

Quincena 2

2ª Avaliación

Unidade 7

A TERRA NO UNIVERSO

Fai “click” enriba do apartado ao que queiras dirixirte

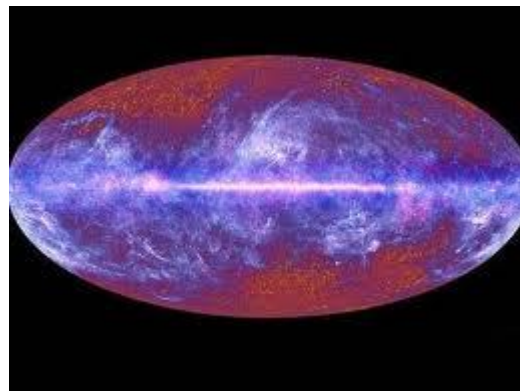
1. O UNIVERSO	2
1.1. A materia e a enerxía no Universo	2
1.2. Orixe do Universo.....	3
1.3. Os Planetas e Planetas menores	4
1.4. O Sistema Solar	4
1.4.1. Compoñentes.....	4
1.4.2. Orixe.....	5
1.5. Características dos Planetas	5
1.5.1. Planetas terrestres	6
1.5.2. Planetas gasosos	7
1.5.3. Outros corpos celestes.	8
2. A TERRA	9
2.1. A formación da Terra	9
2.2. A diferenciación en capas	9
2.3. Orixe da Lúa	10
2.4. Aparición da vida.....	10
3. SUBSISTEMAS QUE INTEGRAN O SISTEMA TERRA	12
3.1. O Sistema Terra: unha perspectiva de conxunto.....	12
3.2. A Xeosfera	12
3.3. A Atmosfera	12
3.3.1. Estrutura da Atmosfera	12
3.3.2. Funcións da Atmosfera	13
3.4. A Hidrosfera	13
3.4.1. O ciclo da auga	14
3.4.2. A Hidrosfera, como reguladora da temperatura do planeta.....	14
3.4.3. Os océanos	15
3.5. A Biosfera.....	15
3.5.1. A Biosfera: un recurso fráxil e limitado.....	15
3.5.2. Impactos sobre a Biosfera	16
3.6. Dinámica global do Sistema Terra	18

1. O UNIVERSO

Podemos dicir que o concepto de Universo é o máis amplo que existe, posto que abrangue todo o que existiu, existe e existirá en calquera lugar e en calquera tempo. Se analizamos o que existe no Universo veremos que todo se reduce a tres compoñentes:

- **A materia en forma de po, estrelas, planetas, etc.**
- **A enerxía dos corpos estelares**
- **O baleiro cósmico**

Segundo os principios da termodinámica, a materia e a enerxía son dúas formas da mesma realidade, xa que a materia e a enerxía nin se crean nin se destrúen, só se transforman. Por esta razón todo o que existe hoxe en día existiu sempre, aínda que puido cambiar a súa forma.



Primeira imaxe de todo o Universo tomada polo telescopio Planck.



Galaxia espiral "torcida" ESO 510-13. Crese que algúns alabeos son consecuencia das interaccións ou incluso as colisións entre galaxias.

A materia do Universo actual atópase formando tres tipos de obxectos, que existen en gran número: a **materia interestelar**, as **estrelas** e os **planetas**. Estes obxectos constitúen grandes grupos, denominados **galaxias**, que poden ser consideradas como a unidade de organización do Universo.

1.1. A materia e a enerxía no Universo

Nun principio, a enerxía debeu transformarse en materia tras o Big-Bang, orixinando os obxectos materiais que coñecemos hoxe. No momento actual, é a materia a que se está continuamente transformando en enerxía, proceso que acontece fundamentalmente no interior das estrelas, e que é responsable das emisións enerxéticas das estrelas en forma de radiacións de variadas lonxitudes de onda.



O Big Bang, literalmente grande estalido, constitúe o momento no que da "nada" emerxe toda a materia, é dicir, a orixe do Universo.

1.2. Orixe do Universo

A teoría aceptada na actualidade recibe o nome de **Big-Bang** (Grande Explosión). Parte do suposto de que nun principio toda a materia existente estaba concentrada nun único punto chamado "Ovo Cósmico". Nun momento determinado, fai uns 15 mil millóns de anos, e debido á grande presión, temperatura, gravidade, etc., á que estaba sometida esta masa, produciuse unha explosión tan tremenda que toda a materia saíu lanzada en múltiples direccións, desprazándose a gran velocidade de tal forma que hoxe en día ese movemento aínda continúa. Esta materia proxectada en todas direccións comezaría a arrefriarse e a súa forza gravitatoria faríase máis efectiva. Nese momento as partículas



Si $V > G \Rightarrow$ Universo en expansión.

Si $V = G \Rightarrow$ O desprazamento fréase e o Universo entra en equilibrio.

Si $V < G \Rightarrow$ O desprazamento fréase e o Universo entra en contracción ao xuntarse as galaxias.

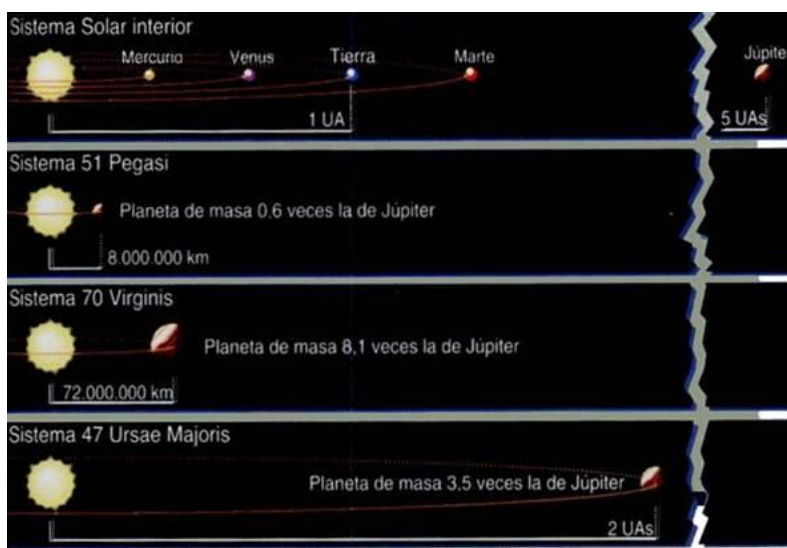
empezarían a xuntarse e darían lugar, primeiro, á aparición de nubes de gases e po; a partir delas, posteriormente, comezarían a formarse estrelas. As máis próximas entre si formarían as galaxias, quedando restos de po e gases entre as estrelas chamados **Nebulosas**.

Esta grande explosión produciu unha especie de "eco", detectado en forma de microondas que constitúen a chamada **Radiación de Fondo**, capaz de ser observada por medio de radiotelescopios en calquera dirección do noso Universo.

No futuro, as galaxias poderán seguir expandíndose indefinidamente ou poderán frearse para, logo, ir xuntándose pouco a pouco ata orixinar un novo "ovo cósmico". Deste xeito repetiríase de novo todo o proceso. Que aconteza un caso ou outro dependerá de que a velocidade (V) de desprazamento das galaxias sexa superior ou inferior á atracción gravitatoria (G) que as galaxias exercen entre si:

Segundo os últimos datos, no Universo hai suficiente materia como para que a forza gravitatoria de atracción entre as galaxias sexa maior que a súa velocidade de separación, polo que o Universo podería deixar de expandirse e se contraer.

1.3. Os Planetas e Planetas menores



(Fonte: Muy Interesante Especial nº 26: 17)

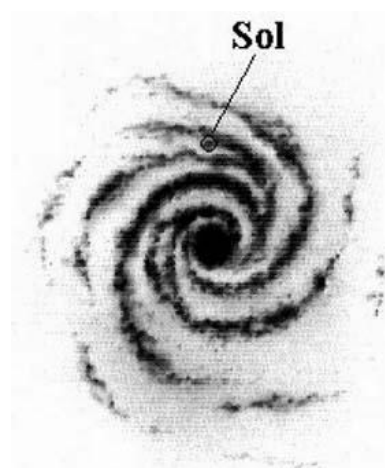
Cando as nubes de gases que se unen non alcanzan un tamaño mínimo, o corpo que se forma non se quenta o suficiente e non se inician as reaccións de fusión, polo que non se forma unha estrela, senón un corpo máis pequeno, que non libera enerxía e que recibe o nome de **Planeta**. Se é moi pequeno (como os asteroides ou os cometas) denomínase **Planeta menor ou Planetoide**. Aadoitan ser atraídos por algunha estrela próxima e quedan en órbitas ao seu arredor.

Hoxe en día coñécense, ademais dos planetas do Sistema Solar, polo menos 50 **Planetas Extrasolares** descubertos dende 1990. A maioría de gran tamaño (entre 0,5 e 10 veces o tamaño de Xúpiter) e orbitan arredor da súa estrela a distancias variables. Na actualidade estanse a perfeccionar as técnicas de detección, o que permitirá descubrir planetas de tamaño similar á nosa Terra.

1.4. O Sistema Solar

1.4.1. Componentes

Nun brazo da Vía Láctea, o chamado **Brazo de Orión**, atópase o noso sistema planetario, o Sistema Solar. Está formado polo **Sol** que é unha estrela amarela, relativamente nova, de tamaño mediano, arredor do cal xiran oito planetas e varios planetoides ou planetas menores. Os planetas segundo a súa proximidade ao Sol son: **Mercurio, Venus, Terra, Marte, Xúpiter, Saturno, Urano e Neptuno**. Entre Marte e Xúpiter atópanse os **Asteroides**, que ás veces son atraídos polos planetas e chocan contra a súa superficie formando **Meteoritos**. En órbitas moi alongadas procedentes de máis alá de Plutón, móvense os **Cometas**.



Galaxia de tipo espiral "Vía Láctea"

Os planetas, as órbitas dos cales, están por dentro do cinto de asteroides (Mercurio, Venus, Terra e Marte) reciben o nome de **Planetas Terrestres**, debido a que a súa estrutura e composición son similares ás da Terra: son moi densos, están formados por materia sólida disposta en capas concéntricas, con núcleos metálicos, mantos e codias de silicatos e son relativamente pequenos. Os planetas situados despois dos asteroides (Xúpiter, Saturno, Urano e Neptuno) chámanse **Planetas Gasosos** ou xigantes, xa que son de gran tamaño, pouco densos, están formados fundamentalmente por gases, dos que algúns están conxelados, e presentan unha serie de aneis formados por xeo e rochas arredor do seu ecuador. Tamén se lles dá o nome de "planetas xovianos", por ser Xúpiter o máis característico dos catro. Plutón é un caso especial,

debido a que é máis parecido aos planetas terrestres; suponse que é un cometa capturado pola gravidade do Sistema Solar.

1.4.2. Orixe

A teoría aceptada hoxe en día recibe o nome de **Teoría dos Planetesimais**. Concorde razoablemente coa teoría da propia orixe do Universo e das galaxias a partir do Big - Bang.

Segundo ela, as partículas dunha nube de gas e po, por efecto da gravidade, comezarían a xuntarse unhas con outras, formando unha grande masa que alcanzaría a temperatura suficiente para iniciar as reaccións de fusión, aparecendo unha estrela que sería o Sol. O resto da nebulosa, disposta arredor do Sol, comezaría a arrefriarse e os seus compoñentes moleculares colocárianse de acordo á súa densidade e masa pola atracción gravitatoria solar do xeito seguinte:



Os planetesimais son anacos de rocha que colisionaron para formar planetas.

- Os elementos e moléculas máis densos serían atraídos con maior forza e quedarían máis preto do Sol, orixinando os planetas terrestres.
- Os compoñentes gasosos, máis lixeiros serían atraídos con menos forza e quedarían máis lonxe, orixinando os planetas gasosos.
- Aparecerían pequenos corpos sólidos de distintos tamaños que se atraerían uns contra outros, uníndose e formando corpos cada vez maiores chamados planetesimais.
- Finalmente estes planetesimais irían formando os oito grandes corpos que rematarían dando os planetas. Os asteroides son planetesimais que sobraron e non chegaron a formar parte de ningún planeta de tipo terrestre. Máis alá de Neptuno quedaron restos gasosos conxelados formando os cometas; Plutón sería un obxecto cometario atraído posteriormente pola gravidade do Sistema Solar, como talvez sucedera con Quaoar ou Sedna. Os satélites máis grandes formaríanse igual que os planetas e outros serían asteroides e cometas capturados.

1.5. Características dos planetas

	Sol	Mercurio	Venus	Terra	Marte	Xúpiter	Saturno	Urano	Neptuno
Distancia Sol (U.A.)	---	0.38	0.76	1	1.58	5.2	9.5	19.2	30.6
Traslación en anos	---	87.9 (días)	224.7 (días)	1	1.9	11.8	29.4	84	164.8
Rotación	25-36 días	58.6 días	243.1 días	1.00 día	1.03 días	9.8 horas	10.5 horas	16.8 horas	16.1 horas
Inclinación do eixe	---	2	3	23 27'	23 59'	3 05'	26 44'	82 5'	28 48'
Radio (km)	695000	2439.7	6051.8	6378	3397	71492	60268	25559	24746
Masa comparativa	$3 \cdot 10^5$	0.05	0.8	1	0.1	318.1	95.1	14.6	17.2
T media de día (°C)	6.000 (en superf.)	350	480	22	-23	-150	-180	-210	-220
Gravidade comparativa	$4 \cdot 10^{18}$	0.37	0.88	1	0.38	2.64	1.15	1.17	1.18
Nº de satélites	---	0	0	1	2	16	18	15	8

1.5.1. Planetas terrestres



MERCURIO: É un planeta pequeno, de aspecto moi parecido á Lúa, xa que ao non posuír atmosfera (pola súa baixa gravidade e proximidade ao Sol) a súa superficie está salpicada de infinidade de cráteres meteóricos e cuncas similares aos mares da Lúa; esta carencia de atmosfera fai que as variacións térmicas entre o día e a noite mercuriana sexan enormes, é dicir, entre 400 °C durante o día e -170 °C durante a noite. A súa constitución interna é similar á da Terra, aínda que o núcleo ocupa un radio maior que o da Terra, en comparación.

VENUS: É de tamaño parecido á Terra. Caracterízase pola presenza dunha atmosfera moi densa, o que determina unha presión na superficie 90 veces superior á terrestre, e unha temperatura moi alta, duns 460 °C, polo efecto invernadoiro. A atmosfera está constituída nun 96% por CO₂, con N₂, vapor de auga e SO₂, substancia esta última responsable da formación de ácido sulfúrico, o que fai que certas zonas da atmosfera sexan moi corrosivas.



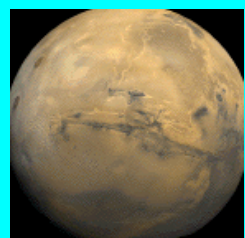
A superficie de Venus foi apenas vista grazas a algunhas sondas soviéticas que foron capaces de resistir as condicións atmosféricas e pousáronse nela, enviando algunhas fotografías que mostran unha paisaxe pedregosa e árida. Tamén a súa superficie foi cartografada utilizando ondas de radar enviadas dende a Terra e dende a sonda Magallanes que orbitou o planeta, o que permitiu descubrir a existencia de dous grandes altiplanicies similares ao que serían os continentes terrestres se non existisen os océanos, algunhas cordilleiras, así como dúas elevacións que parecen ser volcáns activos.

A súa estrutura interna é de tipo terrestre e chama a atención o seu movemento de rotación, que aparte de ser moi lento (243 días) é retrógrado, é dicir, ao revés que o da Terra.



TERRA: Inconfundible dende o espazo pola cor azul que lle dan os seus extensos océanos de auga líquida, salpicado do branco das masas nubradas; posúe un único satélite, a **Lúa**, planetoide rochoso duns 3470 km de diámetro que non presenta atmosfera, polo que a súa superficie está tachonada de cráteres meteóricos, algúns de gran tamaño. Os sismógrafos deixados na súa superficie polos astronautas estadounidenses detectaron infinidade de terremotos de intensidade variable.

MARTE: É máis pequeno que a Terra pero presenta moitas similitudes con ela, ata tal punto que se especulou coa posibilidade de que existise algún tipo de vida en Marte. Para despexar esta incógnita deseñouse o proxecto *Viking* que permitiu depositar dúas sondas automáticas na superficie marciana que realizaron unha serie de experimentos para descubrir a presenza de microorganismos, aínda que os resultados radiados á Terra non foron moi concluíntes.



Presenta unha atmosfera máis tenue que a terrestre cun 95% de CO₂ mesturado con cantidades menores de N₂, CO, O₂ e vapor de auga. A temperatura na superficie da zona ecuatorial oscila entre +22 °C e -73 °C, aínda que no inverno marciano as temperaturas poden baixar de -120 °C. Existen dous casquetes polares formados por CO₂ xeados e xeos que diminúen no verán e aumentan no inverno. Os vehículos exploradores da *misión Mer* demostraron a existencia de rochas formadas en presenza de auga líquida, que se sospeita que pode atoparse no subsolo marciano, onde podería protexerse algunha forma de vida similar a algunhas bacterias quimiosintéticas terrestres, como as estudadas no Río Tinto de Huelva polo proxecto *Marte* levado a cabo pola NASA e o Centro de Astrobioloxía.



ASTEROIDES: Son *fragmentos rochosos* de tamaño moi variable, dende grans de area, ata bloques de centos de toneladas de peso, que se atopan orbitando entre Marte e Xúpiter, aínda que algúns teñen unha órbita moi alongada e chegan a cruzar as órbitas de Marte e a Terra, por un lado, e as de Xúpiter e Saturno polo outro.

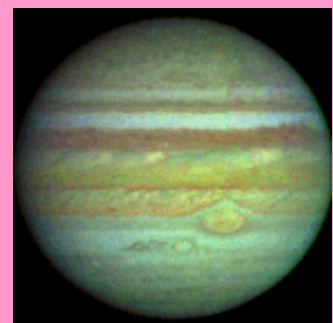
Rexistráronse uns 2500, aínda que se supón que debe haber centenaes de miles deles; os máis grandes son **Ceres** (1000 km de diámetro e considerado un planeta anano), *Pas* (610 km), *Vesta* (540 km), etc. Supoñíase que eran restos dun planeta de tipo terrestre que estalou, pero na actualidade cobrou máis forza a idea de que son restos da nube de materia que formou o Sistema Solar.

Os asteroides que seguen unha traxectoria que os leva a chocar coa Terra reciben o nome de **Meteoroides**. Cando un choca coa atmosfera a gran velocidade, a fricción fai que este anaco de material espacial se incinere producindo un chorro de luz chamado **Meteoro**. Se o meteoroida non se consume por completo, o que queda choca coa superficie da Terra, atraído pola súa forza gravitatoria, e denomínase **Meteorito**. Recolléronse miles de fragmentos de meteoritos por toda a superficie terrestre, metálicos e rochosos, e existen enormes cráteres, producidos polo choque de xigantescos meteoroides. Suponse que un destes impactos ocasionou a desaparición dos dinosauros ao final do Mesozoico.

1.5.2. Planetas gasosos

XÚPITER: É o planeta máis grande do noso sistema, ata o punto de que con algúns millóns máis de toneladas de masa entraría en fusión converténdose nunha estrela. Emite 2,5 veces máis enerxía da que recibe do Sol.

Presenta un núcleo sólido de silicatos rodeado dunha capa envolvida de hidróxeno, helio, metano e amoníaco que constitúen unha atmosfera moi densa e turbulenta, na que se rexistran enormes ciclóns, como a famosa, descomunal borrasca **Mancha Vermella** onde cabería a Terra enteira.



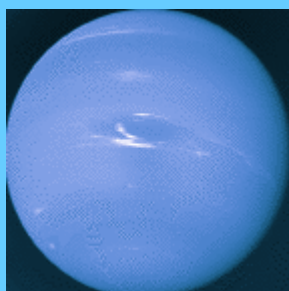
Preto do seu ecuador obsérvase un sistema de aneis formados por fragmentos rochosos e escuros. Actualmente Xúpiter posúe 16 satélites, entre os que destacan os chamados, **Satélites Galileanos** descubertos no século XVI por este pensador, e que foron recentemente estudados pola sonda *Galileo*. Son: *Ganímedes* (5280 km de diámetro), o maior do Sistema Solar (máis grande mesmo que Mercurio), *Calisto* (4820 km), que ten a superficie máis antiga do noso Sistema, *Europa* que presumiblemente posúe auga líquida baixo unha codia de xeo (3130 km) ou *Io* (3630 km). Neste último o *Voyager 2* e a sonda *Galileo* fotografaron erupcións, que supoñen ata o momento as únicas mostras de actividade volcánica constatada fóra da Terra.



SATURNO: Para moitos é o planeta máis belo do noso sistema, polo seu conxunto de **Aneis** múltiples de fragmentos de xeo, que son os únicos visibles dende a Terra. A súa estrutura é similar á de Xúpiter, aínda que é algo máis pequeno, e tamén emite máis enerxía que a que recibe do Sol. A súa densidade é tan baixa que flotaría na auga. Presenta uns 18 satélites, algúns destes satélites, os chamados "**Satélites Pastores**", desempeñan un papel moi importante no mantemento dos aneis, evitando coa súa atracción gravitatoria que os fragmentos dos aneis caian sobre o planeta.

URANO: Visible dende a Terra só como un punto de cor azulada. O seu estudo avanzou en grande xeito grazas ás *sondas Voyager* que enviaron unha considerable cantidade de información na década dos oitenta; estas sondas descubriron, entre outras cousas, un sistema de aneis que non se coñecía anteriormente.

Está formado por un núcleo rochoso arredor do cal se dispón un manto composto de metano e amoníaco xeados e unha atmosfera de hidróxeno, helio, metano e amoníaco gasosos. A súa característica máis importante é que o eixe está inclinado máis de 90°; con respecto ao plano orbital, polo que os aneis se dispoñen de forma vertical. Iso fai que cada hemisferio só teña dúas estacións de 42 anos de duración, así como un día de 42 anos e unha noite tamén de 42 anos. Posúe 15 satélites.



NEPTUNO: Grazas aos Voyager dispoñemos hoxe dun coñecemento amplo sobre este planeta. É moi parecido a Urano, aínda que o seu eixe presenta unha inclinación similar ao doutros planetas. Tamén presenta aneis, que son bastante escuros. Posúe oito satélites, entre eles algúns dos obxectos máis fríos do Sistema Solar, como *Tritón* (3200 km de diámetro), de movemento retrógrado, e *Nereida* (300 km) que se supón que é un cometa capturado.

1.5.3. Outros corpos celestes

PLANETAS ANANOS: Son corpos celestes que orbitan arredor do Sol, esféricos, que non son satélites doutros planetas e que non limparon a súa órbita doutros corpos celestes. **Plutón** é o máis coñecido (ata 2006 foi considerado planeta do Sistema Solar) e posúe un satélite case tan grande coma el, *Caronte*, duns 3000 km de diámetro. Outros planetas ananos son **Ceres** (no Cinto de Asteroides) e **Eris** (tamén coñecido como Xena).





COMETAS: Son *fragmentos rochosos* rodeados dunha capa de gases xeados que se moven en órbitas moi elípticas, o que os leva a afastarse enormemente do Sol. Serían os restos da nebulosa primixenia que serviron para formar o Sistema Solar, ao igual que os asteroides. Cando un corpo se lle achega, a súa temperatura aumenta, polo que os gases se desconxelan, aparecendo a **Cola ou Cabeleira** que pode ter centenaes de miles de

km. de lonxitude. Algúns son moi coñecidos, como o **Halley**, que foi o máis observado ao longo da historia. Dos máis recentes, aparte deste, destacan o *Hale-Bopp*, un dos máis espectaculares, e o West que se fragmentou antes de chegar ao Sol e se estrelou contra Xúpiter. A orixe da maioría dos cometas atópase no chamado **Cinto de Kuiper**, situado máis alá da órbita de Plutón; non obstante existe un grupo de cometas que posúen ciclos moi longos e a súa orixe atópase na **Nube de Oort**, un lugar situado a máis dun billón de quilómetros do Sol, onde este xa case non chega.

2. A TERRA

2.1. A formación da Terra

A Terra orixinouse fai uns 4.500 m.a., poucos millóns de anos despois de que se formase o Sol, e ao tempo que o facía o resto de planetas do noso Sistema..

Os planetesimais empezaron a acumularse por atracción gravitatoria e orixinouse unha enorme masa de material incandescente e fundido, por efecto dos choques: **A ProtoTerra**.

A fase de *acreción gravitatoria* non acabou bruscamente, polo que os primeiros 100 m.a. da historia da Terra deberon de ser frecuentes os impactos de corpos planetarios de gran tamaño.

Cando os planetesimais se foron facendo escasos e deixaron de chocar coa primitiva Terra, esta comezou a arrefriarse, ata quedar finalmente estratificada en varias capas.



Formación dos océanos e das rochas ígneas.

2.2. A diferenciación en capas

Nese momento, os materiais que formaban a prototerra redistribuíronse e colocáronse segundo a súa densidade. Os máis densos foron parar ao interior do planeta, formando un



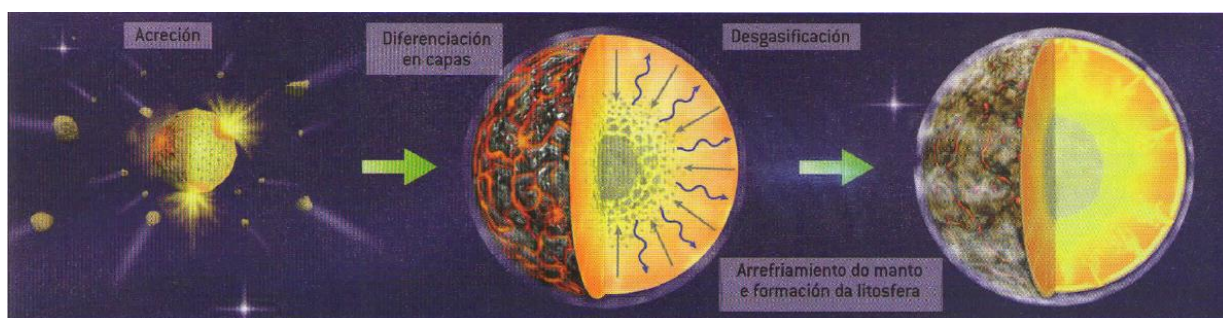
Impacto dos planetesimais sobre a primitiva Terra.

Núcleo metálico, rodeado dun **Manto** e unha **Codia** de silicatos. Os máis lixeiros situáronse arredor, formando unha capa de gases que envolvería á parte sólida e orixinaría a primitiva **Atmosfera** na que comezou un proceso químico que culminou coa aparición da vida.

Máis tarde, ao arrefriarse a protoTerra, o vapor de auga condensouse e comezou a chover, co que a superficie terrestre se arrefriou máis á presa e a auga se acumulou orixinándose os primeiros océanos terrestres e a **Hidrosfera**, e aparecendo ao mesmo tempo, as primeiras rochas de tipo ígneo.

A Terra actual presenta unha estratificación por densidades, pero o que non se sabe con certeza é se contou desde o principio cun núcleo metálico, ou foi resultado dunha diferenciación posterior. Déronse dúas respostas a esta pregunta:

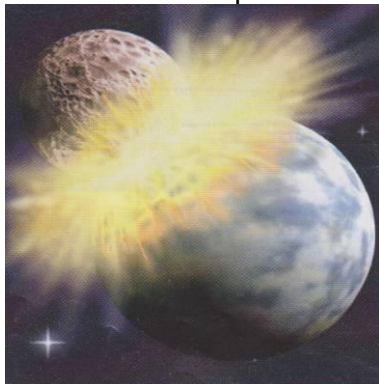
- Segundo a **hipótese da acreción heteroxénea**, os primeiros planetesimais que acrecionaron estaban constituídos por ferro e orixinaron o núcleo; máis tarde uníronse outros corpos de composición silicatada que formaron o manto terrestre. Sen embargo, non resulta moi verosímil que nunha mesma zona do sistema solar en formación houbera planetesimais tan diferentes; e, sobre todo, non explica como todos os que se uniron inicialmente foron de ferro, e todos os posteriores, de silicatos.
- Segundo a **hipótese da acreción homoxénea**, os planetesimais acrecionados eran similares e estaban constituídos por unha mestura de ferro e silicatos. A diferenciación do núcleo foi consecuencia dunha fusión parcial da Terra primordial, causada pola enerxía liberada polos impactos. O ferro fundido desprazouse gravitatoriamente cara ó centro do planeta. Neste proceso liberouse gran cantidade de calor polo que a catástrofe do ferro tamén se denomina grande acontecemento térmico.



2.3. Orixe da Lúa

Unha das teorías clásicas sostén que a Lúa puido formarse ó mesmo tempo cá Terra e seguindo un proceso paralelo. Sen embargo, ao estaren na mesma zona do Sistema Solar, as súas densidades deberían ser similares, e non é isto o que ocorre: a densidade da Terra é de $5,5 \text{ g/cm}^3$, mentres que a da Lúa é de $3,3 \text{ g/cm}^3$.

Outra hipótese clásica é a da captura, segundo a cal a Lúa formouse noutro lugar do Sistema Solar e posteriormente foi capturada pola Terra.



Choque entre un planeta terrestre e A Terra que orixinou A Lúa.

A teoría máis aceptada actualmente foi proposta en 1975 por William Hartmann e Donal Davis. Segundo eles, na fase primordial (inicios da existencia da Terra), un planeta de tipo terrestre probablemente cun tamaño similar ao de Marte, bateu coa Terra; parte do astro, xunto con materiais da zona impactada, formaron unha nube de residuos que quedou orbitando arredor da Terra, e a acreción destes materiais orixinou a Lúa.

Posto que na Lúa se atoparon rochas de 4.400 m.a., a colisión debeu de producirse antes desta data. A superficie lunar amosa moitos impactos de máis de 3.900 m.a. Despois diminuíu significativamente a súa frecuencia.

2.4. Aparición da vida

A súa orixe é aínda pouco coñecida, xa que as primeiras rochas formadas na superficie terrestre, onde poderían conservarse as súas pegadas, foron destruídas.

Os primeiros vestixios de actividade biolóxica encontráronse en Isua (Groenlandia) en rochas de hai 3.800 m.a., se ben os fósiles máis antigos universalmente aceptados como tales son unas bacterias filamentosas que teñen 3.600 m.a. Os primeiros seres vivos

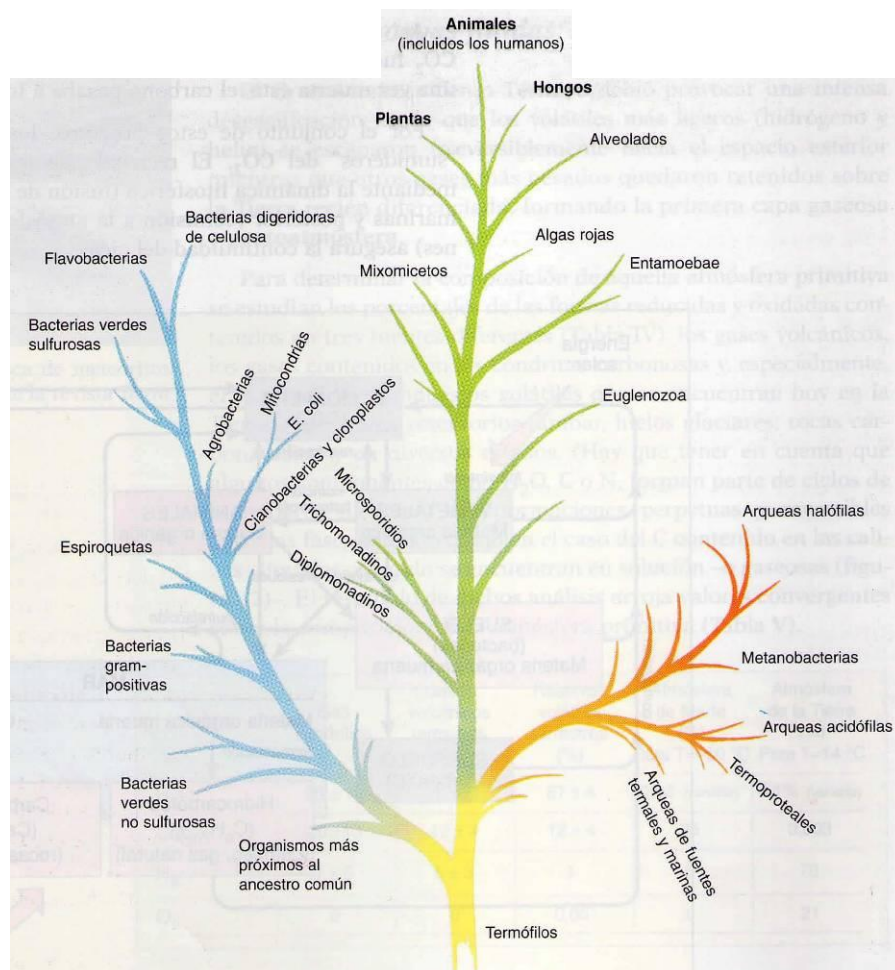
deberon ser **Arqueobacterias** anaerobias que non dependen da enerxía solar, quizá similares a certos microorganismos actuais, coma os que viven arredor das chemineas submarinas polas que saen emanacións magmáticas a 300 °C. Despois aparecerían organismos procariotas (Móneras), do tipo das cianobacterias actuais, capaces de realizar unha fotosíntese aerobia e formadores, hai 3500 m.a., das construcións calcáreas denominadas **Estromatolitos** que se atoparon en distintos xacementos de Australia. Estes organismos introduciron dous cambios na atmosfera:

- Achegaron o osíxeno, e
- Retiraron grandes cantidades de CO₂ que acumularon en forma de calcaria.

A medida que o osíxeno era producido, reaccionaba co ferro e só cando o ferro reducido se esgotou, o osíxeno quedou libre. A transición a unha atmosfera con osíxeno ocorreu hai entre 2500 e 1800 m.a.

Sen embargo, a orixe das moléculas orgánicas prebióticas ou precursoras da vida, como **aminoácidos** e **bases nitroxenadas** e, especialmente, do **ARN** e do **ADN** que, forzosamente, debeu producirse con anterioridade ás rochas de Isua, segue sendo un enigma.

A finais dos anos 20 o investigador soviético **Oparin** emitiu a hipótese de que a vida xurdira no mar alimentándose dunha "**Sopa Primitiva**" de moléculas orgánicas xeradas abioticamente. En 1952, o americano Stanley **Miller** confirmou, mediante un experimento histórico, a posibilidade de que moléculas como aminoácidos, monosacáridos, urea e outras poideran sintetizarse no mar a partir de reaccións químicas entre os gases que constituían a atmosfera primitiva fortemente reductora.



Árbore xenealóxica da vida.

3. SUBSISTEMAS QUE INTEGRAN O SISTEMA TERRA

3.1. O sistema Terra: unha perspectiva de conxunto

A Terra é o terceiro planeta do Sistema Solar. Por iso, recibe moita enerxía, pero cunha distribución desigual pola súa superficie. Rodeando á **Xeosfera**, atópase a **Atmosfera**, que filtra as radiacións deixando que cheguen á superficie as menos daniñas. A **Atmosfera**, xunto coa **Hidrosfera**, reparte a enerxía achegada polas radiacións. Quitan enerxía das zonas onde chega con máis abundancia e repártena aos lugares onde chega menos. Así se regula a temperatura da Terra, co que se conseguiu a aparición e o desenvolvemento da **Biosfera**.

Un sistema caracterízase polas interaccións que se producen entre os elementos que o compoñen, de tal xeito que a modificación dun deles provoca cambios noutros. A Terra pode considerarse como un sistema integrado polos seguintes subsistemas:

3.2. A Xeosfera

Ou esfera rochosa, que inclúe a maior parte da materia do planeta. Comprende desde a superficie externa da litosfera ata o interior do núcleo. **(VER UNIDADE 6)**

3.3. A Atmosfera

Ou capa gasosa que envolve á Terra. Actúa como filtro das radiacións de onda curta (raios gamma, raios X e ultravioleta) e desempeña unha función reguladora da temperatura. Os gases son retidos debido á forza da gravidade. A medida que nos afastamos da superficie terrestre a forza con que a Terra atrae ás partículas diminúe, co que algunha delas pode chegar a escapar. Por iso, o límite da **Atmosfera** non é preciso. Extínguese pouco a pouco.

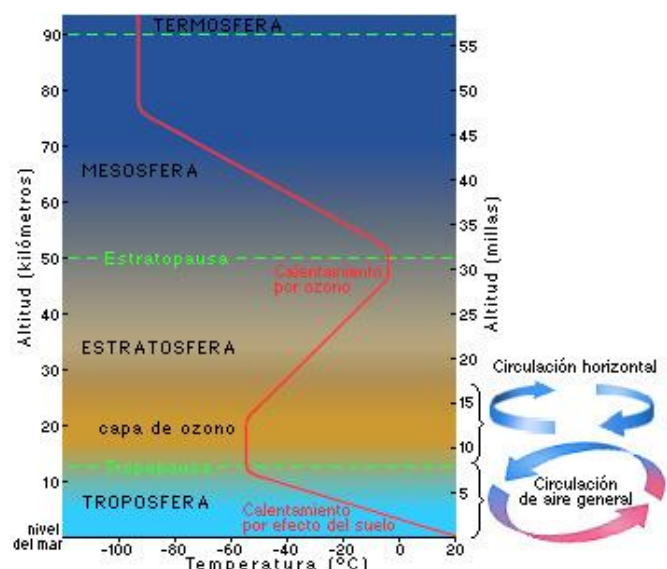
3.3.1. Estrutura da Atmosfera

A **Atmosfera** pódese estruturar en 2 capas, atendendo á súa **composición**:

- **Homoatmosfera** (0 Km a 60 Km): Está formada por unha mestura de gases denominado **Aire**. Os compoñentes maioritarios desta capa son N_2 , O_2 , argón, auga e CO_2 .
- **Heteroatmosfera** (60 Km a 1.000 Km): Nesta zona os gases atópanse separados en capas atendendo ao peso do átomo que alí se atopa. Pódese distinguir a capa de osíxeno, a capa de helio e a capa de hidróxeno, que é a última.

A atmosfera divídese en 4 capas, atendendo ás súas **características físicas**:

- **Troposfera** (0 Km a 12 Km): É a capa da atmosfera onde se desenvolve a vida e se producen os fenómenos atmosféricos. Esta capa remata na **Tropopausa**.



- **Estratosfera** (12 Km a 45 Km): Prodúcese un aumento na temperatura da atmosfera que pode alcanzar os 100 °C. Nesta capa sitúase a capa de Ozono, é dicir, a **Ozonosfera**. O ozono (O₃) é un gas estable que absorbe radiacións U.V. Este tipo de radiacións imposibilita o desenvolvemento da vida. Esta capa remata na **Estratopausa**.
- **Mesosfera** (40 Km a 90 Km): Prodúcese unha diminución da temperatura, que pode chegar a -80 °C. Esta capa remata na **Mesopausa**.
- **Ionosfera ou Termosfera** (90 Km a 500 Km): Denomínase así porque os átomos e moléculas existentes se atopan en forma de ións, é dicir, con carga eléctrica. Tamén, se denomina termosfera, porque a súa temperatura aumenta ata os 1.500 °C, debido á absorción da enerxía das radiacións que chegan a ela. Nesta capa prodúcese a reflexión das ondas de radio e televisión.

3.3.2. Funcións da Atmosfera

➤ A Atmosfera como filtro:

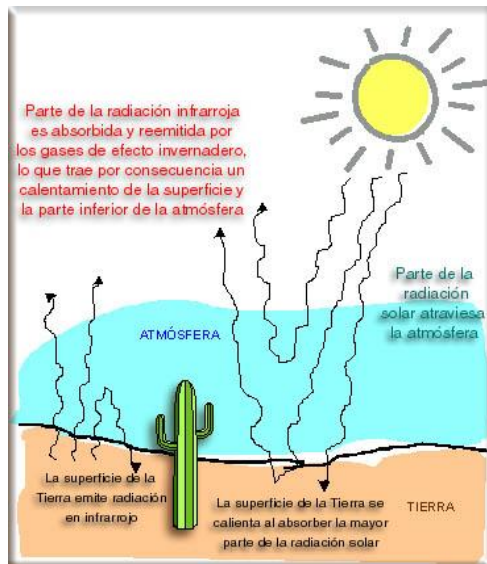
Da enerxía solar que chega ao planeta, algo máis do 30% é reflectida pola atmosfera ou pola superficie terrestre. O resto da enerxía solar é absorbida polo planeta.

Parte da enerxía absorbida é reemitida ao exterior e parte é empregada para quentar o aire, a auga e a terra.

As radiacións son filtradas por distintas capas da atmosfera, ao igual que fan uns lentes de sol. Permite o paso dunhas radiacións e impide o paso doutras.

➤ A Atmosfera como reguladora da temperatura:

As radiacións que chegan á superficie terrestre son reemitidas á atmosfera en forma de radiacións infravermellas que son absorbidas polo vapor de auga e o CO₂, principalmente. Estas moléculas reenvían a radiación cara á superficie terrestre en forma de calor, provocando o quentamento da atmosfera. A isto denominóuselle **Efecto Invernadoiro**.



A temperatura media da superficie da Terra é de 15 °C. Se non existise este quentamento, a temperatura sería duns -18 °C, 33 °C menos.

De tódolos xeitos, a temperatura da Terra non é constante, debido ao ángulo de incidencia dos raios solares e á inclinación do eixe de xiro da Terra. Isto xera grandes diferenzas de temperatura que se equilibran grazas a movementos circulares que acontecen na atmosfera e na hidrosfera. Estes movementos prodúcese dende as zonas cálidas intertropicais

ata as zonas máis frías, o que compensa a diferenza de temperatura.

3.4. A Hidrosfera

Ou capa líquida, é a capa de auga que rodea á Terra e encóntrase nos tres estados físicos.

A súa distribución non é continua, pero se estivese repartida uniformemente tería aproximadamente 3 Km de espesor.

A Hidrosfera está distribuída en:

- Océanos: 97´4 %
- Depósito de xeo (casquetes polares): 2´02 %
- Augas subterráneas ou de infiltración: 0´57 %
- Augas superficiais ou de escorrentía (ríos e lagos): 0´01%

- Vapor de auga na atmosfera: 0'001%
 - Formando parte dos seres vivos: 0'00004 %
- A cantidade de auga na Terra mantense constante.

3.4.1. O ciclo da auga

O ciclo hidrolóxico é o movemento da auga na hidrosfera. Este movemento é un circuíto pechado provocado pola enerxía solar e a forza da gravidade.

A enerxía solar evapora a auga dos océanos, ríos e augas subterráneas. Este vapor de auga arrefríase nas capas altas da atmosfera, permitindo a formación de nubes.

Ao diminuír a temperatura da auga, o vapor condénsase e precipita en forma de chuva, neve ou sarabia, que grazas á gravidade se move dende as cotas máis altas ás máis baixas. O movemento realízase como auga superficial ou como auga de infiltración. Este percorrido remata no océano.

Durante toda a viaxe, a auga pode ser de novo devolta á atmosfera por acción dos raios solares, como auga de **evapotranspiración**, resultado dos procesos respiratorios dos seres vivos.



3.4.2. A Hidrosfera, como reguladora da temperatura do planeta.

As diferenzas de temperatura dunha cidade situada no interior son moito máis drásticas que as dunha cidade situada na costa debido a que a hidrosfera transporta grande cantidade de enerxía en forma de:

- **Calor sensible:** É o que detectamos cos nosos sentidos e podemos medir co termómetro. Débese á cantidade de calor que perden os corpos por radiación.
- **Calor latente:** É a enerxía que absorbe un gas ou un líquido nos procesos de evaporación ou fusión.

No ciclo hidrolóxico prodúcese a evaporación da auga por acción dos raios solares.

A auga evapórase cando absorbe grande cantidade de enerxía que queda almacenada mentres que a auga se atopa en forma de vapor. A absorción de enerxía supón un arrefriamento, unha refrixeración da zona onde se evapora a auga. Pero o aire aumenta a súa temperatura. Este aire quente cargado de vapor de auga ascende ás capas altas da atmosfera e arrefríase lentamente, xa que a auga é un mal condutor térmico e ademais ten alta calor específica.

Pouco a pouco o vapor de auga arrefríase, condénsase formándose unha **nube**.

Por acción dos ventos as nubes trasládanse dende as zonas cálidas ás máis frías. Alí o vapor de auga que se condensou, precipita por acción da gravidade, en forma de **auga, neve** ou **xeo**.

Cando o vapor de auga pasa a auga líquida libera a enerxía contida nas capas baixas da atmosfera, aumentando a temperatura da zona.

Desta forma o ciclo hidrolóxico regula a temperatura do planeta. Transporta a enerxía dende as zonas máis cálidas ás zonas máis frías.

3.4.3. Os océanos

No ciclo hidrolóxico prodúcese a evaporación da auga por acción dos raios solares.

Os océanos conteñen a maior cantidade de auga do planeta, o 97,4% do total.

Os océanos absorben e reflicten grande cantidade de enerxía provocando cambios na temperatura da auga que xera movementos internos.

Os movementos máis importantes nos océanos son:

- **As correntes mariñas**
- **As olas**
- **As mareas**

3.5. A Biosfera

É a capa onde se desenvolve a vida e está integrada polo conxunto dos seres vivos que habitan a Terra, sitúase na fronteira, ou interfase, entre os tres sistemas anteriores e exténdese desde a alta troposfera ás profundidades mariñas, atopándose bacterias a 2000 m de profundidade.

3.5.1. A Biosfera: un recurso fráxil e limitado

Os ecosistemas resisten ás alteracións ata acadar un certo “umbral”; é dicir, son capaces de aguantar e mesmo de recuperarse de certos impactos ou cambios que teñen lugar sobre os seus compoñentes (entre eles, por suposto, a biosfera).

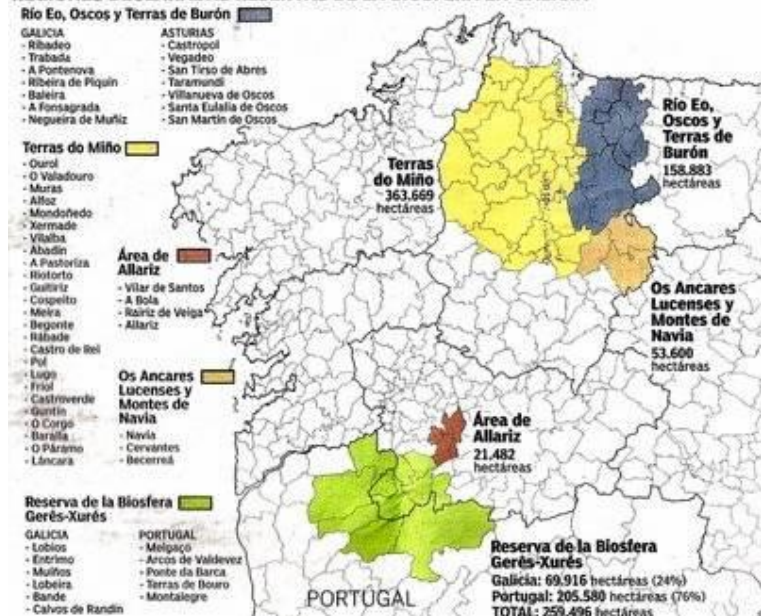
Son moitas as diferenzas que pode haber entre as distintas especies que forman parte dun ecosistema e cada grupo funcional de especies pode responder dun xeito diferente ás fluctuacións ou cambios que teñen lugar no medio. Neste sentido, as perdas de biodiversidade que están tendo lugar en moitos ecosistemas (tanto acuáticos como terrestres) están reducindo moito a resistencia e a capacidade de recuperación dos ecosistemas.

O modelo de desenvolvemento de determinadas sociedades, cada vez máis frecuentemente exerce presións sobre os ecosistemas; así, por exemplo, a crecente capacidade de mobilidade das poboacións humanas fai que as especies sexan introducidas en hábitats novos, co risco de aparición, por exemplo, de novas pragas de consecuencias imprevisibles para as poboacións humanas.

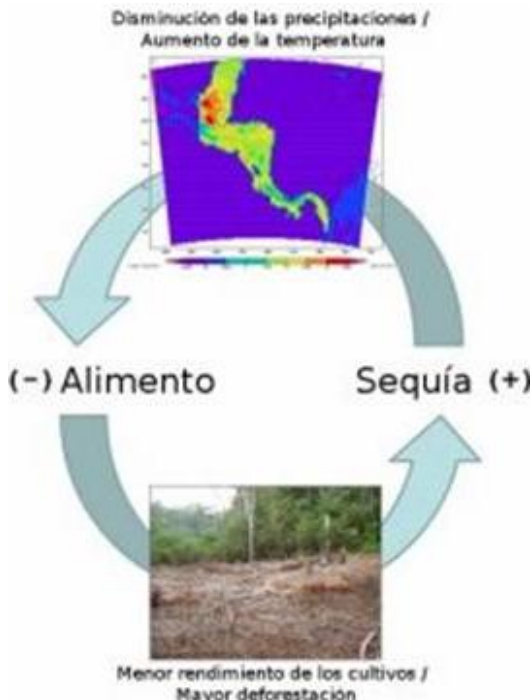
Ademais, unha vez que un ecosistema sofre un cambio ou alteración, a súa recuperación ata acadar o seu estado inicial (antes da perturbación) é moi lenta e custosa, chegando en moitos casos, a ser imposible. Un exemplo claro é o dos caladoiros pesqueiros que están sendo sobreexplotados dun xeito insostible que levará irremediabilmente ao seu peche.

En definitiva, as consecuencias de moitos dos hábitos de rapiña introducidos nos ecosistemas (terrestres e acuáticos) están aínda por dilucidar. Por outro lado, as intervencións nos ecosistemas, aínda que teñan un obxectivo “recuperador” son

REGIONES DECLARADAS RESERVAS DE LA BIOSFERA EN GALICIA



sempre perigosas xa que, aínda descoñecemos o funcionamento da maior parte dos ecosistemas. O máis “sostible” sería controlar o crecemento da poboación humana e adoptar medidas e posturas restrictivas en relación ao uso dos recursos naturais e a enerxía; en definitiva, promover a execución dos principios do desenvolvemento sostible.



A existencia do ser humano, o seu estilo de vida e a súa economía dependen do Sol e da Terra. A enerxía que procede do Sol sería para a humanidade o seu capital solar, mentres que o aire, a auga, o solo, a flora, a fauna e os minerais serían o “**Capital Terra**”.

A nosa supervivencia a nosa saúde, as nosas economías e a supervivencia e a saúde de todos os seres vivos dependen da Terra e dos seus sistemas naturais, recursos que cada vez máis son fráxiles e limitados.

As sociedades humanas deberán ser cada vez máis sostibles para chegar a xestionar os recursos naturais (en definitiva, o seu “capital Terra”) dun modo sostible e sen esquecer a súa fraxilidade e límite. Unha sociedade sostible deberá xestionar a súa economía e o tamaño da súa poboación tentando en todo momento, non sobrepasar a capacidade do plánteo para absorber as

agresións medioambientais, repoñer os seus recursos e soste tanto a vida humana como outras formas de vida (a biosfera).

Os **recursos** da biosfera máis utilizados polo home para a súa supervivencia e que, consecuentemente, son os que reciben impactos dun modo máis continuado son os seguintes:

- Os solos.
- Os recursos forestais.
- Os recursos agrícolas e gandeiros.
- Os recursos dos ecosistemas mariños e costeiros.

3.5.2. Impactos sobre a Biosfera

Son moitos e moi variados os impactos que a biosfera e os seus compoñentes poden recibir debido ao excesivo consumismo levado a cabo por certo sector da sociedade actual. Como exemplo ilustrativo dos mesmos están os seguintes:

- **A deforestación:** os bosques están diminuindo considerablemente desde fai décadas; aínda que dende o comezo da agricultura, a diminución foi en aumento. As causas da perda de masa forestal na superficie terrestre son moitas; entre elas destaca a utilización de grandes extensións de superficie para a **agricultura ou a gandeiría** (cultivos e pastos), a obtención de madeira e leña, os



incendios forestais, o deterioro das árbores como consecuencia da **contaminación** (por exemplo, debido á chuva ácida), a construción de **infraestruturas**, a cada vez máis frecuente **concentración das poboacións humanas** en megacidades, ...

Cando os humanos, co noso modelo de desenvolvemento, eliminamos os nosos bosques, non só estamos reducindo o número de árbores; tamén estamos poñendo en perigo os hábitats de moitas especies de animais que, á súa vez, aportan beneficios á humanidade. Ademais, os bosques permiten o desenvolvemento dos solos, moderan o clima, controlan as inundacións, almacenan auga, preveñen a seca, amortecen a erosión, son “sumidoiros” de dióxido de carbono e, ao eliminalos, estamos incrementando o efecto invernadoiro; ademais, dos bosques e os hábitats e especies que dependen deles, podemos obter medicinas, froitos, materiais téxtiles, tinturas, aceites, ...

- **A perda da biodiversidade:** a biodiversidade ou diversidade biolóxica é a riqueza ou variedade de especies dun ecosistema e a abundancia relativa dos individuos de cada especie; pero o termo biodiversidade fai referencia non unicamente á variedade de especies que hai sobre a Terra, senón que tamén inclúe a variedade ou diversidade de ecosistemas que ten o noso planeta e a diversidade xenética (é dicir, os diferentes xenes que posúen todos os organismos que habitan o planeta que lles permiten evolucionar, enriquecerse e adaptarse ás diferentes condicións ambientais).



A actividade humana altera a dinámica do planeta.

Cando falamos de perda de biodiversidade, na actualidade, sempre se fai culpable das extincións de especies á actividade humana. Pero antes de abordar a perda da biodiversidade que ten lugar hoxe en día, hai

que ter en conta o feito de que ao longo da historia da vida houbo momentos nos que tiveron lugar grandes extincións de especies e as perdas de biodiversidade foron importantes;

concretamente, considérase que houbo cinco extincións masivas ao longo da historia da vida que provocaron, á súa vez, bruscas caídas da biodiversidade.

Pero, ao longo da historia da humanidade, a nosa presión sobre os ecosistemas foi aumentando e,



Mina da Central Térmica de As Pontes (A Coruña). Superficie aproximada da imaxe 36 km², equivale aprox. a 4850 campos de fútbol coma o S. Bernabeu.

consecuentemente, a taxa de extinción de especies foise multiplicando. Na actualidade, debido en moitos casos a intereses eminentemente económicos, son moitas as especies que xa están extinguidas ou están en perigo de extinción (ben por unha presión directa sobre elas ou pola desaparición ou presión sobre os seus hábitats).

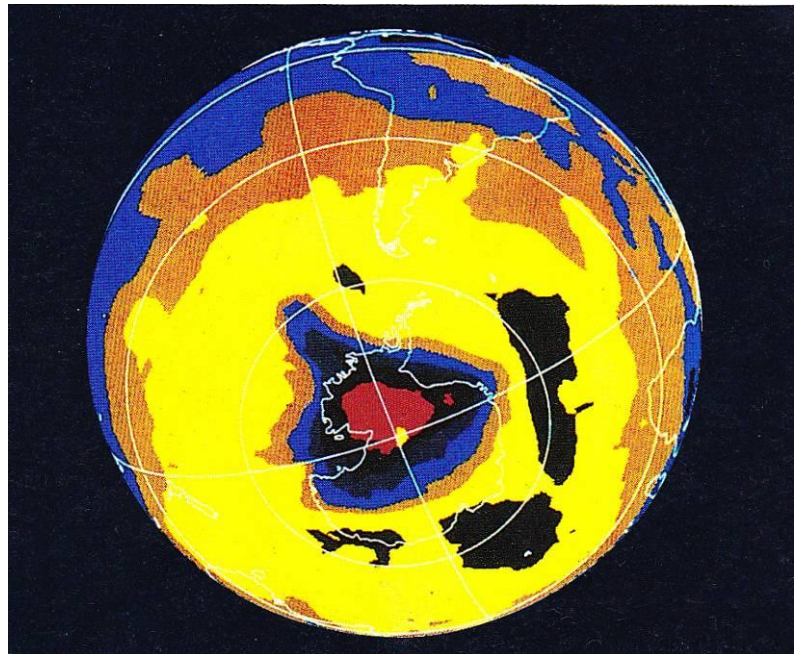
As causas da perda da biodiversidade son moitas, todas elas en relación directa co **aumento da poboación humana**, a **utilización irracional dos recursos naturais**, a **introducción de especies foráneas** en hábitats nos que chegan a competir con especies autóctonas e alteran o equilibrio do ecosistema, o tráfico de especies e a contaminación de todos os subsistemas terrestres.

Dentro dos obxectivos do desenvolvemento sostible, evitar a perda de biodiversidade é un dos prioritarios. O obxectivo final debería ser chegar a acadar un “cambio de mentalidade”; é dicir, que todos os países consideraran a súa riqueza biolóxica (a biodiversidade) do mesmo xeito que valoran e consideran a súa riqueza cultural, material e económica.

3.6. Dinámica global do sistema Terra

A Terra encóntrase sometida a cambios permanentes. A súa dinámica pode resumirse nas seguintes ideas básicas:

- **O sistema Terra ten dúas fontes de enerxía:** unha é a calor do interior do planeta e a outra é unha fonte externa, o Sol.
- **A enerxía interna activa a circulación da materia dentro da xeosfera.** A súa dinámica é explicada pola teoría da tectónica de placas e inclúe procesos como a mobilidade continental, a unión e división de continentes, a formación de cordilleiras e a actividade volcánica e sísmica. A calor interna do planeta é en última instancia a que orixina o relevo terrestre.
- **A enerxía solar activa a circulación da materia na atmosfera e na hidrosfera**, e ten no ciclo da auga un dos seus instrumentos máis dinámicos. A enerxía solar está na base de tódolos procesos que interveñen no modelo do relevo (meteorización, erosión e transporte)
- **A gravidade desempeña un papel clave na circulación da materia**, tanto no interior da xeosfera como na superficie externa.
- **A biosfera constitúe o subsistema máis complexo e dinámico do planeta.** En último termo, a súa fonte enerxética é o Sol e encóntrase en permanente interacción coa atmosfera, a hidrosfera e a xeosfera.
- **A actividade humana, de maneira consciente ou involuntaria, está a alterar o planeta.**



O burato detectado na capa de ozono pode ter graves consecuencias para a vida na Terra.

Impulsa a estratificación por densidades, condiciona o ciclo da auga e favorece a nivelación do terreo.

- **A biosfera constitúe o subsistema máis complexo e dinámico do planeta.** En último termo, a súa fonte enerxética é o Sol e encóntrase en permanente interacción coa atmosfera, a hidrosfera e a xeosfera.
- **A actividade humana, de maneira consciente ou involuntaria, está a alterar o planeta.**