

Sección Nº 9

O SOLO COMO INTERFASE

INTERFASES. O SOLO

1.- Introducción.

2.- O solo como interfase. Composición, estrutura e textura.

- 2.1. Definición de solo.**
- 2.2. Composición de solo**
- 2.3. Textura do solo.**
- 2.4. Estructura do solo.**

3.- Os procesos edáficos. Tipos de solos.

- 3.1. A formación do solo.**
- 3.2. Factores que condicionan a formación do solo.**
- 3.3. Tipos de solo.**

4.- Trazos xerais dos solos de Galicia.

5.- Recoñecemento experimental dos horizontes do solo.

6.- Solo, agricultura e alimentación.

- 6.1. O solo e a agricultura.**
- 6.2. O solo e os alimentos.**

7.- Erosión, contaminación e degradación do solo.

- 7.1. Erosión.**
- 7.2. Contaminación e degradación do solo.**
 - 7.2.1. Control e recuperación das zonas erosionadas.**
 - 7.2.2. Conservación dos solos.**
 - 7.2.3. Recuperación dos solos.**

8.- Desertización.

9.- Valoración da importancia do solo e os problemas asociados á desertización.

1.- INTRODUCCIÓN

A EDAFOLOXÍA é a ciencia que estudia o solo (“edaphos”= solo). Estudia a súa orixe, a súa evolución, a súa morfoloxía, o seus componentes, propiedades, procesos, a tipoloxía e a súa distribución.

O solo xeoloxicamente podese definir como a capa superficial, disgregada e de espesor variable que recobre a codia terrestre procedente da meteorización mecánica e química da rocha preexistente. Ecoloxicamente defínese como unha interfase entre todos os sistemas. O solo é o medio ecolóxico que alberga e posibilita a vida.

2.-O solo como interfase. Composición, estrutura e textura.

2.1 Definición de solo:

O solo é unha zona complexa de interacción entre a xeosfera, a biosfera, a hidrosfera e a atmosfera. O solo é a interfase superficial sobre a materia inerte, pero que non é inerte e sen vida senon que é o medio ecolóxico que a sustenta e posibilita.

2.2 Composición do solo:

O solo é un sistema heterogéneo formado por tres fases:

* Fase sólida constituída por componentes inorgánicos e orgánicos, que deixan ocos, que poden estar ocupados por auga ou aire.

- **Inorgánicos:** proceden directa ou indirectamente da meteorización da rocha nai. A súa composición depende da composición da rochas, os silicatos son os máis abundantes 95%, polo tanto son os minerais máis frecuentes no solo. Adoitan ser fragmentos de rochas (seixos, gravas, areas, limos e arxilas) e sales minerais (sulfatos, nitratos, fosfatos e óxidos de distintos tipos).
- **Orgánicos:** que proveñen dos restos vexetais, animais que non sufriron procesos de transformación e microorganismos diversos que forman o humus a partir de transformacións parciais da materia orgánica, a estrutura original da cal deixa de ser recoñecible e outros materiais como esterco, purín, compost que en ocasións se incorporan o solo.

* Fase líquida: formada por unha disolución acuosa moi diluída, con sustancias disoltas e en suspensión.

* Fase gaseosa: composición parecida a da atmosfera exterior, con menos osíxeno e máis CO₂.

2.3 Textura do solo.

A textura é unha propiedade ligada a fase sólida do solo, os seus componentes inorgánicos, as partículas non se teñen en conta para a maioría das análises e as de tamaño menor de 2mm agrúpanse en tres categorías: areas, limos e arxilas. A textura indica as cantidades relativas de partículas dos distintos tamaños na fracción de diámetro inferior a 2mm.

A textura inflúe sobre todo nas propiedades do solo: na formación de agregados (estrutura), na porosidade, na aireación, na retención e no movemento das fases fluídas e tamén na reactividade química do solo.

- Solos areosos son moi permeables e reteñen mal a auga, químicamente son poucos reactivos.
- Solos arxilosos son moi activos químicamente, reteñen moita auga, están ben estruturados, pero pouco permeables.
- Solos limosos son pouco permeables, mal aireados e químicamente son moi poucos reactivos.
- Francos teñen boa retención de auga e moderada permeabilidade e químicamente son moi reactivos.

2.4. Estructura do solo.

A estrutura é a disposición ou estado de agregación ou cohesión dos componentes edáficos.

As partículas do solo non se encontran illadas, senón que forman uns agregados estruturais, os diferentes horizontes dun mesmo solo poden presentar diferentes tipos de agregados. Os agregados diferéncianse no tamaño, forma e grao de desenvolvemento. Os catro principais tipos de estrutura do solo son: esferoidal, laminar, en prismas ou en bloques.

- **Granular:** consiste en agregados esféricos ou gránulos, que normalmente varían entre 1 e 10 mm de diámetro. Esta estrutura é característica dos horizontes superficiais de moitos solos, especialmente dos que teñen abundante materia orgánica, nos bosques, pradeiras e solos con abundante actividade de miñocas.
- **Laminar:** esta estrutura está formada por láminas horizontais que poden aparecer tanto nos horizontes superficiais como subsuperficiais, as láminas poden formarse por procesos de formación do solo e tamén pode herdarse do material de partida, como é o caso dos sedimentos aluviais e glaciares, e tamén por compactación de solos arxilosos por acción de maquinaria pesada.
- **Bloques:** os agregados son de forma irregular, en forma de cubos e de tamaños que oscilan entre 5 e 50mm, a forma dos bloques individuais, non é independente senón que están moldeados por agregados que teñen o seu lado. Este tipo de estrutura é frecuente nos horizontes B, onde favorecen a drenaxe, a aireación e a penetración das raíces.
- **En prismas:** esta estrutura columnar ou prismática caracterízase por agregados en prismas ou columnas orientados verticalmente que varían en altura entre os diferentes tipos de solos e teñen tamaño entre 150mm ou superiores. En solos ricos en sodio esta estrutura está composta por columnas redondeadas na súa parte superior, é frecuente nos horizontes B e a estrutura chámase columnar. Cando a parte superior dos prismas son angulares ou planos, a estrutura chámase prismática, son moi frecuentes en solos de zonas áridas e semiáridas e en solos de rexións húmidas con baixa drenaxe.

3.- Os procesos edáficos. Tipos de solos.

3.1. Formación do solo.

Un solo formase pola acción combinada dunha serie de factores:

- Material orixinal
- Relevo
- Clima
- Organismos
- Tempo

3.2. Factores que condicionan a formación do solo.

A.- Material orixinal: O material orixinal ou de partida e o estado inicial de evolución do solo, este material non ten porque coincidir co sustrato xeolóxico subxacente, sobre este poden existir depósitos sedimentarios ou coluvions de ladeira. A rocha aporta a maior parte dos materiais que van a formar o solo xa que os minerais do solo proceden directa ou indirectamente do material orixinal.

Temos que ter en conta tres aspectos da rocha:

- Composición química, que determina os elementos que herda desta.
 - As rochas básicas (alto contido en ferromagnesianos e baixo en seixo) son moi alterables, dando lugar a solos profundos, de cores intensos, roxizos ou amarelentos. Son ricos en arxilas, teñen boa capacidade de retención de auga, aínda que en estados moi avanzados de evolución poden ter dificultades de drenaxe, presenta boa fertilidade química. Son neutros ou básicos, aínda que por lavado moi intenso pode pasar a ser ácidos.
 - As rochas ácidas (alto contido en seixo) orixinan solos pouco profundos, areosos e porosos, moi permeables e moi lavados. Son solos ácidos, pobres en nutrientes e baixa fertilidade química.
 - As rochas sedimentarias (composición moi variada) trátase de materiais que sufriron xa unha alteración, son ricas en minerais resistentes e dan lugar a solos delgados e pobres, menos nos depósitos aluviais que forman solo fértiles.
 - As cinzas volcánicas (ricas en minerais non cristalinos) facilitan a alteración, forman solos profundos lixeiros, porosos, de elevada capacidade de retención de auga e elevada capacidade de cambio.



Solo sobre cinzas volcánicas

- Composición mineralóxica, que determina a súa alterabilidade. As rochas que conteñen minerais inestables (xesos, carbonatos, minerais ferromagnesianos) evolucionan máis fácil e rapidamente para formar solos que as que están constituídas por minerais moi estables (cuarzo, moscovita).
- Grao de fracturación, que determina que a rocha se altere con maior ou menor facilidade.

B.- Relevo: a pendente favorece a erosión e dificulta a formación de solo e, ademáis, condiciona a orientación respecto ó sol, o que inflúe en que se manteña máis ou menos humidade.

C.- O clima: é o factor máis importante porque condiciona a meteorización da rocha nai é a súa evolución. Depende do clima exterior e tamén das propiedades do solo. Este factor depende de dous parámetros:

a) Temperatura, que no solo ven modificada por:

- Vexetación, que protexe o solo da radiación solar.
- Cor: os solos escuros absoben máis calor cos claros.
- Humidade: necesítase mais enerxía para quentar o solo húmido que o solo seco.

A temperatura coa profundidade vaise amortiguando.

b) Humidade: a cantidade de auga do solo, e a das precipitación dependen de:

- Propiedades do solo: permeabilidade, capacidade de retención que depende da textura, estrutura e porosidade.
- Cobertura vexetal, que intercepta a auga de chuvia.
- Topografía, escorrentía nas zonas altas e acumulación nas zonas baixas.

A influencia do clima na formación e características do solo está reflexada no rexime de humidade e temperatura, relacionado coa precipitación (auga que chega) e coa evapotranspiración (auga que se perde, que varía dependendo da temperatura do solo, do tipo de vexetación e das condicións atmosféricas, humidade e ventos).

D.- Organismos: a maioría dos organismos que viven no solo están nas capas superficiais, onde se dan as condicións de humidade, temperatura, aireación e luminosidade necesarias. A diversidade de vida no solo é moi alta:

- Algas: son organismo fotosintéticos que fabrican osíxeno.
- Fungos: participan activamente na descomposición e transformación dos compoñentes orgánicos, son heterótrofos. Tamen exercen un importante papel na nutrición das plantas porque forman asociacións coas raíces, chamadas micorrizas, que según algúns autores están presentes no 85% das plantas, aumentan a capacidade respiratoria das raíces, conséguese unha maior asimilación de N e P e aceleran a meteorización da rocha.



Micorrizas

- Liques: asociación de fungo e alga, contribúen á formación do solo, pois degradan as rochas.
- Plantas: aportan materia orgánica ó solo, interveñen no ciclo dos nutrientes, modifican o edafoclima do solo, interveñen na alteración do solo mediante procesos físicos (as raíces exercen un efecto mecánico sobre a rocha), procesos físicos-químicos (liberación de CO₂ por parte de das raíces que provoca acidificación e a auga de pluvio lavado da planta que potencian a alteración e os procesos biolóxicos).

- Bacterias: a maioría son heterótrofas, son moi importantes nos procesos de descomposición da materia orgánica e na reciclaxe de enerxía e de nutrientes como N, P, S, Fe e Mn.
- Animais: os principais grupos de animais son os anélidos (miñocas) e artrópodos, animais que presentan exoesqueleto endurecido e articulado (insectos, arácnidos, miriápodos e crustáceos). Tamén nemátodos, moluscos, vertebrados como roedores e mamíferos pequenos. As accións que exercen sobre o solo son: apertura de canais que facilitan a aireación e mesturan os horizontes do solo facilitando o posterior ataque dos fungos e das bacterias e acelerando a transformación, sobre todo dos materiais orgánicos presentes no solo. Suponse que nunha hectárea de solo viven catro ou máis toneladas de seres vivos.
- Home: a súa acción deriva sobre todo das prácticas agrícolas, forestais e de construción.

Os seres vivos exercen tres funcións fundamentais na formación do solo:

- Constitúen a fonte de material orixinal para a fracción orgánica do solo. Os restos dos seres vivos ó morrer sofren diversas transformacións ata converterse en novos compoñentes orgánicos.
- Exercen accións de alteración dos materiais edáficos. O papel dos microorganismos na transformación da materia orgánica é tan importante que ditos procesos non teñen lugar na súa ausencia. Son imprescindibles nos ciclos do C, N, P, Fe, etc.
- Producen unha intensa mestura dos materiais do solo como resultado da súa actividade biolóxica.

E.- Tempo: este factor multiplica a acción de todos os demais factores de formación. Os solos evolucionan o longo do tempo. Os procesos edáficos producen cambios físicos, químicos, mineralóxicos e organizativos no solo. A tendencia do solo é cara unha situación de equilibrio co seu medio.

Primeiro a rocha nai vai meteorizándose e vai constituindo o solo, a par, avanza a vexetación ata acadar un estado de equilibrio chamado “clímax”, que non é inmutable. Os procesos edáficos son lentos e polo tanto poden darse perturbacións que os interrompen, cambiar as condicións do medio ou que o solo sexa destruído por un ciclo de erosión.

O solo considérase como un recurso non renovable porque se rexenera a un ritmo moito máis lento, nas nosas latitudes xenerase 1cm. de solo aproximadamente cada 500 anos, co da súa destrución.

3.3 Tipos de solos

Para clasificar os solos existen varios criterios, as primeiras clasificacións presentaban unha base litolóxica ou xeolóxica.

- Clasificación baseada nos factores e propiedades de formación. Escola rusa.
 - **Solos zonais** a súa distribución está en función das rexións climáticas:
 - Solos das zonas húmidas e frías: os máis comúns son os chamados **podsois**. presentes nos climas fríos e nos temperados-frescos onde existan fortes precipitacións, son solos bastante ácidos, porque teñen moito humus en descomposición moi lenta, á acidez increméntase polo forte lixiviado que provoca a migración dos catións cara ó horizonte B. O podsol é típico dos bosques de coníferas (taiga), en España esta asociado a piñeirais.



Podsol

- Solos das zonas temperadas: son o resultado da alternancia estacional e da existencia de bosques caducifolios e esclerófito, nos que se acumula unha grande cantidade de necromasa e humus que se descompón lentamente, na estación húmida predomina o lixiviado e durante a seca o seu ascenso é capilar; o resultado é formación de **solos pardos** de pH intermedio, que varía en función da súa riqueza en humus, factor condicionado pola vexetación.



Solo pardo

- Solos de climas áridos: precipitación moi escasa, o ascenso capilar é moi intenso, formándose costras superficiais de xeso ou sales, caliches e rosas do deserto. Son pedregosos, de cor vermella e con moi pouco humus, solos, **solos vermellos**.



Solo vermello

- Solos das zonas tropicais: a elevada temperatura favorece a actividade bacteriana e a descomposición da materia orgánica excede en todo momento a acumulación de humus (horizonte A moi delgado), esta ausencia de humus propicia un solo básico, a meteorización é máis drástica porque favorece a solubilidade do cuarzo e a descomposición dos minerais arxilosos, bauxita e limonita, que precipitan e forman as lateritas.

- **Solos azonais:** son os solos que se encontran nos estadios xuvenís do seu proceso de madurez ecolóxica. Son inmaduros e con horizontes mal desenvolvidos. Tipos de solos azonais:
 - Ranker: a rocha subxacente é silíceas.
 - Rendsinas: a rocha é calcárea.
 - Glei: formados en zonas con baixas temperaturas, elevadas precipitacións; fórmase aculación de humus moi ácido dando lugar as turberas.

4.- Trazos xerais dos solos de Galicia.

En Galicia as rochas nai dos nosos solos son:

- Xistos e lousas (46%): lousas, filitas, esquistos... Diferéncianse dous tipos :
 - Cando as rochas son ricas en cuarzo e moscovita (minerais resistentes) dan lugar a solos semellantes os formados sobre as rochas ácidas graníticas, na provincia de Lugo.
 - Cando teñen biotita e plaxioclasas (minerais alterables) dan lugar a solos semellantes os formados sobre as rochas básicas, esquistos de Ordes.
- Granitos e afíns (45%): moito cuarzo e poucos minerais alterables como consecuencia presentan pouca alteración, escasa profundidade e textura grosa (areosa), moita porosidade, o que significa que teñen pouca retención de auga. Debido a que teñen poucos minerais alterables e a que son medios moi lavados (moito drenaxe) presentan pobreza en nutrientes e son ácidos, pouco ferro e color pardo.
- Rochas básicas e ultrabásicas (5%): (p.e: gabro) pouco cuarzo e moitos minerais alterables, como consecuencia presentan moita alteración, gran profundidade e textura fina; limo e arxilas, cores intensos roxizos e amarelentos, moito ferro. Debido a textura teñen alta capacidade de retención de auga, a veces presentan dificultades de drenaxe. E debido a súa composición presentan alta fertilidade química.
- Serpentinas, calquera rocha metamórfica que sufra serpentización (serpentinización, anfíbolitas, peridotitas...) que é un proceso hidrotermal; fluídos con elevado contido en Mg que afecta a superficie da rocha alterando os minerais preexistentes. Dan lugar a unha textura fina e a cores intensos e roxizos, pero non son solos profundos debido os seus problemas de fertilidade teñen escasa cobertura vexetal o que favorece a erosión.
- Rochas hipercuarzosas: (p.e. areniscas e cuarcitas) profundidade moi limitada e textura grosa, moita permeabilidade e lavado, seca estival, alta acidez e infertilidade.
- Sustrato moi arxiloso: trátase de materiais moi brandos e fáciles de alterar. Moita profundidade, escasa permeabilidade, encharcamento, problemas de asfixia e de agretamento nas raíces
- Materiais sedimentarios: están condicionados pola textura do material sedimentario. En amplas depresións tectónicas como as existentes en Galicia, existen sedimentos Terciarios de textura fina, que non sempre afloran, pois están xeralmente colmatados

por posteriores sedimentos Cuaternarios (textura grossa). Sedimentos fluviais en terrazas (textura grossa, cantos rodados) ou en veigas (textura media). En esteiros ou fondos de rias onde predominan os fangales (textura fina) tipo sapropel, abundan os carbonatos e os sulfuros.

5.- Recoñecemento experimental dos horizontes do solo.

Nun corte vertical dun solo encontramos varias capas superpostas.

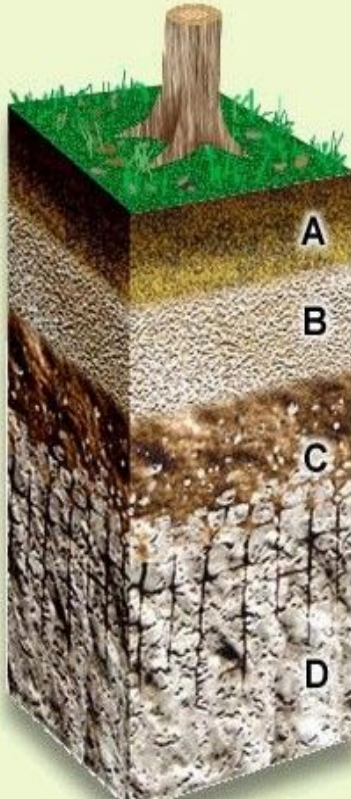
- A sección vertical do solo chamase PERFIL.
- As capas diferenciadas no mesmo chámanse HORIZONTES.

Esta organización en horizontes é unha das características máis representativas dos solos, e distínguenos das rochas e dos estratos.

Os horizontes edáficos constitúen as unidades básicas para o estudo e a clasificación dos solos. Son capas aproximadamente paralelas á superficie do terreo, que se establecen en función de cambios das propiedades e constituíntes do solo.

As tres características que teñen en conta para o estudo dun horizonte son: a cor, a textura e a estrutura.

A caracterización dun solo faise principalmente describindo e definindo as propiedades dos seus horizontes. Estes nomeanse con letras maiúsculas, que designan os horizontes principais:



Horizontes del suelo

A	A00	Hojas y residuos orgánicos sin descomponer
	A0	Residuos parcialmente descompuestos
	A1	Color oscuro por presencia de materia orgánica
	A2	Color claro por efecto del lavado
A3-B1 Transición a A-B		
B	B2	Precipitación de sustancias lavadas de A
	B3	Transición B-C
C	C	Fragmentos y restos de meteorización de la roca madre
D	D	Roca madre sin alterar

- **Horizonte A de lixiviado:**

Conten poucos sales minerais porque son arrastrados polas augas ó se infiltrar. Nesta zona encóntranse as raíces da maioría das plantas e divídense, a súa vez, en varios estratos: nivel A_0 constituído por follas caídas e restos de animais non descompostos, A_1 , de cor escura, xa que está constituído por humus que forma agredados coa materia mineral, conferíndolle a súa estrutura e a súa capacidade para reter auga e iones nutritivos de carga positiva (Ca^{2+} , K^+ , NH_4^+) impedindo a súa perda por lavado vertical, e nivel A_2 , onde a materia mineral domina e o lavado é máis intenso. A súa estrutura e esmigallada e granular

- **Horizonte B de precipitación:**

Horizonte mineral formado pola alteración do material originario, ou por acumulación de sustancias lixiviadas de horizontes situados máis arriba. É o horizonte de enriquecemento en arxila, óxidos de ferro e aluminio e de materia orgánica. A súa estrutura en bloques angulares, ou prismática. Cores pardas e amarela.

- **Horizonte C:**

Formado por fragmentos procedentes da meteorización mecánica ou química da rocha nai ou ben por materiais que foron depositados pola auga ou polo vento en épocas pasadas. Non presentan estrutura, nin elementos edáficos.

- **Horizonte H:**

Caracterizado por acumulación de materia orgánica sen descompoñer, e propio de solos saturados en auga permanentemente. É o horizonte das turbas, en algunhas zonas sitúase en superficie substituindo o horizonte A ou combinado con el.

Horizonte O:

Capa de follaxe sobre a superficie do solo sen saturar de auga. É un horizonte típico de bosques caducifolios ou en grandes selvas. Sitúase en superficie substituindo ou mesturándose co horizonte A.

- **Horizonte E:**

Tamén chamado eluvial, sofre intensos lavados, aparece debaixo de A, H ou O e por riba do horizonte B. Son horizontes tipicamente areosos, teñen escasa riqueza en nutrientes e materia orgánica, cores claras e estrutura de moi baixo grao de desenvolvemento, son laminares.

Horizonte R:

É a rocha nai, dura e coherente. Non é un horizonte como tal.

- **Horizonte de transición:**

Aparecen cando o límite entre os horizontes inmediatos non está claramente definido, presentan unha espesa capa de transición que ten características intermedias entres os dous horizontes principais.

- **Horizonte de mestura:**

Encóntranse horizontes formados por partes ben definidas dos horizontes principais, pero están mesturados. O normal é que na mesma capa existan anacos individuais dun horizonte completamente rodeados de zonas doutro.

6.- Solo, agricultura e alimentación.

6.1. O solo e a agricultura.

O solo é un elemento clave na agricultura, pois sèrvelle de fonte de nutrientes ás plantas. O elemento determinante dun solo agrícola é a súa fertilidade, é decir, o conxunto de características que permite o desenvolvemento das especies vexetais cultivadas.

A nutrición vexetal depende da capacidade do solo para suministrar todos e cada un dos elementos nutritivos na forma, cantidade e momento adecuados a esixencias do cultivo.



Os nutrientes divídense en dous grupos:

A.- Macronutrientes: son aqueles que a planta necesita en grandes cantidades. Poden ser elementos primarios, principais N, P e K e elementos secundarios; Ca, Mg e S. Estos elementos son os que primeiro manifestan a súa deficiencia no solo polas altas extracción por parte das plantas.

- **Nitróxeno:** é un elemento esencial para as plantas, é o factor limitante máis común do crecemento vexetal.
Na planta o nitróxeno é necesario para a síntese da clorofila, e o compoñente esencial dos aminoácidos. O seu déficit provoca descenso de proteínas, descenso da cantidade de clorofila, alteracións nos cloroplastos e no metabolismo, isto tradúcese no descenso do crecemento vexetal: porte vexetativo pequeno, follas pequenas, ríxidas e amarelentas, en déficit moi acusado as follas son anaranxadas, violáceas nos bordos, escasa floración, nerviacións máis pronunciadas, maduración acelerada do froito, descenso do rendemento.

- **Fósforo:** é un macronutriente esencial na planta, e indispensable na realización da fotosíntese e na formación de compostos orgánicos, interven na respiración, transporta e almacena enerxía, forma parte dos ácidos nucleicos. Estimula a xerminación das sementes, o brote das xemas e o crecemento das raíces, aumenta a resistencia ao frío e as enfermidades. A súa deficiencia maniféstase por follas de cor amarelento, non se forman xemas laterais, número reducido de froitos e sementes, atraso na floración.
- **Potasio:** este macronutriente é absorbido polas plantas en forma de ión, é vital para a fotosíntese porque cando existen deficiencias redúcese a fotosíntese e aumenta a respiración, é esencial para a síntese de proteínas, importante na descomposición dos carbohidratos, axuda a controlar o balance iónico, importante no transporte dos metais pesados, axuda á planta a resistir os ataques das enfermidades, reduce a resistencia das plantas as xeadas, regula a apertura e cierre dos estomas, aumenta a resistencia a sequía e a salinidade. Os síntomas da súa deficiencia son: clorosis e incluso necrose nas follas, redución do vigor e rixidez da planta, etc.
- **Calcio:** é absorbido en forma de catión, estimula o crecemento das raíces e das follas, e requerido en grandes cantidades polas bacterias fixadoras do N. Os síntomas das súas deficiencias son un pobre crecemento das raíces, que se volven negras e podrecen, as follas xovenes e outros tecidos novos necesitan Ca para a formación das súas paredes celulares.
- **Magnesio:** é absorbido polas plantas en forma de catión, a súa función máis destacada é o seu papel como molécula central da clorofila, inflúen en gran variedade de procesos metabólicos, polo tanto é esencial para ter un alto crecemento e unha boa calidade. Os síntomas da súa deficiencia son a clorose nas follas máis velhas.
- **Xofre:** é absorbido como anión sulfato, tamén pode entrar nas follas como dióxido de xofre presente no aire, promove a nodulación nas leguminosas, compoñente das proteínas e encimas, axuda á produción de sementes. Os síntomas da súa deficiencia aparecen primeiro nos sitios de crecemento novos, as follas novas presentan cor verde pálido e crecemento lento, e arruganse á medida que a deficiencia aumenta, clorose, follas pequenas, necrose e perda de follas, entrenudos cortos, redución da floración,

B.- Micronutrientes: son aqueles elementos que as plantas necesitan en pequenas cantidades, Fe, Mn, Cu, Zn, Cl, B e Mo. As súas deficiencias non son tan evidentes pero si moi importantes. A ausencia de calquera destes elementos non só pode limitar o crecemento da planta, incluso pode provocarlle a morte, aínda que os macronutrientes esenciais estén en cantidades adecuadas.

O interese pola deficiencia dos micronutrientes vén dado por:

- O incremento na práctica de cultivos intensivos.
- Redución de impurezas nos fertilizantes.
- Mellora nas técnicas de análise e coñecemento da nutrición vexetal.
- A evidencia de que cultivos con deficiencia en micronutrientes pode provocar niveis insuficientes de certos elementos na dieta humana.

No planeta (excluído a Antártica) só o 11% da superficie total so soso non presenta problemas para a agricultura o resto do terreno non pode ser usado de forma directa, por demasiado húmido, demasiado seco, pouco profundo, demasiado frío, moi poucos nutrientes ou tóxico.

Na actualidade as sociedades con escaso desenvolvemento levan a cabo unha agricultura tradicional pouco diferente da que se practicaba nas súas orixenes. Nas sociedades desenvolvidas polo contrario utilizan os cultivos intensivos.

Os cultivos poden ser de secano (non requiren máis auga cá que lles achega da chuvia) ou de regadío (necesitan unha achegada suplementaria de auga). Os cultivos forzados son aqueles que se levan acabo en invernadoiros, empregando técnicas modernas de rega por goteo e gran cantidade de fertilizantes e praguicidas.

Na península estendéronse pola franxa litoral do Mediterráneo, producen varias colleitas ó ano e representan o 15% da produción hortícola española.

Gracias a aplicación nas técnicas agrícolas dunha maquinaria moi especializada de gran tamaño así como fertilizantes sintéticos os países desenvolvidos conseguiron aumentar moito a superficie de cultivo.

Europa é o continente que dispon dunha maior proporción de solo fértil (36%) e alberga o 31% do solo cultivado na actualidade no planeta. En Norteamérica e Centroamérica, os solos fértiles representan o 22% da súa superficie total, aínda que só se cultiva o 13%. África só ten un 16% da superficie cultivable e só conta con un 6% debido á seca, que afecta a un 44% do continente.

Son os países do hemisferio Norte os principais produtores de alimentos, Europa produce patacas, cebada e centeo, Norteamérica millo e Asia trigo, arroz, sorgo batata e soia.

A agricultura ecolóxica busca lograr a eficacia (mayor produción con mínimo custo), o uso ordenado e sostible dos recursos naturais e a protección da calidade ambiental

Este tipo de agricultura acadar os seus fins mediante a diversificación da produción da produción, a reciclaxe, a exclusión de produtos químicos nocivos (praguicidas e pesticidas) e a rotación de cultivos. Nunca utiliza especies transxénicas, respeta e emprega o saber agrícola tradicional, adaptándose ás características ambientais da zona, mellora a calidade de vida do agricultor e favorece o aumento da man de obra no sector, promove o medio rural de xeito sostible e de recuperación de paisaxes agrarias tradicionais en zonas desfavorecidas.

6.2 O solo e os alimentos.

A nosa alimentación constitúe a principal tarefa de obtención de recursos da natureza. Non existe un alimento perfecto, que nos aporte todas as calorías e moléculas que necesitamos para estar sanos. Necesitamos unha dieta variada con alimentos distintos, tanto de orixe animal como de orixe vexetal. En xeral unha dieta ideal debe incluír, unha gran cantidade de produtos vexetais crudos ou pouco elaborados: hortalizas, froitas, verduras, etc; alimentos de orixe mariño: pescados e mariscos; e alimentos animais terrestres: leite e derivados lácteos, ovos, carnes.

A dieta que segue cada poboación varía segundo os seguintes factores:

- A dispoñibilidade: en cada zona aparecen alimentos típicos que se cultivan de forma máis ou menos natural; ex. o arroz en Asia, o millo en América.

Cultura: certas culturas teñen prohibición do consumo de alimentos ligadas moitas veces a posibilidade de transmisión de parásitos relacionados con certos alimentos.

- Desenvolvemento agrícola.

Tecnoloxía dispoñible.

7.- Erosión, contaminación e degradación dos solos.

7.1. Erosión.

A erosión é un proceso xeolóxico natural que pode verse intensificado por actividades humanas e originan graves consecuencias ecolóxicas e sociais:

- Aterramento ou colmatación dos enconos por acumulación de sedimentos.
- Agravamento das inundacións.
- Deterioro dos ecosistemas naturais fluviais e costeiros por excesiva achega de sedimentos.
- Formación e acumulación de areais e graveiras nas veigas fértiles a perda de solo cultivable e da súa fertilidade.



A erosión esta influenciada por diversos factores:

- **Erosividade:** expresa a capacidade erosiva do axente xeolóxico predominante (chuvia, xeo, vento) que dependen do clima. Existen mapas de erosividade nos que se tiveron en conta os seguintes índices:

- Índice de aridez: calcúlase $I = P/t + 10$ (sendo t a temperatura media anual e P a cantidade anual de auga caída en litros).

Desértica

5-10 Subdesértica

10-20 Árida ou esteparia

20-30 Semiárida

30-40 Subhúmida

>40 Húmida

- Índice de agresividade climática (I_a): $I_a = p^2/P$ (sendo p a precipitación do mes máis chuvioso e P a precipitación total anual en litros), este índice permitenos comprobar que o risco de erosión non depende da cantidade de auga caída, senon da súa distribución temporal, resulta máis dañina canto máis esporádica e torrencial seca.

- índice de erosión pluvial (R): é o índice medio anual da erosividade da chuva $R = E \cdot I_{30} / 100$ (E é a enerxía cinética da chuvia e I_{30} a súa intensidade máxima en milímetros ou litros por metro cuadrado caídos durante 30 minutos).

- **Erosionabilidade:** expresa a susceptibilidade do sustrato para ser mobilizado. Este factor depende: tipo de solo (da súa estrutura e da cantidade de materia orgánica, pendente e cobertura vexetal).

Existen mapas de erosionabilidade a escala local, os valores máis utilizados para a súa elaboración son:

- Inclinación das pendentes (S): toda pendente superior o 15% comporta risco de erosión.
- Índice de protección vexetal (I_p): asociado a pendente, sendo máximo o valor de 1, que se da no bosque denso ou zona arbustiva non degradada.
- Susceptibilidade do terreo: adoitase valorar en función da textura, da estrutura e do contido en materia orgánica.

Para predecir e previla erosión faise necesaria a elaboración de mapas de risco a partir dos índices anteriores. Pero en cando non existen datos cuantitativos exactos podemos detectala por:

Métodos directos, que son aplicables nunha zona concreta. Existen indicadores físicos e biolóxicos:

- Indicadores físicos: avalian o grao de erosión en función de marcas ou incisión e manchas observables no terreo. Establece 3 graos de erosión:

- Grao 1: erosión laminar. Prodúcese unha remoción máis ou menos uniforme do horizonte superficial do solo. Obsérvase en zonas desprovistas de

vexetación, solos con pouco cohesión e escasa materia orgánica e acumulación de area.

- Grao 2: erosión en sucros: a auga de esorrentia concéntrase e abre incisións de centímetros ou decímetros que pode sobrepasar en profundidade a capa arable nos solos cultivados.

- Grao 3: erosión en cárcavas: cando a auga de esorrentia abren sucros de tamaño métrico ou decamétrico que progresan en profundidade e anchura (bad-lands)

- Outros indicadores físicos : fenómenos de reptación e solifluxión, formación de túneles no terreo, presenza de costros superficiais por deterioro da materia orgánica e as manchas abrancazadas debido á acumulación de sales originadas polo ascenso capilar ou polo desgaste dos horizontes superiores

Indicadores biolóxicos: a vexetación serve como bioindicador do estado do solo:

- Grao nulo: vexetación densa e sen raíces descubertas.

- Grao baixo: vexetación aclarada, lixeira, exposición das raíces e pedestais de erosión de altura inferior a 1cm.

- Grao medio: vexetación aclarada, raíces exportas e pedestais de erosión de 1 a 5 cm.

- Grao alto: raíces moi exportas, grandes pedestais de erosión de 5 a 10 cm. e presenza de regatos.

- Grao moi alto: presenza de barrancos e cárcavas.

Métodos indirectos, o máis utilizado é a ecuación universal da perda do solo (USLE)

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

A= perda media anual de solo (t/ha/ano)

R= factor de erosividade da chuvia

K= factor de erosionabilidade do solo según o I_p da cuberta vexetal e o I_r da resistencia litolóxica

L= factor de lonxitude da pendente ou distancia en metros desde a zona onde se inicia a esorrentia ata onde aparecen os depósitos sedimentarios

S= factor de inclinación da pendente en tanto por cento

C= factor de ordenación de cultivos elaborado como un cociente entre as perdas de solo dun cultivo determinado respecto ás que se orixinarían neste terreo en barbeiro. Este factor expresa o influxo de cultivo na erosión (especie cultivada, alternancia de cultivos, forma e números de labores

P= factor de control da erosión mediante prácticas de cultivo; revexetación abancamento, arado seguindo as curvas de nivel

Este método predice a erosión laminar ou en sucros para unha determinada área, son cálculos empíricos e concretos para cada zona, non o longo do ano e en para terreos pequenos.

7.2. Contaminación e degradación do solo.

A degradación é un proceso no que os solos perden progresivamente as súas propiedades como elemento en equilibrio dinámico co ecosistema e deixan de ser fértiles. As características do solo fértil vense diminuídas, diminúe a capacidade de albergar seres vivos, auga e nutrientes e paran de funcionar os ciclos da materia.

A súa orixe pode ser natural ou antropoxénica: contaminación, sobreexplotación-abandono que poden acabar en desertización.

7.2.1. Control e recuperación das zonas erosionadas.

Para controlar e recuperar as zonas erosionadas a mellor medida levar a cabo unha boa **ordenación do territorio**: Plantando as especies vexetais de maior cobertura en cada caso e fomentar unha rotación de cultivos para poder lograr unha produción alta e sostible no tempo.

Trátase de frear ou dete-los proceso erosivos:

- Aumento da infiltración e evitala escorrentia mediante cultivos adecuados e aplicando as técnicas correctas (aterrazado, arado seguindo as curvas de nivel, etc.).

Construción de diques nas cárcavas ou repoblacións deforestais para evita-lo retroceso das barrancos.

- Transformación en pasteiros estables as zonas de abandono de cultivo en zonas marxinais con excesiva pendente, reforestación e instalación de devasas que impidan extensión dos incendios.

Redución da erosión eólica, mediante accións que modifiquen a velocidade do vento e turbulencias: cortaventos de tipo artificial ou natural, recubremento vexetal do solo.

Tamén as construcións lineais producen cortes nas ladeiras fórmanse regatos, cárcavas e esmoreamentos; para minimizar estes efectos ou evitalos débese axeitar a construción a xeomorfoloxía, realizar fosos, aliviadeiros ou drenaxes adecuados, repoboación dos noiros e muros de contención.

7.2.2. Conservación dos solos.

As medidas para a conservación dos solos podemos agrupalas en:

- **Información e sensibilización pública:**
 - Campañas de sensibilización de agricultores e gandeiros para fomento das prácticas agrogandeiras sustentables
 - Campañas de prevención de incendios forestais e o mantemento de limpeza no bosque
 - Programas de información e fomento de tecnoloxías agrícolas innovadoras

- **Políticas contra a desertización.** Implicación das administracións dende o punto de vista lexislativo e na planificación.
 - Apoio e financiamento para o desenvolvemento de actividades sustentables.
 - Potenciación do uso de novas técnicas e tecnoloxías.
 - Incentivos a poboacións para evitar o abandono do solo agrícola e financiamento a poboacións afectadas.
 - Promoción da labra e rega responsables e redución do uso de contaminantes como pesticidas e fertilizantes.
 - Repoblación con especies autóctonas en zonas erosionables.
- **Medidas técnicas e tecnolóxicas.**
 - Mecanismos de detección e actuación rápidos en incendios forestais.
 - Posta en marcha de medidas contra a erosión e o avance dos campos de dunas.
 - Mecanismos de monitorización e obtención de datos.
 - Mellora das técnicas de captación de auga e adecuación das regas para evitar a salinización.
- **I+D+I (Investigación+Desenvolvemento+Innovación)**
 - Mellora dos rendementos agrícolas con procesos sustentables
 - Aumento da eficacia de rega
 - Coñecemento dos cultivos máis adecuados a cada zona e as súas técnicas de labranza

7.2.3. Recuperación dos solos.

- **Recuperación de solos contaminados:** os solos poden estar contaminados por: fertilizantes e pesticidas, intrusión de sales mariñas, vertederos de hidrocarburos, vertederos industriais, etc as técnicas poden ser:
 - **Descontaminación in situ:** realízase no mesmo lugar onde tivo lugar a contaminación, ten un menor custo económico, e poder traballar con grandes superficies, pero a eficacia é menor porque non se poden controlar as condicións como as precipitacións, as variacións do nivel freático, etc.
 - Técnicas de Biorremediación in situ implican o uso de microorganismos (biodegradación) ou plantas (fitorremediación) para degradar o contaminante, pode mellorarse a súa acción aportándolle nutrientes específicos para ese microorganismo, oxixenando o solo ou quentando para favorecer a actividade biolóxica.
 - Técnicas de lixiviación forzada do solo.
 - Incineración de contaminantes.
 - **Descontaminación ex situ:** O solo contaminado é escavado, recollido e transportado a un centro de descontaminación para tratalo. Económicamente e moi custosa máis permite controlar todas as condicións.

8.- Desertización.

A desertización é o proceso de avance e formación das condicións desérticas máis alá dos propios límites do deserto.

Tamen podemos definir como o proceso de degradación ecolóxica polo cal a terra productiva perde parte ou todo o seu potencial de produción, que leva á aparición das condicións desérticas, según a conferencia do PNUMA celebrada en Nairobi 1977.

O proceso de desertización resulta da confluencia de factores: climáticos: seca, precipitacións esporádicas e torrenciais e a acción humana: exceso de rega, cultivos en zonas de pendente, sobrepastoreo

Causas poden ser:

- **Naturais:**
 - Desaparición da vexetación: a vexetación vai sendo substituída por aquela que esta mellor adaptada ás condicións desérticas, a biomasa diminúe bruscamente, e en último termo desaparece a vexetación.
 - Incremento da erosión: a falta de vexetación deixa os solos facilmente erosionables por procesos hídricos e eólicos.
 - Perda da produtividade: tanto agrícola como ecolóxica



- **Antrópicas :**

- Degradación química: lavado de nutrientes, contaminación do solo e salinización ou alcalinización.
- Degradación física: perda da estrutura do solo debido a compactación por maquinaria.
- Degradación biolóxica: perda de materia orgánica e mineralización do humus por desaparición dos seres vivos.
- Degradación hídrica e eólica: son procesos de erosión causados pola
- Perda de vegetación e desestructuración do solo.



9.- Valoración da importancia do solo e os problemas asociados á desertización.

A desertización trátase dun proceso de degradación do solo que destrúe a súa capacidade para sustentar a vida vexetal, animal ou humana. Afecta a cuarta parte das terras emergidas e sexta parte da poboación mundial. Pode ocorrer cando un deserto estende os seus límites ás rexións semiáridas limítrofes, cando somas semiáridas ou máis húmidas debido ás actividades humanas.

O resultado da desertización son a aparición de malas herbas adaptadas a climas máis secos, diminución da humidade, a salinización e perda de solo. Todo isto supón un descenso da produción agrícola, e a ruína da economía rural, da que depende a maioría da poboación dos países pobres.

España según a clasificación de Nairobi é o único país europeo con alto risco de desertización por erosión dos seus solos. Cada ano perdese no noso país máis de 1150 millóns de toneladas de solo fértil debido á erosión e desertización, a causa de prácticas agrícolas e forestais inadecuadas, incendios forestais, obras públicas e actividades mineiras.

Unha paisaxe como a do noso país, con fortes pendentes e acusado relevo, con clima mediterráneo, precipitacións irregulares e ás veces torrenciais, abundancia de terreos arxilosos de difícil drenaxe degradados por unha precaria xestión dos recursos hídricos e unha inadecuada política forestal e agraria e especialmente sensible a sufrir unha forte erosión.