

# L'ENERGIA

## LA ENERGÍA

### ENERGY

# L'entrada d'energia a la Terra

## La entrada de energía en la Tierra

### How energy enters the Earth system

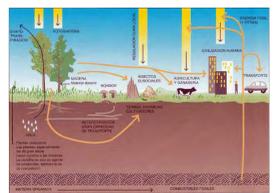


“Es evident que s'ha de corregir l'esquema elemental que surt en llibres de text escolars amb un sol que envia els seus raigs de llum sobre els organismes. S'ha de complementar el dibuix posant una fletxa a un costat per correspondre a l'altra energia, la que mou la màquina tèrmica d'abast mundial, la que posa en marxa el cicle de l'aigua, i la que fa circular l'aigua: l'energia auxiliar o exosomàtica”

— Margalaf (1995), La ecología, entre la vida real y la física teórica, Investigación y Ciencia, 225

“Es evidente que se debe corregir el esquema elemental que aparece en los libros de texto escolares y que muestra un sol que envía los rayos de luz sobre los organismos. Este dibujo tiene que completarse con una flecha a un lado, correspondiente a la otra energía, la que mueve la máquina térmica de alcance mundial, que pone en marcha el ciclo del agua y que hace que el agua circule: la energía auxiliar o exosomática”

“Clearly, we need to correct the basic diagram found in school textbooks with a sun that sends its rays of light over organisms. We should add to the drawing by putting an arrow at the side that corresponds to the other energy: the energy that moves the thermal machine globally, that which activates the water cycle and that which makes water circulate, that is, auxiliary or exosomatic energy”



Entrades d'energia en els ecosistemes / Entrada de energía en los ecosistemas / Energy inputs in ecosystems. Font / Fuente / Source: Margalaf (1995), La ecología entre la vida real y la física teórica, Investigación y Ciencia, 225

### ENERGIA A LA TERRA

L'energia total emesa pel Sol és enorme i la Terra n'intercepta contínuament uns  $175 \times 10^{15}$  watts o 175000 TW (terawatts). Repartida sobre la superfície de la Terra, l'energia que li arriba és d'uns 340 watts/m<sup>2</sup>.

ENERGÍA EN LA TIERRA  
La energía total emitida por el Sol es enorme y la Tierra intercepta continuamente unos  $175 \times 10^{15}$  vatios o 175,000 TW (terawatts). Repartida sobre la superficie de la Tierra, la energía que llega es de unos 340 vatios/m<sup>2</sup>.

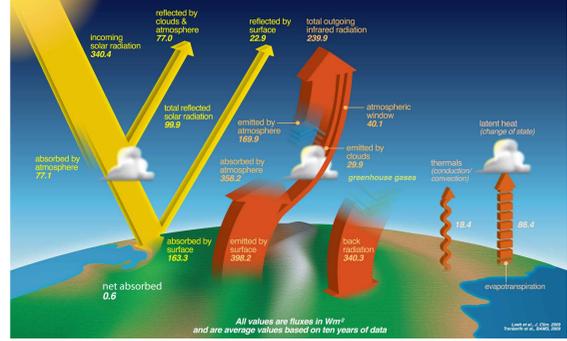
ENERGY TO THE EARTH  
The total amount of energy emitted by the sun is immense and the Earth continuously intercepts around  $175 \times 10^{15}$  watts or 175,000 TW (terawatts). Distributed over the Earth's surface, the energy that reaches it is around 340 watts/m<sup>2</sup>.

### BALANÇ ENERGÈTIC

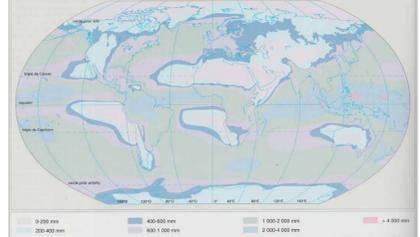
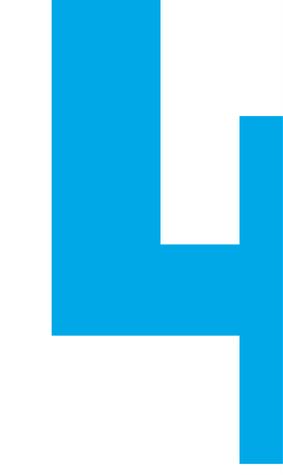
L'esquema del balanç energètic del nostre planeta mostra les quantitats d'energia en watts/m<sup>2</sup> que entren i surten del sistema Terra. En ell es representa els dos tipus de radiació (llum: en groc, calor: en taronja) detectades pel satèl·lit Ceres, així com els processos de transferència de calor de la superfície terrestre: conducció, convecció i evaporació. Globalment, es produeix un equilibri en l'atmosfera superior: la quantitat d'energia que entra (del Sol) és la mateixa que la que surt (per reflexió de la llum i per l'emissió de radiació infraroja de la Terra). Per això diem que la Terra es troba en equilibri tèrmic. Els valors s'han de prendre com a globals i segons la mitjana al llarg de l'any, ja que la inclinació de l'eix de la Terra i el fet de ser una esfera modifiquen les quantitats d'energia que arriben a cada lloc. D'aquesta energia que arriba a la superfície, una petítissima part es fixa en forma de vegetals i animals gràcies a la fotosíntesi. Actualment, l'home n'aprofita uns 0,5 TW en instal·lacions d'energia fotovoltaica. Es calcula que les possibilitats teòriques són d'uns 10.000 TW d'energia.

BALANCE ENERGÉTICO  
El esquema del balance energético de nuestro planeta muestra las cantidades de energía en vatios/m<sup>2</sup> que entran y salen del sistema Tierra. En él se representan los dos tipos de radiación (luz en amarillo, calor en naranja) detectados por el satélite CERES, así como los procesos de transferencia de calor de la superficie terrestre: conducción, convección y evaporación. Globalmente, se produce un equilibrio en la atmósfera superior: la cantidad de energía que entra (del Sol) es la misma que la que sale (por reflexión de la luz y por la emisión de radiación infrarroja de la Tierra). Por eso, decimos que la Tierra se encuentra en equilibrio térmico. Se trata de valores globales y promediados a lo largo del año, puesto que la inclinación del eje de la Tierra y el hecho de que sea una esfera modifican las cantidades de energía que llegan a cada lugar. De la energía que llega a la superficie, una pequesísima parte queda fijada en vegetales y animales a través de la fotosíntesis. Actualmente, el hombre aprovecha unos 0.5 TW con instalaciones de energía fotovoltaica. Se calcula que las posibilidades teóricas son de unos 10,000 TW de energía.

ENERGY BALANCE  
The diagram of our planet's energy balance shows the amounts of energy in watts/m<sup>2</sup> that enter and leave the Earth system. Two types of radiation are represented (light in yellow, heat in orange) that are detected by the CERES satellite, as well as the processes of heat transfer on the Earth's surface, which are conduction, convection and evaporation. Globally, there is an equilibrium in the upper atmosphere: the amount of energy that enters (from the Sun) is the same amount as that which leaves (by reflection of the light and emission of infrared radiation from the Earth). That is why we say that the Earth is in thermal equilibrium. Values should be taken as global averages for the year, as the tilt of the Earth's axis and the fact that it is a sphere alter the amount of energy that reaches each place. A tiny part of the energy that reaches the surface is fixed in plants and animals by photosynthesis. Currently, humans use around 0.5 TW in photovoltaic installations. It is calculated that the theoretical possibilities are around 10,000 TW of energy.



Balanç energètic de la Terra, segons dades del satèl·lit CERES / Balance energético de la Tierra, según datos del satélite CERES / Earth's energy balance, according to data from the CERES satellite. Font / Fuente / Source: National Aeronautics and Space Administration



Distribució de les precipitacions al món / Distribución de las precipitaciones en el mundo / Global distribution of precipitation. Font / Fuente / Source: Blöcher (1993), vol. 1. Planeta Niu, Enciclopedia Catalana, Barcelona, p. 336

### MÀQUINA DE FER PLOURE

Més de la quarta part de l'energia solar que arriba a la Terra s'inverteix per moure el cicle de l'aigua, escalfant, evaporant i precipitant l'aigua, com una màquina de vapor. L'evaporació de l'aigua absorbeix calor. El vapor d'aigua viatja pel vent i cedeix de nou la calor al condensar-se i precipitar-se sobre la superfície en forma de pluja o neu. Les pluges s'associen sempre a depressions o centres de baixa pressió.

MÁQUINA DE LA LLUUVIA  
Más de la cuarta parte de la energía solar que llega a la Tierra se invierte en mantener en movimiento el ciclo del agua, calentando, evaporando y precipitando el agua, como si fuera una máquina de vapor. La evaporación del agua absorbe calor. El vapor de agua viaja con el viento y cede de nuevo el calor al condensarse y precipitarse sobre la superficie en forma de lluvia o nieve. Las lluvias se asocian siempre a depresiones o centros de baja presión.

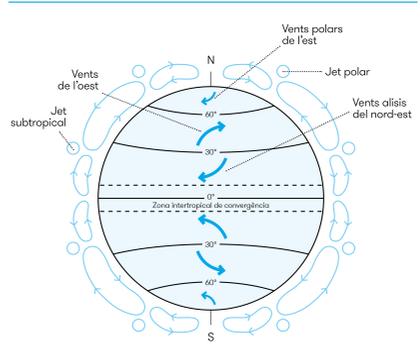
RAIN-MAKING MACHINE  
Over a quarter of the solar energy that reaches the Earth is invested in moving the water cycle, heating, evaporating and precipitating water, like a steam engine. The evaporation of water absorbs heat. Water vapour is moved by the wind and releases the heat when it condenses and falls on the Earth's surface in the form of rain or snow. Rains are always associated with depressions or low-pressure areas.

### MÀQUINA DE FER VENT

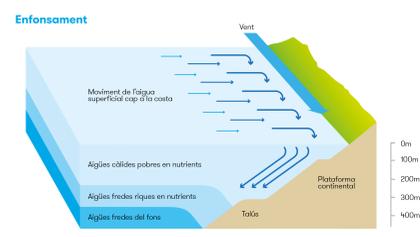
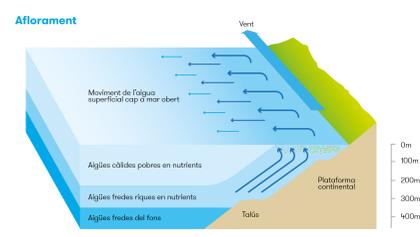
Els vents transporten la calor des de les zones més càlides a les zones més fredes. A causa de la formació d'altres i baixes pressions pels moviments descendents i ascendants de l'aire i la rotació terrestre, es formen vents més o menys dominants en direcció i intensitat. Actualment, es capten amb aerogeneradors uns 0,6 TW d'energia eòlica. Es calcula que podria conrear-se en forma d'energia dels vents l'equivalent a l'1 % de l'energia solar: 1.000 TW.

MÁQUINA DEL VIENTO  
Los vientos transportan el calor de las zonas más cálidas a las zonas más frías. Los movimientos descendentes y ascendentes del aire y la rotación terrestre forman altas y bajas presiones, que a su vez forman vientos más o menos dominantes en dirección e intensidad. Actualmente se captan unos 0,6 TW de energía eólica con aerogeneradores. Se calcula que la energía de los vientos podría cultivarse hasta alcanzar el equivalente al 1% de la energía solar: 1000 TW.

WIND-MAKING MACHINE  
Winds transport heat from the hottest to the coldest zones. The formation of high- and low- pressure areas caused by the rise or fall of air and the Earth's rotation leads to the formation of prevailing winds that vary in direction and intensity. Currently, around 0.6 TW of wind energy is captured by wind generators. It is calculated that we could harvest wind energy equivalent to 1% of solar energy: 1,000 TW.



Efecte dels corrents a llarg d'una costa sobre el moviment vertical de l'aigua, en l'hemisferi sud. En el nord, l'efecte seria a l'inversa / Efecto de las corrientes a lo largo de una costa sobre el movimiento vertical del agua, en el hemisferio sur. En el norte, el efecto sería el opuesto / Effect of along shore currents on the vertical movement of water in the southern hemisphere. In the northern hemisphere, the effect would be opposite. Font / Fuente / Source: José Carlos, Dossier del mar a l'aire.

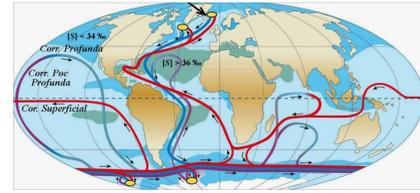


### MÀQUINA DE FER MOURE L'AIGUA

L'aigua dels oceans també es mou. L'acció dels vents dominants, la rotació terrestre i diferències de densitat són el motor d'una circulació oceànica local i global. L'energia responsable d'aquest moviment s'ha de tenir molt en compte a una escala mitjana perquè manté oxigenat els fons oceànics i és la responsable de fer ascendir els nutrients (compostos de fòsfor i nitrogen) des de capes fondes, posant-los a disposició de les algues.

MÁQUINA DE MOVER EL AGUA  
El agua de los océanos también se mueve. La acción de los vientos dominantes, la rotación terrestre y las diferencias de densidad son el motor de la circulación oceánica, local y global. La energía responsable de ese movimiento debe tenerse muy en cuenta a media escala porque mantiene oxigenados los fondos oceánicos y es también responsable de que asciendan los nutrientes (compuestos de fósforo y nitrógeno) de las capas profundas y queden a disposición de las algas.

WATER-MOVING MACHINE  
The water in the oceans also moves. The action of the prevailing winds, the Earth's rotation and differences in density are what drives local and global ocean circulation. The energy responsible for this movement should be considered carefully on a medium scale because it keeps the ocean floor oxygenated and makes nutrients ascend (phosphorus and nitrogen compounds) from the deep layer so that they are available to algae.



# 4 L'ENERGIA

## LA ENERGÍA

### ENERGY

# Entrada d'energia a la biosfera

## Entrada de energía en la biosfera

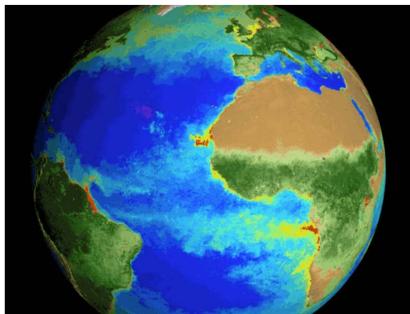
## Entry of energy into the biosphere

### LA DIMENSIÓ DE LA BIOSFERA

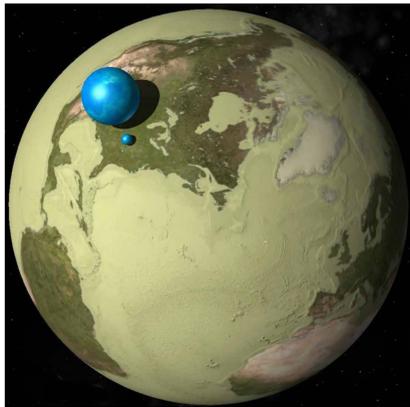
Si considerem la biosfera com una capa formada per plantes i animals d'un gruix, en els continents, d'1 a 60 metres, no deixa de ser una finíssima pell, com un borrioll més o menys poblat, sobre la Terra. Aquest tel de vida equival a la milionèsima part del radi de la Terra (6,37x10<sup>6</sup> metres). La biosfera en les aigües es troba difusa, concentrada especialment en la seva superfície il·luminada. La hidrosfera que forma els oceans representa menys d'1/10 del diàmetre de la geosfera, i la hidrosfera d'aigües dolces representa només el 3 % dels oceans.

LA DIMENSIÓN DE LA BIOSFERA  
Si consideramos la biosfera como una capa formada por plantas y animales de un espesor de 1 a 60 m en los continentes, then it is no more than a very fine skin like a more or less populated down covering the Earth. This thin fabric of life is equivalent to a millionth part of the radius of the earth (6.37x10<sup>6</sup> m). The biosphere in waters is diffuse and concentrated particularly on the illuminated surface. The hydrosphere formed by oceans represents less than 1/10 the diameter of the geosphere, and the hydrosphere of freshwater represents only 3% of that of the oceans.

THE SIZE OF THE BIOSPHERE  
If we consider the biosphere as a layer formed of plants and animals at a thickness of 1 to 60 m on the continents, then it is no more than a very fine skin like a more or less populated down covering the Earth. This thin fabric of life is equivalent to a millionth part of the radius of the earth (6.37x10<sup>6</sup> m). The biosphere in waters is diffuse and concentrated particularly on the illuminated surface. The hydrosphere formed by oceans represents less than 1/10 the diameter of the geosphere, and the hydrosphere of freshwater represents only 3% of that of the oceans.



La nostra Biosfera / Nuestra Biosfera / Our Biosphere  
Font / Fuente / Source: National Aeronautics and Space Administration



Representació en esfera dels volums d'aigua total i d'aigua respecte al globus terraqüi / Representación en esfera de los volúmenes de agua total y de agua respecto al globo terraqüi / Spheres representation of all water and of freshwater with respect to the terrestrial globe  
Font / Fuente / Source: Howard Bergman (1992), Jack Cook (Woods Hole Oceanographic Institution), Adam Nicolson. Data source: Igo Wikicommons. www.gps.water.usgs.gov/edu/earthhowmuch.html



Plàncton / Plankton / Plankton  
Font / Fuente / Source: A. Sengupta, G. Gunkel, F. Cianna, W. Boyler

**VIDA**  
Brolla del llunyat nucli de plasma que banja la Terra i regira aigua i aire. Ací i allà, en topat amb l'esfera, escriu la vida en lletra menuda. Sobre pols i aigua, s'hi entreté a inventar petits rínxols, ínfimes turbulències. Accidentalment dilacions de l'energia feta matèria, de la matèria feta consciència i de seguit desfeta, deixant fugisseres empremtes cap el futur, memòries potser més reals que els éssers.

— Font / Fuente / Source: Terradas (1994), Vida, Reduccions, 62-63

#### VIDA

Brolla del llunyat nucli de plasma un amansat flujó que banya la Terra i remou aigua i aire. Aquí i allà, al topat amb la esfera, escriu la vida en lletra menuda. Sobre pols i aigua, s'hi entreté inventant petits rínxols, ínfimes turbulències, accidentalment dilacions de la energia feta matèria, de la matèria feta consciència i de seguit desfeta, deixant fugisseres empremtes cap el futur, memòries potser més reals que els éssers.

**LIFE**  
Far away, in the plasma nucleus, a tamed flow sprouts, coming to bath the Earth and set to swirling afloat in air and water. Here and there, when it hits the sphere, it writes the life in small print, playing to invent little curls, tiny ripples, accidental dilations of energy made matter, of matter made awareness and very fast unfurling, leaving just skulks and hints towards the future, memories perhaps more real than beings.



### MINIATURITZACIÓ DE LA BIOSFERA

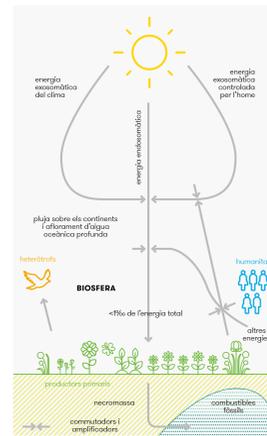
La biosfera està formada per organismes que volen energia de qualitat, proporcionada per la llum i els enllaços químics. La vida funciona usant el mínim d'energia necessària per mantenir una certa organització per ocupar l'espai; els organismes vegetals tan sols "fan servir" un 1 per mil de l'energia que dona la llum del Sol. Els animals obtenen l'energia consumint altres organismes. Tot i que hi ha plantes de grans dimensions, les cèl·lules i els aparells fotosintètics estan miniaturitzats, ja que fan servir la radiació de longituds d'ona molt petites, de l'ordre dels 0,5µm.

#### MINIATURITZACIÓ DE LA BIOSFERA

La biosfera està formada por organismos que precisan energía de calidad, proporcionada por la luz y los enlaces químicos. La vida funciona usando el mínimo de energía necesaria para mantener una cierta organización al ocupar el espacio; los organismos vegetales solo "utilizan" un uno por mil de la energía que brinda la luz del Sol. Los animales obtienen la energía consumiendo otros organismos. Aunque hay plantas de gran tamaño, las células y los aparatos fotosintéticos están miniaturizados, ya que utilizan la radiación de longitudes de onda muy pequeñas, del orden de los 0,5 µm.

#### MINIATURISATION OF THE BIOSPHERE

The biosphere is made up of organisms that want quality energy, provided by light and chemical bonds. Life functions using the minimum amount of energy necessary to maintain a certain organisation to occupy the space. Plant organisms only "use" one per mille of the energy provided by sunlight. Animals obtain energy by consuming other organisms. Although some very large plants exist, cells and photosynthetic apparatus are miniaturised as they use very short wavelength radiation, in the order of 0.5 µm.



Font / Fuente / Source: Modified de / Modificado de / Modified from: Biosfera (1992), vol. 1 Planeta Via, Enciclopèdia Catalana, Barcelona, p. 181

### L'ENERGIA QUE USA LA BIOSFERA

Dins de l'organisme, l'energia assimilada es va degradant a poc a poc per afavorir l'organització i el manteniment del cos. Aquesta energia s'anomena interna, pròpia o endosomàtica. La resta de l'energia solar, la que genera la meteorologia i mou corrents marins, converteix el planeta en habitable. Aquesta energia externa, auxiliar o exosomàtica fa el seu treball o circula fora del cos. Val la pena recordar una xifra: la quantitat d'energia auxiliar és unes 20-50 vegades la interna.

#### LA ENERGÍA QUE USA LA BIOSFERA

Dentro del organismo, la energía asimilada se va degradando poco a poco para favorecer la organización y el mantenimiento del cuerpo. A esta energía se la llama interna, propia o endosomática. La resta de la energía solar, la que genera la meteorología y mueve las corrientes marinas, convierte el planeta en habitable. Esta energía externa, auxiliar o exosomática desempeña su función o circula fuera del cuerpo. Vale la pena recordar una cifra: la cantidad de energía auxiliar es unas 20-50 veces mayor que la interna.

#### THE ENERGY THE BIOSPHERE USES

Within the organism, the assimilated energy is degraded gradually to favour organisation and maintenance of the body. This energy is called internal or endosomatic. The rest of the solar energy, which generates meteorology and moves marine currents, makes the planet habitable. This external, auxiliary or exosomatic energy does its work or circulates outside of the body. In fact, the amount of auxiliary energy is around 20-50 times the amount of internal energy.

### UNA BIOSFERA MANDROSA

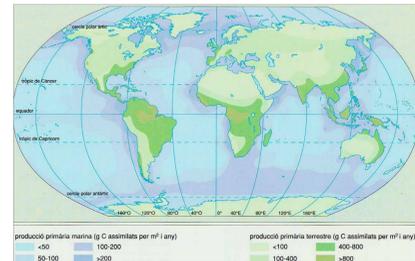
Podem dir que la naturalesa és "mandrosa" perquè només utilitza el 0,06 % de l'energia solar que entra a la Terra. La producció primària, és a dir, la formació de matèria orgànica per la fotosíntesi d'aigües i plantes, és el resultat de combinar el treball de la llum amb el treball que fa l'aigua portant nutrients.

#### UNA BIOSFERA PEREZOSA

Podríem dir que la naturalesa és "perezosa" perquè solo utiliza el 0,06 % de la energía solar que entra en la Tierra. La producción primaria, es decir, la formación de materia orgánica para la fotosíntesis de algas y plantas, es el resultado de combinar el trabajo de la luz con el trabajo que hace el agua transportando nutrientes.

#### A LAZY BIOSPHERE

We could say that nature is "lazy" because it only uses 0.06% of the solar energy that enters the Earth system. Primary production, that is, the formation of organic matter through photosynthesis of algae and plants, is the result of combining the work of the light with the work of water carrying nutrients.



Font / Fuente / Source: Biosfera (1992), vol. 1 Planeta Via, Enciclopèdia Catalana, Barcelona, p. 181



"La utilització de l'energia per part dels organismes és enormement baixa. Menys de 0,6 per mil de l'energia que arriba del Sol manté activa tota la biosfera, inclòs l'home, a través dels processos biològics. Això és interessant, perquè, tot d'una ens preguntem: que ocorre amb el 999,4 per 1.000 restant?"

"La utilización de energía por parte de los organismos es enormemente baja. Menos del 0,6 por mil de la energía que llega del Sol mantiene activa toda la biosfera, incluido el hombre, a través de procesos biológicos. Este dato es interesante porque nos lleva a preguntarnos: ¿qué ocurre con el 999,4 por mil restante?"

"The use of energy by organisms is incredibly low. Less than 0.6 per mille of the energy that arrives from the Sun maintains the entire biosphere active, including humans, through biological processes. This is interesting because it raises the question: what happens to the remaining 999,4 per mille?"



# 4 L'ENERGIA

LA ENERGÍA  
ENERGY

# Quan més humans, més watts

Cuanto más humanos, más vatios  
The more humans, the more watts

## L'HOME A LA BIOSFERA

L'evolució ens ha ensenyat la identitat genètica de l'home amb la natura. Però actualment l'espècie humana s'ha fet més independent de la naturalesa i de l'impacte de la selecció natural. Ara està sotmesa a l'evolució cultural, que permet anar molt més de pressa per adaptar-nos als canvis socials i condicions de vida. L'ecologia ens demostra la integritat funcional de la biosfera. Allò que és vàlid per als ecosistemes ho és, així mateix, per a l'ésser humà, les seves formes d'organització i els individus.

### EL HOMBRE EN LA BIOSFERA

La evolución nos ha enseñado la identidad genética del hombre con la naturaleza. Pero actualmente la especie humana se ha vuelto más independiente de la naturaleza y del impacto de la selección natural. Ahora está sometida a la evolución cultural, que permite ir mucho más deprisa y adaptarse a los cambios sociales y las condiciones de vida. La ecología nos demuestra la integridad funcional de la biosfera. Lo que es válido para los ecosistemas lo es, sin duda, para el ser humano, sus formas de organización y las personas.

### HUMANS AND THE BIOSPHERE

Evolution has shown us the genetic identity of humans with nature. However, the human species has become more independent from nature and from the impact of natural selection. Now humans are subject to cultural evolution, which enables us to adapt much faster to social changes and living conditions. Ecology has shown us the functional integrity of the biosphere. What is valid for ecosystems is also valid for humans, their forms of organisation and individuals.



## QUANT POT FER L'ÉSSER HUMÀ AMB ENERGIA?

El treball que ha fet l'espècie humana amb l'ús d'energia exosomàtica és immens. Ha modificat la biosfera a un àmbit planetari i el procés continua. Només cal mirar qualsevol fotografia de satèl·lit o cartografia per veure-hi ciutats, vies de comunicació i conreus. Sovint, el resultat de l'acció humana sobre la biosfera equival a un foc: manté l'alteració permanent i evita que els ecosistemes es desenvolupin.

### ¿A DÓNDE PUEDE LLEGAR EL HOMBRE CON ENERGÍA?

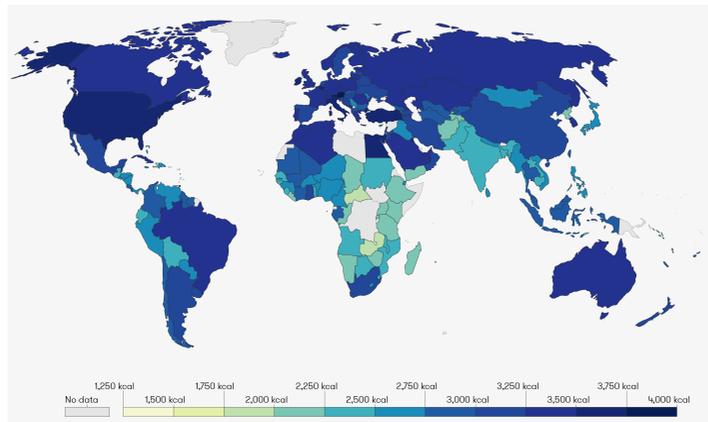
El trabajo realizado por la especie humana con el uso de energía exosomática es inmenso. Ha modificado la biosfera a nivel planetario, un proceso que continúa. Basta con mirar cualquier fotografía de satélite o cartografía para observar ciudades, vías de comunicación y cultivos. A menudo, el resultado de la acción humana sobre la biosfera equivale al fuego: mantiene la alteración permanente y evita que los ecosistemas se desarrollen.

### HOW MUCH CAN HUMANS DO WITH ENERGY?

The amount of work that the human species has done using exosomatic energy is immense. Humans have modified the biosphere at planetary level and the process continues. We only have to look at a satellite photograph or map to see cities, transport links and crops. Often, the result of human action on the biosphere is like that of a fire: it keeps the alteration permanent and prevents ecosystems from developing.



Ingesta calòrica diària per capita / Ingesta calórica diaria por capita / Daily per capita calorie energy  
Font / Fuente / Source: www.OurWorldInData.org/food per person/



## WATTS PER VIURE

Les necessitats alimentàries d'un individu es compten entre les 2.500 i 3.000 kcal diàries, equivalent a uns 145 W. Suposant que tota la població té accés a aquest aliment, la humanitat, formada per 7.675 x 10<sup>9</sup> persones, consumeix al voltant d'1,1 TW. Recordem que els vegetals usen el 0,06 % dels 175 000 TW que arriben del Sol, és a dir, uns 105 TW. La humanitat, doncs, representa l'1 % de tota la producció primària.

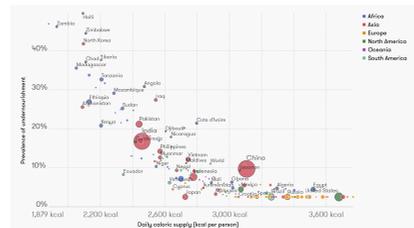
### VATIOS PARA VIVIR

Las necesidades alimentarias de una persona se cuentan entre las 2500 y 3000 kcal diarias, el equivalente a unos 145 W. Suponiendo que toda la población tiene acceso a ese alimento, la humanidad, formada por 7.675 x 10<sup>9</sup> personas, consume alrededor de 1,1 TW. Recordemos que los vegetales usan el 0,06 % de los 175.000 TW que llegan del Sol, o sea, unos 105 TW. La humanidad representa, pues, el 1 % de toda la producción primaria.

### WATTS TO LIVE

The nutritional needs of an individual are between 2,500 and 3,000 kcal daily, which is equivalent to around 145 W. If the entire population has access to this food, humanity, comprised of 7.675 x 10<sup>9</sup> people, would consume around 1,1 TW. Plants use 0,06% of the 175,000 TW that arrive from the sun, that is, around 105 TW. Humanity, therefore, represents 1% of total primary production.

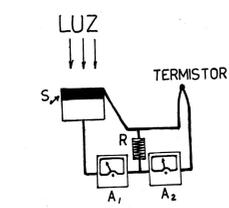
Relació entre el percentatge de la població que està desnodrida i la ingesta calòrica diària per capita / Relación entre el porcentaje de la población que está desnutrida y la ingesta calórica diaria por capita / Relation between the percentage of population that is undernourished with respect to the daily per capita calorie energy  
Font / Fuente / Source: www.OurWorldInData.org/food per person/



En un dels enigmàtics dibuixos de Margalef, es mostra un model "escolar" elèctric de biosfera.

En uno de los enigmáticos dibujos de Margalef se muestra un modelo "escolar" eléctrico de la biosfera.

One of Margalef's enigmatic drawings shows an electrical diagram of the biosphere for "schools".



Senzill model elèctric d'ecosistema / Simple electric model of an ecosystem  
Font / Fuente / Source: Margalef (1962). Modelos físicos simplificados de producciones de organismos. Mem. R. Acad. Cienc. Artes Barcelona, 36: 63-68.

## WATTS PER FUNCIONAR I CONTROLAR

De la mateixa manera que els ecosistemes naturals no solament viuen de l'energia aportada per la llum solar, els humans no només viuen dels aliments, sinó que utilitzen i degraden molta energia. En realitat aquesta és una característica de la civilització. Els humans primitius en termes d'energia no es distingien de qualsevol altra espècie. Però el manteniment de la civilització requereix grans dosis suplementàries d'energia per al funcionament de ciutats, vies de comunicació, màquines, llibres, que esdevenen expansions del cos comparables a la fusta de l'arbre, que li dona estructura i transport d'aigua. La quantitat d'energia exosomàtica en els ecosistemes oscil·la entre les 20-50 vegades l'endosomàtica, mentre que en els humans pot ser de 100 a 1.000 vegades.

### VATIOS PARA FUNCIONAR Y CONTROLAR

Del mismo modo que los ecosistemas naturales no solo viven de la energía aportada por la luz solar, los humanos no solo viven de los alimentos, sino que utilizan y degradan mucha energía. En realidad esta es una característica de la civilización. Los humanos primitivos no se distinguían, en términos de energía, de cualquier otra especie. Pero el mantenimiento de la civilización requiere grandes dosis suplementarias de energía para el funcionamiento de ciudades, vías de comunicación, máquinas, libros, etc., que se convierten en expansiones del cuerpo comparables a la madera del árbol, que le da estructura y transporta el agua. La cantidad de energía exosomática en los ecosistemas oscila entre 20 y 50 veces la endosomática, mientras que en los humanos puede ser de entre 100 y 1000 veces.

### WATTS TO FUNCTION AND CONTROL

In the same way that natural ecosystems do not only live on the energy provided by sunlight, humans do not only live from food. They also use and break down a lot of energy. In fact, this is a characteristic of civilisation. In terms of energy, primitive humans were no different from any other species. However, the maintenance of civilisation requires large additional doses of energy for the functioning of cities, roads, machinery and books that become expansions of the body comparable to the wood of a tree, which gives it structure and transports water. The amount of exosomatic energy in ecosystems oscillates between 20-50 times the endosomatic energy, while that of humans could be 100 to 1,000 times greater.

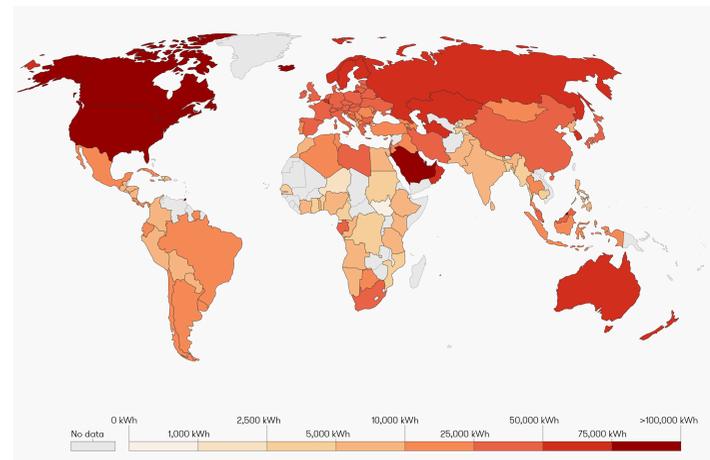


"És inevitable que l'èxit de l'home com espècie dominant s'hagi produït per l'ús d'energia en el transport horitzontal: ha sigut la garantia en la conquesta de tota la biosfera. Ara que tenim tot el domini sobre el planeta, que no queda res per descobrir sobre el que ens podríem refiar per continuar (com element estabilitzador), ens hem de confiar en la pròpia responsabilitat. Probablement aquest desig no es produirà si no té un caràcter com reverencial. El destí de l'home demana respecte envers la Natura"

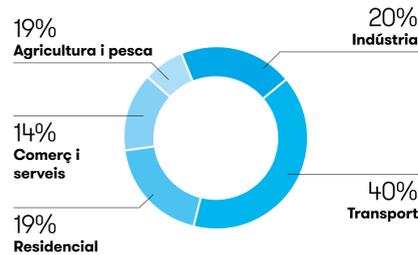
"Es inevitable que el éxito del hombre como especie dominante se haya producido por el uso de energía en el transporte horizontal: ha sido la garantía en la conquista de toda la biosfera. Ahora que tenemos todo el dominio sobre el planeta, que no queda nada por descubrir a lo que fiar nuestra continuidad (como elemento estabilizador), debemos confiar en nuestra propia responsabilidad. Probablemente este deseo no se producirá si no tiene un carácter reverencial. El destino del hombre exige respeto frente a la naturaleza"

"Inevitably, the success of humans as the dominant species has occurred because of the use of energy in horizontal transport: this has guaranteed humans' conquest of the entire biosphere. Now that we have control over the planet, that there is nothing to discover about what we could expect to continue (as a stabilising element), we must trust in responsibility itself. This desire will probably not be realised without a certain reverence. The fate of man requires respect of nature"

Consum anual d'energia per capita en kilowatt hora / Consumo anual de energía per capita en kilowatt hora / Annual per capita energy consumption in kilowatt hours  
Font / Fuente / Source: www.OurWorldInData.org/energy production-and-changing-energy sources/



Ús d'energia a Espanya / Uso de energía en España / Energy use in Spain  
Font / Fuente / Source: International Energy Agency, 2017



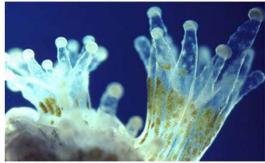
# L'ENERGIA

LA ENERGÍA  
ENERGY

# L'aventura humana comparada

## La aventura humana comparada

### A comparison of the human adventure

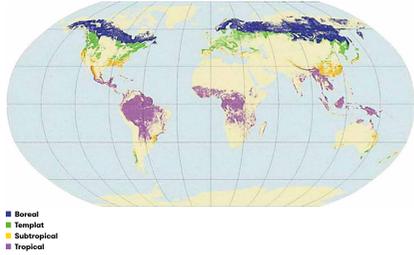


Els coralls deuen el seu èxit a l'esquelet calcari i a la cooperació (simbiosi) dels pòlips amb algues dinoflagel·lades per obtenir-ne els nutrients. I els arbres deuen el seu èxit a la fusta i a la cooperació de les rels amb fongs descomponedors que mobilitzen els nutrients del sòl.

Los corales deben su éxito al esqueleto calcáreo y a la cooperación (simbiosis) de los pólipos con las algas dinoflageladas de las que obtienen los nutrientes. Y los árboles deben su éxito a la madera y a la cooperación de las raíces con los hongos descomponedores que movilizan los nutrientes del suelo.

The success of corals is due to a calcareous skeleton and the cooperation (symbiosis) of polyps and dinoflagellate algae to obtain nutrients. The success of trees is due to wood and the cooperation of roots with fungi that mobilise the nutrients in the soil.

Distribució dels boscos del món per zones ecològiques principals / Distribución de los bosques del mundo por zonas ecológicas principales / Distribution of the world's forests by main ecological zones



### ELS BOSCOS

L'aventura humana s'assembla a l'èxit dels arbres que també inicien el seu camí al final del paleozoic. Construeixen grans estructures formades per troncs de fusta, que posen en contacte llum i aigua als òrgans fotosintètics -les fulles. Disposen de la font inesgotable d'energia solar de la qual n'usen una petita part (llum) per fer la fotosíntesi i una quantitat major per evapotranspirar. El subministrament de nutrients s'afavoreix enormement per les micorrizes, una simbiosi entre les arrels de la planta i un fong. A diferència dels humans, han contribuït i contribueixen a extreure de l'atmosfera ingents quantitats de carboni en forma de fusta (cel·lulosa i lignina). Els boscos donen estructura a l'espai i en les àrees tropicals, contenen les comunitats amb una diversitat d'espècies extraordinària. D'evolució lenta per la longevitat que tenen, els arbres poden considerar-se relíquies del cenozoic.

LOS BOSQUES La aventura humana se parece al éxito de los árboles, que también inician su camino al final del Paleozoico. Construyen grandes estructuras formadas por troncos de madera, que ponen en contacto la luz y el agua en los órganos fotosintéticos —las hojas—. Disponen de la fuente inagotable de la energía solar, de la que emplean una pequeña parte (la luz) para hacer la fotosíntesis y una mayor cantidad para evapotranspirar. El suministro de nutrientes se ve enormemente favorecido por las micorrizas, una simbiosis entre las raíces de la planta y un hongo. A diferencia de los humanos, han contribuido y contribuyen a extraer de la atmósfera ingentes cantidades de carbono en forma de madera (celulosa y lignina). Los bosques dan estructura al espacio y, en las áreas tropicales, albergan comunidades de una extraordinaria diversidad de especies. De evolución lenta debido a su longevidad, los árboles pueden considerarse reliquias del Cenozoico.

THE FORESTS The human adventure is similar to the success of trees, which also emerged at the end of the Paleozoic era. They build large structures formed of trunks of wood that bring the photosynthetic organs, the leaves, into contact with light and water. They have an endless source of solar energy of which they use a small part (light) for photosynthesis and a larger amount for evapotranspiration. The supply of nutrients is favoured greatly by mycorrhiza, symbiosis between the roots of the plant and a fungus. Unlike humans, they have contributed and contribute to extracting huge amounts of carbon from the atmosphere in the form of wood (cellulose and lignin). Forests give structure to space and in tropical areas they contain communities with an extraordinary diversity of species. With slow evolution for their longevity, trees could be considered relics of the Cenozoic Era.

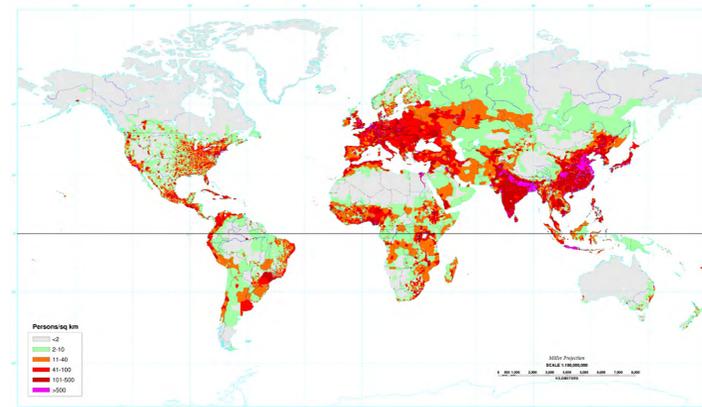


### LA POBLACIÓ HUMANA

L'aventura humana ha anat acompanyada de l'aprofitament de plantes i animals de l'entorn, especialment de la vegetació de temporada, evolucionada per resistir una certa explotació: cereals, llegums, fruits diversos. Manté uns 1.000 milions de caps de bestiar boví i d'altres que substitueixen la biomassa d'altres espècies. No es pot dir que l'acció sigui beneficiosa per vaques i conreus, però sí que la diversitat de plantes i animals ha minvat molt. Com els coralls i arbres, els humans construeixen edificis i vies de comunicació i molts altres artefactes, però a diferència d'ells, usen l'energia solar fòssil —carbó, petroli, gas—, en lloc d'energia lumínica. Com a conseqüència, produeixen a l'atmosfera enormes quantitats de CO<sub>2</sub>, quantitats que ja superen el 10 % de tot el carboni que fixen els vegetals en el planeta, com si es volgués retornar a una atmosfera primitiva.

LA POBLACIÓ HUMANA La aventura humana ha ido acompañada del aprovechamiento de plantas y animales del entorno, especialmente de la vegetación de temporada, evolucionada ya para resistir una cierta explotación: cereales, legumbres, frutos diversos. Mantiene unos 1000 millones de cabezas de ganado bovino y otros que sustituyen la biomasa de otras especies. No puede decirse que la acción no sea beneficiosa para vacas y cultivos, pero sí que la diversidad de plantas y animales ha disminuído mucho. Como los corales y los árboles, los humanos construyen edificios, vías de comunicación y muchos otros artefactos, pero a diferencia de ellos, usan la energía solar fósil —carbón, petróleo, gas— en lugar de la energía lumínica. Como consecuencia, envían a la atmósfera enormes cantidades de CO<sub>2</sub>, cantidades que ya superan el 10 % de todo el carbono fijado por los vegetales en el planeta, como si se quisiera volver a una atmósfera primitiva.

THE HUMAN POPULATION The human adventure has been accompanied by the use of plants and animals in the environment, particularly plants of the season, evolved to withstand a certain amount of exploitation: grains, pulses and a range of fruits. Humans farm around 1 billion heads of cattle and other livestock that replace the biomass of other species. We cannot say that this action is not beneficial for cattle and crops, but we can state that the diversity of plants and animals has declined dramatically. Like corals and trees, humans construct buildings and roads and many other artefacts, but unlike corals and trees, we use fossil fuel — coal, petroleum and gas — instead of light energy. Consequently, humans produce enormous quantities of CO<sub>2</sub> in the atmosphere, amounts that are already above 10% of all the carbon fixed by plants on the planet. It is as if we wanted to go back to a primitive atmosphere.



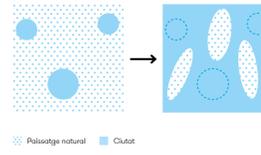
Densitat de població humana / Densidad de población humana / Human population density  
Font / Fuente / Source: Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), National Aeronautics and Space Administration



"La humanitat gràcies a la capacitat per a la construcció i manipulació d'objectes i instruments i màquines, com per l'extensa utilització d'energies exosomàtiques, ha iniciat una via evolutiva pròpia, caracteritzada per la profunda reorganització de l'entorn natural, que potser avui dia considerem excessiva. Implica ja la inversió del paisatge, amb conseqüències profundes, encara amb efectes insospitats"

"La humanidad, tanto por su capacidad para construir y manipular objetos, instrumentos y máquinas como por la extensa utilización de energías exosomáticas, ha iniciado una vía evolutiva propia caracterizada por una profunda reorganización del entorno natural que quizás hoy en día consideramos excesiva. Implica ya la inversión del paisaje, con consecuencias profundas, aunque con efectos insospechados"

"Due to its capacity to construct and handle objects, instruments and machines and its extensive use of exosomatic energy, humanity has started its own evolutionary path, characterised by profound reorganisation of the natural environment, which perhaps today we consider excessive. This implies an inversion of the landscape, with far-reaching consequences and unsuspected impacts"



### ELS ESCULLS DE CORALL

L'aventura humana s'assembla als ressorgiments dels coralls al final del paleozoic, quan els pòlips s'associen amb algues i construeixen immenses estructures minerals emmotllades per la llum i els corrents marins. A diferència dels humans, han contribuït i contribueixen a l'extracció d'immenses quantitats de CO<sub>2</sub> en forma de mineral per confeccionar els seus esquelets. Els pòlips en realitat "munyen" les algues de les quals obtenen els productes de la fotosíntesi. Disposen de la font inesgotable d'energia solar (llum, corrents marines). En la construcció de l'escull, donen forma a l'espai i originen una de les comunitats amb més diversitat d'espècies del planeta.

LOS ARRECIFES DE CORAL La aventura humana se parece al resurgimiento de los corales al final del Paleozoico, cuando los pólipos se asocian con algas y construyen inmensas estructuras minerales moldeadas por la luz y las corrientes marinas. A diferencia de los humanos, han contribuido y contribuyen a la extracción de inmensas cantidades de CO<sub>2</sub> en forma de mineral con el que forman sus esqueletos. Los pólipos en realidad «ordenan» las algas, de las que obtienen los productos de la fotosíntesis. Disponen de la fuente inagotable de la energía solar (luz, corrientes marinas). Al construir el arrecife, dan forma al espacio y dan origen a una de las comunidades con mayor diversidad de especies del planeta.

CORAL REEFS The human adventure is similar to the resurgence of corals at the end of the Paleozoic era, when polyps combined with algae and constructed immense mineral structures moulded by light and marine currents. Unlike humans, they contributed and continue to contribute to the extraction of immense amounts of CO<sub>2</sub> as a mineral to form their skeletons. In fact, polyps "milk" the algae from which they obtain photosynthesis products. They have an inexhaustible source of solar energy (light, marine currents). In the construction of the reef, they give form to space and give rise to one of the communities with the greatest diversity of species on the planet.



### PER PENSAR-HI

Actualment la humanitat consumeix el 2 % de tota la producció primària mundial. Per viure al ritme actual, els humans consumeixen més de 10 TW de petroli. S'han produït des de l'inici de la civilització més de 2.000 Gt de CO<sub>2</sub>. Actualment la fotosíntesi d'algues i plantes no aconsegueix reciclar prou ràpid el CO<sub>2</sub> de l'atmosfera i s'accentua l'efecte hivernacle, mentre que el NO<sub>x</sub> i el SO<sub>x</sub> causen pluges àcides.

PARA PENSAR EN ELLO Actualmente la humanidad consume el 2 % de toda la producción primaria mundial. Para vivir al ritmo actual, los humanos están consumiendo más de 10 TW de petróleo. Desde el inicio de la civilización se han generado más de 2000 Gt de CO<sub>2</sub>. Actualmente la fotosíntesis de las algas y plantas no consigue reciclar el CO<sub>2</sub> de la atmósfera lo suficientemente rápido, lo que acentúa el efecto invernadero, mientras que los NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> provocan lluvias ácidas.

TO CONSIDER Currently, humanity consumes 2% of all global primary production. To live at the current pace, humans are consuming over 10 TW of petroleum. Since the start of civilisation, over 2,000 Gt of CO<sub>2</sub> has been produced. Currently, the photosynthesis of algae and plants cannot recycle CO<sub>2</sub> fast enough from the atmosphere and the greenhouse effect is increased, while NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub> cause acid rain.