

Unidade: Medio Ambiente e humanidade

1. – Concepto de Medio Ambiente

- 1.1. – Concepto e compoñentes do medio ambiente.
- 1.2. – O estudo do medio ambiente

2. – Teoría de Sistemas. O medio natural como sistema

- 2.1. – Os fundamentos da Teoría de Sistemas
- 2.2. – Aplicación da teoría de sistemas ao medio natural
 - Modelos de sistemas naturais
 - Modelos de regulación do clima terrestre

3. – Cambios no medio natural

- 3.1. – Cambios naturais na historia xeolóxica da Terra
- 3.2. – Cambios no medio ao longo da historia humana

4. – Crise ambiental e modelos desenvolvemento

5. – Recursos, impactos e riscos. Resíduos.

- 5.1. – Concepto e tipos de recursos. Reservas
- 5.2. – O medio natural como recurso
- 5.3. – Impactos ambientais.
- 5.4. – Riscos. Clasificación.
- 5.5. – Factores e Planificación e riscos
- 5.6. – Concepto de resíduo.

6. - Fontes de información ambiental

- 6.1. – Teledetección
- 6.2. – Navegación por satélite
- 6.3. – Simulación ambiental

1. - Concepto de Medio Ambiente.

1.1. Concepto e compoñentes

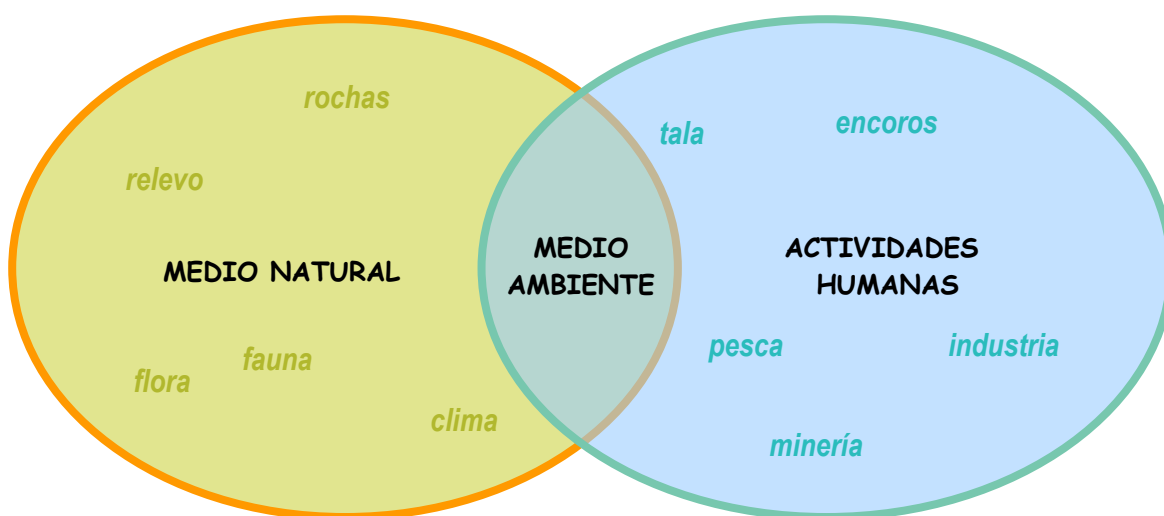
O termo medio ambiente utilízase moito na actualidade, pero case sempre de forma vaga ou incorrecta : "o que nos rodea", "os bosques", "reciclar", "ecoloxía".

Nesta materia, imos considerar o medio ambiente en toda a súa complexidade, partindo da definición da UNESCO (Estocolmo 1972): "*O medio ambiente é o conxunto de compoñentes físicos, químicos, biolóxicos e sociais capaces de causar efectos directos ou indirectos, a corto ou longo prazo, sobre o medio físico, os seres vivos e as actividades humanas*".

Na definición quedan delimitados cales son os compoñentes do medio, e os seus tipos (físicos, químicos, biolóxicos e sociais), do que se desprende un compoñente de interrelación entre todos eles, que fai inevitable a complexidade do seu estudo.

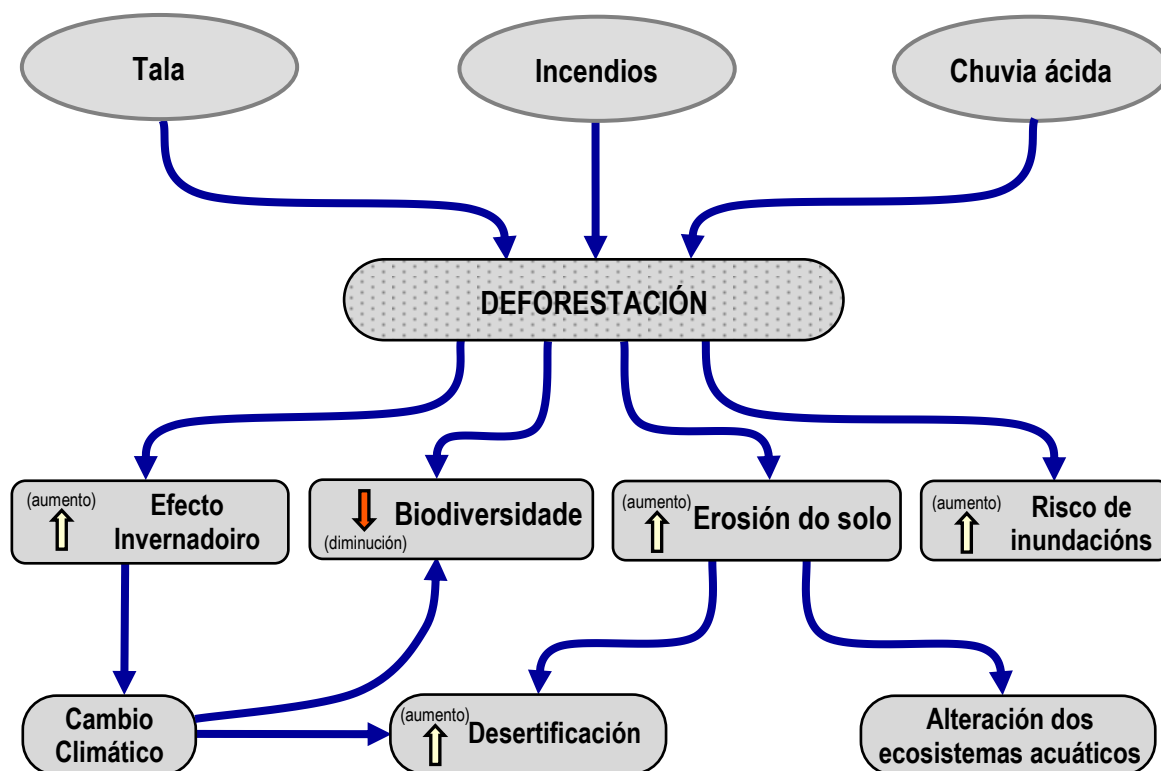
A causa desta complexidade, o estudo do medio debe realizarse de forma integral ou global: non abonda estudar cada parte por separado, senón que debe obterse unha visión de conxunto para comprender o seu *funcionamento como un todo*, importando máis as relacións entre as partes que os detalles. Os estudos globais, sistémicos ou holísticos, baséanse na teoría de sistemas, da que veremos algúns conceptos básicos.

En resumo, en Medio Ambiente o fundamental son as complexas interrelacións entre o medio natural e as actividades humanas.



Os compoñentes do medio están todos interrelacionados e dependen uns dos outros, provocando unha serie de repercusións en cadea: é dicir, interaccionan. As interaccións en cadea causan un efecto dominó ou ferverenza.

Numerosas actividades, tanto naturais como humanas, producen este efecto, do que imos ver a modo de exemplo, a *relación entre deforestación, acción humana, coas súas causas e efectos*, e as diferentes interaccións:



1. 2. O estudo do medio

Xa destacamos que en medio ambiente, ou en calquera tema de investigación no que as interaccións sexan fundamentais, é imprescindible ter unha visión global do obxecto de estudo. É o que se coñece como enfoque holístico, holismo ou método sintético, e consiste, basicamente, en estudar a globalidade, o todo, xunto coas relacións entre as partes, pero sen afondar nos detalles ou particularidades.

Fronte ao holismo, o reduccionismo ou método analítico estuda por separado os compoñentes dun todo, é dicir, divide e fragmenta o obxecto de estudo en elementos máis simples e obsévaos en detalle. Aínda que se trate de dous métodos en principio opostos, a realidade é que ambas perspectivas (holismo e reduccionismo) son complementarias.

Así mesmo, a causa da complexidade das relacións entre os compoñentes do medio, o seu estudo require o esforzo integrado de moitas disciplinas, dende as ciencias clásicas (Bioloxía, Ecoloxía, Xeoloxía, Física, Química...), ata as ciencias sociais (Economía, Xeografía, Dereito...), así como as achegas das novas tecnoloxías (Enxeñería, Informática, Teledetección...), destacando a Teoría de Sistemas como base matemática do holismo.

2. – Teoría de Sistemas. O medio ambiente como sistema.

A Terra é considerada como un sistema, o sistema Terra, constituído á súa vez por unha serie de sistemas menores, os subsistemas terrestres (Atmosfera, Hidrosfera, Biosfera e Xeosfera) que están interrelacionados e interaccionan entre si.

2.1. Os fundamentos da Teoría de Sistemas: concepto e partes

Definimos sistema, termo que procede do grego, como un conxunto de elementos ou partes que interaccionan, de maneira que non interesan os detalles das partes, senón as relacións entre elas, a partir das que obtemos o seu funcionamento global.

A idea básica é moi simple: *un conxunto é máis que a suma das partes*, e podémola aplicar a todo tipo de fenómenos. Así, un reloxo contén múltiples pezas, pero só funciona se están acopladas de determinada maneira; unha célula é moito máis que a suma das súas moléculas; un animal máis que o conxunto das súas células; unha cidade máis que a suma dos seus habitantes...

As características que diferencian a un sistema da suma das partes son as propiedades emerxentes, propiedades derivadas do comportamento global que non están presentes nas partes por separado. Así, o sistema célula é capaz de realizar funcións vitais que non fan os seus compoñentes (biomoléculas/orgánulos), da mesma forma que as pezas dun reloxo estendidas non dan a hora. Dar a hora ou as funcións de nutrición celular son exemplos de propiedades emerxentes.

Outros exemplos de sistemas, ademais dos citados (célula, reloxo, cidade, animal) serían: un átomo, unha planta, un ecosistema, un ordenador, unha bicicleta, unha empresa, un colexio, a atmosfera, a Terra, o Sistema Solar, a Vía Láctea...

Partes dun Sistema:

- a súa composición: elementos, partes ou compoñentes,
- a súa estrutura: relacións entre os compoñentes,
- o seu entorno ou ámbito: elementos alleos a el.

Xeralmente, os compoñentes dun sistema son, á súa vez, sistemas, polo que un sistema se subdivide en subsistemas coas súas propias interaccións. Así, o sistema Terra divídese en subsistemas como Xeosfera, Hidrosfera, Atmosfera e Biosfera; os ecosistemas comprenden o biótomo e a biocenose; os seres vivos están formados por outros sistemas menores como órganos, tecidos, células, moléculas, átomos...

As relacións entre compoñentes son fluxos de materia, enerxía e información.

2.2. – *Aplicación da Teoría de Sistemas aos sistemas naturais*

A Teoría de Sistemas é unha teoría matemática utilizada en moitos campos da ciencia como bioloxía, ecoloxía, economía ou informática, xa que utiliza modelos comúns a todas elas, e revélase como especialmente axeitada en ciencias ambientais. En dinámica de sistemas recórrese ao uso de modelos, que a pesar de ser simplificacións da realidade, van resultar útiles para estes fines.

Os modelos de estudo de sistemas naturais, ambos perfectamente válidos, son:

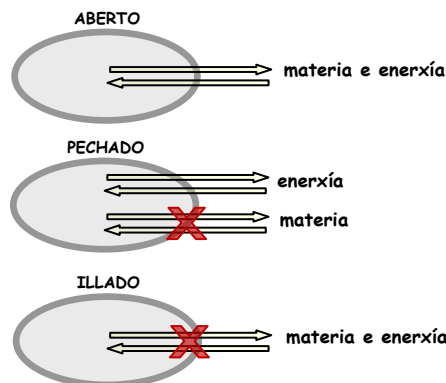
a) Modelos de sistema "*caixa negra*": estes modelos serían caixas nas que non vemos o que hai no interior, pois so temos en conta as entradas e saídas, é dicir, os intercambios de materia, enerxía e información co ámbito. Estes modelos requiren delimitar ben as súas fronteiras, para o ter claro o que está fóra e o que está no interior do sistema.

Os *modelos de caixa negra* poden ser abertos, pechados ou illados, en función dos fluxos de materia e enerxía co ámbito:

- **Abertos:** intercambian materia e enerxía co entorno. Exemplos: un ser vivo, unha cidade.

- **Pechados:** intercambian enerxía co exterior, pero non materia, xa que se recicla. Exemplo: ecosistemas.

- **Illados:** non hai intercambios de materia nin enerxía. Algúns sistemas abórdanse mediante modelos deste tipo. Exemplo: Sistema Solar.



b) Modelos de sistema "caixa branca": no modelo caixa branca observamos é o que hai no interior do sistema. O máis utilizado é o diagrama causal, no que o primeiro paso consiste en fixar as variables ou compoñentes, para logo buscar as relacións existentes entre elas, uníndoas mediante frechas, que representan as interaccións.

– Relacións causais: son relacións de causa – efecto entre variables dos sistemas, representadas mediante diagramas causais ou de frechas. As variables ou compoñentes representámolas por letras. Distínguense varios tipos de relacións:

a) Relacións simples ou abertas: influencia directa dunha variable noutra.

Poden ser:

- ◆ **Directas ou positivas:** $\uparrow A \rightarrow \uparrow B$ ou $\downarrow A \rightarrow \downarrow B$, indícanse con (+): $A \xrightarrow{(+)} B$
Exemplo: Choiva \rightarrow caudal ríos

- ◆ **Inversas ou negativas:** $\uparrow A \rightarrow \downarrow B$ ou $\downarrow A \rightarrow \uparrow B$, indícanse con (-): $A \xrightarrow{(-)} B$
Exemplo: Temperatura Terra \rightarrow Xeo polos

- ◆ **Encadeadas:** o número de variables é maior de dous: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \dots$

Para saber se estas relacións son (+ / -), comprobamos a relación entre a primeira e a última variable e procedemos como antes, ou ben contamos o total de relacións parciais negativas: *se é par, a global é positiva, e se é impar, a global é negativa:*

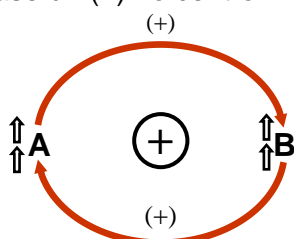
Exemplo 1º: $CO_2 \rightarrow$ Temperatura da Terra \rightarrow xeos polares \rightarrow nivel do mar
(relación aberta, encadeada, positiva)

Exemplo 2º: uso pesticidas \rightarrow contaminación auga \rightarrow vida acuática
(relación aberta, encadeada, negativa)

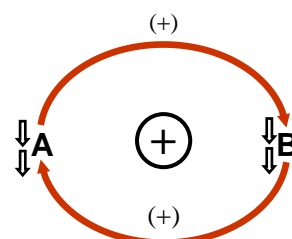
b) Relacións complexas, pechadas (bucles de realimentación ou feed back)

Son relacións que se pechan sobre si mesmas, pois un elemento actúa sobre outro que á súa vez inflúe no primeiro, formando bucles de realimentación, de dous tipos:

- ◆ **realimentación positiva:** o $\uparrow A$ produce o $\uparrow B$, que volve a $\uparrow A$, establecéndose un incremento desbocado do sistema que remata colapsando. Os bucles de realimentación (+) danse *en relacións pechadas con número par de relacións (-)*. Colócase un (+) no centro:



ou tamén



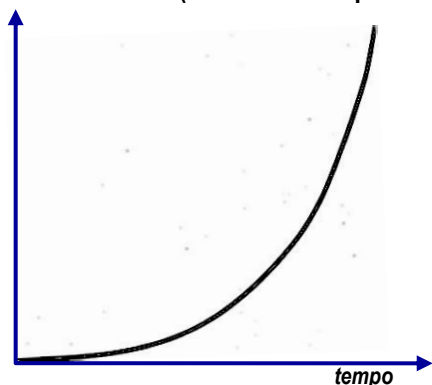
Se o representamos nunha gráfica en relación ao tempo obtense unha *curva de tipo exponencial* ou *curva en J*. Polo tanto, os bucles (+) reflicten a posibilidade dos sistemas de crecer/decrecer de forma incontrolada ou explosiva.

♦ **realimentación negativa:** ao aumentar a variable A aumenta B, pero o aumento de B fai diminuír A; isto é, *o aumento da causa fai aumentar o efecto, pero o aumento do efecto fai diminuír a causa* (ou ao contrario). *Teñen lugar en relacións pechadas con número impar de relacións negativas.*

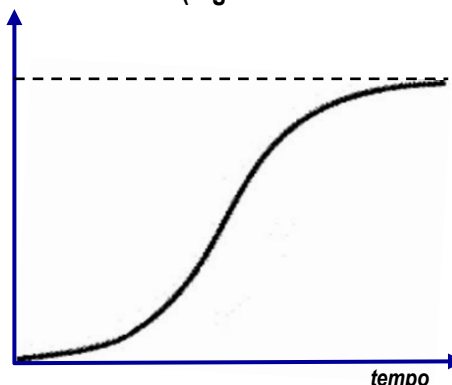


Os bucles negativos tenden a regular os sistemas, son estabilizadores, reguladores ou homeostáticos. As gráficas de evolución adquieren *forma de S (loxísticas)*.

Gráfica en "J" (crecemento explosivo)



Gráfica en "S" (reguladora ou loxística)



Bucle de realimentación positivo	Bucle de realimentación negativo

2. 3. *Modelos de regulación do clima terrestre.*

Á hora de estudar o sistema Terra, pódense utilizar modelos de sistema caixa negra ou modelos de sistema caixa branca.

a) O Sistema Terra caixa negra: desde esta perspectiva a Terra é un sistema caixa negra pechado, xa que intercambia enerxía co entorno, pero non materia (obviamos a caída de meteoritos). As entradas veñen representadas pola radiación solar incidente e as saídas pola radiación reflectida e pola emitida en forma radiación calorífica (infravermello).

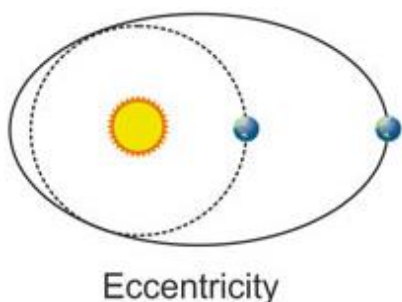


b) O Sistema Terra caixa branca: dende a perspectiva de caixa branca, estudamos as diferentes interaccións entre subsistemas terrestres (Atmosfera, Xeosfera, Hidrosfera e Biosfera), que constitúen a chamada máquina climática, e que nos serven como exemplo ilustrador da complexidade dos fenómenos naturais.

Entre estas interaccións destacamos a seguintes:

- Variacións da radiación solar incidente:

A radiación solar que incide na Terra depende de cambios na actividade solar, así como de variacións orbitais ou ciclos de Milankovitch que afectan á *excentricidade*, á *inclinación do eixo (oblicuidade)* e á *precesión* ou posición do perihelio.



- Tectónica de Placas:

A distribución de mares e continentes inflúe no clima, na medida en que as masas continentais grandes favorecen fenómenos de continentalidade (climas extremos) e cambian o réxime de precipitacións.

- Efecto invernadoiro natural:

Algúns gases presentes na atmosfera como dióxido de carbono, vapor de auga son os responsables do efecto invernadoiro natural, ao reter parte da radiación calorífica terrestre emitida en forma de infravermello, e contribuír así ao mantemento da temperatura media en torno a 15° C, valor apto para a existencia de vida.



- Albedo: Defínese como a porcentaxe de radiación solar que reflecte a Terra cara ao espazo, do total incidente.

O albedo medio da Terra é dun 35%, e o da Lúa é dun 12%.

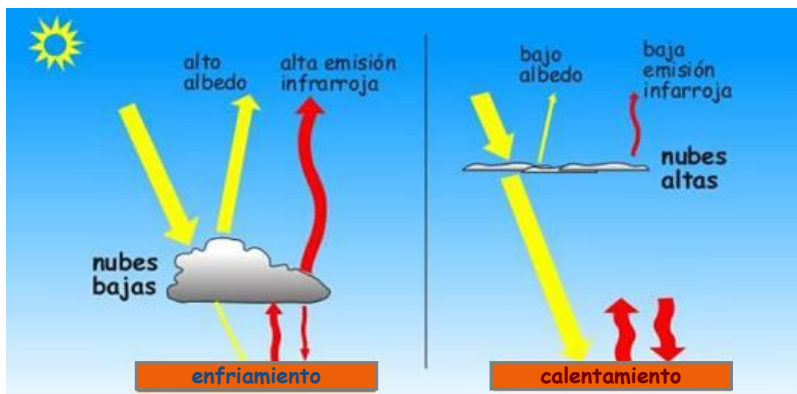
O albedo non é igual en todas as superficies, varía en función da cor, así en zonas escuras (bosques ou rochas), o albedo é menor que superficies claras (xeo, nubes, area), que reflicten maior cantidade de radiación, incrementando o albedo e diminuindo a temperatura. O albedo funciona como un bucle de realimentación positiva con respecto á temperatura terrestre, favorecendo as glaciacións.



As interaccións albedo – efecto invernadoiro producen un equilibrio dinámico no clima, que precisa estabilidade ambiental para manterse. Calquera perturbación, natural ou antrópica, pode ocasionar alteracións con efecto dominó en todo o planeta. Así, fenómenos que incrementen o efecto invernadoiro (deforestación, uso de combustibles fósiles) van contribuir ao aumento da temperatura terrestre, mentres que o aumento do albedo (po atmosférico de diversa procedencia) produce arrefriamento.

Algúns fenómenos teñen efecto dual no clima: nubes e erupcións volcánicas.

- As nubes baixas, xeralmente grosas, incrementan o albedo baixando a temperatura, mentres que as nubes altas devolven infravermello á superficie, incrementando o efecto invernadoiro.



- A dobre acción dos volcáns sobre o clima terrestre débese á emisión de partículas con "efecto pantalla", que dificultan a entrada de luz solar e baixan a temperatura, mentres que os gases volcánicos aumentan o efecto invernadoiro e soben a temperatura.

– Influencia da biosfera:

Os seres vivos veñen a modificar a composición da atmosfera, xa dende a súa aparición, ao incidir de forma directa nos ciclos de elementos como osíxeno, carbono, nitróxeno e xofre. A influencia da vida na dinámica terrestre é de tal magnitude que deu pé a Hipótese Gaia (Lovelock e Márgulis, 1970).

Segundo esta hipótese, a biosfera é capaz de autorregular as condicións físico-químicas do planeta, especialmente a temperatura e composición da atmosfera, para poder manterse a si mesma.

- Actividade humana:

O modelo de desenvolvemento industrial actual está a alterar os delicados equilibrios da máquina climática terrestre, en especial no referente ao aumento de gases invernadoiro, producindo un cambio climático de orixe antrópica, no que xa estaríamos inmersos, cunha celeridade descoñecida na historia terrestre e con múltiples consecuencias negativas para o medio natural e social.

3. – Cambios no medio natural.

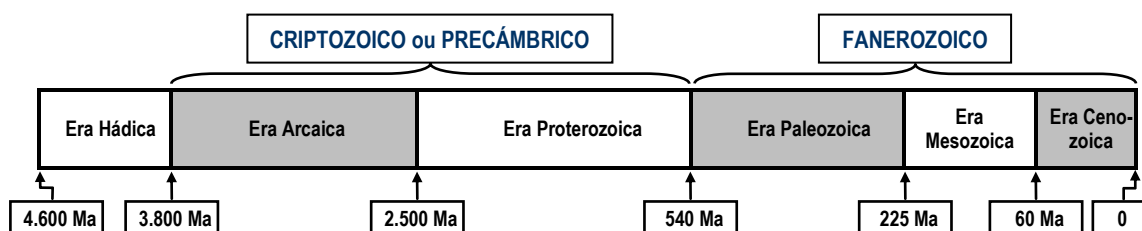
O cambio é consubstancial á materia que conforma o mundo. O universo, as galaxias, estrelas, planetas, a vida, sofren transformacións dende a súa orixe, a causa da súa propia dinámica e evolución. Pero, dende hai centos de miles de anos, aos cambios naturais hai que engadirle os producidos por varios tipos de homínidos, en especial os causados pola nosa especie, capaz de transformar de forma rápida e irreversible o medio natural. Os cambios son tan profundos que se fala dunha nova era xeolóxica: o *Antropoceno*.

3.1. Cambios naturais na historia xeolóxica da Terra.

A historia xeolóxica do planeta é unha historia de cambios provocados por diversos factores (físicos, químicos, biolóxicos) tanto de orixe terrestre coma procedentes do espazo exterior, dos que destacamos os máis sinalados, á par que os situamos na escala de tempo.

División do tempo xeolóxico: a unidade de tempo en xeoloxía é o millón de anos (Ma), e o tempo divídese en eóns e eras. Temos dous eóns de distinta duración, cada un deles subdividido en tres eras:

Eón Criptozoico: *vida escondida*, escaseza de fósiles, dende 4.600 Ma ata 540 Ma.
 Eón Fanerozoico: *vida evidente*, abundancia de fósiles. Dende 540 Ma ata agora.



♦ Cambios xeolóxicos e biolóxicos durante o Precámbrico:

- a) Formación da Terra ao tempo que o Sistema Solar.
- b) División da Terra en capas segundo a densidade.
- c) Formación dun protoocéano, cálido e corrosivo, que cubría gran parte do globo.
- d) Formación da atmosfera primitiva redutora (sen osíxeno).
- e) Xeración dos primitivos continentes que se xuntarán no Panxea I.
- f) Orixe da vida por síntese abiótica
- g) Evolución de gran número de formas de vida unicelular bacteriana.
- h) Cambio de atmosfera, de redutora a oxidante, como consecuencia da fotosíntese bacteriana (cianobacterias).
- i) Xorden as células complexas ou eucariotas.
- j) Grande explosión de vida que orixina pluricelulares sinxelos como vermes, augamares, esponxas ...

k) Varias glaciacións, das que destacamos á que afectou a todo o planeta (Terra branca), que provocará a extinción de moitas especies.

♦ Cambios xeolóxicos e biolóxicos durante o Fanerozoico (540 Ma ata agora)

- No Paleozoico salientamos:

a) Explosión de vida ao evolucionar case todos os grandes grupos de seres vivos, destacando animais con esqueleto externo, que facilita a fosilización (Corais, Moluscos, Trilobites).

b) Primeiros vertebrados, que evolucionarán a Anfibios e Réptiles, firmes colonizadores do medio terrestre. Primeiros insectos e primeiras plantas terrestres.

c) O Panxea I fractúrase e os seus restos derivan ata xuntarse no Panxea II.

d) Extinción biolóxica, que afectou ao 95% da vida.

- Evolución no Mesozoico e Cenozoico (Terciario e Cuaternario)

a) Rotura de Panxea II en continentes menores, que evolucionarán ata a distribución actual.

b) Os dinosauros van ser a fauna dominante ata a súa extinción (meteorito).

c) Formación de grandes cordilleiras (Andes, Alpes, Himalaia, Pirineos...)

d) Evolución dos primeiros mamíferos, primeiras aves e plantas modernas.

e) Cara 2-3 Ma xorden os homínidos, cunha única especie actual, *Homo sapiens*, que aparece en África hai 150.000 anos e colonizará todos os continentes.

f) Arrefriamento global que culmina con catro períodos glaciares.

g) Extinción de mamíferos adaptados ao frío tras a última época glacial.

3.2. *Principais cambios no medio natural ao longo da historia humana*

O ser humano transforma o medio natural, distinguíndose tres fases na historia humana en relación ao medio: cazadora-recolectora, agrícola-gandeira e industrial.

	época primitiva	época agraria	época industrial	
			clásica	avanzada
duración	Paleolítico	Do Neolítico ata a Revolución Industrial	Da Revolución Industrial á primeira metade do s.XX.	A partir da segunda metade do s.XX
producción	recolectora e cazadora	agrícola e gandeira	industrial	industrial avanzado
modo de vida	nómade en pequenos grupos	sedentario rural	urbano	urbano, megacidades
tecnoloxía	rudimentaria en pedra, óso: frechas, machados,	arado, roda, noras, muíños, barco de vela, metalurxia	máquina de vapor, tear, locomotora ...	motor de explosión, electrónica, informática,
fontes de enerxía	humana e lume	humana, animal, leña. vento, auga	carbón	petróleo, nuclear. alternativas
impactos ambientais	escasos, probables extincións por caza excesiva	deforestación, sobrepastoreo, erosión do solo	contaminación atmosférica, residuos.	cambio climático, desigualdade Norte-Sur, desertificación. extincións ...

En cada fase, a nosa especie intervéñe no medio e provoca impactos ambientais, ata desembocar na actual *crise ambiental*, a maior da historia humana, ao afectar a todos os sistemas terrestres e ao equilibrio global do planeta. Así mesmo, cada época conserva estruturas das anteriores porque o desenvolvemento humano é desigual.

4.- Concepto e alternativas á crise ambiental

4.1. *Concepto de crise ambiental*

O avance tecnolóxico e industrial típico da nosa sociedade estase a realizar sen ter en conta as limitacións naturais, dando lugar a unha problemática global denominada crise ambiental, de maneira que o planeta soporta dous tipos de carga:

- superpoboación de individuos, en zonas onde hai máis habitantes que alimentos ou recursos (países menos desenvolvidos). Denomínase explosión demográfica, porque a poboación humana crece de forma exponencial. Este incontrolado aumento poboacional é maior en países emerxentes e pouco desenvolvidos. China, India, Brasil e Indonesia posúen o 45% da poboación mundial.

- superpoboación de consumo, as poboacións humanas consumen os recursos naturais a un ritmo superior á súa rexeneración levando ao seu esgotamento, á vez que ten lugar unha profunda degradación do medio a escala planetaria, que afecta a todos os subsistemas terrestres (bosques, solo, aire, auga), diminúe a biodiversidade, agrava riscos naturais e modifica de forma irreversible o clima terrestre.

É importante non perder de vista a desigualdade Norte-Sur na distribución, uso e consumo dos recursos e do nivel de vida; así países desenvolvidos como USA, Canadá, Xapón, Europa Occidental e Australia comprenden o 20% da poboación mundial pero disfrutan do 80% da riqueza, e consumen o 80% da enerxía.

Ademais, a brecha entre países pobres e ricos, lonxe de minorar, continúa a aumentar, calculándose que 1.200 millóns de persoas son moi pobres e carecen de auga potable e servizos básicos de sanidade e hixiene, falecendo prematuramente por desnutrición ou enfermidades relacionadas coa pobreza e o subdesenvolvemento.

4.2 *Diferentes alternativas á problemática ambiental.*

Destacamos tres modelos que representan distintas formas de pensamento: explosión incontrolada, ultraconservacionismo e desenvolvemento sostible.

a. - Modelo de crecemento continuo ou explosión incontrolada, baseado en teorías económicas liberais, conciben o planeta como ilimitado e sen necesidade de control. Este modelo preconiza que o propio mercado e o avance tecnolóxico poden por si mesmos solucionar a crise ambiental. Equiparan *crecemento económico a desenvolvemento*, e *defende o crecemento económico por riba do sistema ecolóxico*.

b. - Modelo conservacionista, neomalthusiano ou crecemento cero, supón que os recursos da Terra son limitados, polo que o aumento da poboación e do consumo producirán un colapso e unha importante degradación do medio, que traerá conflitos. Este modelo *propugna paralizar o crecemento económico para evitar o deterioro ecolóxico*. Actualmente non ten moita relevancia ao desatender as necesidades dos países pobres que demandan crecer. Proposto en 1970 polo grupo "Club de Roma".

c. - Modelo de desenvolvemento sostible, elaborado en 1987 a partir do Informe Brundtland (Comisión Mundial do Medio e Desenvolvemento). Pretende conciliar economía e ecoloxía, ou dito doutra forma, *desenvolvemento e conservación*, na busca dunha solución viable á crise ambiental.

Defínese como "o desenvolvemento que *satisfai as necesidades da xeración presente sen comprometer a capacidade das xeracións futuras para satisfacer as súas necesidades*". Non pretende o crecemento cero, senón o uso racional dos recursos e unha xestión do medio que evite a súa degradación.

Contempla unha tripla dimensión, ou obxectivos de sustentabilidade:

- 1.- *Sustentabilidade económica*: crecemento económico combinado coa conservación dos recursos naturais.
- 2.- *Sustentabilidade ecolóxica*: preservación dos ecosistemas e da biodiversidade.
- 3.- *Sustentabilidade social*: pretende acadar saúde, benestar e igualdade para humanidade actual e futura.

Algunhas actuacións encamiñadas a favorecer o desenvolvemento sostible son:

- 1.- *Principio de recolección sostible*: uso de recursos naturais a un ritmo non superior á súa renovación, favorecendo a reciclaxe e reutilización. A taxa de consumo debe ser menor ou igual á taxa de renovación.
- 2.- *Principio de baleirado sostible*: o baleirado por consumo debe ser maior ou igual á taxa de creación dun novo recurso (que poidan substituírse cando se esgotan).
- 3.- *Principio de emisión sostible*: a descarga de residuos ao medio debe ser a un ritmo menor ou igual á capacidade de asimilación.
- 4.- *Principio de irreversibilidade*: reducir a cero a emisión de substancias que non se poidan degradar de forma natural.
- 5.- *Principio de selección sostible de tecnoloxías*: fomento de tecnoloxías limpas.
- 6.- *Principio de desenvolvemento equitativo*: favorecer a solidariedade intra e interxeneracional, axudando realmente aos países e colectivos máis desfavorecidos a ser autosuficientes e non dependentes.
- 7.- *Principio de precaución*: actitude vixiante que se anticipe, identifique e descarte aquelas actuacións humanas que poidan producir danos ou potenciar riscos. Así, deberíase ter a certeza da inocuidade das novidades introducidas antes de aplicarlas.

Moitos organismos dubidan que o modelo económico actual permita o desenvolvemento sostible, que debe abranguer toda a humanidade e garantir a conservación de medio e recursos para as xeracións futuras.

3.4. Índices de medida da sustentabilidade:

a) Indicadores ambientais: Son variables ou estimacións que aportan información sobre un problema ambiental concreto, coa fin de axudar a tomar medidas para súa solución na perspectiva da sustentabilidade ecolóxica, económica e social. Poden ser:

- *Indicadores de Presión (P)*: Mostran a presión directa das actividades humanas sobre o medio ambiente. Exemplo: cantidade de CO₂ emitido a atmosfera
- *Indicadores de Estado (E)*: Describen os efectos derivados dunha actividade. Exemplo: aumento da temperatura terrestre a causa dos gases invernadoiro.
- *Indicadores de Resposta (R)*: Informan sobre as medidas tomadas para a solución ou mitigación dos problemas ambientais. Exemplo: leis para reducir emisións.

b) Concepto de Pegada Ecolóxica: Avalía o impacto humano sobre o planeta. É a área do territorio produtivo necesaria para obter todos os recursos e assimilar os residuos dunha poboación, garantindo o nivel de vida. A nivel mundial é 2,2 ha por habitante e ano (sobrepasado en 0,5 ha). O concepto é útil a pesar de ser pouco preciso, ao contribuír a concienciar á poboación.

5. – Recursos, impactos e riscos. Residuos.

5.1. Concepto e tipos de recursos. Recurso e reserva.

Recurso natural é calquera elemento que a humanidade extrae da natureza para obter un ben ou beneficio. En moitos casos, os recursos satisfacen necesidades básicas (auga, alimento) pero outros moitos serven para cubrir necesidades froito das nosas apetencias e desexos. Os recursos podemos clasificalos seguindo varios criterios:

a) Polo coñecemento que temos deles:

- *Identificados*: recursos dos que se coñece a súa localización e cantidade.
- *Hipotéticos*: non descubertos, deducidos con datos sobre zonas coñecidas
- *Especulativos*: non descubertos, en lugares pouco ou nada coñecidos.

b) Pola capacidade de renovación

- *Renovables*: recursos que poden utilizarse de forma inesgotable por tempo indefinido xa que a taxa de renovación é superior ao consumo (enerxía solar, eólica).

- *Non renovables*: recursos limitados porque se atopan en cantidades fixas e se forman por procesos lentos (miles ou millóns de anos), polo que se esgotan progresivamente. A taxa de renovación é inferior á taxa de consumo. Son os de orixe xeolóxica, o solo e acuíferos fósiles (sen recarga actual).

- *Potencialmente renovables*: recursos repostos pola natureza en ciclos curtos, pero que poden esgotarse se se consumen a un ritmo superior ao da súa rexeneración. Taxa de consumo non superior á taxa de renovación. Son a pesca, bosques, auga potable.

c) Polo súa natureza:

- *Edáficos*: o solo.
- *Biolóxicos*: forestais, pesqueiros ...
- *Paisaxísticos*: espazos naturais ...
- *Hídricos*: auga.
- *Enerxéticos*: enerxía solar, nuclear, petróleo ...
- *Minerais*: cobre, arxilas, mármore ...

Diferenza entre recurso e reserva

Non son equivalentes. Así, recurso refírese á cantidade total dun elemento ou ben natural existente no planeta, mentres que reserva é a parte do recurso cuxa explotación se considera rendible, desde o punto de vista económico. É un concepto relativo que depende da tecnoloxía, por exemplo algúns xacementos de petróleo profundos de difícil extracción, agora non son reserva porque non son rendibles, pero poden selo nun futuro, a causa dos avances tecnolóxicos.

As reservas son, por tanto, recursos identificados e rendibles:

	<i>identificados</i>	<i>hipotéticos</i>	<i>especulativos</i>
Rendibles	RESERVAS		
Non rendibles			

5.2. O medio natural como recurso.- Os recursos en Galicia.

O medio natural pode ser considerado como un recurso natural non renovable; e se ben ao longo da historia foi sobreexplotado ao considerarnos os seus donos, na actualidade a sociedade debate en relación á conservación dos recursos naturais.

Galicia é rica en biodiversidade e en todo tipo de recursos naturais. Este feito tradúcese en fonte de riqueza e diversidade paisaxística, resultado da conxunción de diversos factores, como:

- A presenza dunha extensa franxa costeira e variedade de áreas continentais.
- Os contrastes altitudinais que se poden atopar en todo o territorio.
- As diferenzas climáticas e, polo tanto, biogeográficas.
- A dilatada historia humana que transformou os seus espazos.

Esta variedade de recursos naturais inclúe bosques, auga, pesca, solo, minerais, así como espazos de interese ecolóxico e paisaxístico, susceptibles de ser protexidos.



5.3. Impactos ambientais. Tipos.

Impacto ambiental é calquera alteración que o ser humano produce no medio natural como consecuencia da súa actividade. Os impactos son, por tanto, antropoxénicos. Segundo o alcance dos impactos, podemos clasificalos en *locais*, *rexionais* e *globais*, e segundo o subsistema terrestre fundamentalmente afectado poden ser:

- Impactos ambientais sobre a atmosfera: smog, chuva ácida, adelgazamento da capa de ozono, cambio climático ...
- Impactos ambientais sobre a hidrosfera: contaminación acuática, sobreexplotación e salinización de acuíferos.
- Impactos ambientais sobre a xeosfera: erosión do solo, alteración do relevo natural, perda de fertilidade dos solos productivos.
- Impactos ambientais sobre a biosfera: perda de especies, bioinvasións, deforestación, alteracións de hábitats naturais.



É importante non perder de vista as interrelacións entre os diferentes sistemas terrestres, polo que calquera impacto vai repercutir con maior ou menor intensidade en todos eles, o cal non impide que, para o facilitar o seu estudo, os poidamos clasificar por subsistemas.

5.4. Riscos naturais e clasificación.

O Risco defínese como toda condición ou evento capaz de ocasionar danos ás persoas, os seus bens e ao medio natural. Vén a ser a probabilidade de que teña lugar un determinado suceso que cause danos ou perdas nun lugar determinado. Á hora de avaliar un risco imos distinguir entre:

Catástrofe: risco e catástrofe son termos diferentes; pois catástrofe aplícase unha vez tivo lugar o evento, e os danos sobre a poboación afectada son graves ou notorios.

Desastre: a sociedade afectada polo suceso precisa de axudas externas.

Calamidade: o desastre prolóngase no tempo.

Clasificación dos riscos: tecnolóxicos, naturais e mixtos.

- *riscos tecnolóxicos ou culturais*: causas antrópicas, por fallos humanos ou derivados do desenvolvemento tecnolóxico; inclúe accidentes, guerras, venenos químicos ou alteracións do medio. Veñen a ser os impactos ambientais como escapes radioactivos, mareas negras, desertificación, etc
- *riscos naturais*: as causas son procesos naturais. Clasifícanse:

Riscos naturais	Orixe	Tipo de risco	Risco inducido
1. Xeolóxicos:			
a) Xeolóxicos internos	Procesos xeolóxicos internos	- Volcánico - Sísmico - Tsunamis	Non
b) Xeolóxicos externos	Procesos xeolóxicos externos	- <i>Climáticos</i> : inundacións, secas, furacáns, tornados ... - <i>Erosivos</i> : deslizamentos, aludes, afundimentos ...	Si
2. Cósricos	Procesos do espazo exterior	Meteoritos, tormentas solares ...	Non
3. Bióticos	Seres vivos	Epidemias, Pragas, Picaduras ...	Si

Como nos centraremos nos *riscos xeolóxicos*, imos comentar brevemente os outros:

- *Cósricos*: sucesos debidos a fenómenos astronómicos. Poden xerar gran destrución e extincións masivas como a caída dun meteorito a finais da Era Mesozoica, pero a súa ocorrencia é de moi baixa probabilidade.
- *Bióticos*: riscos naturais orixinados por seres vivos. Son as epidemias, enfermidades debidas a organismos infecciosos (bacterias, virus, parasitos); as pragas que destrúen colleitas (insectos, fungos); picaduras de insectos, serpes, arañas; animais salvaxes.

Responsables das maiores perdas en vidas humanas da historia: a *peste negra* da Idade Media, bacteriana; a *gripe* de 1918 (virus); a *malaria* (protozoo, transmitido polo mosquito Anopheles), epidemias emerxentes como a *SIDA* (virus) ...

- *Mixtos ou inducidos*: son o resultado da potenciación dos riscos naturais por actividades humanas. A causa é natural, pero a actividade antrópica potencia as causas, aumenta a frecuencia e agrava os danos (vulnerabilidade).

Moitos riscos naturais son inducidos, como os bióticos (propagación da *Lexionella* por tuberías), e os xeolóxicos externos (erosión por deforestación, desprendementos ao construír estradas).

Entre os xeolóxicos internos, so o sísmico pode ser inducido por explosións atómicas, inxección de fluídos no subsolo (*fracking*) ou encoros en zonas fracturadas. Os riscos cósmicos nunca son inducidos, e os tecnolóxicos defínense mellor como impactos.

5.5. Factores de risco e protección fronte aos riscos.

Factores de risco.- Os factores de risco son tres: P, E, V.

1.- *Perigosidade (P)*: mide a severidade ou magnitude do risco, e valora así mesmo a distribución xeográfica ou área afectada, e a periodicidade ou tempo de retorno (frecuencia con que se repite o suceso), calculada a partir do rexistro histórico. A miúdo se distingue entre risco máximo ou maior perigosidade acadada, e risco medio que corresponde á severidade máis frecuente. Con estes datos elabóranse mapas de perigosidade con función preventiva. A Escala Richter e a Escala Beaufort miden perigosidade.

2.- *Exposición (E)*: número de persoas ou bens afectados por un determinado risco. Pode ser *exposición social*, poboación potencialmente afectada, *económica*, os bens materiais, e *ecolóxica*, ecosistemas, fauna e flora. En moitas ocasións, o poder destrutivo débese máis á alta exposición (urbanización de zonas inundables, zonas sísmicas poboadas, hacinamento en suburbios) que á perigosidade do evento.

3.- *Vulnerabilidade (V)*: Refírese á porcentaxe de perdas humanas, materiais e ecolóxicas do total exposto. Depende dos outros dous factores e do desenvolvemento económico, así as catástrofes producen seis veces máis vítimas nos países pobres, que nos ricos, que acostuman adoptar medidas protectoras (como edificios sismorresistentes) e son máis eficaces á hora de socorrer as vítimas. A riqueza, a educación, a información reducen a vulnerabilidade.

A partir dos factores, valórase o risco para un suceso:

$$\text{RISCO} = P \cdot E \cdot V$$

Sendo:

P = *Perigosidade*, ou severidade dun suceso prexudicial

E = *Exposición*, ou poboación potencial exposta ao suceso

V = *Vulnerabilidade*, ou vítimas do suceso (en tanto por un)

Por tanto, se algún dos factores é nulo, o risco tamén o será. Por exemplo, en Galicia non hai risco volcánico ($P = 0$).

5.5. Planificación de riscos: Predición e medidas de prevención.

- Predición: predicir é "*anunciar con anticipación*" na medida do posible, onde vai acontecer o suceso, cando e con que magnitude. Baséase en ter redes de observación e vixilancia, mapas de risco deducidos do rexistro histórico, e o estudo de precursores, que son indicios ou fenómenos indicativos de que vai acontecer un suceso (moi útiles os precursores volcánicos pero non funcionan para terremotos).

- Prevenición: previr é "*prepararse con anticipación*" e consiste na adopción dunha serie de medidas para impedir ou mitigar os danos orixinados polos diferentes riscos. Poden ser medidas estruturais ou non estruturais:

♦ As medidas preventivas estruturais inclúen a modificación de estruturas, construcións ou actuacións encamiñadas a reducir factores de risco. A perigosidade é practicamente imposible de ser modificada, polo que as máis útiles reducen a vulnerabilidade (edificios sismorresistentes, muros e contención, encoros, reforestación de ladeiras, pararraios, vacinas). Son medidas de tipo práctico.

♦ As medidas non estruturais son de tipo educativo e legislativo e non supoñen actuacións nin construcións especiais. As máis salientables son:

- Ordenación do territorio que restrinja a exposición, evitando asentamentos humanos en zonas de perigo (torrenteras, chairas de inundación, zonas sísmicas...)

- Protección civil ou estratexias deseñadas para protexer á poboación fronte ao perigo, coa fin de reducir danos e garantir a orde pública. Inclúe plans de vixilancia, alerta e emerxencia como a evacuación, nos casos máis graves.

- Educación para o risco, resulta moi eficaz que a poboación teña información precisa e fidedigna e que estea entrenada para responder ás catástrofes.

A eficacia destas medidas depende dunha boa predición, coordinación das autoridades, estado das vías de comunicación, rede sanitaria, e da preparación da poboación. Tamén do tipo de suceso, non é igual prepararse para un tsunami que para un temporal; e non é o mesmo afrontar riscos predicibles como furacáns, que outros máis incertos como terremotos.

5.6. Concepto de residuo.

Residuo é calquera material resultante dun proceso de fabricación, transformación ou uso destinado a ser desbotado por ser inservible. A sociedade actual caracterízase polo elevado número de residuos, froito dun modelo social de consumo acelerado. Segundo o medio no que se depositen, os residuos teñen distintas denominacións:

Emisións: á atmosfera

Vertidos: á hidrosfera

Residuos, propiamente ditos: ao solo ou litosfera.



6. Fontes de información ambiental.

O avance dos estudos do medio natural está ligado aos avances científicos e tecnolóxicos; aínda que tamén é necesario reflexionar que en ocasións poden ser os propios avances os causantes dos impactos ambientais.

Os sistemas de teledetección, xunto coas ferramentas informáticas, son as novas tecnoloxías máis útiles como fontes de información ambiental.

6.1.- Sistemas de teledetección (observación a distancia).

Os sistemas de teledetección permiten obter imaxes da superficie terrestre dende sensores instalados en avións ou satélites.

Os sensores son capaces de captar imaxes da superficie terrestre para facelas chegar, en diferentes formatos, a diferentes centros de recepción de todo o mundo.

Os centros de recepción procesan a información recibida, e a distribúen en formato dixital ou analóxico a diferentes sistemas de distribución, que a achegan a todo tipo de usuarios para extraer as conclusións pertinentes.

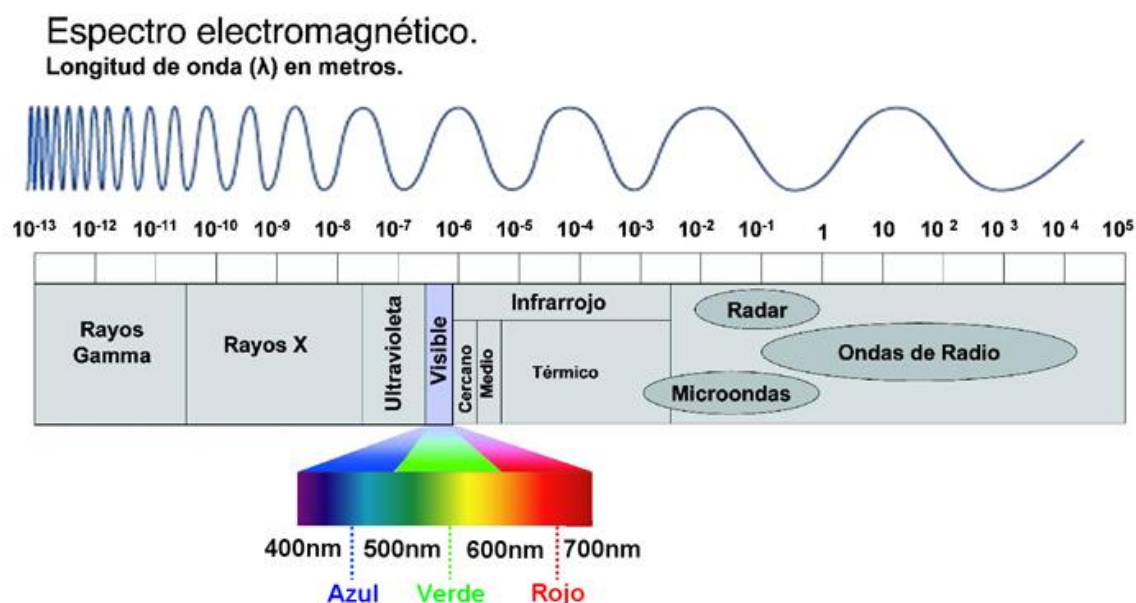


Tipos de sensores e radiación utilizada.

Segundo o fluxo de enerxía utilizado, os sensores poden ser de dous tipos:

- Sensores pasivos: utilizan un fluxo de enerxía externo. Funcionan de forma similar a unha cámara fotográfica aproveitando a radiación solar.
- Sensores activos: emiten radiación, e captan o reflexo na superficie terrestre.

A radiación solar está formada por un conxunto de diferentes radiacións denominado *espectro electromagnético*. Cada tipo de radiación caracterízase por unha determinada *lonxitude de onda*, que varía dende valores minúsculos nas ondas curtas, ata varios metros nas ondas longas (ondas de radio).



Do total do espectro, os sensores só poden utilizar as radiacións non absorbidas pola atmosfera, ou *ventás atmosféricas*: visible, infravermello e microondas (radar).

Tipos de órbitas dos satélites:

- Xeoestacionaria: sincronizados á rotación terrestre; polo que aparentan ser inmóviles. Están gran altura, 36.000 km, polo que as imaxes abranguen amplas zonas do planeta, con gran resolución temporal, sendo moi útiles para fenómenos globais. Exemplo: o satélite meteorolóxico Meteosat.

- Polar: a órbita pasa polos polos terrestres, situados a menor altura, entre 800 e 1.500 km, polo que varren menor superficie, pero a cambio presentan maior resolución espacial captando detalles. Axeitados para fenómenos locais. Exemplo: o satélite Envisat describe unha volta ao redor da Terra en 101 minutos.

Aplicacións da teledetección:

É unha importante fonte de información medioambiental que permite obter imaxes e datos de practicamente todas as zonas do planeta, incluídas as máis inaccesibles; e ademais de forma periódica, o que é imprescindible á hora de facer estudos sobre a evolución de riscos ou impactos ambientais.

Exemplos da aplicación ambiental da teledetección son: estudos sobre o cambio climático, evolución da capa de ozono, catástrofes marítimas, estado dos solos, a desertización, perda de biodiversidade e a destrución de hábitats naturais.

Permite o seguimento de erupcións volcánicas, retroceso de glaciares, movementos en fallas ou fenómenos de ladeira, contribuíndo a deseñar e aplicar medidas estruturais e non estruturais para a prevención ou minimización de riscos.

1.6.2. Sistemas de posicionamento global por satélite

Sistemas para poder determinar a posición dun punto calquera da superficie terrestre (lonxitude, latitude e altitude) a partir de sinais de satélites.

O máis coñecido é o GPS que utiliza a información de 28 satélites situados a 20.200 km de altitude, necesitando a información de polo menos catro para calcular por triangulación a posición dun móbil sobre a superficie terrestre, con moi boa precisión.

Especialmente útiles en navegación terrestre, aérea e marítima, tarefas de rescate, orientación, actividades profesionais ou de ocio, cartografía, seguimento de fauna ou vertidos.



6.3.- Programas informáticos de simulación ambiental.

A informática é unha ferramenta indispensable nos estudos sobre o medio natural; así, utilízase como modo de almacenamento de datos obtidos desde diferentes fontes, permite o análise e tratamento dos mesmos, e o seu envío a calquera punto do planeta, sendo unha fonte de información e comunicación cada vez máis globalizada.

Entre as ferramentas informáticas máis destacadas en ciencias ambientais temos os modelos de simulación e os sistemas de información xeográfica (SIX).

- Os modelos de simulación ambiental son programas informáticos que tentan explicar o comportamento futuro dun sistema en diferentes situacións ou escenarios.

Modelos pioneiros foron os programas World-2 e World-3, de Jay Forrester (anos 70–80 do século pasado). Tratan sobre a sostenibilidade do planeta, analizando: poboación, recursos, alimentos producidos, contaminación e capital invertido. Unha das súas conclusións é: "*se continúa a tendencia actual de crecemento da poboación, industrialización, contaminación e consumo de recursos, os límites do planeta serán acadados nos próximos cen anos*".

Outros modelos de simulación son:

- Modelos de simulación de incremento do efecto invernadoiro: a partir de datos de climáticos e de actividades humanas produtoras de gases invernadoiro.
- Modelos de simulación da situación hidrolóxica do planeta: usan datos sobre reservas e consumo de auga, tratamentos de depuración, e medidas de concienciación cidadá cara o aproveitamento responsable.
- Modelos de simulación da evolución da capa de ozono: analizan a diminución e evolución futura da capa de ozono, e a súa influencia na saúde da poboación.
- Modelos de simulación da evolución da biodiversidade: simulación das taxas de extincións de especies biolóxicas tomando como variables determinadas accións humanas que supoñan ameazas para a súa supervivencia,



– Os sistemas de información xeográfica ou SIX son programas informáticos que conteñen un conxunto de datos dun territorio, organizados de forma xeográfica. Os datos represéntanse en forma de capas superpostas nas que se describe a xeoloxía, hidrografía, relevo, vexetación, clima, usos do solo, infraestruturas, patrimonio, riscos, catastro..., procedentes de mapas e sistemas de teledetección. Moi utilizados en prevención de riscos e impactos, e ordenación do territorio. Exemplos de SIX de dominio público son: Google Earth ou o Programa CORINE da Axencia Europea do Medio Ambiente.

