



Climántica
Clima
Home
Cambio

Proxecto de Educación Ambiental CAMBIO CLIMÁTICO

Unidade Didáctica **2**

SE QUEIMAMOS QUENTAMOS

Capítulo 1. A enerxía que necesitamos: Do nómade ao tecnolóxico

ISBN 978-84-453-4801-7



XUNTA DE GALICIA

1. A ENERXÍA QUE NECESITAMOS: DO NÓMADE AO TECNOLÓXICO

Responde co que sabes agora

- De onde vén a enerxía que necesitamos?
- O ser humano coa evolución tecnolóxica, obtivo máis tempo libre?
- A revolución industrial supuxo máis eficiencia enerxética?
- Ten algo que ver o número de habitantes coa enerxía?
- As crises ambientais empezaron coa revolución industrial?
- Que relación atopas entre o cambio climático e a enerxía do Sol?
- Redacta solucións enerxéticas para o cambio climático.



Dun xeito moi intuitivo, e desde que apareceu na Terra como especie nómada, o ser humano deuse de conta de que debía conseguir a enerxía que necesitaba para vivir do medio. A medida que foi dispoñendo de recursos enerxéticos, tamén foi aumentando o número de individuos da especie, o que fixo diminuír as fontes das que obtiña os recursos.



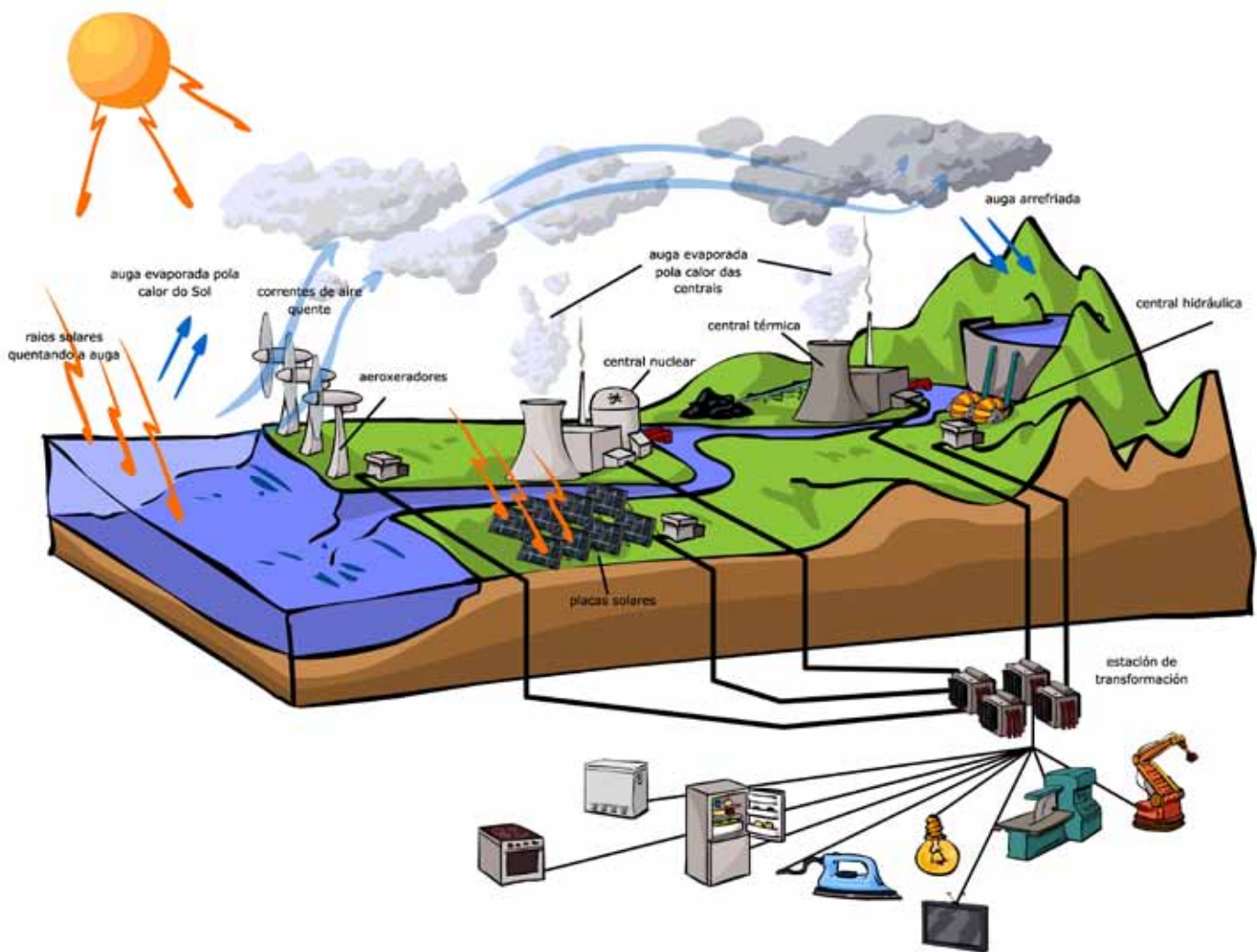
A estas crises enerxéticas deulles solucións tecnolóxicas cada vez máis complexas, que supuxeron sempre o incremento da explotación dos recursos; en consecuencia, aumentaron a densidade enerxética e a poboación, diminuíndo a eficiencia e aumentando, polo tanto, a complexidade social e a deterioración ambiental, ata que se chegou ás complexas tecnoloxías que nos permiten obter as enormes cantidades de enerxía que demandamos nas sociedades modernas, industriais e tecnolóxicas a partir dos combustibles fósiles; todo isto é o que nos están levando ao cambio climático.

A enerxía que necesitamos vén do Sol



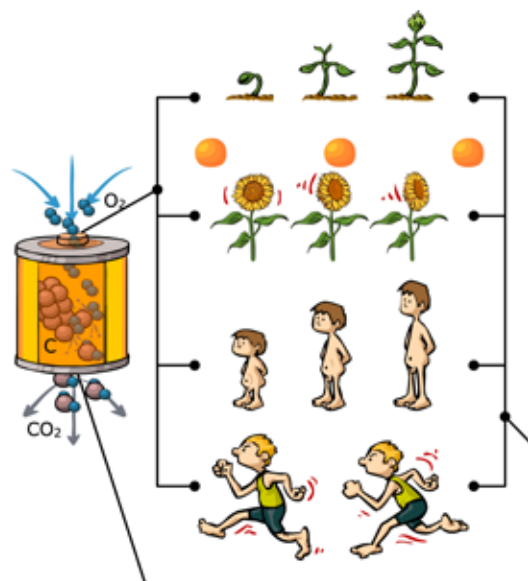
Aínda que estas formas de obter a enerxía ás que estamos habituados son moi complexas e teñen un nivel de agresividade tal para co Planeta que poden poñer en perigo a nosa continuidade como especie, a enerxía está presente en todas as cousas que hai ao noso redor e, na súa maior parte, ten a súa orixe última na enerxía do Sol.

Hai enerxía no vento que sopra, nas ondas do mar, nas augas dos ríos que flúen cara ao mar, ou enerxía potencial na auga que está almacenada nun encoro, na auga que ferve nunha pota. Pero se esa auga chega a ferver é porque hai enerxía na leña, no carbón, no petróleo ou no gas coa que a quentamos, que, en última instancia, procede da transformación de enerxía solar en enerxía química polo proceso da fotosíntese. Tamén pode ser que esa auga a quentemos con resistencias eléctricas incandescentes, pero esa electricidade circula grazas á enerxía que contiña o carbón ou o petróleo das centrais térmicas, ou o uranio das centrais nucleares, o vento dos aeroxeradores, ou a auga que cae sobre a turbina das centrais hidráulicas.



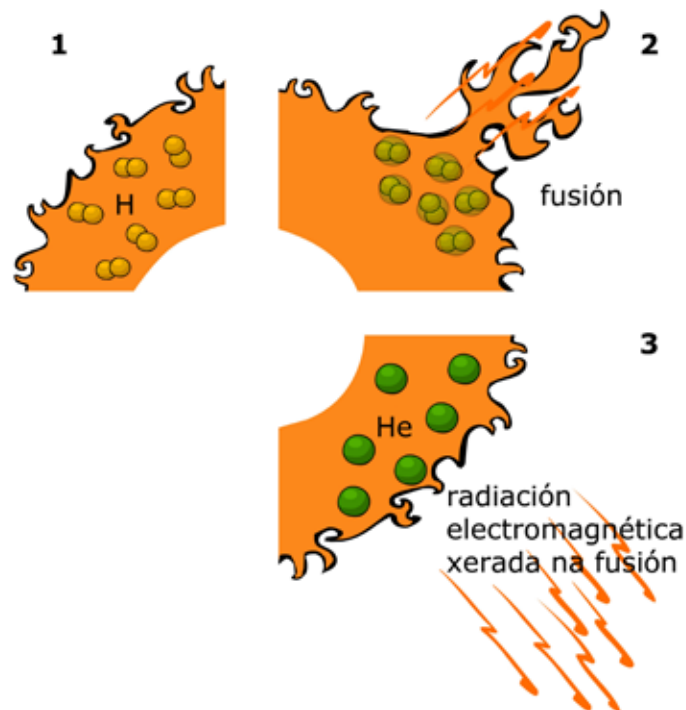
- Fai unha relación das formas de enerxía que se enumeran no parágrafo e fai agrupamentos segundo os tipos aos que pertencen.

Cando falamos de enerxía, referímonos á capacidade que teñen os obxectos de experimentar cambios na súa posición, nas súas propiedades, na súa constitución ou estado. A enerxía, polo tanto, ponse de manifesto cada vez que ocorre un cambio, sexa do tipo que sexa, pero a mesma capacidade para producir o cambio xa se considera enerxía potencial. Neste sentido, nós, como todos os seres vivos, estamos en continuo cambio e, xa que logo, necesitamos ter unha achega continua de enerxía. Esa enerxía que precisamos para vivir obtémola dos nutrientes dos alimentos.



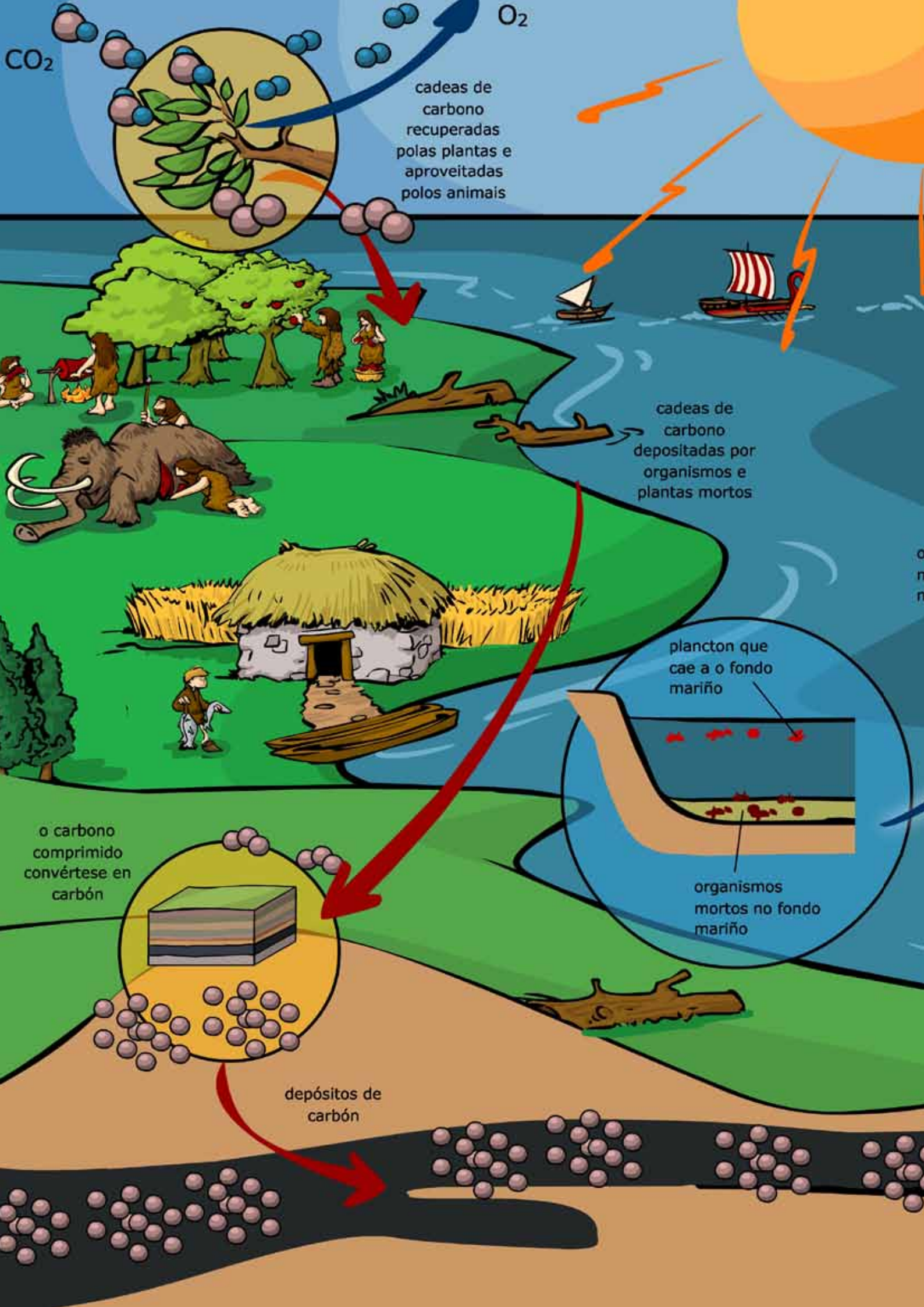
- Que tipos de organismos coñeces segundo a forma de obter alimentos?
- De onde veñen en última instancia os alimentos que tomamos?
- En que consumimos a enerxía os seres vivos?

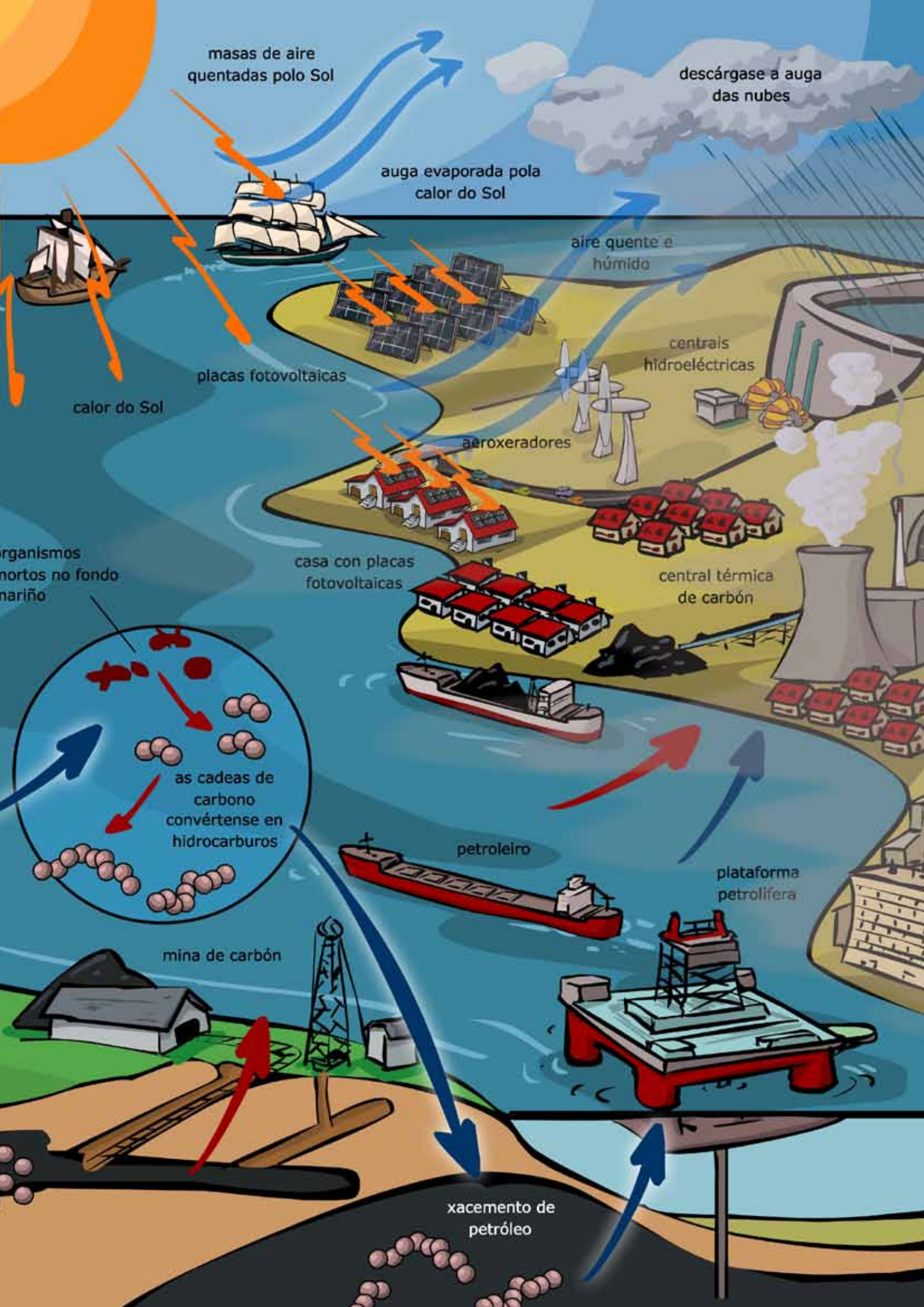
Todos os organismos necesitan materia para a súa construción celular e enerxía para as súas actividades. A enerxía para a vida, ao igual que a maioría dos procesos e potenciais enerxéticos do Planeta, procede en última instancia da actividade enerxética do Sol. Esta actividade está gobernada pola enerxía nuclear e as reaccións de fusión que acontecen no seu interior (dous átomos de H dan lugar a un átomo de He) e que producen radiacións electromagnéticas que alcanzan ao planeta Terra (entre elas, a luz visible) e fan posible o seu quentamento, a evaporación da auga, a xénese dos ventos, as ondas do mar, o ciclo hidrolóxico, os diferentes climas e o proceso da fotosíntese das plantas.

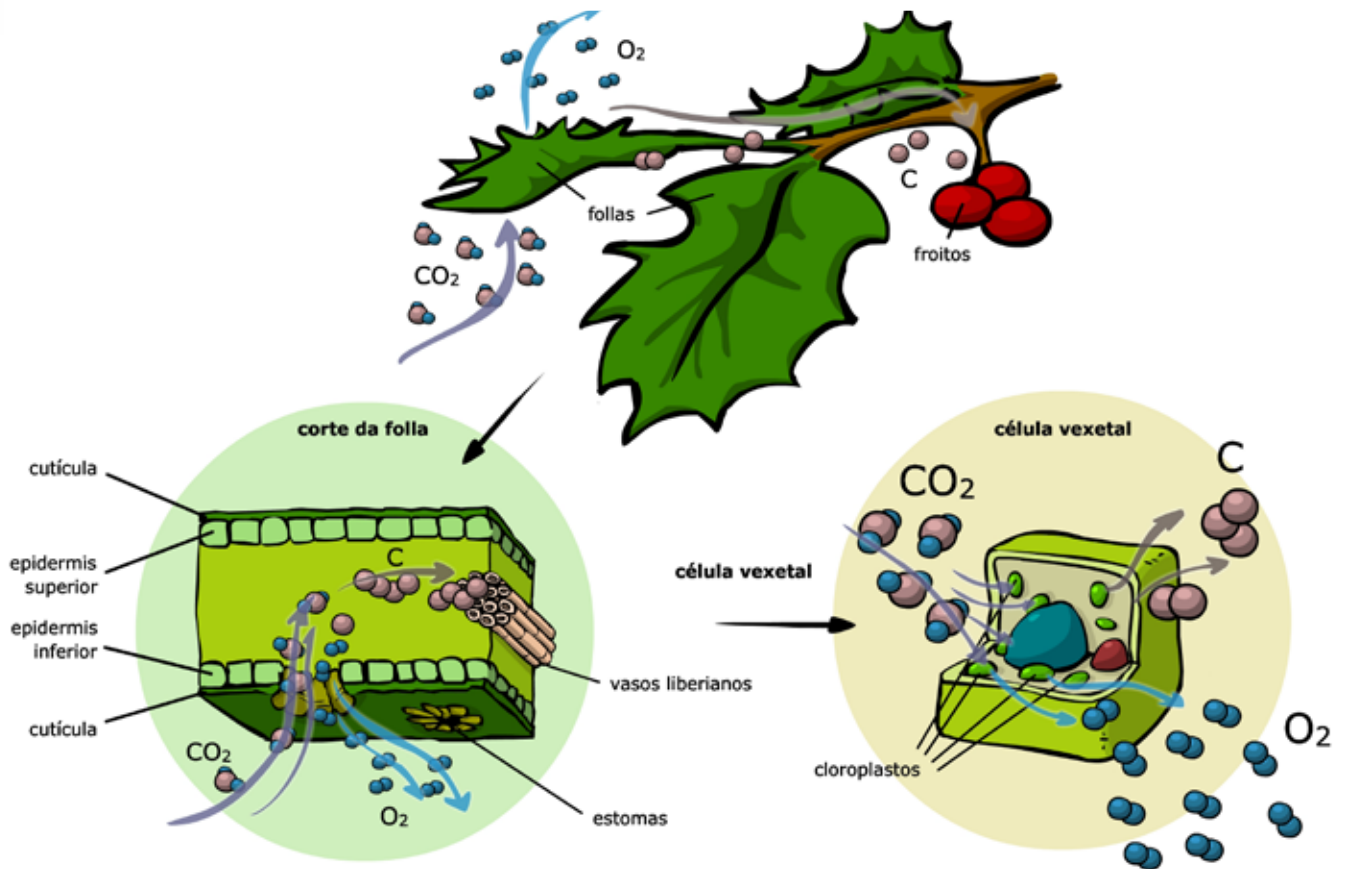


- Que sucederá a medida que pasa o tempo co hidróxeno e o helio do Sol? Como pode afectar esta evolución á vida sobre a Terra?
- Investiga sobre a evolución previsible do Sol e a súa influencia, e fai unha pequena redacción sobre como serán a Terra e o Sol dentro de 2 millóns de anos, tendo en conta a evolución do Sol que se prevé nese período de tempo.

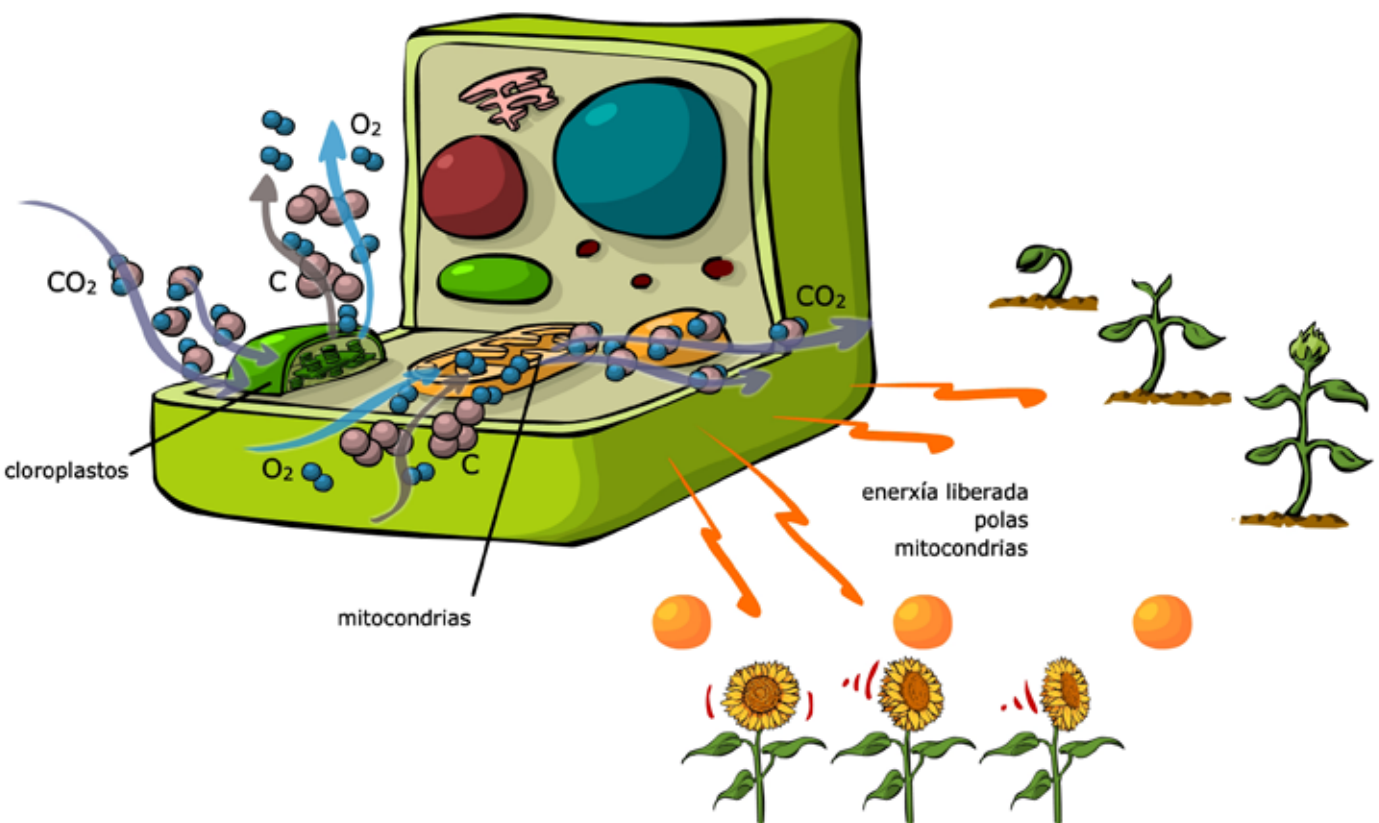
É precisamente a fotosíntese o proceso que fai que unha pequena parte da enerxía solar que alcanza a Terra en forma de radiación electromagnética poida ser utilizada polas plantas para obteren enerxía química mediante o proceso da fotosíntese, en forma de biomasa. Esta enerxía química queda retida nos enlaces de C que proceden das moléculas de CO₂ da atmosfera. Estas cadeas de carbono forman produtos e estruturas vexetais que fan aumentar a biomasa vexetal (por exemplo, en forma de froitos ou grans comestibles, ou en forma de madeira que pode ser queimada).







Tamén proporcionan a enerxía vital que necesita o propio organismo fotosintetizador (autótrofo) para as súas actividades vitais. Por outra banda están os organismos heterótrofos, como os seres humanos, que temos que alimentarnos doutros por non sermos fotosintetizadores, e que en última instancia recolleemos os nutrientes das cadeas de carbono elaboradas a partir da fotosíntese, polo que nos alimentamos dos vexetais, ou doutros organismos que se alimentan deles (herbívoros).

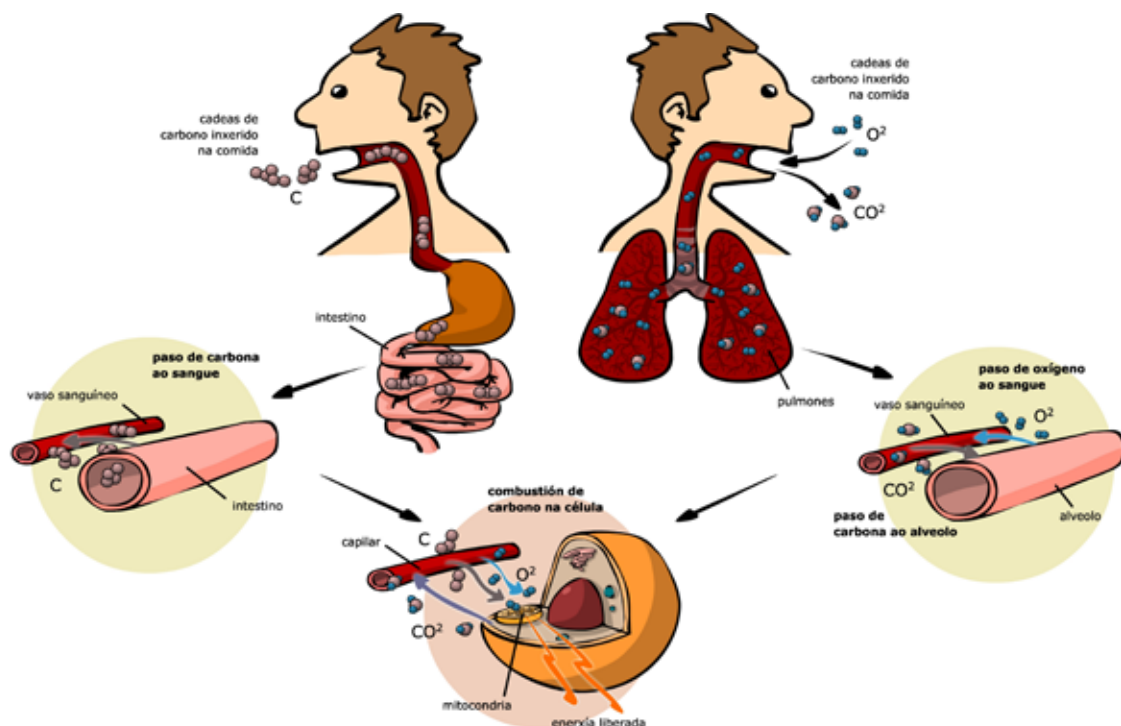


Estas cadeas de carbono rómpense no proceso da respiración celular, que ocorre tanto nas células dos vexetais como nas dos organismos non fotosintetizadores. A liberación da enerxía posibilita que as células se manteñan con vida, que realicen as súas funcións, o cal, no caso das células musculares, ten como obxectivo que realicen o traballo que fai posible o desprazamento.

Estas cadeas de carbono da biomasa tamén se poden romper á marxe da respiración celular, directamente por combustión, como lle sucedería á biomasa dun bosque nun incendio forestal, ou ben poden quedar soterradas polos seres vivos e sen descompoñer, sufrindo lentas transformacións físicas e químicas ao longo de miles ou millóns de anos, para formar as reservas de carbón, petróleo ou gas.

- Explica por que dicimos que os vexetais son autótrofos
- Cal é a principal diferenza entre autótrofos e os heterótrofos na forma de obter a enerxía?

As necesidades enerxéticas do organismo humano, igual que o de calquera outro ser vivo, veñen dadas pola suma de dous compoñentes principais: o metabolismo basal, que representa aquel consumo enerxético preciso para manter os procesos vitais en repouso, e a actividade física, que varía segundo as necesidades de cada especie.



- De onde vén a enerxía que necesitamos para facer exercicio físico? Explica o proceso.
- Por que se non nos entra osíxeno, morremos? Explícao en termos enerxéticos.
- Busca algunha relación enerxética entre a asfixia e a morte por fame.
- Por que despois dunha carreira aumenta o apetito?
- Por que a carreira acelera o pulso e o ritmo respiratorio? Responde buscando a relación entre os dous feitos cunha base enerxética.





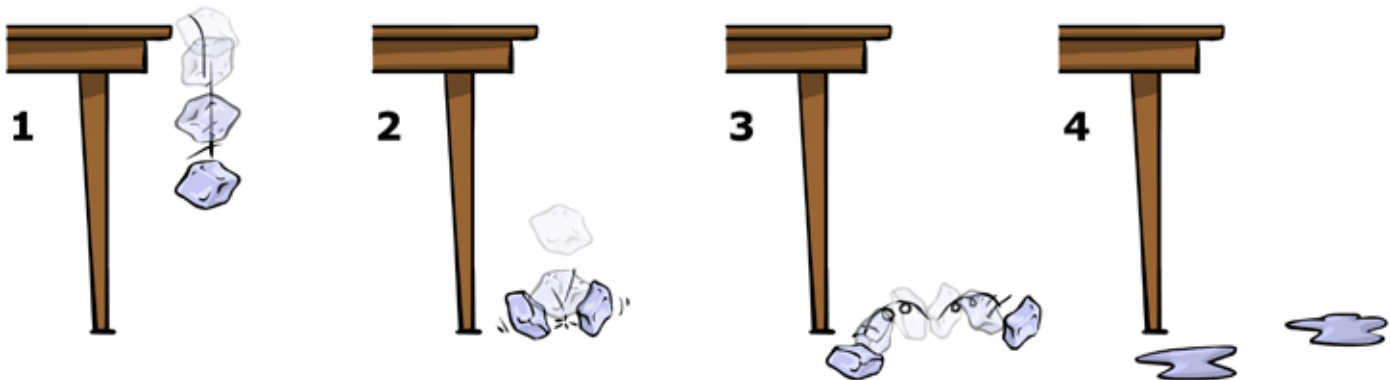
A radiación electromagnética do Sol é de varios tipos. A parte visible é capaz de provocar o proceso de fotosíntese do que recibimos a enerxía que precisamos os seres vivos. A radiación incide sobre os corpos, parte dela é absorbida e, como consecuencia, o corpo quece e emite calor (radiación infravermella).

Se a enerxía que necesitamos vén do Sol, o resto do Universo non ten enerxía?

Certamente a enerxía do Sol permite a vida sobre a Terra. Pero tamén hai enerxía nas estrelas, no campo gravitatorio da terra no espazo exterior, e existen outras formas de enerxía no Universo, algunhas moi próximas a nós e tan necesarias como útiles. Se un corpo calquera quece, cambiou a súa enerxía térmica, gañando calor. Se está en movemento e cambia a súa velocidade, é porque houbo un cambio na súa enerxía cinética. Se cambia de forma ou tamaño, é porque se fixo un traballo de deformación, que precisou de enerxía mecánica. Se cambia un obxecto de altura con respecto ao chan, tamén cambiou a súa enerxía potencial por acción da gravidade. Se pasa de sólido a líquido, é porque aumentou a súa enerxía interna.

Se o Universo se formou desde o Big Bang a partir dunha enerxía densa que orixinou un proceso de expansión continuo que vai perdendo enerxía, a enerxía do Sol e do seu sistema planetario ten que ver necesariamente con ese proceso. Polo tanto, a enerxía está fluíndo constantemente no Universo, producindo todos e cada un dos cambios que se poden observar no mundo físico.

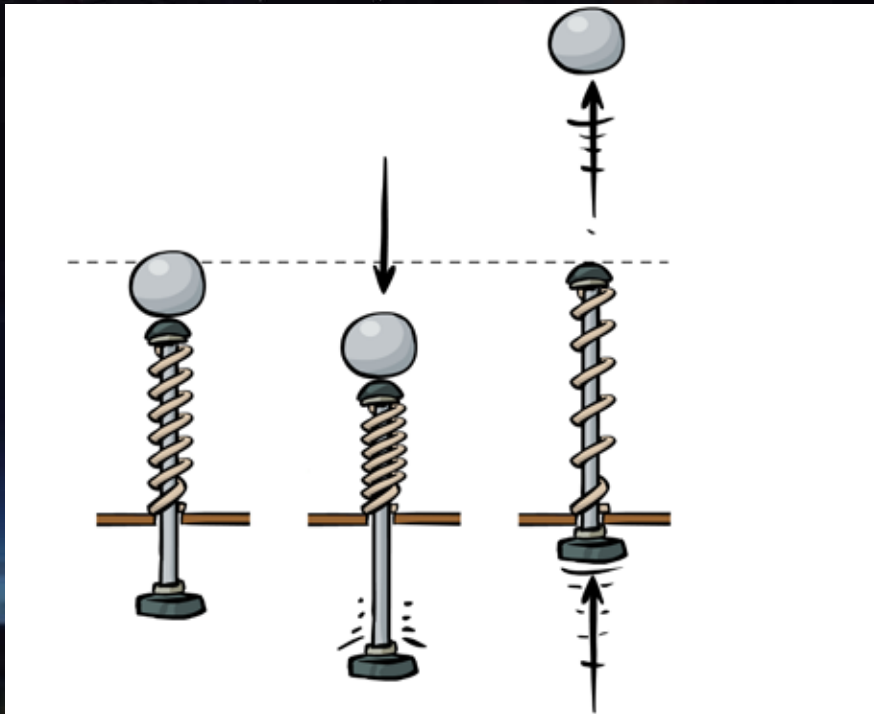
● Observa a ilustración e indica os cambios enerxéticos que se producen no corpo nas situacións (1), (2), (3) e (4).



Poucos conceptos son tan intuitivos é a vez tan complicados de definir como a enerxía. Pero en todos os exemplos anteriores a enerxía móstrase como unha capacidade de producir cambios. Obviamente, non todos os corpos teñen a mesma enerxía, ou como a vimos definindo, a mesma capacidade de producir cambios no Universo que os rodea. O resorte dun bolígrafo que teñamos comprimido terá unha pequena cantidade de enerxía almacenada que poderemos liberar soltándoo, e que poderíamos utilizar, por exemplo, para desprazar sobre a mesa unha bóla duns cantos centímetros. Pola contra, nunha bomba atómica podemos ter almacenada nuns poucos quilos de uranio ou plutonio, tanta enerxía (neste caso capacidade de producir cambios en forma de destrución) como a que terían varios millóns de camiións cheos de explosivo do tipo da dinamita!



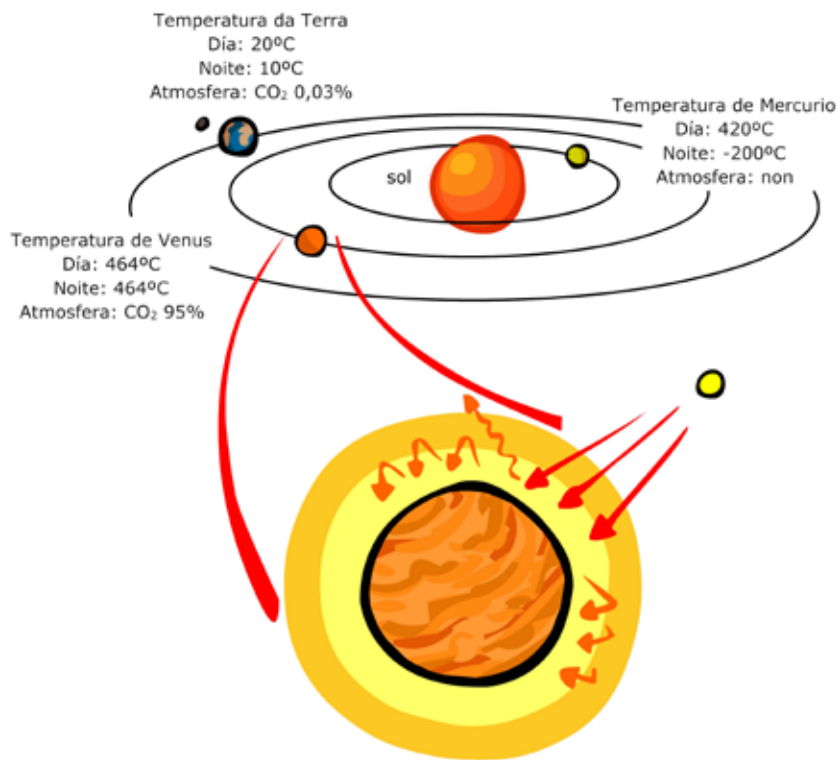
Entre 1966 e 1996 leváronse a cabo 178 ensaios nucleares nos



- A bomba atómica que se lanzou sobre Hiroshima tiña o mesmo peso que o aparello que se usou para golpear a bóla da ilustración. Investiga sobre a enerxía potencial de cada un dos artefactos.
- Fai unha investigación histórica sobre o que pasou en Hiroshima en 1945 e compara os efectos da liberación da enerxía dos dous artefactos.

As principais características do Universo están configuradas pola acción da enerxía gravitatoria, que é a que mantén a orde cósmica que se advirte na configuración das galaxias e sistemas estelares. A enerxía gravitatoria é a que retén os gases da atmosfera e mantén o Planeta Terra na súa órbita a unha determinada distancia do Sol, condicións que fan posible unha temperatura no planeta compatible co desenvolvemento da vida e a existencia de auga líquida na súa maior parte.





- Á vista dos datos da ilustración, compara as atmosferas de Mercurio e Venus coa da Terra e busca explicacións destas diferenzas coa enerxía gravitatoria.

Á marxe do seu efecto gravitatorio, e igual que as estrelas, a actividade enerxética do Sol está gobernada pola enerxía nuclear e as reaccións de fusión que acontecen no seu interior, tal e como xa se indicou, e que producen radiacións electromagnéticas que alcanzan ao planeta Terra (entre elas, a luz visible) e fan posible o seu quentamento, a evaporación da auga, a xénese dos ventos, as ondas do mar, o ciclo hidrolóxico, os diferentes climas e o proceso da fotosíntese das plantas. Esta mesma enerxía está presente nas demais estrelas do Universo.

- Se a enerxía do Sol é a que quenta os planetas, por que Venus, estando ao dobre de distancia do Sol, pode ter máis temperatura diúrna e nocturna?
- É a enerxía enviada polo Sol o único determinante da temperatura do planeta? Xustifica a resposta.

Os cambios que se producen nas condicións enerxéticas dos corpos do Universo supoñen a realización de traballo, por iso a Física definiu a enerxía como a “capacidade de producir traballo”. Se algo ten unha gran cantidade de enerxía, poderá realizar grandes cantidades de traballo. Agora ben, hai moitos tipos de traballo. O traballo mecánico, como o feito por un motor dun vehículo cando move un coche; o traballo de deformación, como o que fai un martelo cando golpea un corpo de plastilina; o traballo de expansión dun gas, como o que ocorre no cilindro dun motor de explosión. Para producir calquera destes fai falla dun xeito ou doutro a enerxía que se transforma en traballo útil mediante algún proceso directo, ou algún mecanismo ideado pola tecnoloxía ou pola Natureza.

Polo tanto, nos corpos existe unha certa capacidade para poder efectuar traballo debido á súa constitución, á súa posición ou ao seu movemento no Universo. Precisamente, esa capacidade denomínase enerxía, e dado que esta permanece latente no corpo mentres non se manifesta en forma de traballo, a súa medida efectúase polo traballo que foi necesario realizar para que o corpo teña o seu estado actual e que, a súa vez, poderá orixinar un traballo cando se libere. Esa enerxía total do corpo pode variar por dous motivos: porque intercambie calor con outro corpo a diferente temperatura, ou porque se lle transfira enerxía mediante un traballo debido á aplicación de forzas sobre o corpo.

Estas transformacións fan que a enerxía estea en constante movemento e cambio no Universo, transformándose dunha a outra forma de enerxía. Vemos, pois, como unha forma de enerxía pode ser transformada noutra mediante un proceso físico natural ou un dispositivo de conversión ideado pola técnica.

- Fíxate nas transformacións que se expresan na táboa e pon no cadro que corresponda o número ou números das expresións que se indican na relación inmediatamente inferior á táboa que lle corresponde.

	Electromagnética	Química	Nuclear	Térmica	Cinética	Eléctrica
Electromagnética		Quimioluminiscencia	Bombas nucleares	Radiación térmica	Aceleración de cargas	Radiación electromagnética
Química	Fotosíntese	Procesos químicos			Disociación por radiólise	Electrólise
Nuclear	Emisión de raios Gamma e neutróns					
Térmica	Absorción solar	Combustión	Fisión/ Fusión	Intercambio de calor	Fricción	Resistencia eléctrica
Cinética		Metabolismo	Radioactividade/ Bombas nucleares	Expansión Térmica/ Combustión interna	Engrenaxes	Motor eléctrico
Eléctrica	Células solares	Células de hidróxeno/ baterías	Pilas atómicas	Termoelectricidade	Xeradores eléctricos	

A enerxía potencial da auga dun encoro nas montañas pode ser transformada nunha turbina dunha central hidroeléctrica en traballo para mover un xerador eléctrico (1).

A enerxía cinética do aire, ou o que é o mesmo, do vento, pode mover as aspas dun xerador (2).

O movemento das aspas dun muíño de vento fai o traballo de moer gran (3).

As aspas dun aeroxerador son capaces de xerar enerxía eléctrica nun alternador de corrente (4).

A enerxía almacenada na gasolina pode utilizarse como o combustible que accione o motor dun vehículo e faga o traballo de mover un coche (5).

A enerxía nuclear almacenada no uranio pode utilizarse para xerar traballo nunha turbina de vapor, e nun alternador para xerar enerxía eléctrica nunha central nuclear (6).

A enerxía do Sol é utilizada polas plantas para sintetizar nas súas follas, nos seus tecidos e nas substancias de reserva a partir do dióxido de carbono da atmosfera e da auga e os nutrientes que obtén do solo pola raíz (7).

- Explica todos os cambios enerxéticos que fan posible que a enerxía dos alimentos a utilizemos para manter a nosa temperatura corporal e para facer traballo en forma de movementos do corpo (8).
- Une mediante frechas cada corpo coa súa enerxía, poñendo no recadro o proceso tecnolóxico ou natural de transformación (9).

CORPO	PROCESO DE TRANSFORMACIÓN	ENERXÍA
Auga		Enerxía potencial
Gasolina		Enerxía potencial
Aire		Enerxía nuclear
Uranio		Enerxía cinética

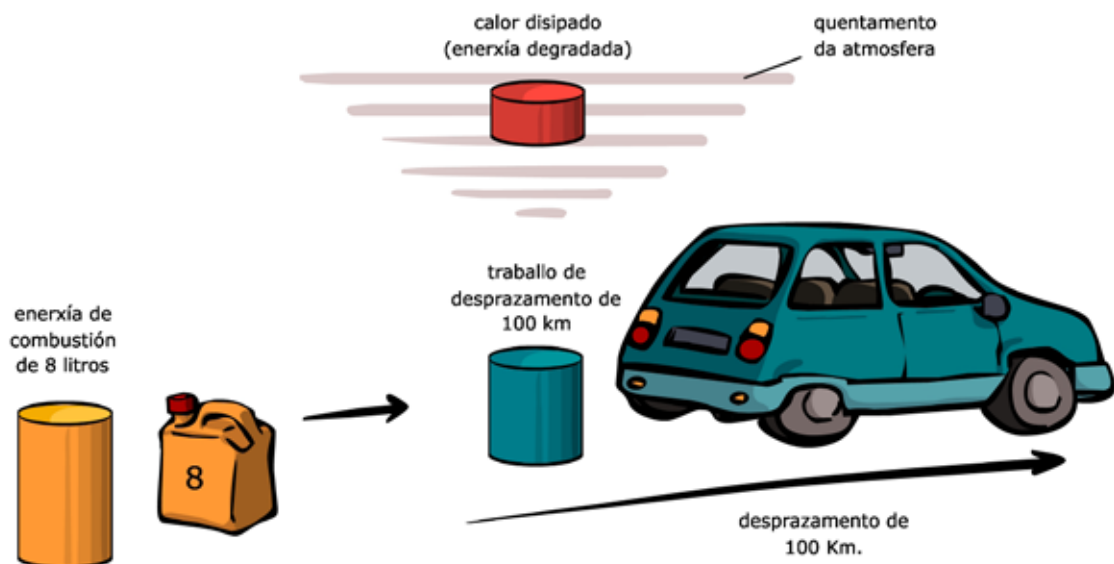




As leis da enerxía no Universo: primeira e segunda lei da Termodinámica

É importante observar que aínda que en todas as transformacións non se crea nin destrúe enerxía, no mundo real é imposible transformar totalmente toda a enerxía que estea presente nunha determinada forma a traballo útil, porque sempre unha parte dela, por pequena que sexa, se transformará en calor (que é outra das formas que adopta a enerxía).

Tanto a enerxía que precisamos para a vida da nosas células coma aquela que é propia dos nosos usos culturais débemola obter das cadeas de carbono procedentes dos nutrientes ou dos combustibles. Cando a enerxía é utilizada en calquera proceso natural ou tecnolóxico, unha parte dela é degradada en forma de calor, calor que pasa a quentar inevitablemente un corpo máis frío (ordinariamente aire ou auga do medio externo) e non vale para facer o traballo para o que en orixe estaba destinada. Por exemplo, non podemos transformar toda a enerxía química presente nun depósito de gasolina —nas cadeas de C de orixe orgánica— en traballo no motor dun vehículo, xa que no proceso se producirá unha cantidade de calor que se perderá polo tubo de escape, e máis aínda na fricción das pezas do motor; esa enerxía non a poderemos transformar en movemento do coche nin en ningunha outra forma de traballo útil.



- Explica por que os capós dos coches están máis quentes cantos máis km andan.
- Se dous coches, A e B, percorreron a mesma distancia á mesma velocidade e o A ten o capó máis quente que o outro, cal ten o motor de maior rendemento? Xustifica a resposta?
- Explica por que se di que os motores, cando levan moito tempo funcionando, paran porque quecen?

Esta emisión de calor que non se utiliza para facer o traballo para o que se usa a enerxía é o que chamamos “degradación da enerxía”, que quere dicir que cada vez que a enerxía pasa dunha a outra das formas que adopta, aínda que nin se crea nin se destrúe, vai deixando de ser útil para transformarse en traballo, xa que unha fracción da mesma pasa a converterse en calor de baixa temperatura, que xa non é apta para converterse outra vez en traballo e que quedará xa permanentemente en forma de calor. Vén ser unha especie de imposto que hai que pagar por utilizar as enormes reservas de enerxía que teñen os combustibles para poder manter as nosas células con vida ou os nosos motores e aparellos tecnolóxicos en marcha.



Os tubos recollen a auga dos encoros e transportan-na ás centrais hidroeléctricas

A ciencia que estuda a enerxía, as súas transformacións noutras diversas formas, en calor ou en traballo é a termodinámica. A termodinámica desenvolveuse para estudar a enerxía. A primeira lei da termodinámica pódese enunciar dicindo que: “a enerxía nin se crea nin se destrúe, só se transforma”. Esta 1.^a lei dá resposta a preguntas como cánta enerxía hai no petróleo ou no gas, no vapor a alta ou baixa presión, ou nos alimentos, coma, por exemplo, nunha empanada ou nunha pizza. Trata, polo tanto, da conservación e do intercambio de enerxía, ou tamén de cánto dun tipo de enerxía é equivalente a outro tipo de enerxía. Segundo esta 1.^a lei non habería ningún problema enerxético no mundo, porque a enerxía sempre se conservaría.

Unha das aplicacións desta primeira lei, que está moi ligada á obtención de enerxía para os nosos usos, é a transformación da enerxía potencial da auga dos encoros en enerxía cinética, que provoca o movemento das turbinas dos muíños, das ferrarías hidráulicas e centrais hidroeléctricas, moi importantes para o noso desenvolvemento tecnolóxico. A base destes procesos tecnolóxicos está en que a enerxía potencial da auga do encoro se transforma en enerxía cinética da turbina. A medida que a auga vai descendendo, vai diminuindo a enerxía potencial, pero esa enerxía non se perdeu senón que se trocou en enerxía cinética. A enerxía cinética (enerxía dos corpos en movemento) que gaña neste proceso é a responsable do movemento da turbina.

Enerxía Potencial = $m \cdot g \cdot h$.

Enerxía Cinética = $\frac{1}{2} m v^2$

- Calcula a enerxía potencial, en unidades do S. I (J), de 10 l de auga (considera a auga como pura para a equivalencia de masa) nunha toma de auga dunha presa na entrada do tubo que vai a unha turbina que se atopa a 200 metros por debaixo desa toma.
- A 100 metros de altura, cal é a enerxía cinética e potencial dos 10 l de auga que descende polo tubo?
- Calcula a enerxía que esa auga lle proporciona á turbina; que tipo de enerxía é?

E así é; a enerxía sempre se conserva, pero o que ao ser humano lle interesa é a capacidade de producir traballo coa enerxía e como acabamos de ver, cada vez que se utiliza a enerxía para realizar un traballo, unha parte dela degrádase en forma de calor e xa non será útil para facer máis traballo no futuro. Por exemplo, nunha central eléctrica que funciona con carbón, este queimaríase na caldeira producindo calor (enerxía inicial), de forma que temos unha primeira transformación da enerxía química almacenada no carbón a calor. Unha parte desa calor pérdese na atmosfera saíndo cos gases da cheminea (e xa non producirá traballo); a outra parte da calor forma vapor de auga a presión na caldeira. O vapor a presión expándese na turbina, que xira producindo un traballo que move o alternador, que xera a corrente eléctrica. O vapor, cando se expande, diminúe a súa temperatura, liberando calor ao ambiente, que non aproveita a turbina como traballo. E non todo o movemento ou traballo da turbina pasará ao alternador, xa que entre ambos existe o rozamento, polo que outra parte da enerxía mecánica

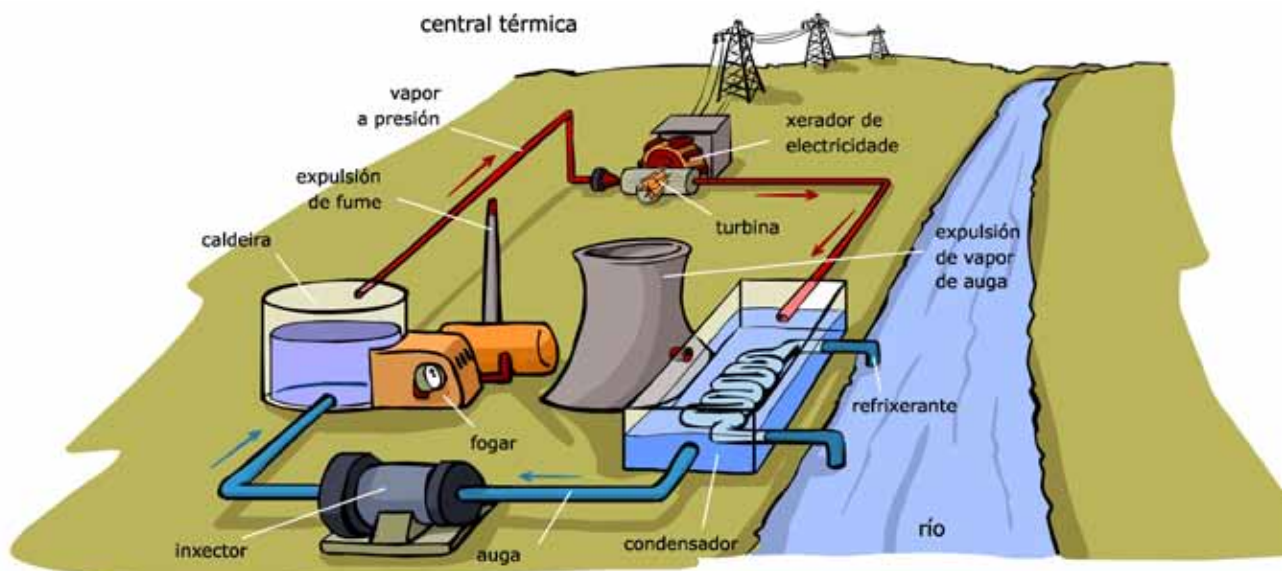




da turbina se perderá en forma de calor de rozamento. Así, normalmente, menos do 40% da enerxía almacenada no carbón ha transformarse en electricidade para realizar un traballo útil. Pero a electricidade non deixa de ser un “vector” que permite o transporte enerxético no que se producen perdas canto máis percorrido deba facer o transporte. Así que chega aos fogares ou ás fábricas utilízase moitas veces para quentar a auga, como ocorre nunha caldeira de auga quente ou nunha lavadora (enerxía final).



Central eléctrica de As Pontes, A Coruña



- Tendo en conta que en cada transformación enerxética, desde a enerxía primaria á final se aproveita aproximadamente un 40% da enerxía, calcula a enerxía final que se necesita para ferver un litro de auga e a enerxía primaria de carbón que se está a consumir na central térmica para ese proceso. En que porcentaxe supera a enerxía primaria á final?
- Suxire outras formas de obter esa auga quente nas casas e nas fábricas con máis rendemento enerxético. Fai unha pequena redacción sobre os cambios enerxéticos propostos para conseguir melloras no rendemento e as vantaxes e os inconvenientes que terían dada a nosa actual forma de vida.

A 2.^a lei da termodinámica é a que dá resposta a cuestións tales como cánta cantidade dun tipo de enerxía pode ser transformada noutro tipo de enerxía, e cánta queda en forma de calor nese proceso. É a lei que explica cómo a enerxía, se ben non se destrúe nunca, si que vai perdendo a súa capacidade de converterse en traballo útil, como vimos no anterior exemplo. Daquela, aínda que a enerxía do Universo nunca vai diminuír, si que o fará a capacidade da enerxía para transformarse en traballo.

Aplicando a segunda lei ao conxunto do Universo, temos que partir da teoría do Big Bang, que postula que o Universo comezou coa explosión dunha fonte de enerxía enormemente densa. A medida que esta enerxía densa se foi expandindo cara ao exterior comezou a perder velocidade e a formar galaxias, estrelas e planetas. O Universo empezou cunha orde completa e con altísimas temperaturas, e desde aquela non deixou de moverse cara a un estado máis desordenado, arrefriando paulatinamente e camiñando cara ao equilibrio térmico. Esta idea é contraria á concepción antropocéntrica da historia terrestre, segundo a cal a evolución histórica da nosa intervención para aproveitar as fontes de enerxía nos permite conseguir máis orde en menos tempo e con máis eficiencia. A segunda lei ensínanos que, en termos de escala do Universo, nunca aforraremos tempo nin gañaremos eficiencia utilizando maiores cantidades de enerxía, porque canto máis rápido se consuma a enerxía do mundo, menos tempo lle quedará ao Universo.

- Que procesos de consumo enerxético nos dan a sensación de que temos máis tempo? Explica como cres ti que poden influír en que o tempo de vida do mundo se reduza.

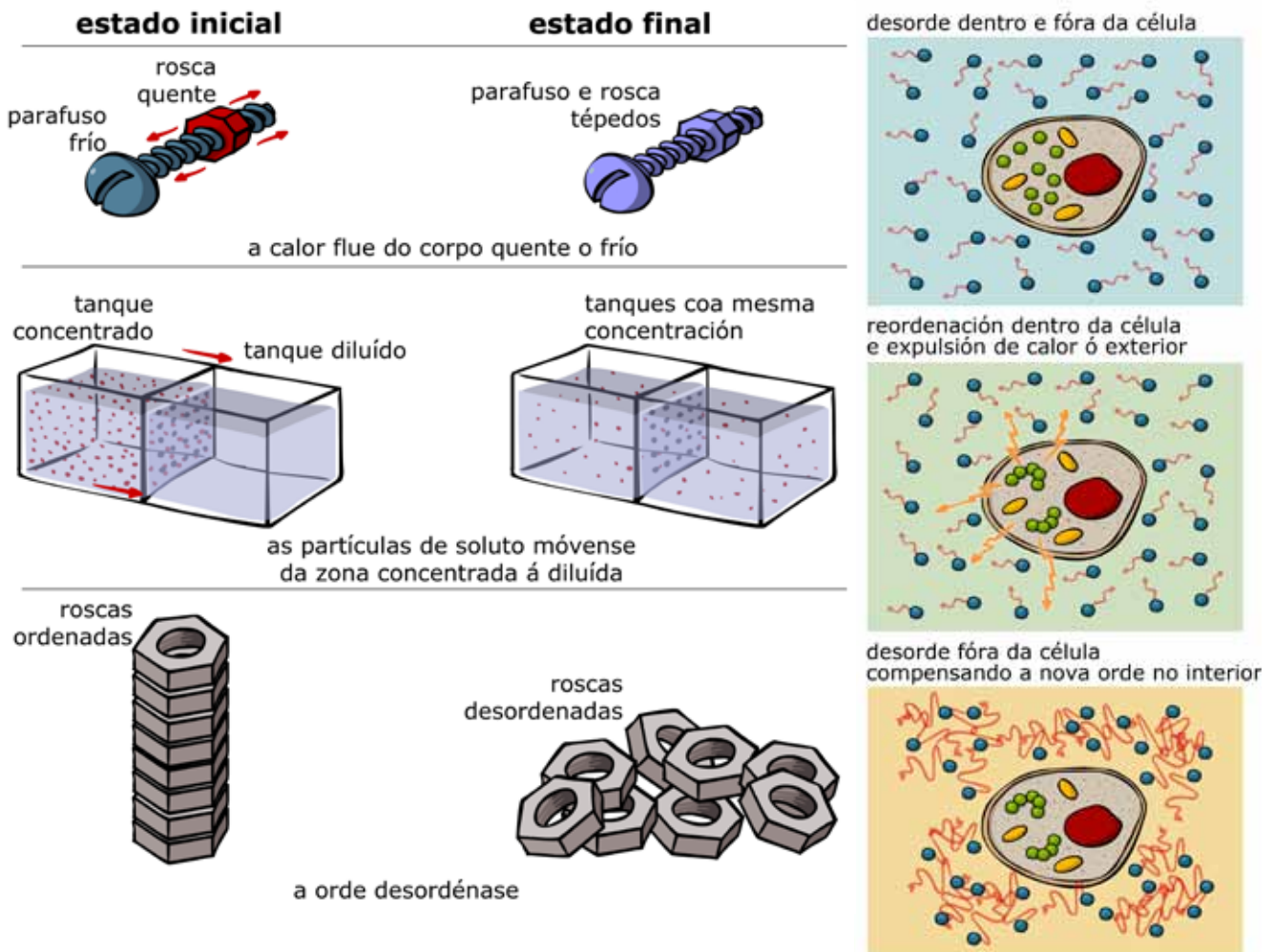
Imaxe de nebulosa



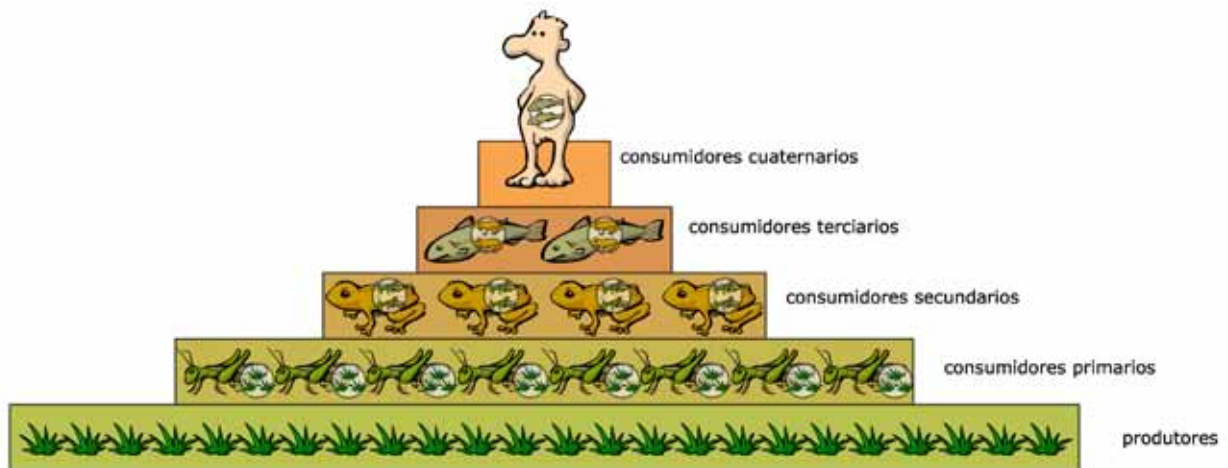


A controversia da segunda lei da termodinámica nos seres vivos

Os seres vivos somos capaces de ir contra a tendencia á desorde e perda de enerxía do Universo, dado que no proceso de crecemento almacenamos enerxía e alcanzamos unha organización complexa. Pero o pequeno aumento da orde e da enerxía nos seres vivos vai asociada a un aumento maior na desorde do Universo, porque aqueles absorben enerxía do medio, que, en última instancia, procede do Sol. Así, os seres humanos estamos disipando enerxía constantemente. Se o fluxo de materia e enerxía entre o organismo e o ambiente se interrompe, prodúcese a morte.

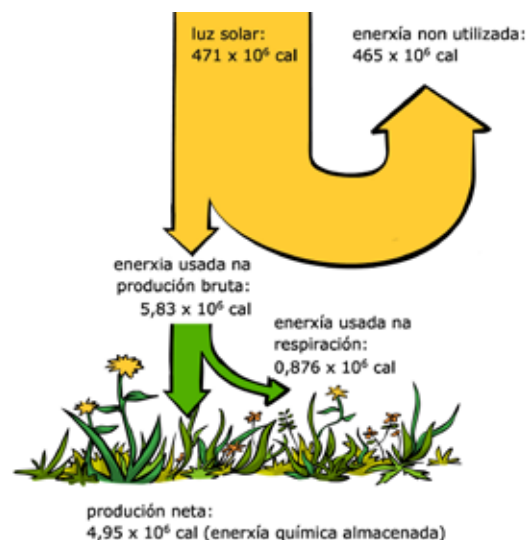


Antes era difícil sermos conscientes desta contribución da vida ao Universo porque se estudaban os individuos vivos como entes illados. A aparición da ecoloxía facilita moito máis o enfoque sistémico das relacións entre individuos de diferentes especies e o medio. Así, cando o saltón come na herba, aproveita aproximadamente un 15% da enerxía presente na herba comida, e cando a ra come o saltón aproveita un 12% da enerxía do corpo do saltón inxerido, e cando a troita come a ra, aproveita un 10% da enerxía do corpo da ra que comeu, e cando nós comemos a troita aproveitamos o 8% da enerxía presente na carne que comemos da troita. A enerxía non aproveitada en cada un dos distintos niveis disíbase en forma de calor cara ao medio no que habitan os seres vivos.



- Se fan falta 300 troitas para manter a un humano durante un ano, e cada troita ten unha masa media de 300 g, que cantidade de masa de ras, saltóns e herba se necesitan para manter un humano durante un ano?
- Explica os inconvenientes que tería unha dieta composta só de troitas.
- Á vista dos datos, por que dicimos que as eficiencias ecolóxicas diminúen ao subir na pirámide trófica?
- Explica as implicacións enerxéticas que ten que o predador sexa de tamaño maior que a presa.

O incremento de biomasa obtido polos vexetais e que, polo tanto, poden inxerir os herbívoros denomínase Produtividade Primaria Neta (PPN), que é inferior á enerxía interna de moléculas orgánicas que se obtén da fotosíntese, xa que parte desa enerxía non é destinada a formar cadeas de carbono que quedan almacenadas como aumento de biomasa vexetal, senón que se utiliza para dotar os vexetais da enerxía que precisan para a vida mediante os procesos de respiración celular (R), no que as cadeas de C se oxidan liberando CO_2 e enerxía. A enerxía química conseguida mediante a fotosíntese coñécese como Produtividade Primaria Bruta (PPB). Xa que logo, nun ecosistema, o incremento de biomasa vexetal (PPN) é igual á enerxía química obtida no proceso da fotosíntese (PPB) menos a enerxía disipada nos procesos de respiración celular do conxunto das células vexetais do ecosistema (R):



Segundo os datos, pouco máis do 1% das 471.000.000 calorías por metro cadrado e ano da luz solar que cae sobre este campo convértese en enerxía química almacenada nos tecidos vexetais

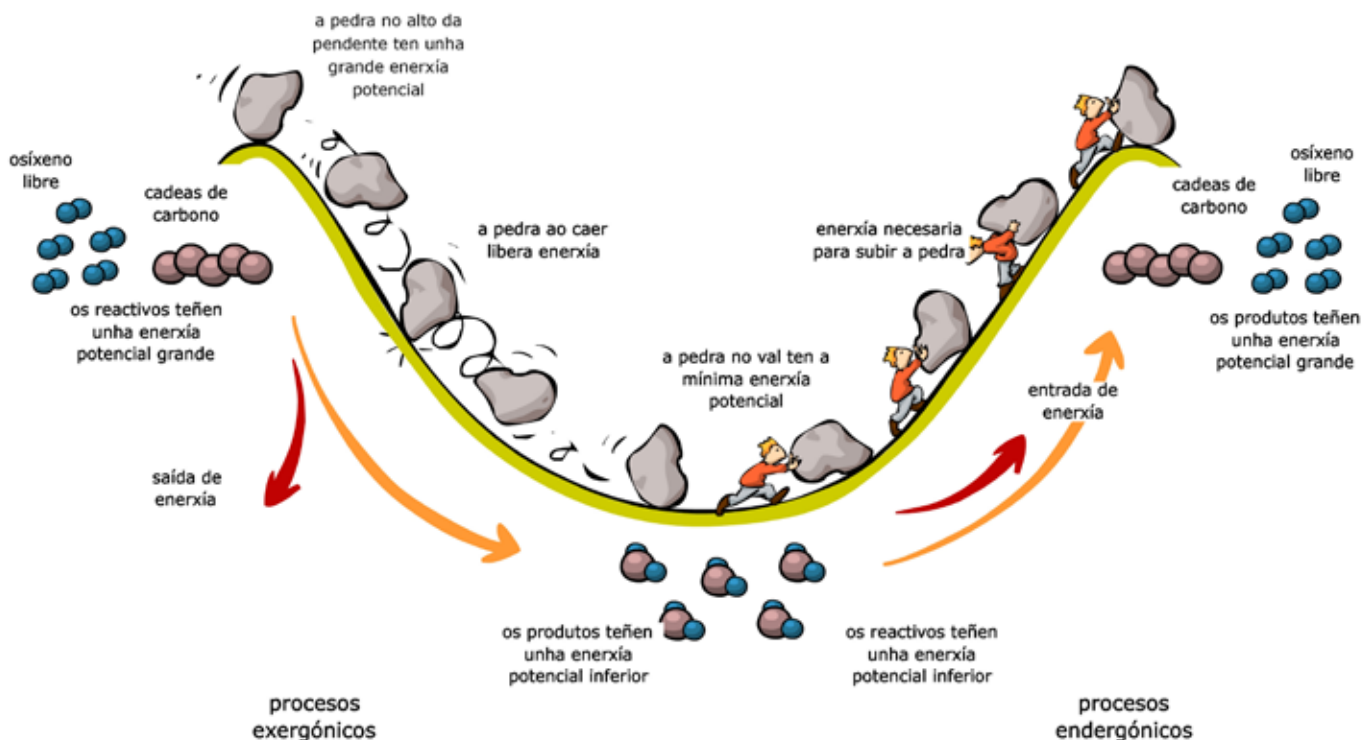




$$PPN = PPB - R$$

- Calcular a produtividade primaria bruta dun ecosistema que consome un 37% do que produce na respiración e que ten unha produtividade primaria neta igual a 18 g de materia seca/m²/día.
- Nun mar, a produtividade primaria bruta é de 0,6 g de materia seca/m²/día. Sabendo que esa materia orgánica é utilizada nun 52% na respiración, cal é a produtividade primaria neta?

Esta Produtividade Primaria Neta, unha gran parte da biomasa vexetal non é inxerida polos herbívoros e morre sen ser devorada, sostendo á comunidade de descompoñedores (bacterias, fungos e animais detritívoros). En segundo lugar, non toda a biomasa vexetal inxerida polos herbívoros é asimilada, ou o que é mesmo, incorporada ás células vexetais dos herbívoros. A non asimilada pasa polas feces á comunidade de descompoñedores. En terceiro lugar, non toda a enerxía que foi asimilada polas células dos herbívoros é convertida en aumento de biomasa, susceptible de ser inxerida polos carnívoros, porque unha parte dela se perde en forma de calor debido á respiración celular, segundo o representado na parte dereita da imaxe. A enerxía que queda almacenada no aumento da biomasa dos herbívoros e que, en consecuencia, é susceptible de incorporarse aos carnívoros é a enerxía da biosíntese representada na parte dereita da imaxe. Esta enerxía contida na biomasa dos herbívoros dun ecosistema denomínase en ecoloxía Produtividade Secundaria (PS). O dito aquí para os herbívoros desde a Produtividade primaria neta (PPN) é válido para os carnívoros desde a Produtividade Secundaria (PS).

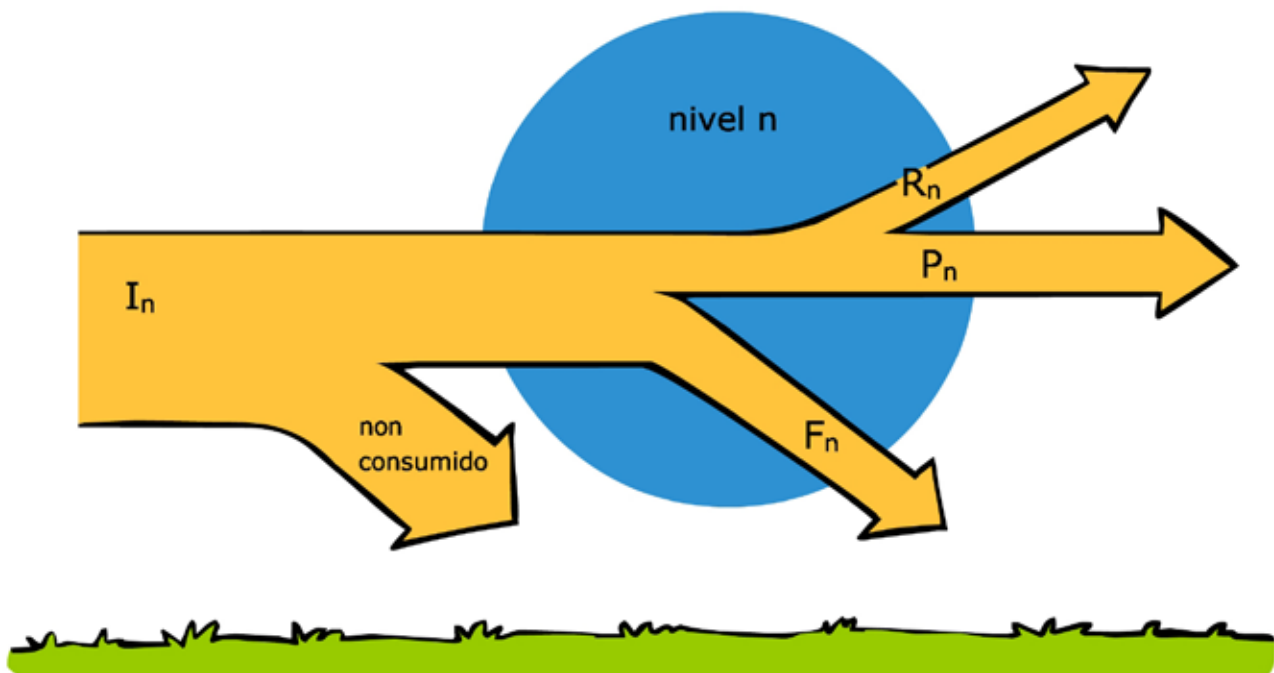


Así, en xeral, para un nivel trófico de heterótrofos (n), este inxire (I_n) parte da biomasa da que dispón o nivel trófico anterior na súa Produtividade Secundaria (P_{n-1}). A cantidade non

ingerida ($P_{n-1}-I_n$) morre e descomponse para diseminarse en forma de calor. Da enerxía ingerida coa comida (I_n), parte non entra no metabolismo celular (non é asimilada) e, polo tanto, expúlsase polas feces dese nivel trófico (F_n), e tamén será descomposta e polo tanto disipada en forma de calor. Do ingerido, pérdese na respiración das células unha parte da enerxía asimilada (R_n) e a restante acumúlase nos enlaces de C responsables do aumento da biomasa dese nivel trófico e que, polo tanto, van supoñer a Produtividade Secundaria dese nivel trófico (P_n), que contén a enerxía dispoñible para o seguinte nivel trófico ($n+1$), que xa serán carnívoros de primeira ou máis ordes, que ingerirán parte dela. Unha forma de valorar a eficiencia destas transferencias enerxéticas é calculando a eficiencia ecolóxica (EE) do nivel trófico como $EE_n = \text{Asimilado por } n / \text{Asimilado por } n-1$;

$$EE_n = (P_n + R_n) / (P_{n-1} + R_{n-1})$$

- Fai un debuxo como o da ilustración ampliándoo para un ecosistema no que hai herbívoros, carnívoros e superpredadores. Expressa as fórmulas das eficiencias ecolóxicas que hai, ordenándoas de maior a menor. Que relación ten o valor da eficiencia ecolóxica e o nivel trófico?



P_n . produtividade no nivel trófico n

R_n . perda de calor por respiración no nivel trófico n

F_n . perda enerxética fecal no nivel trófico n

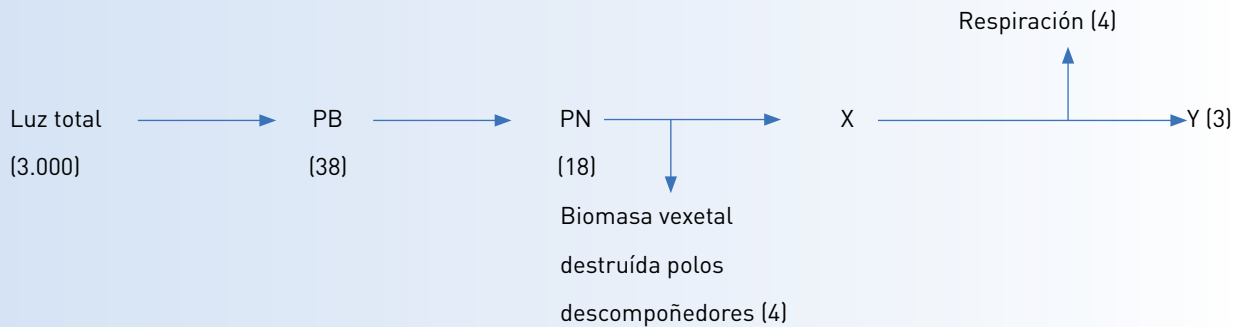
I_n . inxestión enerxética no nivel trófico n

P_{n-1} . produtividade dispoñible para o consumo procedente do nivel trófico n



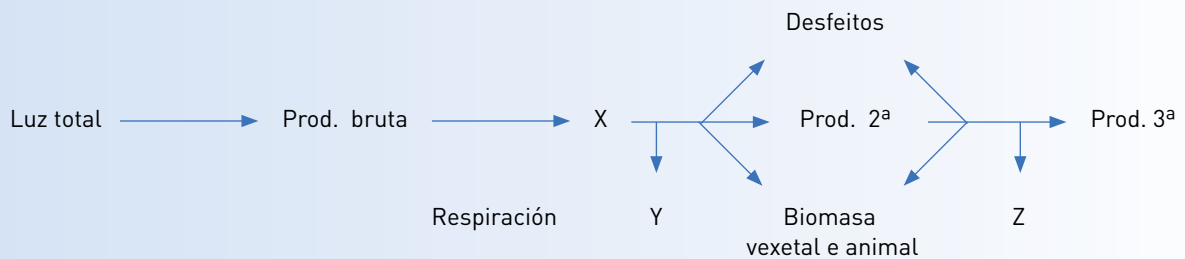


● No esquema móstrase o fluxo de enerxía, expresado en kcal/m²/día nun ecosistema:



- Explica o fluxo de enerxía que se indica no esquema.
- Que representan X e Y?
- Determina a eficiencia ecolóxica.
- Se os *Homo sapiens* nómades obtiñan un 80% da súa enerxía da caza e un 20% da recolección de vexetais ¿como estarían a incidir neste fluxo?

● No seguinte esquema:



- Que representan as letras X, Y e Z?
- Cantos niveis tróficos ten o ecosistema? Xustifica a resposta.
- Expresa coas letras e palabras as dúas eficiencias ecolóxicas, representado a esquerda a maior e a dereita a menor.
- Sobre que eficiencias ecolóxicas incidiría o *Homo sapiens* nómade?

● A vista dos datos enerxéticos dun ecosistema:

Produtividade Primaria Bruta: 520 g/m²/día.

Materia orgánica oxidada na respiración dos produtores: 210 g/m²/día.

Materia orgánica oxidada na respiración dos herbívoros: 32 g/m²/día.

Materia orgánica oxidada na respiración dos carnívoros: 3,2 g/m²/día.

Produtividade Secundaria: 21 g/m²/día.

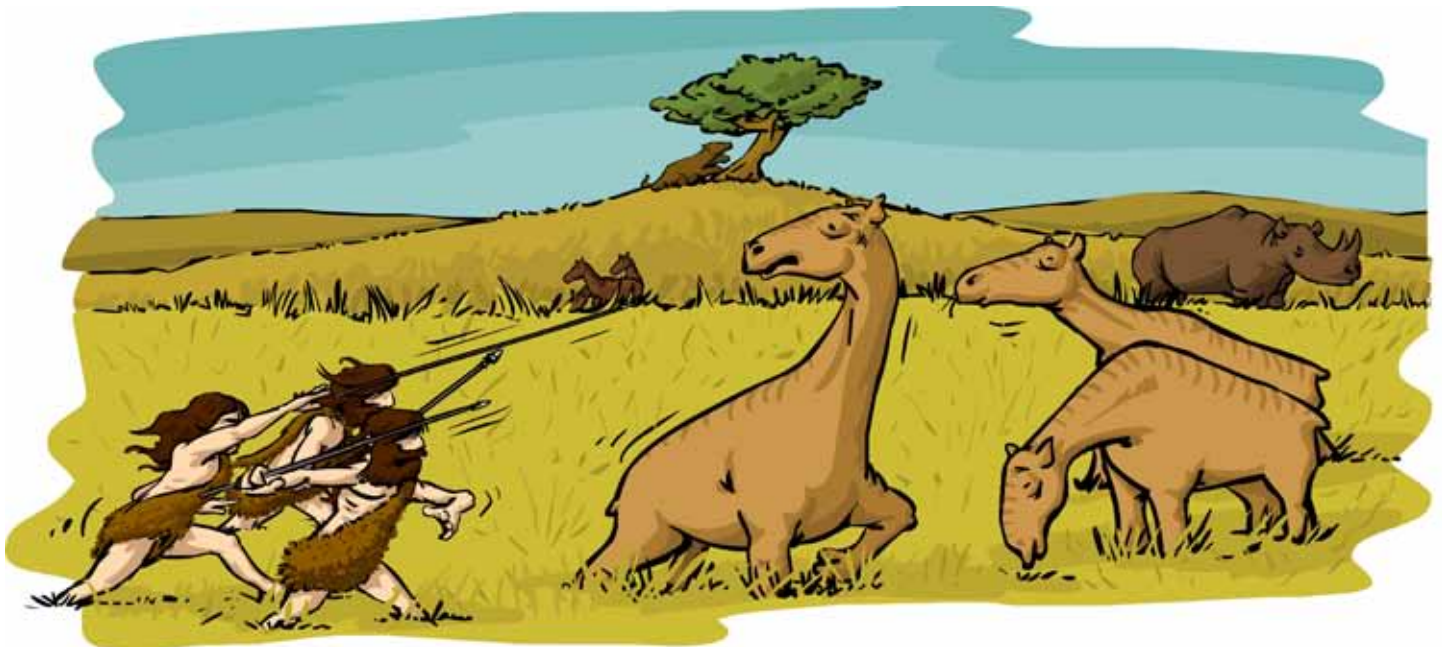
Produtividade Terciaria: 1, 1 g/m²/día.

- Fai un esquema do fluxo de enerxía no ecosistema.
- Calcula as diferentes eficiencias ecolóxicas.
- Ordena as eficiencias ecolóxicas.

Aínda que nos sexa custoso aceptalo, os datos das eficiencias ecolóxicas indican que canto máis elevada se atope unha especie na escala evolutiva e na cadea trófica do seu ecosistema, máis grande é a desorde que crea no medio. A evolución consiste en crear illas de orde á custa de aumentar os océanos de desorde. Xa que logo, debemos aceptar e recoñecer a segunda lei da termodinámica na vida e no noso contorno humanizado para adoptarmos comportamentos enerxéticos máis acordes co Planeta.

O desbordamento do océano enerxético e tecnolóxico do *Homo sapiens*

Aínda que os seres vivos están empeñados nunha batalla constante para obter enerxía dispoñible do seu medio, á custa de desordenalo, só o *Homo sapiens* conta con ferramentas tecnolóxicas que lle axudan a conseguilo. Fabricamos ferramentas e máquinas para extraer enerxía do ambiente; edificamos casas para reter enerxía e manter a calor do noso corpo, buscamos formas de transportar enerxía dun sitio a outro, e garantimos esa distribución con institucións económicas, gobernos e exércitos. Pero ningunha destas actividades pode ser allea ás leis da termodinámica.



A Humanidade aprendeu ao longo de milleiros de anos a utilizar diferentes fontes de enerxía. En principio, esta limitábase ao traballo muscular realizado polos individuos a partir da enerxía obtida dos alimentos. O *Homo sapiens* apareceu hai uns 150.000 anos en África; as súas necesidades enerxéticas dependían da caza de grandes herbívoros, ata extinguiolos. Con comportamentos nómades foi desprazándose cara ao norte, chegando a Europa hai uns 40.000 anos, posiblemente buscando novas zonas de caza. Este comportamento é moi probable que supuxese a desaparición dos grandes herbívoros coa conseguinte desaparición dos grandes carnívoros, que quedaron sen presas por competencia coas técnicas de caza dos humanos. Este sería o primeiro grande impacto humano na natureza por mor da súa busca da enerxía necesaria para unha especie en expansión.

Este proceso nin sequera se veu interrompido pola última glaciación (Würm), que se iniciou hai uns 20.000 anos. Durante esta época foron capaces de localizar refuxios en zonas axeitadas para vivir, como as do norte da Península, onde chegaban as correntes quentes do Golfo. En covas como as de Altamira deixaron pegadas da súa capacidade de adaptación para conseguir enerxía nesas circunstancias climatolóxicas adversas.





Hai uns 10.000 anos rematou a glaciación. A temperatura subiu 5° C en 6.000 anos, o que fundiu enormes masas de xeo e elevou o nivel do mar uns 200 metros, inundando as terras baixas, que tiñan que ser as mellores zonas de caza de herbívoros, o que se sumou á diminución dos grandes herbívoros, posiblemente por un exceso de caza.

Aínda que a fin da glaciación puido vivirse como unha grande oportunidade para os habitantes das cavernas, supuxo unha crise enerxética para os nosos antepasados, que viron como coa retirada do xeo desaparecía gran parte da súa comida. Porque, sumada a subida do nivel do mar á desaparición dos grandes herbívoros, que comían arbustos e árbores pequenas, impuxéronse os bosques. A saída desta crise enerxética conseguiuase cando se descubriu como prender o lume. Con esta capacidade de prender lume, puideron ir cara aos lugares fríos onde había animais de gran tamaño como mamuts, renos e focas; puideron cociñar alimentos que crus eran indixestos e puideron conservalos afumándoos. Pero ao mesmo tempo, o lume fomentou as deforestacións para sacar a caza da espesura e atraer os herbívoros a lugares abertos; sobre estes aumentou daquela a presión da caza, e isto provocou unha nova crise enerxética.

Esta crise enerxética superouse coa invención da agricultura, empezando polo cultivo de cereais nas costas fluviais e seguindo coa domesticación de animais. Temos constancia de que hai uns 8.000 anos tiñamos civilizacións sedentarias, baseadas na agricultura, en grandes vales fluviais fértiles coma os do Nilo.



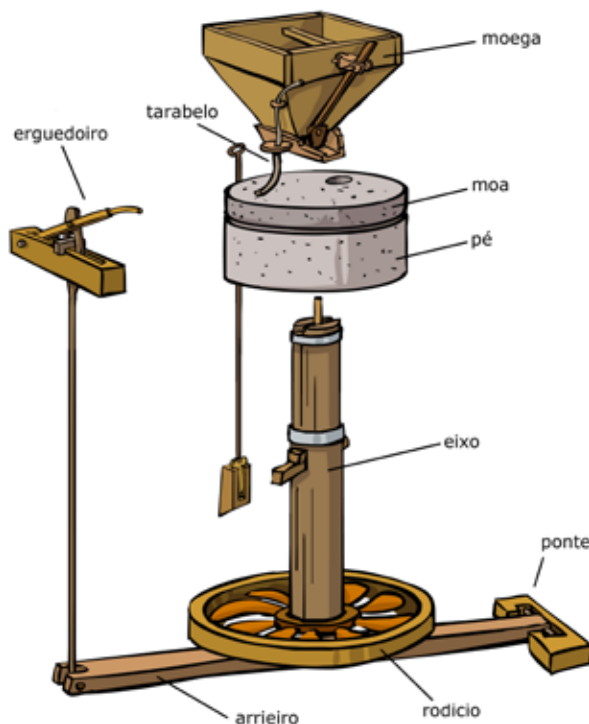
- Como cres que é posible que os humanos puidésemos competir cos grandes carnívoros polos grandes herbívoros?
- Se última glaciación durou menos de 10.000 anos, que cabería esperar despois de 10.000 anos de período interglaciar se os períodos son regulares?
- Se a temperatura despois da glaciación aumentou 5º C en 6.000 anos, por que nos preocupa que o IPCC prevea un aumento equivalente para finais de século? Que indica isto sobre a velocidade do aumento? Que pode suxerir en relación a que estea influír a nosa especie neste cambio por encima de procesos naturais cíclicos?
- Ao deixar de andar detrás dos animais para cazalos e pasar a unha vida sedentaria, cada humano necesitará máis superficie de planeta ou menos para obter a enerxía que necesita? Xustifica a resposta.
- A vida sedentaria, favorecería ou prexudicaría o aumento da poboación? Xustifica a resposta.

Esta primeira revolución enerxética tras a aparición da agricultura e da gandaría permitiu que un territorio puidese soportar máis poboación humana, pero á custa de ter que dedicarlle máis tempo a conseguir alimento. Estes cambios de actividade enerxética, ligados ás incipientes tecnoloxías agrícola e gandeiras, trouxeron consigo a necesidade da especialización, o que puxo en marcha os fenómenos de organización cultural, social e de consumo e os fluxos enerxéticos complexos que caracterizan desde entón as diferentes civilizacións, o que é coherente coa segunda lei. Esta sedentarización tiña vantaxes, pero á vez impedía o acceso aos recursos existentes noutros sitios, polo que se inicia o fenómeno social do comercio como primeira experiencia de abrir canles de distribución enerxética cara ás poboacións.

As primeiras sociedades agrícolas —anteriores ao invento da maquinaria capaz de aproveitar a enerxía puramente mecánica dos ciclos enerxéticos naturais (auga, vento)—, dispoñían unicamente dos animais e da man de obra humana como fonte de traballo. Esta crise afrontouse forzando a moitos ao traballo, polo que os escravos se consideraban mercancía que se conseguía fundamentalmente coa captura de prisioneiros nas guerras e que variaba en función da fortuna militar, acadando a súa máxima expresión en imperios como o romano.

Pero chegou un momento en que os exércitos de Roma tiñan que buscar os escravos moi lonxe, o que levou o imperio a verse abocado á crise enerxética, debida á carestía dos escravos. Como consecuencia desta crise, empezaron a gañar terreo e a desenvolverse invencións que permitían utilizar outras formas de enerxías que puidesen superar a forza humana e animal, e a enerxía hidráulica foi unha solución, xa que con dous muíños daquela época se obtiña o mesmo traballo que o que facían 100 escravos a moer. Esta é a primeira revolución enerxética baseada nas ferramentas de aproveitamento de enerxía non muscular (enerxía exosomática).

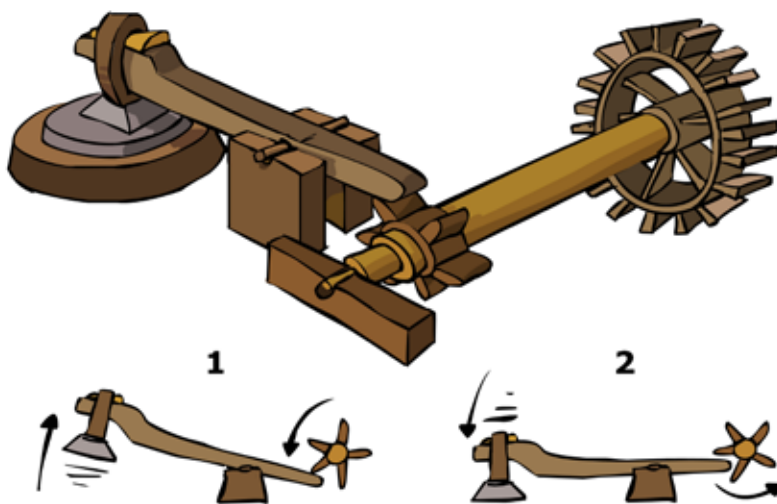




Mecanismo dun muíño de rodicio horizontal, os máis frecuentes en Galicia

- Explica como funciona un muíño coma o da figura e o traballo equivalente que debían facer 25 persoas para moer a mesma cantidade de gran.
- Failla unha entrevista a unha persoa que lembre como eran os muíños hidráulicos en Galicia e elabora unha redacción ilustrada co título "A importancia da moenda no medio rural".

A enerxía hidráulica permitiría a finais do século XI, mediante unha nova innovación tecnolóxica tamén baseada no roda hidráulica, a mellora da forxa do aceiro. Coa introdución da auga para golpear o aceiro no proceso de forxa, conseguíuse que o ferro non fose tan puro, xa que esta tecnoloxía facilitaba a mestura co C do carbón vexetal incandescente. Esta mellora no golpeo aproveitando a enerxía hidráulica era o que facilitaba a mestura do ferro incandescente co C das brasas do carbón vexetal, o que permitiu conseguir así aceiro máis resistente e lixeiro en cantidades moito máis importantes que nas forxas manuais, que funcionaban desde o paso do uso do bronce ao do aceiro uns 1.500 anos a. C.



Mecanismo da forxa hidráulica, semellante ao dos muíños de rodicio vertical



Muíño de rodicio vertical, pouco frecuente en Galicia e propio das forxas hidráulicas

- Desde o punto de vista enerxético, cal foi a vantaxe de pasar da Idade de Bronce á Idade de Ferro.
- Por que interesa que o ferro se mesture con C? Como se coñece esa mestura?

O feito de que as pezas de ferro fosen agora máis grandes, máis baratas e máis lixeiras favoreceu que ao longo do século XII se fosen desenvolvendo e estendendo arados cada vez máis potentes con reixas de ferro máis fortes e tirados por animais ferrados. Os novos arros e formas de xunxir os arados e apeiros, ademais dos avances na selección xenética dos animais de tiro domésticos, que redundaron na consecución de animais máis robustos e fortes, fixeron posible que estes animais ferrados desenvolvesen o seu traballo con maior eficacia e potencia.

Deste xeito, as ferrarías movidas por auga xeneralizáronse por Europa entre os séculos XI e XIII, dando lugar á primeira gran revolución enerxética derivada do uso humano de ferramentas, polo que algúns historiadores denominan a esta etapa Primeira Revolución Industrial. Esta revolución enerxética baseada en arados, ferraduras e ferrarías hidráulicas multiplicou a produción agrícola, o que desembocou nun importante aumento da poboación.

O crecemento da poboación deste século supuxo un grao importante de deforestación, debida á necesidade de conseguir terreos cultivables polos novos arados cada vez máis potentes, co fin de poder obter o alimento necesario tanto para a poboación humana en aumento como para manter o maior número de animais precisos para traballar o campo, e tamén para satisfacer as necesidades de leña e de carbón vexetal, debido ao gran consumo de carbón vexetal que se utilizaba para a obtención de aceiro nas siderurxias hidráulicas.



- Como se labraba antes do arado de ferro, sabes como lle chamamos a ese arado máis primitivo?
- Explica como se relaciona o arado de ferro cun aumento importante da poboación
- Se o arado de ferro permite obter alimento e, polo tanto, enerxía en zonas deforestadas, que problema enerxético puido supoñer esta deforestación?





As ferrarías hidráulicas acabarían xogando un papel destacado tamén na conquista de América para a produción de armas e armaduras, e polo tanto na deforestación para obter carbón vexetal. Ademais, a construción das grandes frota oceánicas da época, baseadas en buques de madeira, intensificou a deforestación. Na etapa previa á revolución técnica propiciada polos avances científicos dos séculos XVI e XVII, a enerxía animal, a obtida a partir da leña e a biomasa, a puramente mecánica que se aproveitaba das correntes de auga para mover turbinas rudimentarias, e a do vento para muíños e barcos de vela, eran practicamente todos os recursos enerxéticos dispoñibles.



Con este panorama enerxético, a deforestación tivo como consecuencia que a leña —recurso enerxético básico para obter carbón vexetal e cubrir as necesidades domésticas dos habitantes da época— escasease pola excesiva explotación. Nese contexto histórico, en Londres, para superar o frío, causa importante de mortalidade debida á esta crise enerxética, empezouse a recorrer ao carbón mineral, recurso coñecido pero infrautilizado ata entón.

A extracción destes combustibles fósiles propiciou un desenvolvemento de técnicas de extracción que culminaron co invento da máquina de vapor. Esta permitiu, primeiro de todo, sacalo do fondo das minas, cada vez máis fondas, e máis tarde distribuílo mediante o ferrocarril, dando lugar á articulación de industrias e novas cidades industriais ao longo das vías de distribución. A partir dunha siderurxia importante baseada na combustión, desenvolveuse unha importante industrialización.

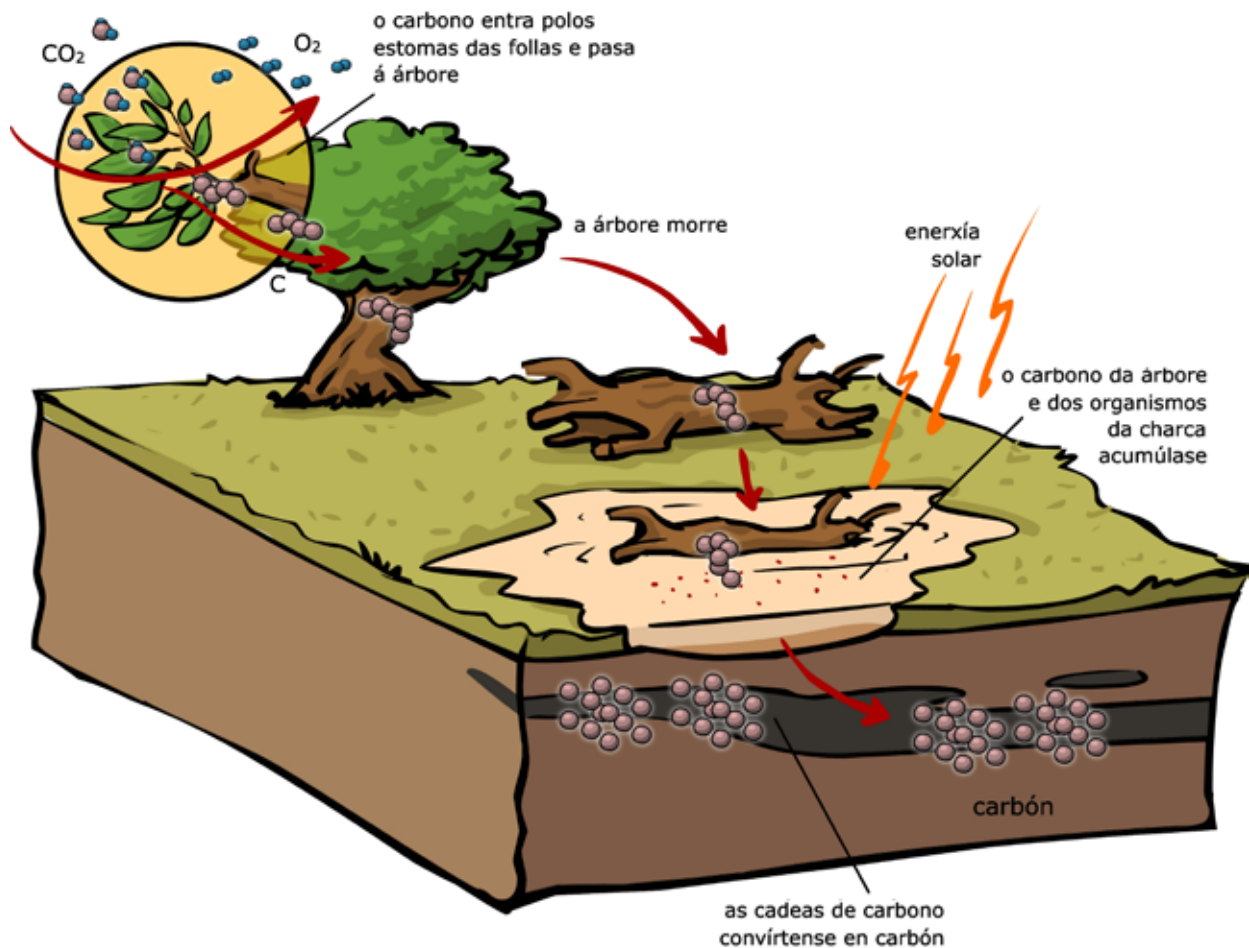


- Explica a crise que deu orixe á revolución industrial.
- Por que a esta revolución do carbón mineral algúns historiadores lle chaman tamén II Revolución Industrial? Compáraa coa I Revolución Industrial buscando semellanzas e diferenzas.

Da revolución industrial á desconexión do Sol

A chegada de carbón polas vías férreas a zonas industriais é o primeiro paso da complexidade enerxética que se abre con esta etapa, o que supón o distanciamento entre os lugares de orixe da obtención da enerxía e os núcleos de consumo, así coma a concentración da poboación consumidora.

Por malas que fosen as condicións de vida nas fábricas e cidades industriais, eran mellores que as que existían no campo, onde a falta de madeira, o esgotamento da terra e a superpoboación rural provocaban a fame. Por iso, moitos millóns de campesiños europeos víronse obrigados a abandonar a terra para concentrarse nas míseras zonas urbanas ao longo dos séculos XVIII e XIX. Este cambio tamén supuxo o abandono das enerxías renovables para explotar as non renovables, o que representou o paso dun mundo de ciclos estacionais a un mundo de cantidades e depósitos. Por primeira vez, a humanidade atopouse diante dun depósito xigantesco de enerxía acumulada a partir de cadeas de carbono ao longo de 3.000 millóns de anos, co que tiñamos a enerxía que nos permitía suplantar o Sol, ou o que era o mesmo, conectar ou desconectar o Sol á vontade porque dispoñiamos do Sol almacenado.



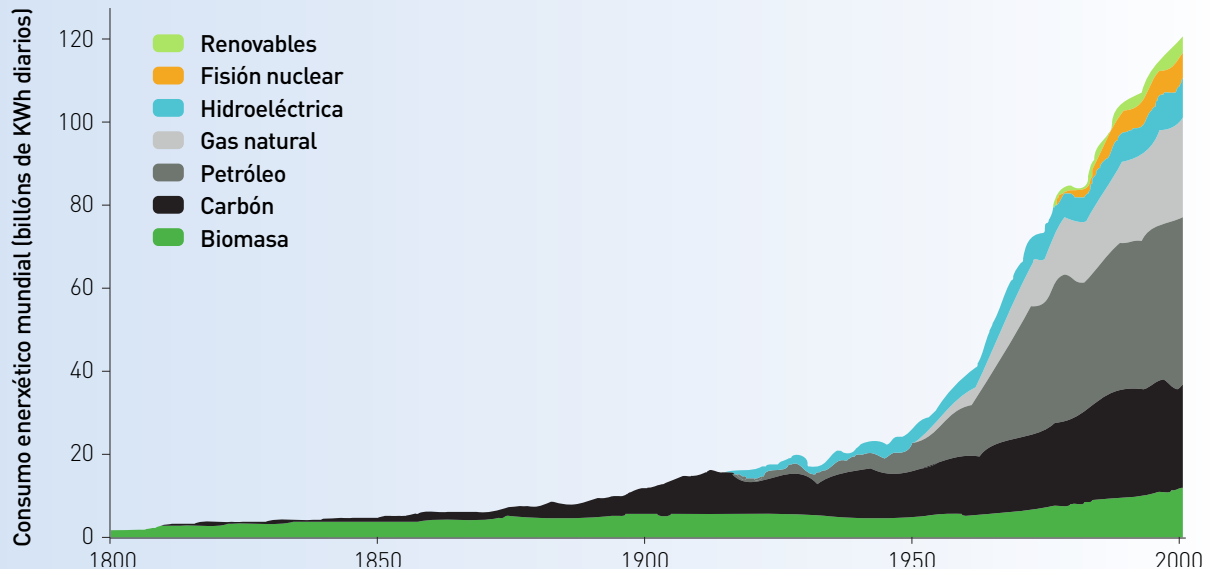


Entre 1831 e 1950 desenvolvéronse as técnicas para obter a dínamo hidráulica, o motor eléctrico e a lámpada, o que deu lugar á revolución enerxética da electricidade, que nos permitiu levar a enerxía a onde queriamos. Grazas á invención da dínamo podemos obter enerxía sen unha conexión directa co Sol, aínda que indirectamente si depende del, porque é necesario dispoñer de saltos de auga. Non obstante, contra 1900 descubriuse a turbina de vapor, o que permitiu obter electricidade a partir do combustible de fósiles nas centrais térmicas. Isto había supoñer un incremento moi grande das combustións para producir electricidade e un desenvolvemento de novos modelos industriais a partir do incremento da combustión de carbón.



Turbina hidráulica

Nesta época descubriuse tamén o motor de gasolina e o aeroplano, que habían revolucionar os nosos desprazamentos. A electricidade e a capacidade de desprazarnos que nos proporciona a enerxía densa e transportable contida na gasolina sería o xerme da nosa actual adición enerxética.



- Á vista da gráfica compara a evolución das fontes enerxéticas nestes catro períodos históricos: 1800, 1900, 1950 e 2000.
- Fai un informe no que expliques a evolución indicando que procesos tecnolóxicos influíron nesta evolución.
- Explica que se quere dicir con que o uso dos combustibles fósiles supuxo a desconexión do Sol.
- Como se formaron eses depósitos de enerxía durante 3.000 millóns de anos a partir da enerxía do Sol?
- Indica os usos enerxéticos aos que aplicamos a electricidade na nosa vida cotiá. Que tipo de desprazamentos facemos con combustibles derivados do petróleo? Como se chaman os lugares onde se obteñen eses combustibles derivados do petróleo? Como chegan ata nós?

As fontes de enerxía primaria poden ser atopadas ou almacenadas na natureza. Nestas inclúese o carbón, o petróleo, o gas natural, a biomasa, o Sol, o vento e a auga. Todas elas teñen que ver en última instancia coa enerxía do Sol e coa enerxía gravitatoria. Na natureza tamén hai enerxía procedente da formación do Universo que quedou almacenada no interior da Terra, como a enerxía nuclear e a xeotérmica.

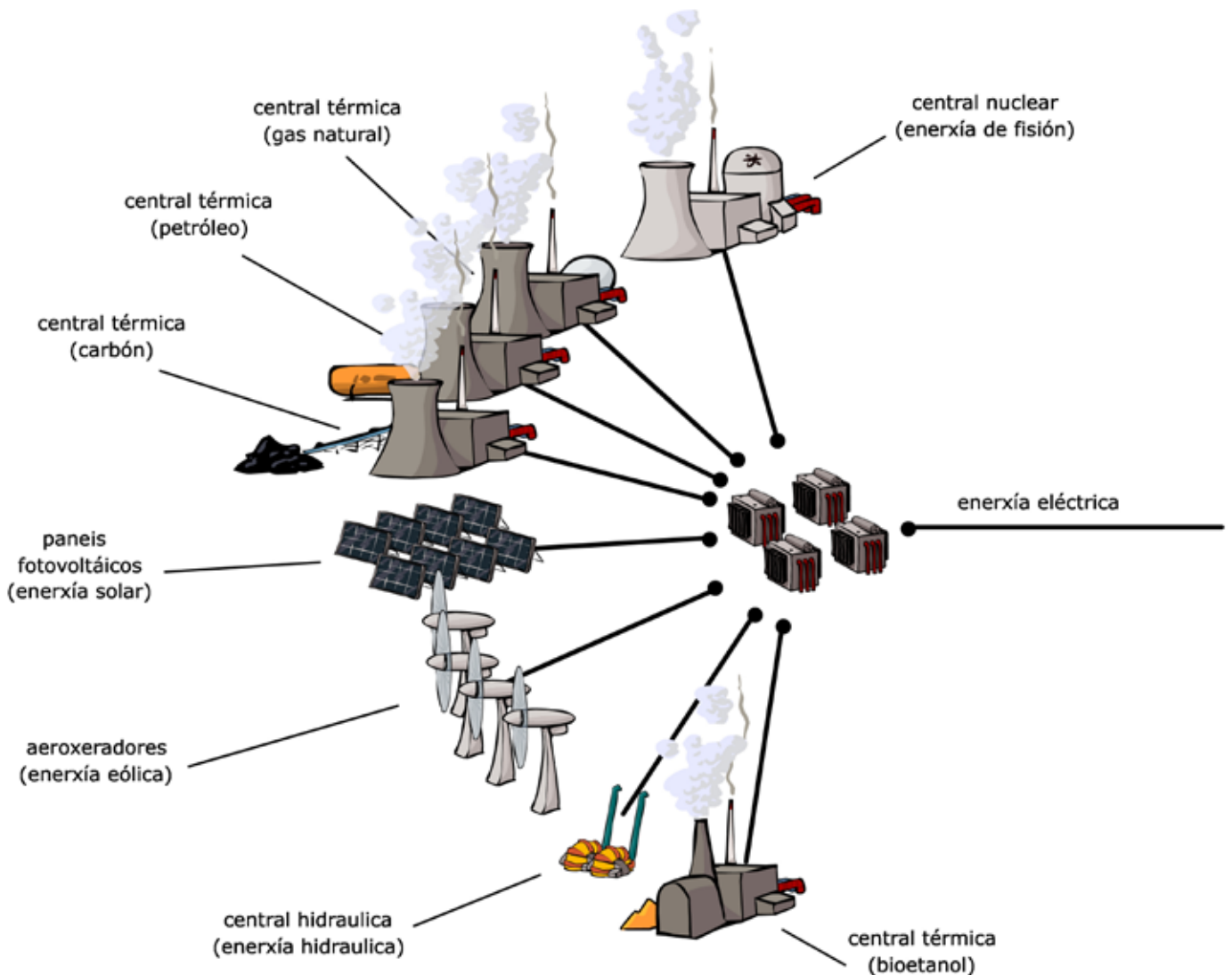
Ocorre moitas veces que a fonte enerxética está distante do centro de consumo, que ademais non sempre ten os aparatos e medios precisos para utilizar esa enerxía directamente. Para conectar os centros de xeración e consumo é para o que necesitamos os vectores enerxéticos. Por exemplo, entre a enerxía química do carbón almacenado nunha central térmica e a enerxía lumínica que precisa unha persoa para ler este libro, é necesario utilizar un vector intermedio que é a electricidade. A central térmica produce a electricidade, que transporta como vector enerxético a enerxía contida no carbón en forma de electricidade que, a súa vez, acciona unha luminaria que produce a enerxía lumínica requirida polo consumidor.





A electricidade é un importante vector enerxético para a enerxía que utilizamos na nosa vida cotiá. Este uso aparece na sociedade que nace coa revolución industrial, pero aparecen tamén outros importantes como a gasolina, o gasóleo e o gas natural. A diferenza das fontes enerxéticas primarias, os vectores non existen en estado natural e, polo tanto, hainos que producir empregando enerxía, e son medios para almacenar ou transportar enerxía. De entre todos estes exemplos, hai que facer unha observación especial acerca do gas natural, que pode ser un recurso enerxético (se se extrae dun xacemento na natureza) ou un vector (se se produce, por exemplo a partir do carbón). Daquela, os vectores conectan os centros de produción de enerxía cos centros de consumo, é dicir, non son fontes de enerxía. Son producidos a partir de fontes de enerxía primaria usando diferentes tecnoloxías.

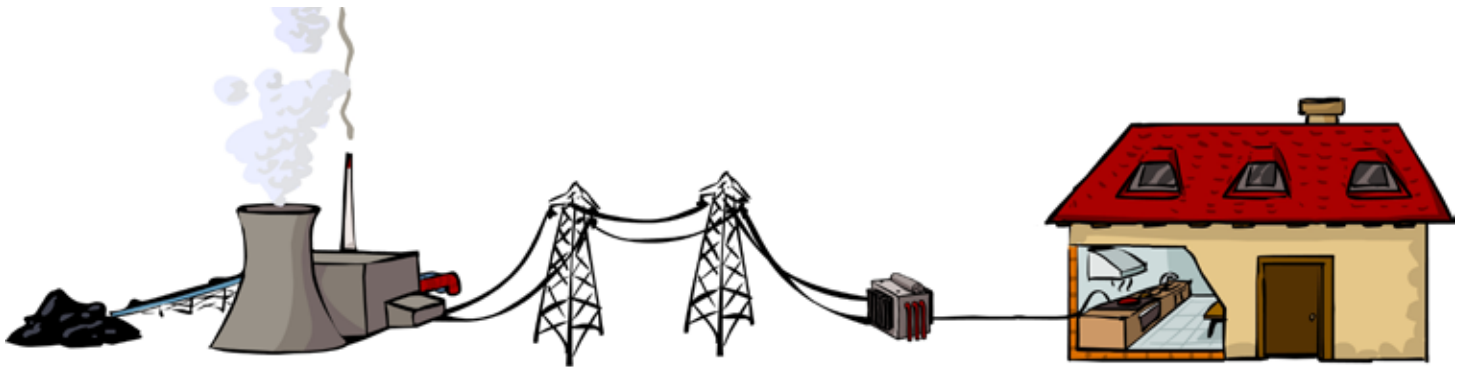
O vector electricidade pode estar producido por fontes diversas, como poden ser carbón, aerogeradores, saltos hidráulicos, placas fotovoltaicas ou etanol producido a partir dos cultivos de cereais. Neste último exemplo, o recurso (cereal) a partir do cal extraemos o vector enerxético (o etanol), denomínase materia prima. O feito de que na electricidade converxan as principais fontes enerxéticas (carbón, petróleo e gas natural mediante centrais térmicas; enerxía nuclear mediante centrais nucleares; a enerxía eólica mediante aerogeradores; a enerxía solar mediante paneis fotovoltaicos, a hidráulica...) convértea no principal vector enerxético, o que demostra a revolución enerxética que supuxo para a nosa forma de vida.



● Das formas de producir electricidade indica:

- As formas que se deben potenciar e as que se deben limitar para facer fronte ao cambio climático.
- Os hábitos e actitudes que podemos adoptar para diminuír as necesidades de electricidade.

De acordo coa segunda lei da termodinámica, toda conversión de enerxía e, polo tanto, a transformación da enerxía dunha fonte primaria nun vector intermedio supón sempre unha perda de enerxía útil en forma de calor (que tamén é unha forma de enerxía), que se disipa ao ambiente debido á segunda lei da termodinámica. Por conseguinte, cantos máis pasos intermedios existan en forma de conversión en vectores entre a extracción da enerxía contida nunha fonte e o seu consumo final en forma de traballo útil, máis enerxía se desperdiciará en forma de calor, que non produce ningún traballo útil, e máis diminuír á rendemento enerxético dunha fonte. Deste xeito, sempre será máis eficaz utilizar gas natural para queentar unha pota de auga que utilizar o gas para xerar electricidade nunha central térmica, levar a electricidade ata unha casa e alí accionar unha cociña cun forno eléctrico para queentar a auga da pota.

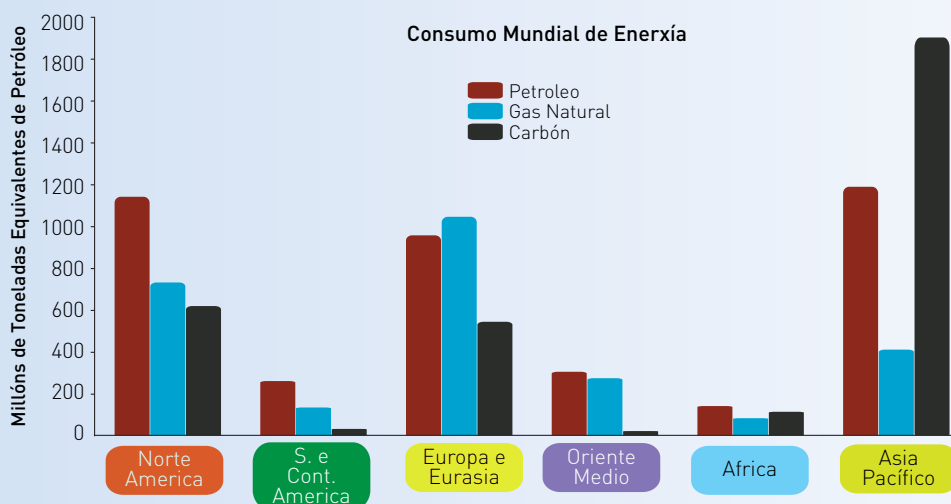


● Indica cal é a enerxía inicial, o vector e a enerxía final do esquema. Que observas? Paréceche lóxico? Ocorrésese unha opción mellor? Explícaa.

● Se tes á venda un queimador de gas de cociña que pon que ten unha eficiencia do 38% e un queimador eléctrico que pon que ten unha eficiencia do 73% ao mesmo prezo, cal escollerías por razóns ecolóxicas? Coincidirán coas económicas? Xustifícaa.

Os vectores electricidade e carburantes do petróleo permitíronnos mover e levar a enerxía que necesitamos a onde vivimos, e ao mesmo tempo permitíronnos vivir e movernos por onde queiramos. Tamén nos permitiron obter a enerxía na cantidade que se considerase oportuna, sen máis limitación que a económica, o que supuxo formas de vida baseadas no abuso do consumo enerxético. Pero a complexidade é elevada, e a eficiencia, debido ás transformacións que implica, é baixa, polo que o custo de levar esta forma de vida dependente do abuso enerxético non resulta igual de viable para todos. Por iso, os países máis ricos dotáronse de vectores con máis facilidade que os pobres.





- Cal é a información enerxética que proporciona a fotografía satélite?
- Como relacionas esta foto satélite, que recolle a luminosidade nocturna na Terra, co mapa deformado e coas gráficas?
- China e India non tiveron revolución industrial, que pode estar a pasar agora alí que preocupa ao mundo industrializado?
- Se todos os cidadáns do mundo nos poñemos en igualdade de consumo enerxético per capita, igualando os valores máximos actuais, cales poden ser as consecuencias?

Esta aposta polos recursos enerxéticos non renovables, xa que representan un depósito fixo finito, débese a que son fáciles de contar, e polo tanto susceptibles de seren sometidos a unhas medidas moi exactas. Deste xeito, as medidas precisas chegaron á enerxía. Como toda magnitude física, a enerxía ten unidades de medida, que no caso do SI vén sendo o joule (J), nome en homenaxe ao científico francés Joule, que viviu no século XIX e fixo grandes descubrimentos no eido da termodinámica. O joule equivale ao traballo realizado por un Newton durante un metro. Coincide exactamente co traballo que realizamos ao elevar un corpo de 100 gramos un metro de altura.

Dado que o traballo e a calor son ambas as dúas formas de enerxía, tamén existe unha unidade de medición enerxética definida a partir da calor, a caloría, aínda que a caloría non é unha unidade de medida do S.I. Unha caloría defínese como a cantidade de calor necesaria para elevar un grao centígrado a temperatura dun gramo de auga líquida. A equivalencia entre ambas as unidades enerxéticas é dunha caloría igual a 4,2 J, ou ben un J igual a 0,24 calorías.



A enerxía que recibe diariamente unha persoa adulta na súa dieta é de entre 8 a 11 millóns de J, (ou de 8 a 11 mega joules), ou o que é o mesmo, de 2 a 2,7 millóns de calorías (ou de 2 a 2,7 mega calorías). Os valores máis frecuentes que se dan nos manuais de fisioloxía están na marxe de 2.500 kcal ou 3.000 kcal por persoa e día.

A desproporción das necesidades enerxéticas que temos na sociedade actual supón que moitas veces aparecen outras unidades para medir a enerxía coma o quilowatt-hora (kWh), as TEP ou toneladas equivalentes de petróleo. O kWh pódese entender como o traballo desenvolvido por unha máquina ou un sistema de un kW de potencia, traballando durante unha hora. Vén sendo equivalente ao traballo desenvolvido por unha persoa adulta durante nove horas de traballo, ou á enerxía eléctrica consumida por unha lámpada de 100 W de potencia, prendida durante 10 horas; ou á enerxía empregada por un coche tipo turismo durante un minuto circulando á gran velocidade.



100w. 10h.

Ata o de agora falamos de medir a enerxía, e así o joule vén sendo o traballo realizado ao levantar 100 gramos ata un metro de altura. Pero ese traballo pódese facer moi rapidamente, por exemplo nun segundo, ou máis lentamente, por exemplo nun minuto. En ambos os casos a enerxía empregada, ou o que é o mesmo, o traballo realizado, sería o mesmo, pero cambia a potencia con que fixemos o traballo de levantamento.

1seg.



A potencia, pois, é a magnitude que nos di canto traballo se fai nun intervalo de tempo determinado. A súa unidade de medida no SI é o watt (W), nome en homenaxe a outro gran científico e técnico do século XIX, como foi James Watt, inventor da máquina de vapor. O watt é o traballo realizado por un joule durante un segundo. É dicir, volvendo ao exemplo anterior, se levantamos un corpo de 100 g un metro, nun segundo, estaremos empregando unha potencia dun watt. Os múltiplos do W son o quilowatt ou kW, equivalente a 1.000 W, e o megawatt ou MW, equivalente a 1.000.000 W, ou o que é o mesmo, 1.000 kW. Outro múltiplo aínda maior é o gigawatt, que equivale a 1 000 MW.

Existe outra unidade de potencia moi habitual na vida cotiá, o cabalo de vapor, CV ou HP, equivalente a 0,736 kW. Por exemplo, un coche tipo turismo familiar pode ter de 50 a 150 CV de potencia. Inicialmente, Watt escolleu esta unidade por coincidir coa potencia con que os cabalos da época realizaban o labor de accionar bombas de auga xunguidos a unha nora. Así que a potencia que ten un cabalo real para realizar un traballo é precisamente 1 CV, ou se se prefire en unidades do SI, 0,736 kW.



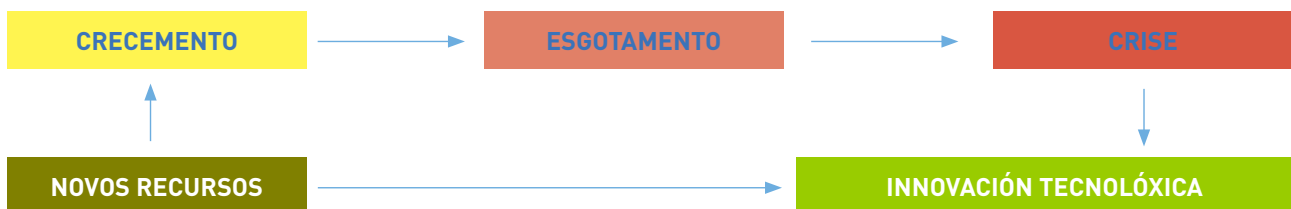


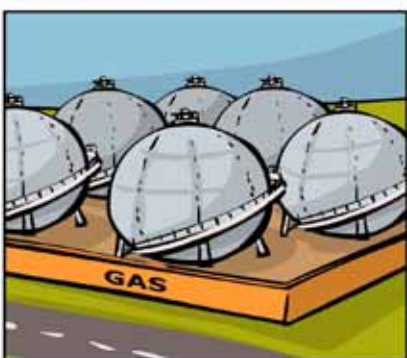
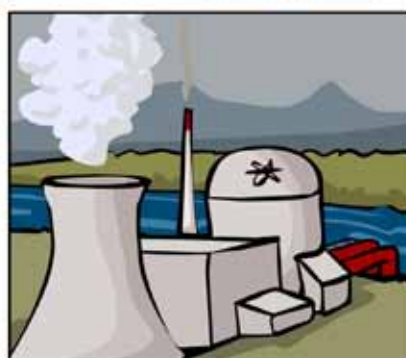
- Calcula a enerxía que consome unha luminaria de 100 W de potencia durante un día completo que queda prendida por erro.
- Busca nos recibos da luz dos 12 meses do ano os de maior consumo e menor. Fai unha representación gráfica cos datos e busca explicación para xustificar os máximos e os mínimos.
- Á vista dos datos da potencia, indica canto máis ou menos potente é o coche da túa familia cos elementos indicados na táboa. Ordénaos por consumo e xustifica a decisión.

Exemplos de potencia		
Persoa traballando	75	W
Luminaria	100	W
Cabalo	0,736	kW
Automóbil utilitario diésel	130	Cv
Locomotora eléctrica AVE	4,5	MW
Boeing 747	45	MW
Porta avións nuclear	145	MW

Aceleración da evolución dos ciclos enerxéticos cara ao cambio climático

O exposto neste capítulo pon de manifesto que o esgotamento dos recursos enerxéticos é o motor da historia da humanidade. Sendo así, na historia poden identificarse diferentes ciclos, cada un asociado a unha certa composición de recursos enerxéticos. Cando eses recursos se esgotan, ábrese novos ciclos. Cada un deles iníciase cun período de abundancia dos recursos que permite a estabilidade da sociedade e o seu crecemento. Este aumento da poboación supón un aumento de presión sobre os recursos, diminuíndo o abastecemento. Para facer fronte á escaseza, desenvólvense melloras tecnolóxicas para o manexo dos recursos, que incrementan a eficiencia enerxética. Aínda así, as dificultades de abastecemento chegan a ser tan grandes que sobrevén a crise enerxética. A crise trae consigo un período de penuria durante o cal se experimentan novas tecnoloxías na procura de maior dispoñibilidade enerxética. A obtención de novas tecnoloxías restaura a dispoñibilidade enerxética a través da explotación dun novo recurso, abrindo así un novo ciclo.





A revolución industrial acelerou as solucións tecnolóxicas. Cada nova tecnoloxía que introducimos, facémola porque a anterior entrou en crise. Esta nova tecnoloxía vai resultar máis complexa e supoñer menos eficiencia enerxética á custa de conseguir unha maior densidade enerxética e capacidade de desorde. Cada vez é máis difícil manter a orde e máis custoso xerala.

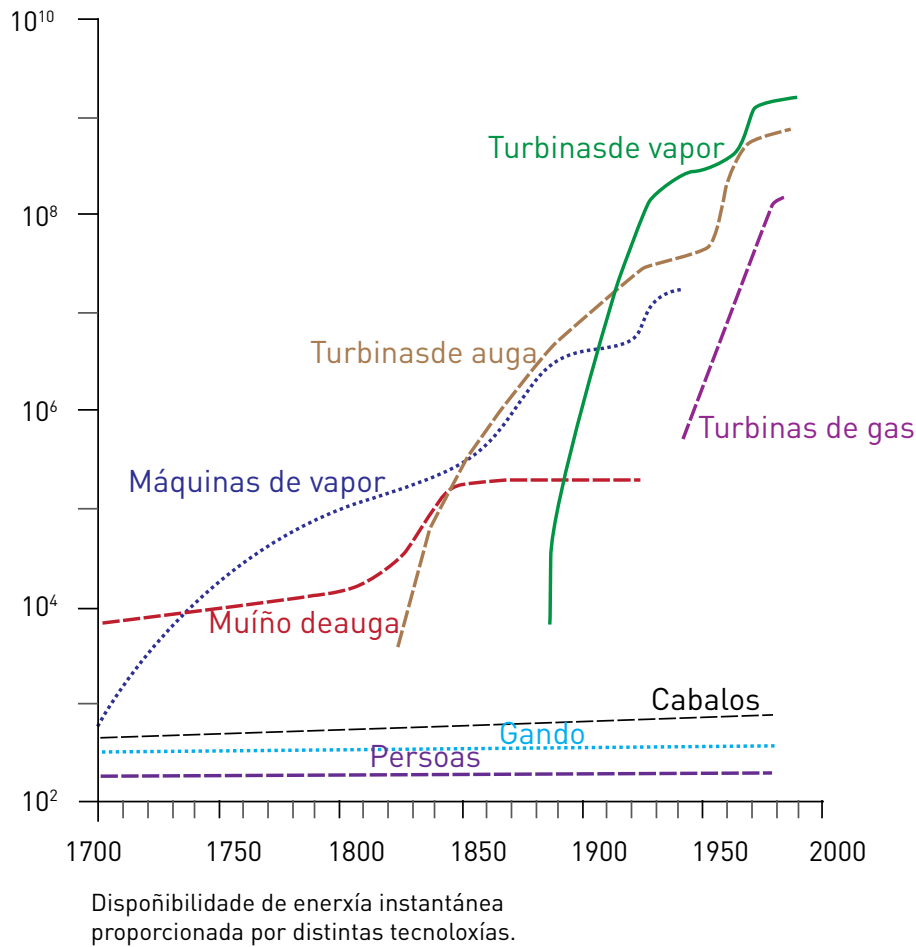
- Identifica o número de cada ilustración co ciclo enerxético que recolle e o período histórico no que se desenvolve.
- Completa a columna correspondente aos impactos ambientais na táboa.
- Fíxate nos datos da táboa e ordena os ciclos pola súa duración, que observas?

Anos atrás	Innovación tecnolóxica	Impacto ambiental
10.000	Fogo prendido	
6.000	Agricultura e gandaría	
2.000	Muíño de auga	
1.000	Ferraría hidráulica	
500	Navegación ultramarina	
200	Carbón de coque	
130	Destilación do petróleo	
50	Fisión controlada	
25	Gasoductos transcontinentais	





POTENCIA MÁXIMA (W)



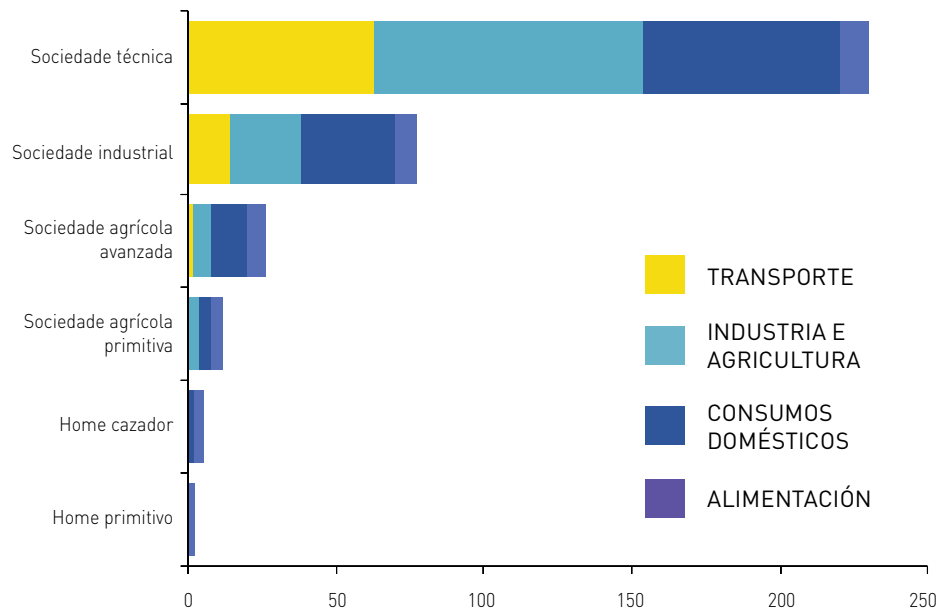
● Á vista da gráfica contesta:

- Clasifica a evolución das tecnoloxías por orde cronolóxica de aparición.
- Fai unha listaxe ordenada das fontes enerxéticas segundo a súa potencia.
- Que relación atopas entre a evolución das tecnoloxías e da potencia?
- Como será a evolución destas tecnoloxías en relación á complexidade e á eficiencia?

A tendencia da evolución tecnolóxica é a aumentar a complexidade e a potencia e a diminuír a eficiencia. Polo tanto, o aumento do consumo enerxético acelerouse desde a revolución industrial, crescendo de xeito exponencial ata hoxe. Como sempre ao longo da historia, o aumento da dispoñibilidade enerxética levou consigo un aumento da poboación tamén exponencial.

Esta sociedade tecnolóxica enraizada na revolución industrial estamos levando a esgotar ese depósito xigantesco de enerxía solar acumulado ao longo de 3 000 millóns de anos e a pagar as consecuencias en canto á desorde e á contaminación ambiental, o que nos sitúa diante de retos tan importantes como o cambio climático. Pero desde o punto de vista ético a situación aínda é máis preocupante, xa que un 25% da poboación mundial somos moito máis responsables desta situación, pois os países industrializados somos aproximadamente ¼ da poboación mundial, pero consumimos un 75% dos recursos enerxéticos.

EVOLUCIÓN DO CONSUMO ENERXÉTICO INDIVIDUAL



- Á vista da gráfica, explica como evolucionou o noso consumo enerxético individual.
- En que estamos a distanciarnos dun cidadán da revolución industrial? Onde están as causas desa evolución? Como contribúe esta mudanza no comportamento enerxético ao cambio climático?
- Responde as mesmas cuestións comparando o consumo enerxético dun cidadán da sociedade da etapa da revolución industrial cun da sociedade da aparición do arado de ferro.
- Todos os cidadáns do mundo faremos o mesmo consumo? Xustifica as respostas.
- Anota propostas individuais para facer fronte ao cambio climático.

Os datos de crecemento de poboación, de consumo de enerxía por individuo, a enorme dependencia enerxética do petróleo, un recurso non renovable moi explotado, e a constatación da influencia humana no quecemento global fannos visualizar un escenario de crise enerxética.

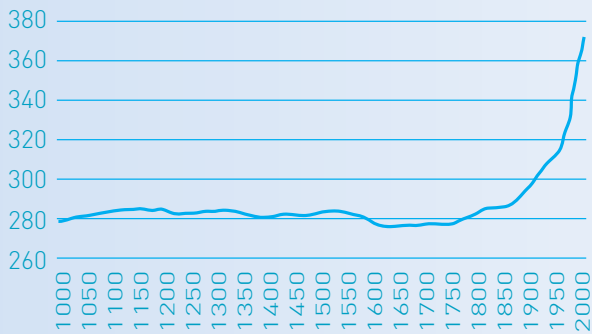
A situación de crise económica pode favorecer que se esqueza a preocupación que nos produce esta situación, pois na nosa sociedade industrial actual o crecemento de consumo enerxético e o correspondente aumento de emisións de CO₂ preséntanse como males menores derivados do necesario crecemento económico, que en situacións de crise económica pasa a ser prioritario. Ademais, nas sociedades tecnolóxicas actuais, tanto o crecemento do consumo enerxético como o das emisións de CO₂ superan ao da economía, polo que é evidente que pretender saír da crise económica dentro da economía correspondente ao actual ciclo enerxético non é compatible coa necesaria mitigación do cambio climático.

Non podemos esquecer que as crises indican a fin dun ciclo enerxético, polo que hai que investigar para saír da dependencia dos combustibles fósiles e propoñernos reducir a nosa dependencia dun consumo enerxético tan elevado. Tamén deberíamos empezar a pensar en que é posible que a solución á crise industrial na que estamos inmersos non sexa tecnolóxica, e así buscar a tempo outras saídas. Sen dúbida, esas saídas deberán ter unha base ambiental, porque canto máis queiramos estender a técnica á sociedade, de acordo coa segunda lei da termodinámica, máis a desordenaremos e fragmentaremos.

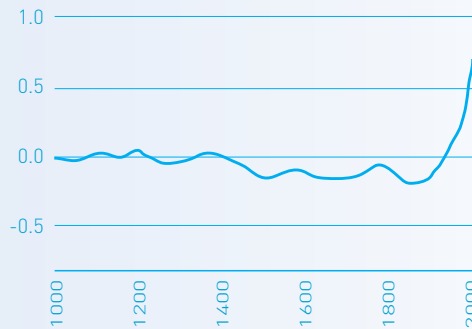




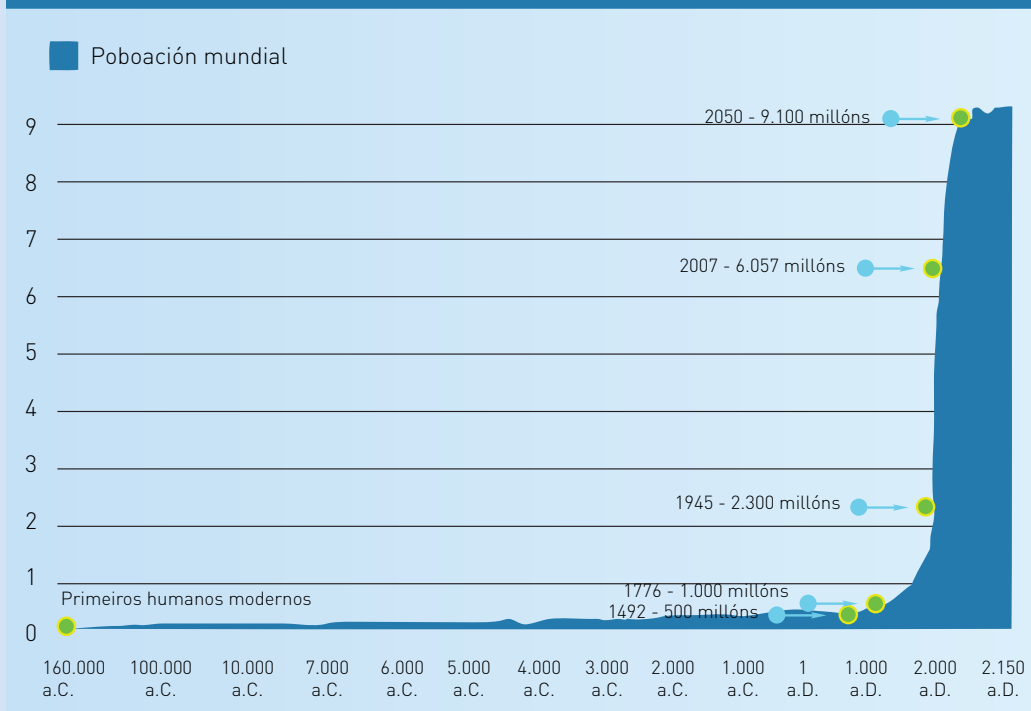
Concentración de CO₂



Temperatura (Hemisferio Norte)



Crecemento demográfico o longo da historia



Completa a conclusión poñendo no recadro "aumenta" ou "diminúe": Cada nova revolución tecnolóxica para obter enerxía e eficiencia enerxética , a complexidade , a potencia e o desorde ambiental .

● Á vista das gráficas:

- Que cambio enerxético importante se produciu? Xustifica como se manifesta.
- Que relación ten ese cambio coa poboación? Supoñería entón o cambio un aumento ou diminución da densidade enerxética?
- Como se pode relacionar o cambio de temperatura coas outras dúas gráficas?

● Modifica os esquemas de fluxos ecolóxicos do *Homo sapiens* tecnolóxico en relación aos dos nómades que obtiñan o 80% da enerxía da caza e o 20% da recolección.

● Que opinas de que o 75 % da poboación non industrializada adopte o noso modelo? Ten iso algo que ver coa preocupación que sentimos pola situación enerxética de India e China?

● Cales son as consecuencias do cambio climático e que países as sofren máis? Son os máis responsables? Expresa a túa opinión.

● Responde co estudado neste apartado ás cuestións iniciais: "RESPONDE CO QUE SABES AGORA".