se pueden producir coladas de lodo (barro) por efecto de la gravedad. El suelo arcilloso absorbe agua, adquiere plasticidad, y fluye ladera abajo por gravedad.

La consecuencia principal de la erosión del suelo es la reducción de la fertilidad y de la capacidad de retención de agua; además, millones de toneladas de sedimentos procedentes de las tierras agrícolas, son arrastrados cada año, obstruyendo los canales de riego, los embalses, los lagos y las vías navegables, para terminar finalmente en el mar.

Factores naturales que influyen en la erosión del suelo:

1.- Clima.- Influyen la distribución de temperaturas a lo largo del año, intensidad y dirección de los vientos dominantes y sobre todo las precipitaciones. Lo más importante es la distribución temporal de lluvias, las más erosivas son las lluvias torrenciales y esporádicas.

2.- Topografía.- Este factor queda definido por las inclinaciones de las pendientes y por las longitudes de las mismas.

Los procesos erosivos son más fuertes en zonas de pendientes acusadas que en las pendientes suaves. La pendiente facilita la erosión, de forma que con una inclinación superior al 15% los suelos corren el riesgo de ser erosionados.

3.- Naturaleza de los terrenos.- Los suelos se erosionan más o menos según su textura, estructura, composición química y mineralógica, permeabilidad y contenido en materia orgánica.

4.- Cubierta vegetal.- La cubierta vegetal amortigua el impacto de las gotas de lluvia al caer y frena el deslizamiento del agua (la escorrentía superficial) por las laderas, de modo que la densidad y naturaleza de la vegetación que cubre un determinado territorio es determinante evitar su erosión. Cuando se elimina la cubierta vegetal, como consecuencia de incendios forestales o de la actividad antrópica (tala abusiva de árboles, técnicas de cultivo inadecuadas, etc.) se favorece la erosión.

Factores antrópicos que influyen en la erosión del suelo:

1.- Deforestación.- La pérdida de los bosques incrementa los efectos de la erosión, la inestabilidad de las pendientes y la pérdida de suelo.

2.- Sobrepastoreo.- Es decir, cuando la intensidad del pastoreo es superior a la capacidad de regeneración de la vegetación. El exceso de ganado es una región termina agotando la praderas naturales, compactando el suelo, dejando al descubierto la tierra y acelerando la erosión.

3.- Prácticas agrícolas.- La erosión se incrementa notablemente al arar y remover el terreno.

4.- Minería a cielo abierto y obras públicas.- Los desmontes que se llevan a cabo para abrir canteras, minas a cielo abierto, autopistas y otras obras, implican siempre un aumento de los procesos erosivos.

5.- Expansión de áreas metropolitanas.- Con el aumento de población en determinadas zonas, la construcción de viviendas y las redes de transporte, gran parte de los suelos más fértiles que rodeaban los pequeños asentamientos humanos, han desaparecido para siempre.

6.- Sobreexplotación de acuíferos.- hace descender el nivel freático, por lo que muchas plantas no pueden superar una época de sequía prolongada. También puede producir la entrada en el acuífero de agua de mar (si el acuífero está cerca del mar), se saliniza el agua del acuífero y se riega con agua salada que degrada el suelo.

Degradación del suelo

La degradación del suelo es un proceso que disminuye la capacidad actual y potencial del mismo para producir, cuantitativa o cualitativamente, bienes o servicios.

La degradación del suelo es un fenómeno muy complejo en el que intervienen muchos procesos, pero según el proceso que domine se distinguen tres tipos de degradación del suelo:

- **Degradación química:** que puede ser debida a la pérdida de fertilidad por lavado de nutrientes o por agotamiento debido a la sobreexplotación; acidificación; salinización o alcalinización.
- **Degradación física:** fundamentalmente es la pérdida de la estructura del suelo por compactación debido al pisoteo del ganado o al empleo de maquinaria pesada.
- **Degradación biológica:** se produce la pérdida del humus debido a la eliminación de los organismos humificadores.

2.3. Descripción de los factores que influyen en la desertificación y su relación con las medidas de mitigación.

Finalmente, la degradación del suelo conduce a la **desertización o desertificación**

Ambos términos se emplean para definir el proceso de formación del desierto en un lugar que no posee las condiciones climáticas desérticas, o también se aplican estos términos en los procesos de degradación de suelos provocados directa o indirectamente por la acción humana que llevan a la disminución de la capacidad productiva de un territorio.

Factores que influyen en la desertificación: Se consideran siete procesos principales que conducen a la conversión de tierras en desiertos:

- 1) **Degradación de la cubierta vegetal.** Deforestación derivada de la eliminación de la cubierta vegetal ocasionada por la tala, los incendios, la lluvia ácida, etc.
- 2) **Erosión hídrica.** Efecto de las corrientes de agua que arrastran la cubierta que cubre el suelo. Se acelera cuando el ecosistema se altera por acción de las actividades humanas como la deforestación y el cambio de uso de suelo (construcción de carreteras, asentamientos humanos, explotación agrícola, pecuaria o forestal).
- 3) **Erosión eólica.** Remoción de la cubierta del suelo ocasionada por el viento. Tiene especial impacto en las zonas áridas y semiáridas, generado por el sobrepastoreo, la tala inmoderada y la práctica inadecuada de actividades agrícolas.
- 4) **Salinización.** Ocasionada por el aumento de la concentración sales solubles en el suelo. Esto reduce de una manera muy importante el desarrollo vegetal.
- 5) **Reducción de la materia orgánica del suelo.** Se genera cuando la cubierta vegetal que provee los nutrientes orgánicos al suelo, es removida.
- 6) **Compactación del suelo.** Estos procesos ocurren como consecuencia de: la escasez de materia orgánica, el uso intensivo de maquinaria agrícola o el sobrepastoreo.
- 7) **Acumulación de sustancias tóxicas.** El envenenamiento del suelo con frecuencia es generado por un uso excesivo de abonos y fertilizantes así como de métodos químicos de control de plagas (pesticidas y plaguicidas).

Medidas de mitigación de la desertificación (también valen como medidas contra la erosión)

- **La medida más eficaz es prevenirla mediante una buena planificación en los usos del suelo** a nivel local que incluya gestión de los recursos hídricos, planificación de actividades ganaderas y agrícolas menos agresivas, aplicación de técnicas agrícolas de barbecho, aplicación de tipo de cultivos adecuados para las condiciones del suelo, gestión de los bosques, etc. Estas medidas deben ser respaldadas por políticas locales. Además todas estas medidas tienen que mantenerse con el tiempo para garantizar una gestión sostenible de los recursos.

- **El manejo integrado de la tierra y del agua son métodos clave de prevención de la desertificación.** Todas las medidas que protegen los suelos contra la erosión, la salinización y otras formas de degradación del suelo de hecho previenen la desertificación. El uso sostenible de la tierra puede hacer frente a actividades humanas tales como el sobrepastoreo, la sobreexplotación de las plantas, compactación de suelos y prácticas no sostenibles de la irrigación que agraven la vulnerabilidad de las tierras secas. Las prácticas mejoradas de manejo del agua pueden aumentar los servicios relacionados con ella. Éstas pueden incluir el uso de técnicas tradicionales para la recolección de agua, almacenaje del agua y de diversas medidas de conservación del suelo y del agua. El almacenamiento de agua durante los episodios de precipitaciones intensivas también ayuda a prevenir la escorrentía que arrastra la fina y fértil capa superficial del suelo que es la que retiene la humedad. La mejora de la recarga del agua subterránea a través de la conservación del suelo y el agua, la revegetación en las cabeceras y ampliando la superficie ocupada por las inundaciones puede crear reservas de agua para el uso durante los períodos de sequía.
- **La protección de la cubierta vegetal puede ser un instrumento importante para prevenir la desertificación.** El mantenimiento de la cubierta vegetal (o la repoblación forestal) para proteger el suelo contra la erosión del viento y del agua es una medida preventiva clave contra la desertificación. La cubierta vegetal correctamente mantenida también previene la pérdida de servicios de los ecosistemas durante los episodios de sequía. Puede ocasionarse una merma de la precipitación si se pierde la cubierta vegetal debido al exceso de cultivo, de pastoreo, de recolección de plantas medicinales, de la tala de árboles, o a actividades de minería. A esto se agrega generalmente el efecto de la escasa evapotranspiración de superficie y de sombra o al albedo creciente.
- **El uso de la tecnología local apropiada es para los habitantes de las tierras secas en riesgo de desertificación una forma clave de trabajar con los procesos de los ecosistemas y no en contra de ellos.** La aplicación de una combinación de tecnología tradicional con transferencia selectiva de tecnología aceptable en el nivel local es una manera importante de prevenir la desertificación. A la inversa, existen numerosos ejemplos de prácticas —tales como técnicas y tecnologías de irrigación y manejo de las tierras de pastoreo no sostenibles, como así también inadecuada selección de cultivos para la zona agro-climática— que tienden a acelerar, si no iniciar, procesos de desertificación.

3. Impacto de las actividades agropecuarias y forestales. Erosión y degradación de suelos, deforestación y desertificación.

Desde el comienzo de la agricultura hasta la actualidad, los bosques han disminuido considerablemente sobre todo en los últimos 50 años hasta reducirse al 30% del total de la superficie terrestre, según datos de la FAO las mayores pérdidas se produjeron en África, América Latina y el Caribe. Por el contrario, aumentó en Norteamérica y Europa en el periodo comprendido entre el 1990 y 2005.

Las principales causas de la deforestación son la extensión de cultivos y pastos (para la obtención de carne y cuero), la introducción de nuevos cultivos como la soja y el aceite de palma, la tala ilegal, la obtención de madera y leña, la fabricación de papel, los incendios forestales y el desarrollo urbano.

Cuando se tala vegetación para despejar tierras o usar leña, la capa fértil del suelo es expuesta a la lluvia y al sol, la corteza del suelo se endurece y se seca, impidiendo la infiltración de más agua. Así **comienza el proceso de desertificación**, ya que disminuye la filtración acuosa a depósitos subterráneos, y la capa de suelo superficial se erosiona y se convierte en estéril.

Con relación a los **beneficios de los bosques**, destacamos los siguientes:

- **Crean suelo y moderan el clima.**
- **Controlan en las inundaciones.**
- **Son almacén de agua.**
- **Amortiguan la erosión del suelo.**
- **Toman y fijan CO₂.**
- **Proporcionan combustible.**

Las autoridades competentes deben orientar sus políticas hacia un uso sostenible de los bosques tomando **medidas para prevenir la deforestación** como pueden ser:

- Aumentar la eficiencia de las industrias madereras.
- Disminuir el uso del papel y aumentar su reciclado.
- Buscar usos alternativos de los bosques: en vez de talar, propiciar la recogida de productos para alimentación, medicina, cosmética, etc.
- Promocionar las plantaciones forestales destinadas a la fijación del carbono, siguiendo las recomendaciones del protocolo de Kioto.

Con relación a los impactos de las actividades agropecuarias en la desertificación, hemos visto a lo largo de este tema que tanto la agricultura intensiva como el sobrepastoreo favorecen el proceso de erosión y degradación del suelo y, como consecuencia de ambos procesos, la desertización.

Desde hace unos años se habla de la **agricultura sostenible** que se **define como aquella que sea ecológicamente segura, económicamente viable y socialmente justa**. Entre las recomendaciones que se deben seguir para que la agricultura sea sostenible, encontramos la siguiente: “que prime la conservación del suelo y la economía del agua sobre la productividad, lo que implica que las tierras no se considerarán industrias” también se aplica la máxima de “aplicar todas las medidas posibles para luchar contra la erosión del suelo”.

Por último, con relación al impacto de la **ganadería** en la erosión y degradación del suelo decir que el sobrepastoreo es una de las principales causas de la **compactación del suelo** y que favorece la **erosión eólica** en zonas áridas y semiáridas y la **degradación física** del mismo. Además, la transformación de bosques en pastos para la cría de ganado destinado a la producción de carne con la que surtir los mercados de los países del Norte, ha sido la causa de la **deforestación** de más de 20 millones de hectáreas de bosque en América Latina. Sin embargo, el consumo de carne en los países en vías de desarrollo es escaso.

Debemos pensar en **una ganadería sostenible** que se puede definir como aquella que es perdurable en el tiempo y que mantiene un nivel de producción sin perjudicar al medio ambiente. Se trata de un tipo de ganadería extensiva (el ganado se cría suelto por el campo) que aproveche como alimento los pastos, que requiera un bajo aporte energético de combustibles fósiles y que contribuya a mantener la biodiversidad del entorno.