



**Climántica**

Clima

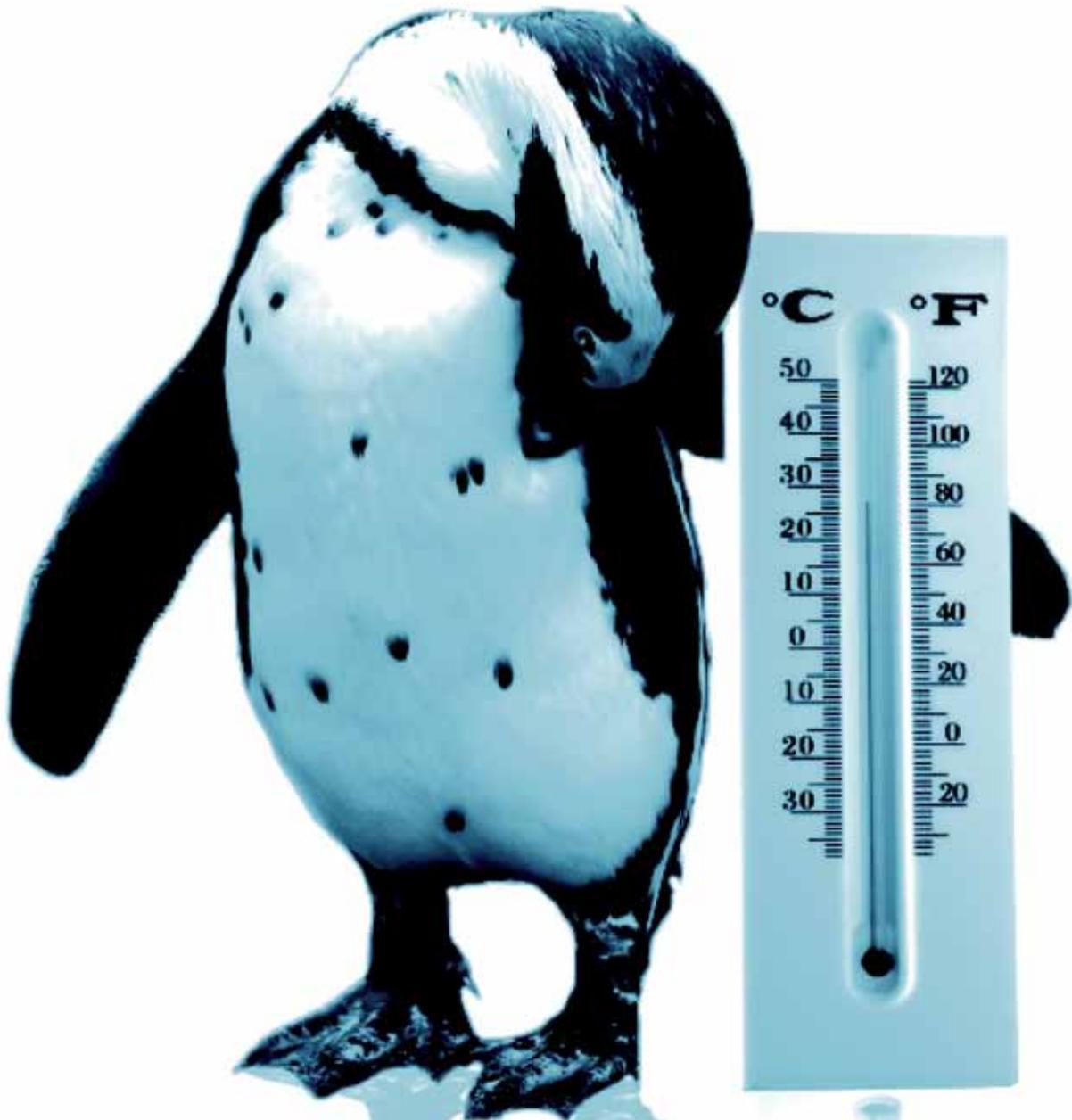
Home

Cambio

Proxecto de Educación Ambiental CAMBIO CLIMÁTICO

Unidad Didáctica **1**

# ¿CAMBIA EL CLIMA?



## AUTORES

Francisco Sónora Luna (coord.) y José Lires Corbal.

## MAQUETACIÓN Y COORDINACIÓN DEL EQUIPO DE EDICIÓN GRÁFICA

Vanessa García Sampedro.

## FOTOGRAFÍA

Pedro García Losada.

## ILUSTRACIÓN

Raquel González Redondo e Iván Rodríguez Castro.

## ASESORÍA CIENTÍFICA

Francisco Díaz-Fierros Viqueira.

## ORIENTACIONES DIDÁCTICAS RELATIVAS A LOS CONTENIDOS DE FÍSICA Y QUÍMICA

Jesús M<sup>a</sup> Teira Rois.

## REVISIÓN ORTOGRÁFICA

Rita Molinos Castro.

## IMAGEN Y DISEÑO

NO-LINE.

## ENTIDADES COLABORADORAS

MeteoGalicia (Ana Lage, Raquel Cruz y Santiago Salsón) y CNEAM.

## CRÉDITOS DE LAS IMÁGENES

Emilio Varela/Imágenes del mundo Natural/Fondo NUTUREIMAGENES, Francisco Díaz-Fierros Viqueira, Victoria Alonso, A. Camoyán, Valdecantos, Jaime Bonachea, Kendrick Taylor, Jerry Wellington, Jamie Goode, Marli Miller (Earth Science World Image Bank), Gary Braasch, alumnos do ciclo de urbanismo do IES Torrente Ballester (Pontevedra), MeteoGalicia, CNEAM (Centro Nacional de Educación Ambiental), CNICE (Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa), Noble Drilling Corporation (Earth Science World Image Bank), NASA (National and Aeronautics and Space Administration), NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), USGS (United States Geological Survey), IMB (Internacional Mission Board), IMF (Internacional Monetary Fund).

## EDITA

Dirección Xeral de Sostibilidade e Paisaxe  
Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestruturas  
San Lázaro s/n. 15781. Santiago de Compostela  
ISBN: 978-84-453-4376-0  
PRIMERA EDICIÓN FEBRERO 2007

Impreso en papel reciclado Cyclus 115 g

## 2 EN LA ATMÓSFERA ESTÁ LA CLAVE Y EL CO<sub>2</sub> ES EL PRINCIPAL RESPONSABLE

responde con lo que sabes ahora

- ¿Por qué a medida que ascendemos en altura, disminuye la temperatura?
- ¿Por qué tenemos la sensación de que se nos queman los pies en las playas de material volcánico y esto no ocurre en las playas de Galicia?
- ¿Por qué razón hay que aplicarse protector solar cuando se va a esquiar en el invierno?
- ¿Por qué hace más calor en un invernadero que fuera de él?



Playa formada por arena de rocas volcánicas



### ¿Cómo se calienta el aire?

El Sol emite energía en forma de luz que atraviesa la atmósfera. De toda la luz que el Sol manda hacia la Tierra, sólo una tercera parte llega a la superficie del planeta, pues la atmósfera actúa como un filtro de mucha radiación luminosa. De la que alcanza a la Tierra nuestros ojos únicamente aprecian una pequeña parte, la que llamamos luz visible.

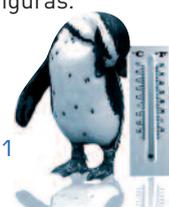
La luz viaja en forma de onda. Para entender lo que es un onda, imaginemos unas partículas que describen unos movimientos como los de las figuras:

longitud de onda más corta

longitud de onda más larga

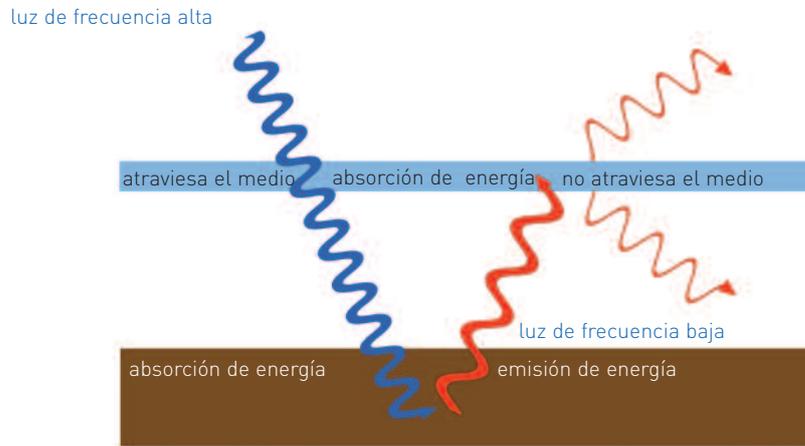


Podemos ver que las ondas viajan oscilando, la primera oscila más que la segunda y por esa razón decimos que tiene más frecuencia. Cada oscilación completa de la onda constituye un ciclo, por lo que la frecuencia mide el número de ciclos que la onda da cada segundo. Llamamos longitud de onda a la longitud de un ciclo, tal y como se aprecia en las figuras.





No toda la luz trae la misma energía, sino que cuanto más frecuencia tenga la onda, más energía transporta -o cuanto más pequeña sea su longitud de onda.



Las sustancias que no dejan pasar la luz pueden hacerlo por dos razones, porque la rebotan (reflexión) o porque la absorben. En este caso, la radiación absorbida se transforma en radiación calorífica que no es visible (infrarroja). Los objetos de color blanco reflejan toda la radiación luminosa que llega, por el contrario los de color negra la absorben toda y la transforman en calorífica.

Cuando vemos los objetos de un determinado color es porque esos objetos absorbieron el color complementario, por eso vemos la que no absorben, y por tanto, la que reflejan ("rebotan") permitiendo así que llegue hasta nuestros ojos.

Un objeto transparente como el vidrio deja pasar la práctica totalidad de la radiación luminosa, aunque no toda la radiación solar, pues el vidrio es un filtro muy importante para la radiación infrarroja (calorífica). Esta explicación nos permite entender la implantación y generalización de los invernaderos en la agricultura.

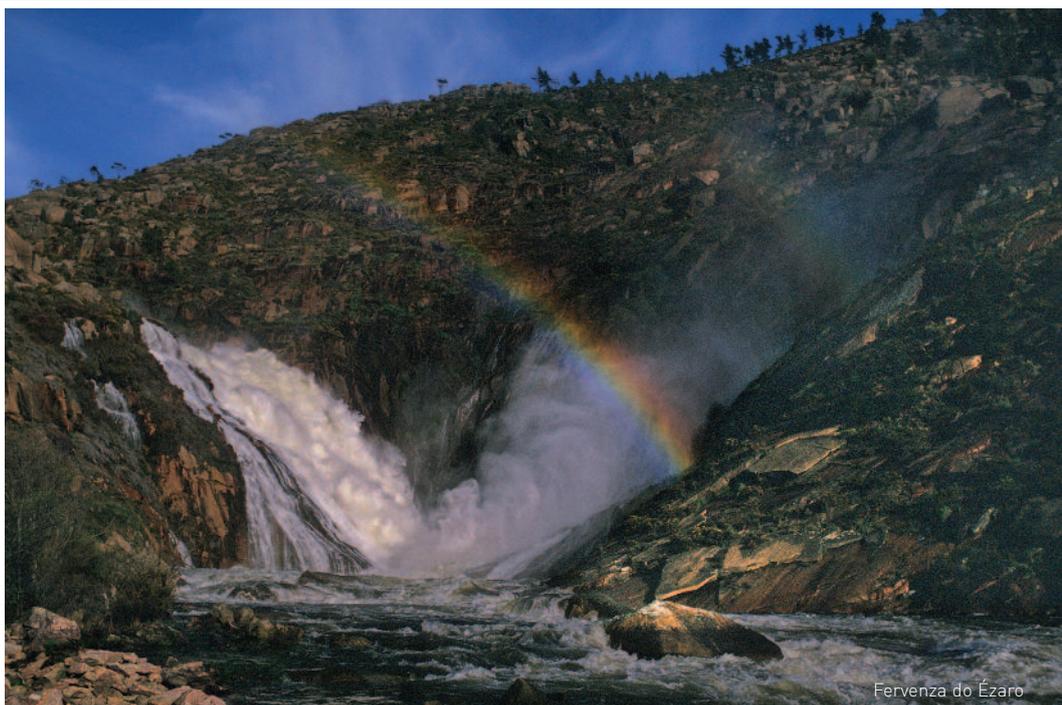
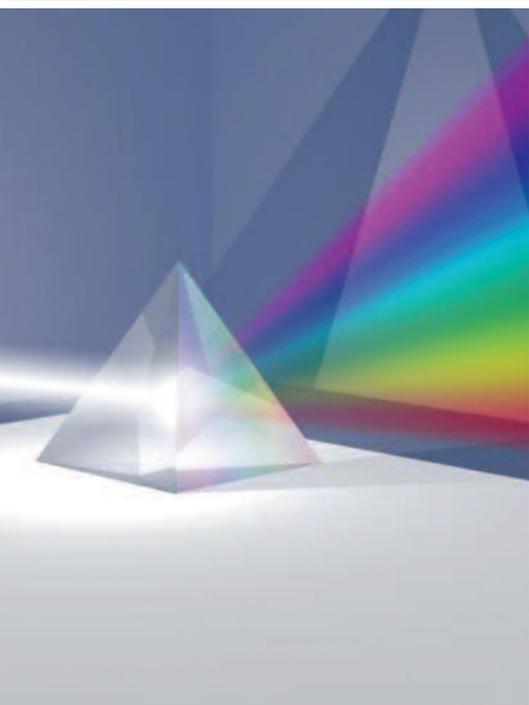
Estas instalaciones agrícolas se construyen cuando una superficie de tierra de cultivo se quiere mantener una temperatura más alta y evitar las consecuencias nefastas de las heladas sobre los vegetales, en ese caso montamos un invernadero. Los mejores invernaderos son de vidrio que es transparente para todos los colores de la luz, pero no dejan pasar la mayoría de la radiación infrarroja o calorífica.

Si el vidrio estuviese tintado de rojo, no lo atravesaría toda la radiación visible. En este caso se absorbería la luz complementaria de la luz roja (color cian, entre verde y azul). desde el exterior de un invernadero veríamos la luz no absorbida que es la roja reflejada ("rebotada") que al reflejarse llegaría hasta nuestros ojos. Otra parte de esa luz roja no absorbida, no atravesaría el vidrio, por eso dentro del invernadero también veríamos tonalidades rojizas. Es decir, el vidrio rojo no es transparente para todos los colores de la luz. En realidad tampoco atraviesa toda la radiación solar el vidrio normal, pero deja pasar todos los colores de la luz, y la radiación que no lo atraviesa no puede ser apreciada por el sentido de la vista (infrarroja o calorífica).



Así como el vidrio incoloro deja pasar prácticamente toda la radiación visible, el vidrio negro no deja pasar ninguna, y absorbe toda la radiación visible, transformándola en radiación calorífica (radiación infrarroja). Por tanto, si el invernadero estuviese fabricado de vidrio negro estaría muy caliente cuando le da el sol, porque está transformando la radiación luminosa que absorbe en su totalidad, en radiación infrarroja calorífica. Si estuviese pintado de blanco, tampoco dejaría pasar la mayoría de la luz visible, pero en este caso no porque la absorba, sino porque la refleja.

- ¿Por qué se ve perfectamente a través de un vidrio si se refleja parte de la radiación luminosa (infrarroja y ultravioleta)?
- ¿Por qué la visión no es tan clara cuando el vidrio es rojo transparente?
- Fíjate en la foto de un arco iris y en la imagen del resultado de la incidencia de la luz solar en el prisma.
  - a) ¿Cuántos tipos de luz ves? Ordénalos de izquierda a derecha en las dos imágenes
  - b) ¿En qué se parecen las dos ilustraciones?
  - c) Viendo las dos ilustraciones ¿cómo crees que se origina el arco iris?
  - d) ¿Existe algún tipo de radiación luminosa que no ves? ¿Cómo se denominan y dónde se sitúan en el orden que enumeraste en el primer apartado?

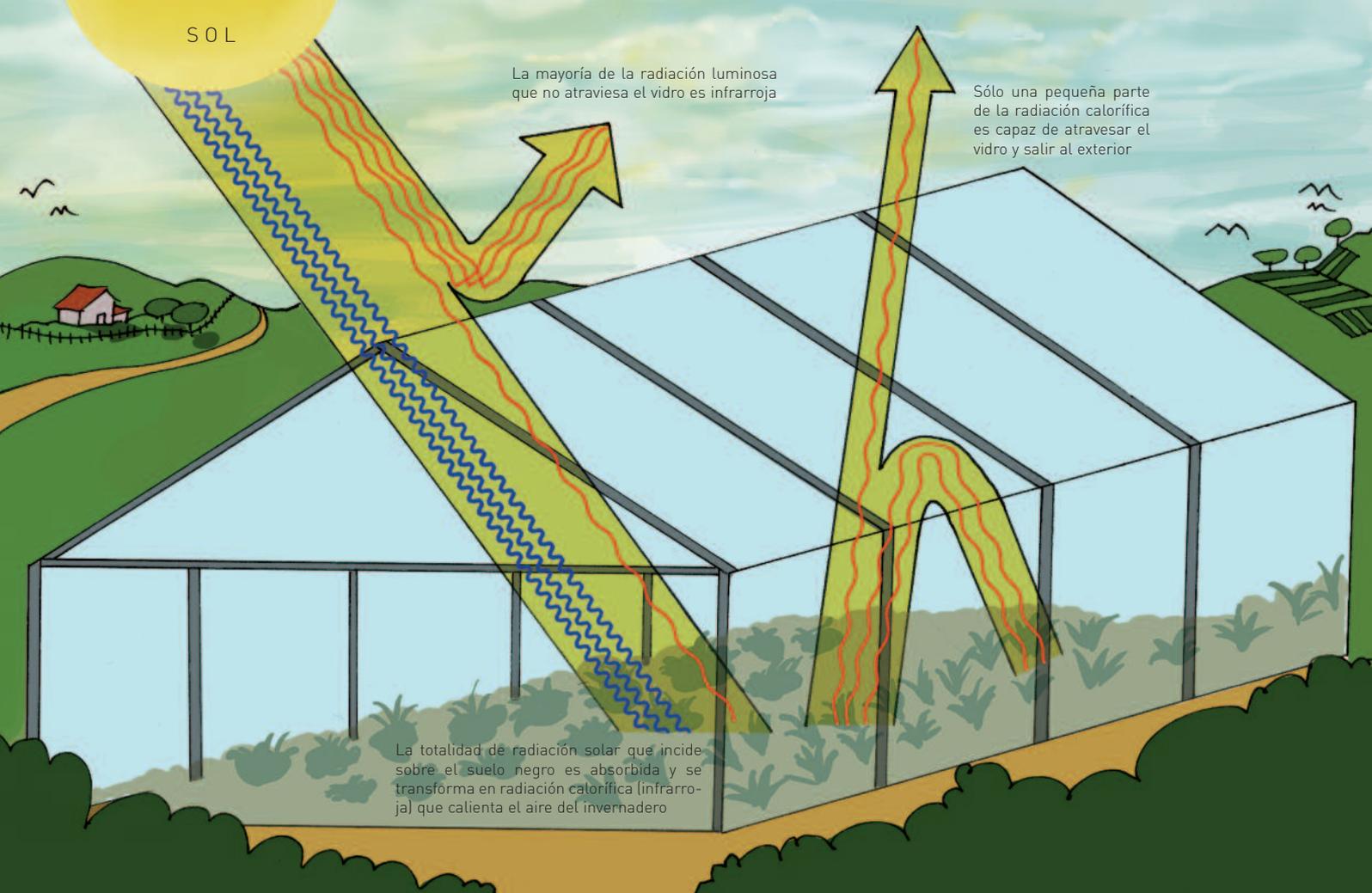


Fervenza do Ézaro

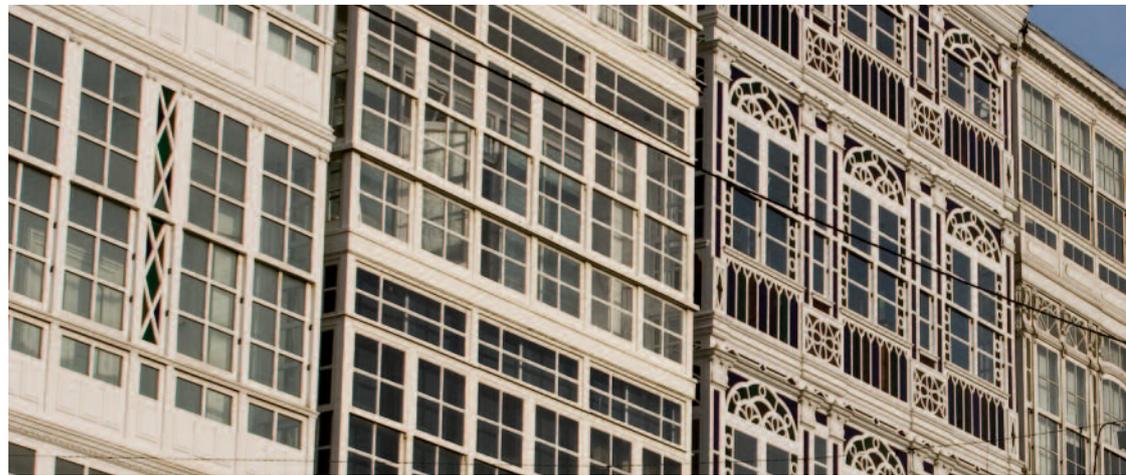
Cuando la radiación luminosa visible incide sobre la tierra negra del invernadero, es absorbida totalmente, transformándose en radiación infrarroja o calorífica, que es emitida por la tierra hacia la atmósfera.

Si bien los objetos que se encuentran al aire libre no tienen ninguna dificultad para deshacerse de la radiación infrarroja (calorífica) emitiéndola hacia la atmósfera, sólo una pequeña parte de la irradiada por la tierra de un invernadero es capaz de atravesar el vidrio hacia la atmósfera exterior, y la mayoría rebota sobre la cara interior del vidrio, quedando de este modo retenida en el interior del invernadero, lo que provoca el aumento de la temperatura en su interior.





Este efecto lo sentimos en los coches y en las habitaciones con muchas ventanas, especialmente en los días soleados del verano. También se aprovechó en determinadas construcciones gallegas para suavizar las temperaturas invernales, poniendo galerías en las zonas soleadas.



- ¿Por qué en el verano hace más calor en las zonas donde incide la luz?
- ¿Cuál será el problema de las galerías en verano? Explícalo justificando el hecho de que en las galerías haya ventanas en todas las superficies del perímetro de la misma.
- ¿Por qué cuando hace calor escogemos prendas blancas para vestirnos?
- ¿Cómo es posible que nos queme el sol en días de temperaturas bajo cero si estamos en una zona nevada y sin embargo no nos afecta tanto en zonas exentas de nieve con temperaturas más elevadas?



## La responsabilidad del gas dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en el calentamiento de la atmósfera

La atmósfera terrestre está compuesta por multitud de gases. Los más abundantes son el nitrógeno, el oxígeno y el argón. Estos gases son bastantes transparentes tanto para la luz visible como para la radiación infrarroja o calorífica que emite la Tierra cuando está caliente.



Otros que representan menos de una centésima parte, son los que actúan de manera similar al vidrio de un invernadero. Entre ellos destacan el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Dentro de los gases de efecto invernadero (GEI) sobresale, en este papel termorregulador, el dióxido de carbono. También el vapor de agua (H<sub>2</sub>O) es importante en la regulación térmica aunque de un modo diferente a como lo hace el vidrio de un invernadero.

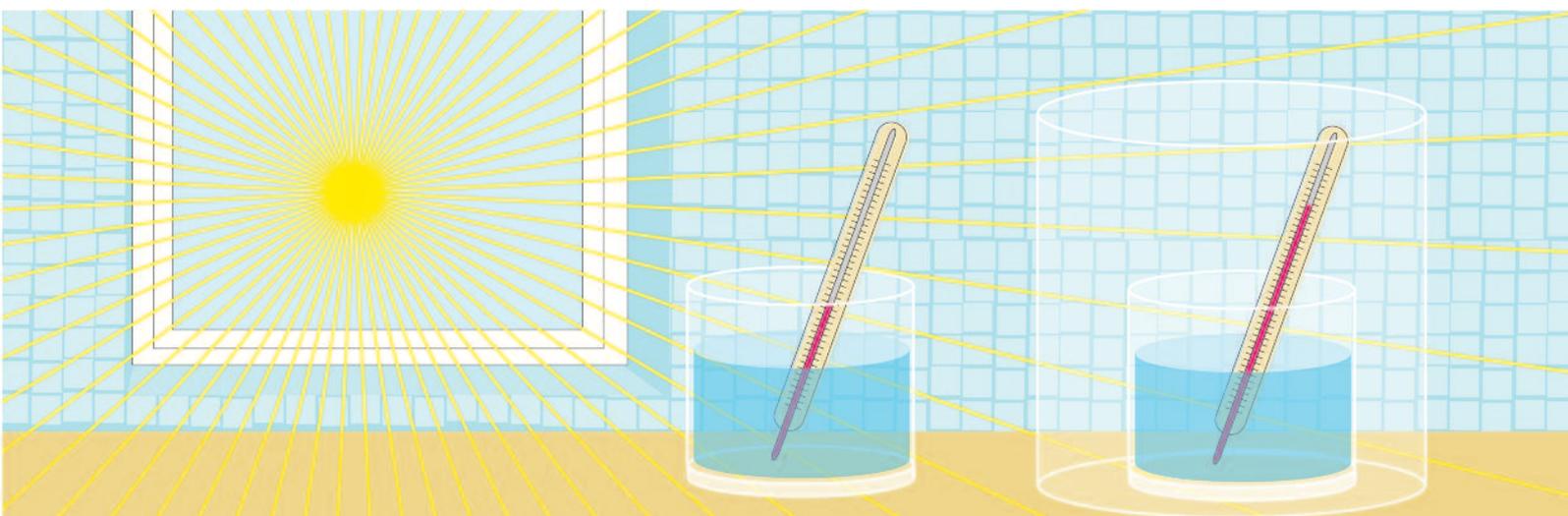
- ¿Cuando vemos una estufa incandescente, qué tipos de radiación luminosa estamos apreciando? ¿Con qué órganos de los sentidos las percibimos?
- Deja un papel encima de un radiador y describe su aspecto al día siguiente ¿Cómo explicas ese cambio?
- ¿Una vez que está funcionando y antes de ponerse incandescente, que tipo de radiación apreciamos y con qué órganos de los sentidos lo hacemos?



### ● PRÁCTICA

- a) Al inicio de la clase llena de agua hasta la mitad dos vasos de precipitados de 50 ml y ponlos al sol. Coloca uno de los vasos de precipitados dentro de un vaso de cristal invertido y deja lo otro fuera.
- b) Al finalizar la clase mide la temperatura.

MATERIAL: 2 vasos de precipitados de 50 ml, un vaso grande, un termómetro





- Si metemos la estufa incandescente dentro de una cápsula de vidrio ¿la radiación que emite la estufa atraviesa el vidrio? Justifica la respuesta. ¿Se calentaría igual la habitación con la estufa dentro de la cápsula que fuera de ella? Justifica la respuesta.

Cuando la luz solar llega a la atmósfera, parte de esta energía se filtra en distintos puntos por absorciones y por reflexiones. La radiación más energética no es la visible sino que es la ultravioleta. Esta se filtra en una capa muy alta con un gas llamado ozono que la absorbe.

Otra capa filtro diferente es la de gases invernadero, entre los que destaca el dióxido de carbono. Esta se diferencia de la anterior por la posición, por el tipo de gases, y por el tipo de radiación que filtran, siendo en este caso la menos energética: infrarroja o calorífica.

Como esta capa no deja pasar una parte de la radiación infrarroja, el calor emitido por la Tierra, como resultado de la transformación de la radiación luminosa absorbida, es enviada de nuevo hacia la superficie terrestre, de un modo que presenta cierta semejanza con el vidrio del invernadero, aunque actúa más bien como lo hace una esponja con el agua.

Esa parte de energía calorífica retenida por los gases invernadero, se emite de nuevo hacia la superficie terrestre. Este efecto, conocido como invernadero, por su similitud con lo que ocurre en este tipo de instalaciones agrícolas, calienta el aire que rodea a la Tierra. Si no existiesen los gases de invernadero, el planeta sería cerca de 30 grados más frío que ahora.



En esas condiciones probablemente la vida nunca podría llegar a desarrollarse. Esto es lo que sucede en Marte que tiene una temperatura de  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , aún así parece que esas circunstancias no siempre fueron las mismas, por cuanto en su relieve parece que existen huellas morfológicas de relieves fluviales.

SOL

La capa de ozono impide el paso hacia la Tierra de la radiación más energética (ultravioleta) protegiéndonos así de esta radiación de alta frecuencia que nuestra vista no puede percibir, pero que nos hace mucho daño

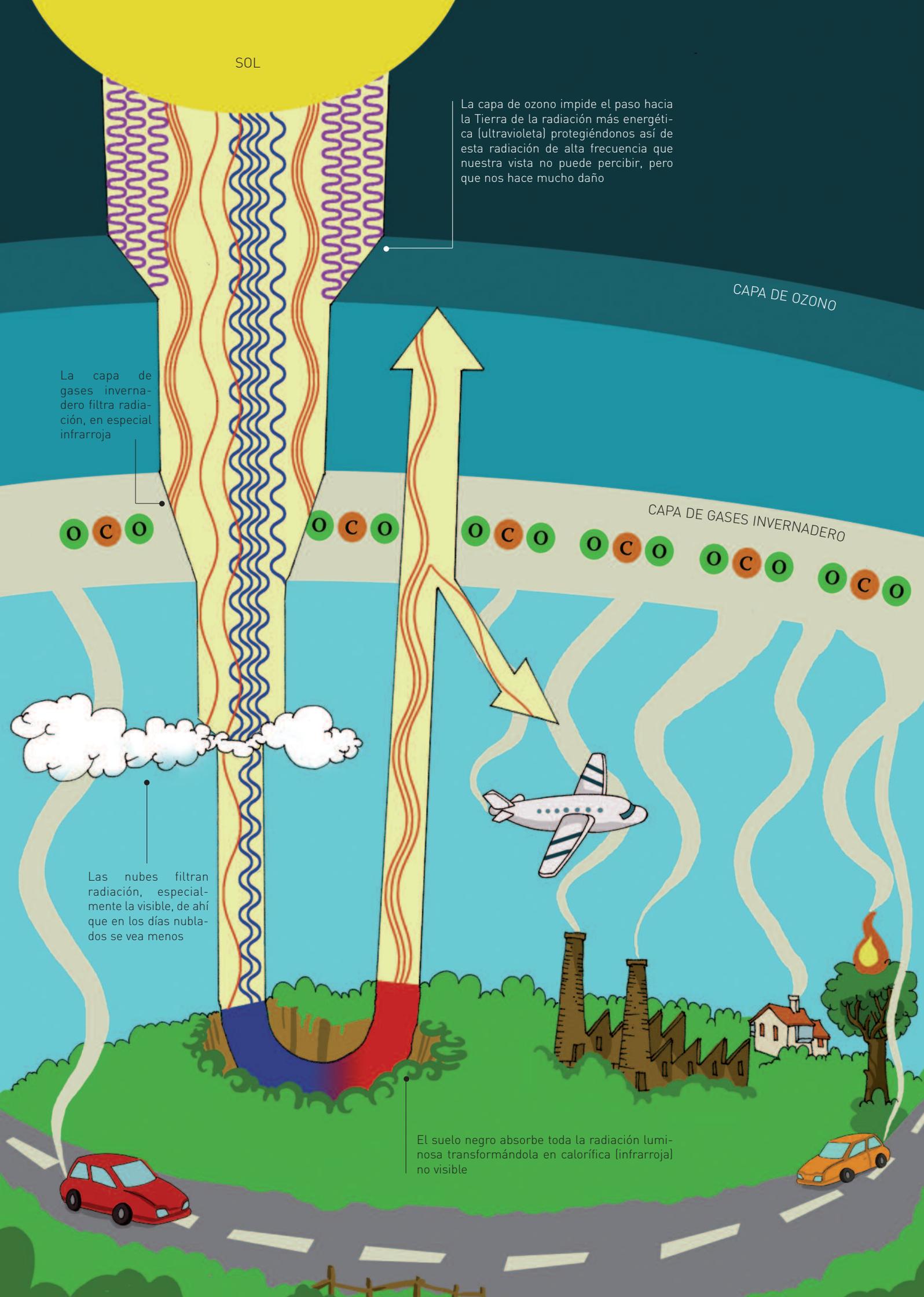
La capa de gases invernadero filtra radiación, en especial infrarroja

CAPA DE OZONO

CAPA DE GASES INVERNADERO

Las nubes filtran radiación, especialmente la visible, de ahí que en los días nublados se vea menos

El suelo negro absorbe toda la radiación luminosa transformándola en calorífica (infrarroja) no visible





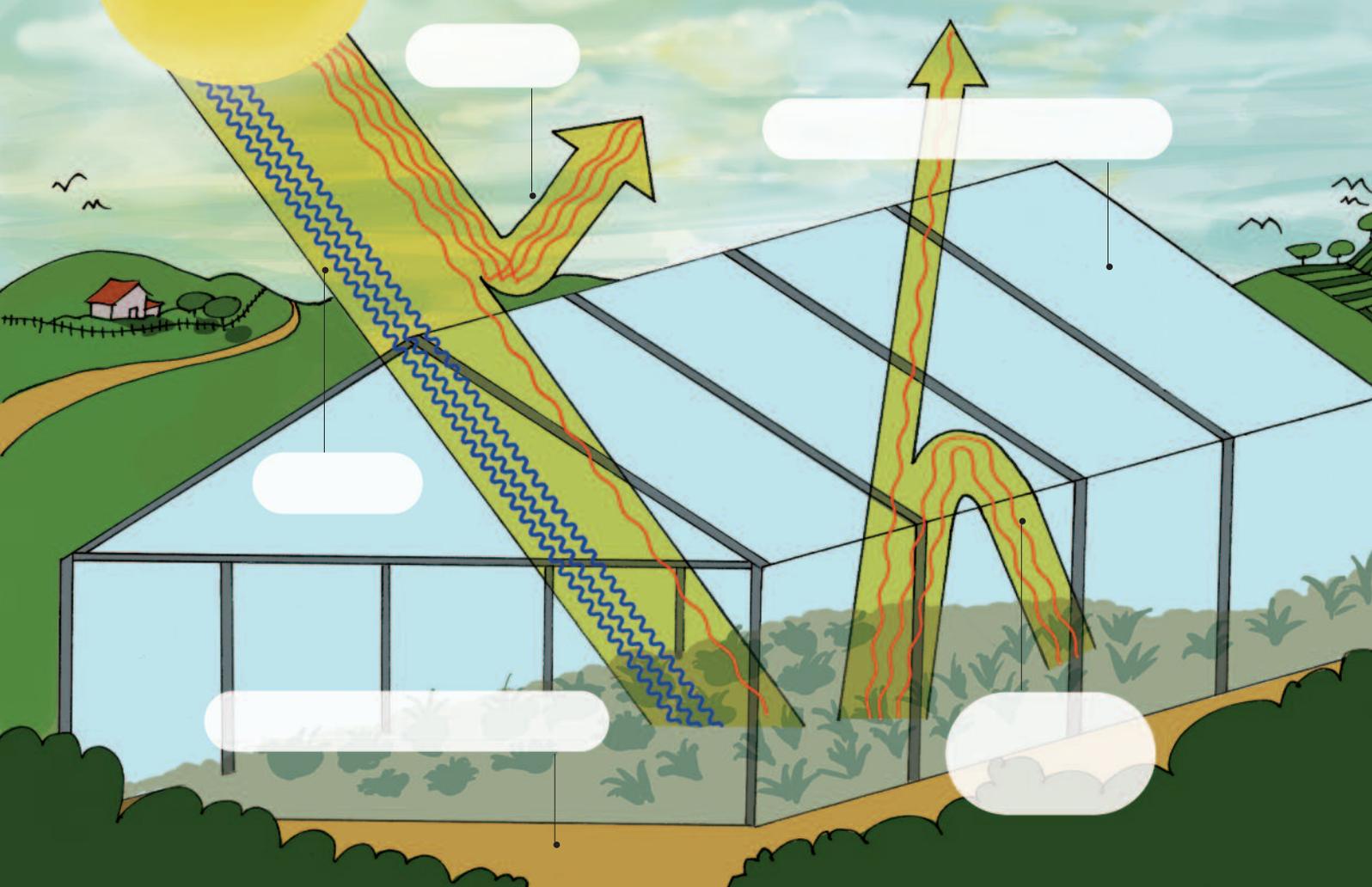
Por último las capas de nubes también reflejan y absorben radiación. Por eso los días con nubes hay menos luminosidad. Por la acción termorreguladora del agua, esta capa de gas vapor de agua, también tiene importancia en la regulación térmica que hace posible la vida en la Tierra, aunque actúa de manera diferente al dióxido de carbono.

Después de todos estos filtros atmosféricos, aproximadamente la mitad de la radiación que salió del Sol llega a la Tierra. La radiación visible que incide en tierra negra es absorbida, la que incide sobre cuerpos blancos es reflejada ("rebotada"). La que incide sobre cuerpos de otro color, parte es absorbida y el resto de la radiación luminosa visible se refleja. Esta radiación luminosa reflejada nos permite ver los cuerpos en los colores complementarios de las absorbidas.

En todo caso, la parte de la energía luminosa absorbida es la que se transforma en calor. Esta energía calorífica resultante es la que se emite como radiación infrarroja hacia la atmósfera. Parte de este calor emitido queda atrapado por la capa de gases de invernadero.



- Explica en base a lo que has estudiado, por qué las noches en los desiertos son extremadamente frías.
- Dos desiertos situados en la misma latitud y altitud, uno de arena oscura y otro de arena clara, ¿qué diferencias presentan en su temperatura máxima diurna? Justifica la respuesta.
- Mira la ilustración del invernadero y pon nombre en los recuadros de las partes que se comportan como la:
  - 1) superficie terrestre
  - 2) capa de gas dióxido de carbono.Señala en los recuadros que indican las flechas que simulan radiación energética la que corresponde a:
  - 1) radiación luminosa incidente
  - 2) radiación luminosa reflejada
  - 3) radiación calorífica
- Explica el hecho de que el interior de un invernadero sea más caliente que el exterior.
- ¿Por qué podemos cultivar plantas dentro de un invernadero cuando fuera morirían o se desarrollarían mal?
- Si en Marte hay formaciones geomorfológicas semejantes a valles fluviales y actualmente la temperatura es de  $-50^{\circ}\text{C}$  ¿qué cambios debió experimentar su atmósfera para llegar a la situación actual?
- ¿Qué le pasaría a la Tierra si perdiera la capa de dióxido de carbono? ¿Y si los niveles de este gas se duplicasen?



Tal y como se deduce de lo expuesto en este apartado, la Tierra es más caliente gracias al 0.03% que contiene de dióxido de carbono que actúa como filtro de la radiación calorífica de un modo semejante a como lo hace el vidrio de un invernadero, dado que es bastante transparente para la radiación visible pero muy poco para la infrarroja o calorífica.

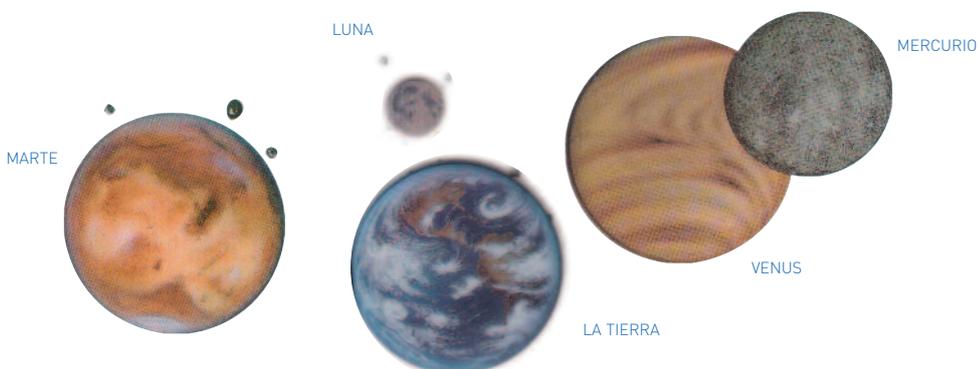
Si el contenido en dióxido de carbono de la atmósfera fuese el doble (0.06%), el efecto invernadero también aumentaría, calentando la Tierra un par de grados más, lo suficiente para provocar el deshielo gradual de los casquetes polares. Cuanto más gruesa sea la capa de dióxido de carbono, más se parecerá su comportamiento al del vidrio de un invernadero. Si se llegasen a derretir los hielos de la Antártida y de Groenlandia, el nivel del mar subiría unos 72 metros.





Lo contrario a esta situación fue lo que sucedió como consecuencia del último máximo glaciario, hace unos 18000 años, donde el nivel del mar se situaba unos 120 metros por debajo de donde se encuentra en la actualidad, quedando la antigua línea de costa cubierta por las aguas en estos momentos. En el pasado más reciente, hace unos 8000 años, se produjo una fase transgresiva donde el nivel del mar se situó alrededor de 2 metros por encima de la línea de la costa actual.

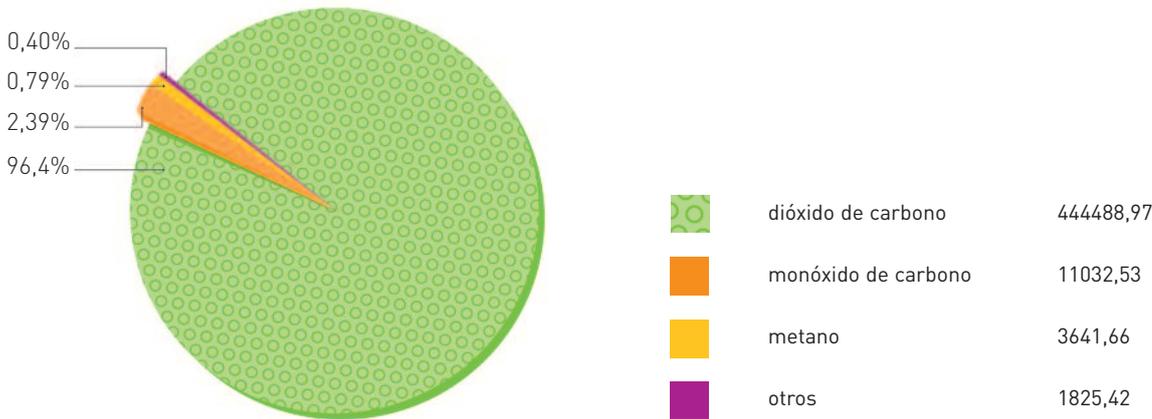
- La temperatura global de Mercurio es de 50 °C inferior que la de Venus, apesar de que el primero está más próximo al Sol. Otra diferencia entre los dos planetas radica en la presencia de una densa atmósfera en Venus que parece consistir toda ella en dióxido de carbono, prácticamente ausente en la atmósfera de Mercurio. Con estos datos explica que un planeta más próximo al Sol sea 50° C más frío que otro más distante.
- ¿Qué característica física significativa de la atmósfera de Marte (con un 95% de CO<sub>2</sub>) respecto a la de la Tierra, impide que se desarrolle un efecto invernadero eficaz que eleve la temperatura (se estima que la temperatura media de Marte es de unos -50°C) de este planeta?
- Calca la línea de costa que tendría Galicia como consecuencia de la última glaciación ¿A qué se debe la diferencia con la actual línea de costa? Si aumentara bruscamente la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera, ¿qué pasaría con la temperatura? y con las islas y cabos? Razona la respuesta.
- La diferencia de temperatura noche-día en los desiertos tiene que ver con otro gas diferente al dióxido de carbono que actúa de regulador térmico además de tener otras muchas funciones biológicas. ¿Qué otro gas es muy protagonista junto con el dióxido de carbono como regulador térmico? Si se enfría la Tierra ¿aumenta o disminuye su protagonismo? Justifica la respuesta.





## ¿De dónde viene y a dónde va el dióxido de carbono?: El ciclo del carbono

El gas dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) estando en la atmósfera en un porcentaje en volumen muy bajo (0.03%) es el principal gas que contiene el carbono (C) atmosférico. Así, considerando la unidad de volumen atmosférica dividida en un millón de partes, el CO<sub>2</sub> ocuparía 358 partes (el CO<sub>2</sub> representa 358 partes por millón). Los otros dos gases atmosféricos, mucho más minoritarios, que contienen carbono (C) son el metano (CH<sub>4</sub>) y el monóxido de carbono (CO). De estos dos gases minoritarios, el primero representa 0.1 partes por millón y el segundo 1.6 partes por millón.



- Tomando como unidad el milímetro (mm) representa un volumen prismático que contenga 1000 mm<sup>3</sup>. En ese cubo marca el volumen que representa el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Haz lo mismo con el metano (CH<sub>4</sub>). Explica el problema con el que te encuentras al señalar el volumen que se corresponde con este segundo gas.

Por tanto, el dióxido de carbono contiene la práctica totalidad del carbono de la atmósfera. Este gas también se encuentra en la hidrosfera y en el suelo; y entre las tres localizaciones se producen intercambios permanentes.

El gas dióxido de carbono es una de las formas químicas por las que el carbono se mueve de forma cíclica, por lo que el C que se emite a la atmósfera desde un punto que actúa como fuente, vuelve otra vez a ese punto actuando en este caso como sumidero.

Las reservas fundamentales de carbono en forma de moléculas de CO<sub>2</sub>(g) que los seres vivos pueden asimilar, se encuentran en la atmósfera y en la hidrosfera.

### ● PRÁCTICA DE LABORATORIO

Coge 3 tubos de ensayo grandes y pon la misma cantidad de agua en cada uno de ellos con un indicador de dióxido de carbono disuelto (en condiciones normales es rojo y a elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub> se vuelve amarillo/naranja). Enuméralos como 1, 2 y 3 con un rotulador. En los tubos 1 y 3 introduce fragmentos de tamaño equivalente de Elodea. Una vez que llenes los tres tubos con estas indicaciones, sopla en cada una de ellos con una pajita de refresco y procede de inmediato a taparlos. Por último rodea el tubo 3 con un papel negro, deja que pasen 24 horas para observar los resultados y contestar a las cuestiones:





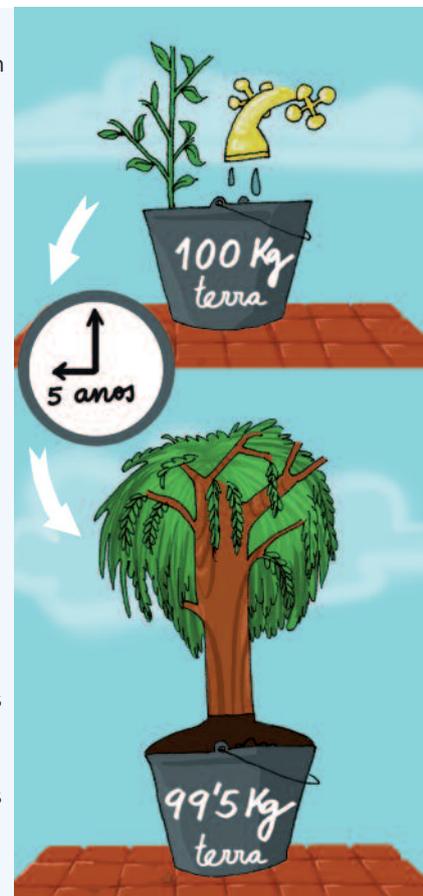
- Anota el color del indicador correspondiente que resulta en cada uno de los tubos.
- ¿Qué diferencia existe entre los dos tubos con Elodea y cuál es la causa?
- ¿Por qué se utiliza el tubo 2?
- Indica donde se produce cambio de color y explica las causas de este cambio.
- ¿En cuál de los tubos hay más dióxido de carbono? Justifica la respuesta.
- ¿En qué casos hubo disminución de CO<sub>2</sub>? ¿Qué crees que ocurrió con el dióxido de carbono que desapareció?

MATERIAL: 3 tubos de ensayo grandes, papel negro o de aluminio, tapones, planta de Elodea o similar de acuario, fuente luminosa (flexo) pajita de refresco o agua carbonada, indicador de CO<sub>2</sub> y agua.

- Lee el fragmento del informe del médico y químico flamenco del siglo XVII, Baptista van Helmont, para contestar las cuestiones relativas al texto:

*"(...) sequé 100 kilos de suelo en un horno y los deposité en una maceta apropiada; el suelo fue humedecido con agua de lluvia. Planté un sauce que pesaba exactamente dos kilos y medio y conservé el suelo constantemente humedecido por adición de agua de lluvia sin agregar ninguna otra cosa. Se cubrió la maceta dejando sólo un lugar para el tronco del árbol y para impedir la contaminación con polvo (...). Después de cinco años se sacó el árbol de la maceta y se volvió a pesar, dando un valor de 84 kilos con 590 gramos (...) de acuerdo con la hipótesis de Aristóteles, debió de notarse una pérdida en el peso del suelo de unos 82 kilos (...). Saqué el suelo de la maceta, lo sequé y lo pesé y obtuve un valor de 99,5 kilos; por lo tanto mientras el suelo perdió sólo unos cuantos gramos, el árbol aumentó 82 kilos (...). Pero, de que material se formaron los 82 kilos del árbol? Los 82 kilos de la madera, corteza y raíces sólo pudieron formarse a partir del agua"*

- En qué época vivió Aristóteles? Qué hipótesis tenía él sobre la nutrición de los vegetales?
- Van Helmont dice que "el suelo perdió sólo unos gramos" ¿Qué sustancias aporta el suelo a la alimentación de los vegetales?





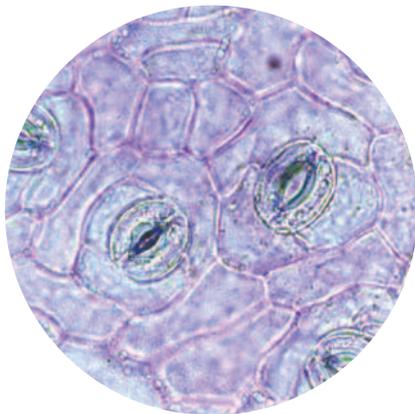
- c) En este trabajo se atribuye al agua la capacidad de hacer crecer la planta. Es el agua el único alimento de la planta? ¿Hay algún problema con el procedimiento científico seguido para llegar a esta conclusión?
- d) Con lo que sabes acerca de la nutrición, extrae tú tus propias conclusiones de este trabajo.

El carbono asimilado por los seres vivos de la atmósfera, en el proceso de la fotosíntesis, pasa de unos seres vivos a otros en los procesos de nutrición y acaba liberándose de nuevo a la atmósfera por la respiración, descomposición de restos y cadáveres o por combustión, describiendo así un proceso cíclico. Algunos de estos restos de seres vivos, en vez de descomponerse pueden fosilizar en el interior de la Tierra, retirando este carbono del ciclo, aunque sigue estando sometido a posibilidades de movimiento cíclico mucho más lento, pues los volcanes, terremotos, la erosión, etc., pueden hacer que vuelva a liberarse a la atmósfera como gas CO<sub>2</sub>.

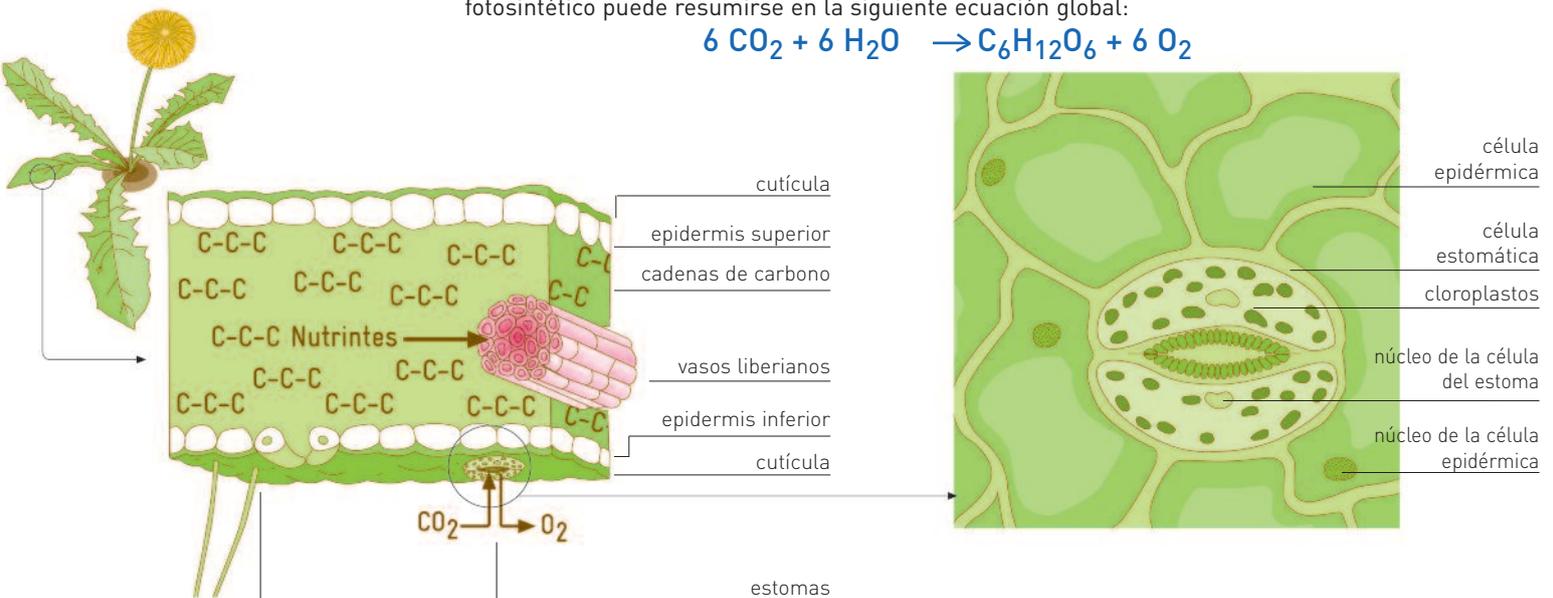
Puede decirse entonces que el carbono de la Tierra está en movimiento cíclico (ciclo del carbono). Este ciclo puede descomponerse, a su vez, en dos subciclos ajustados que suceden a diferentes velocidades y que se pueden explicar con el modelo del recorrido cíclico de la cadena de la bicicleta, como resultado de la combinación de los giros del piñón y del plato.

El ciclo más rápido (piñón) es aquel relacionado con la fotosíntesis, nutrición y descomposición de los seres vivos y sus restos. El más lento es el geoquímico, encargado de regular la transferencia entre los suelos y la atmósfera y relacionado por la formación de combustibles fósiles a partir de la transformación de la materia orgánica (formación de carbón, gas natural y petróleo) y su combustión o liberación como resultado de los procesos geológicos.

En cuanto al ciclo rápido, con la fotosíntesis los sistemas biológicos incorporan dióxido de carbono de la atmósfera en compuestos orgánicos (cadenas de carbonos) que mantienen almacenado, en las uniones, la energía química resultante de la transformación de la energía luminosa durante el proceso de la fotosíntesis. El gas entra en la planta a través de los estomas (poros) de las hojas. La materia orgánica formada en primer lugar son los hidratos de carbono tipo glicosa, a partir de la cual se forman las demás sustancias. El proceso fotosintético puede resumirse en la siguiente ecuación global:



Microfotografía de una hoja con detalle de estomas



En el interior de las hojas están los cloroplastos en los que se realiza la fotosíntesis con el gas dióxido de carbono del aire que entró por los estomas. Para que suceda este proceso hace falta energía luminosa que se transforma en energía química almacenada en los enlaces de las cadenas de C

(nutrientes) que se forman en el proceso, utilizando el C procedente del CO<sub>2</sub>. También se libera oxígeno que sale a la atmósfera por los estomas. Los nutrientes (cadenas de C) disueltos en el agua, constituyen el zumo elaborado que entra en los vasos liberianos.





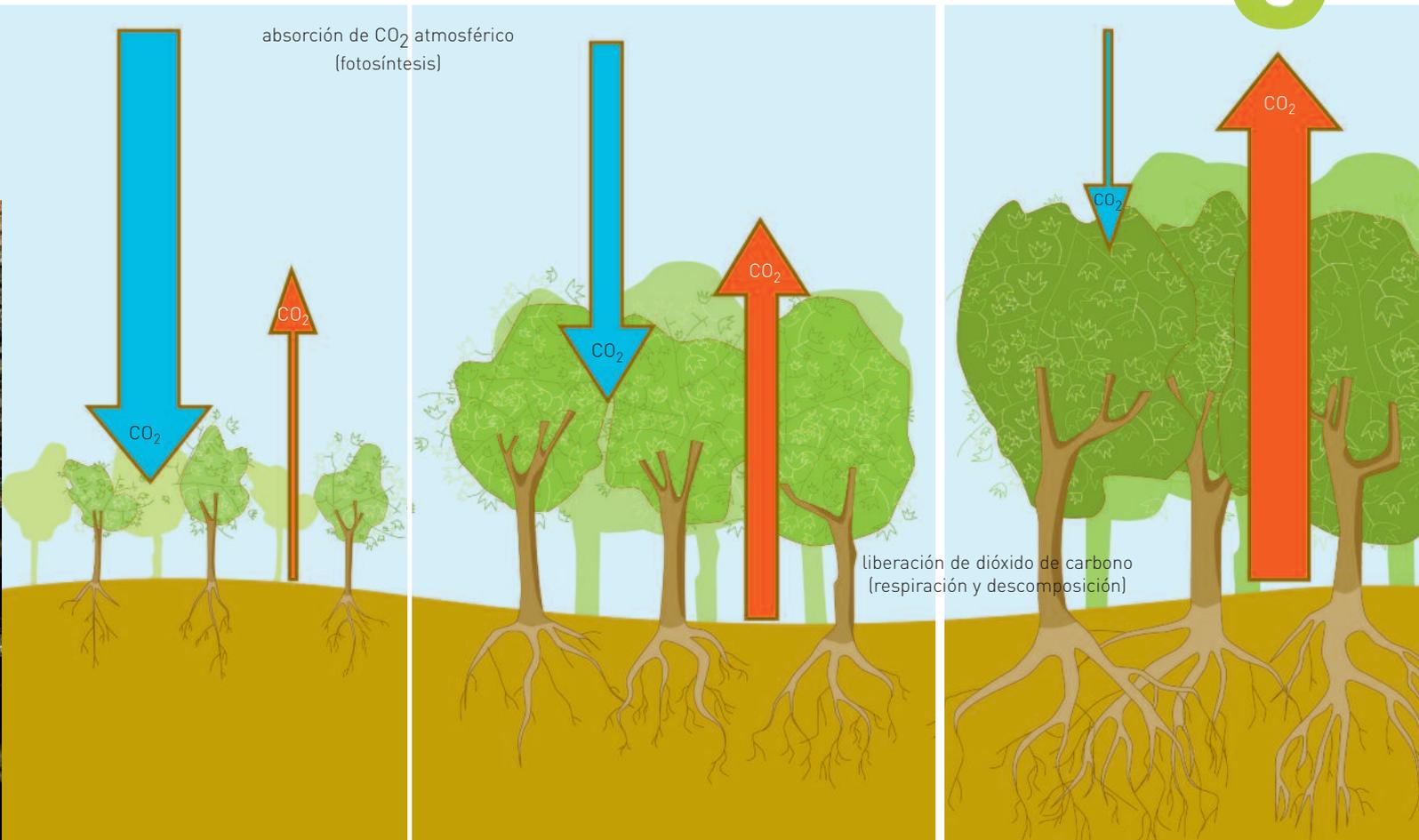
- ¿Para qué es interesante el oxígeno que se libera?
- ¿De qué moléculas obtenemos nosotros la energía? ¿Donde está almacenada y cuál es la fuente original?



La mayoría de la absorción del dióxido de carbono tiene lugar en los bosques juveniles. Se sabe que las plantas crecen más vigorosamente en ambientes ricos en dióxido de carbono. A medida que los árboles van creciendo, va aumentando la importancia de la respiración para mantener más biomasa, llegando un momento en que la respiración se compensa con la fotosíntesis en cuanto a la entrada y salida de dióxido de carbono.

En este sentido, un ecosistema forestal actúa como un sumidero (eliminación neta de CO<sub>2</sub> atmosférico) cuando hay un aumento de la suma de las existencias totales retenidas en la misma vegetación forestal (árboles y plantas) en relación al dióxido de carbono liberado por la respiración y descomposición (reacción inversa a la de la fotosíntesis) de ese bosque, lo que ocurre en bosques juveniles.

A medida que el bosque se va haciendo maduro, estas cantidades de sumidero y fuente de dióxido de carbono se van igualando, llegando a un equilibrio. En esta evolución se puede llegar a situaciones de bosques viejos, donde la liberación de CO<sub>2</sub> supere a la incorporación.



En la figura se representa un bosque en tres momentos de su evolución.

A la izquierda (a) se encuentra en un momento juvenil. En este caso está actuando como sumidero de dióxido de carbono porque absorbe en la fotosíntesis más de lo que libera en la respiración y en la descomposición, por lo que está contribuyendo a disminuir el efecto invernadero.

En la parte central (b) se encuentra en madurez y en este caso están equilibradas las entradas y las salidas de dióxido de carbono, por lo que no es un sumidero ni una fuente y no afecta al efecto invernadero.

A la derecha (c) se representa en el momento en que es un bosque viejo en el que las emisiones de dióxido de carbono (fuente) superan a las absorciones (sumidero) por lo que estará contribuyendo al aumento del efecto invernadero.

Teniendo en cuenta que los bosques se van haciendo más viejos al tiempo que van aumentando los problemas de deforestación y los incendios forestales, la capacidad de los mismos para actuar como sumideros de dióxido de carbono es limitada, secuestrando como máximo un 20% de nuestras emisiones a la atmósfera.

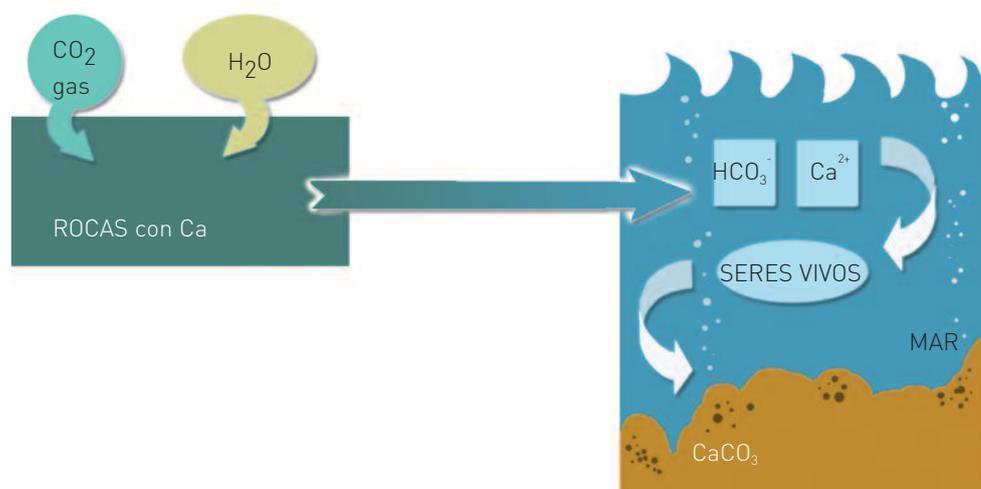
- Redacta tus propuestas de gestión forestal para potenciar la función de sumidero de CO<sub>2</sub> de los bosques.
- ¿Encuentras algún inconveniente ecológico a tu propuesta de gestión forestal?
- Un bosque protegido dentro de un Parque natural o Nacional ¿con cuál de las 3 ilustraciones lo asociarías? ¿Y un pinar plantado hace 3 años? Justifica la respuesta.
- ¿Cuál elegirías para pasar una jornada agradable? Explícalo.



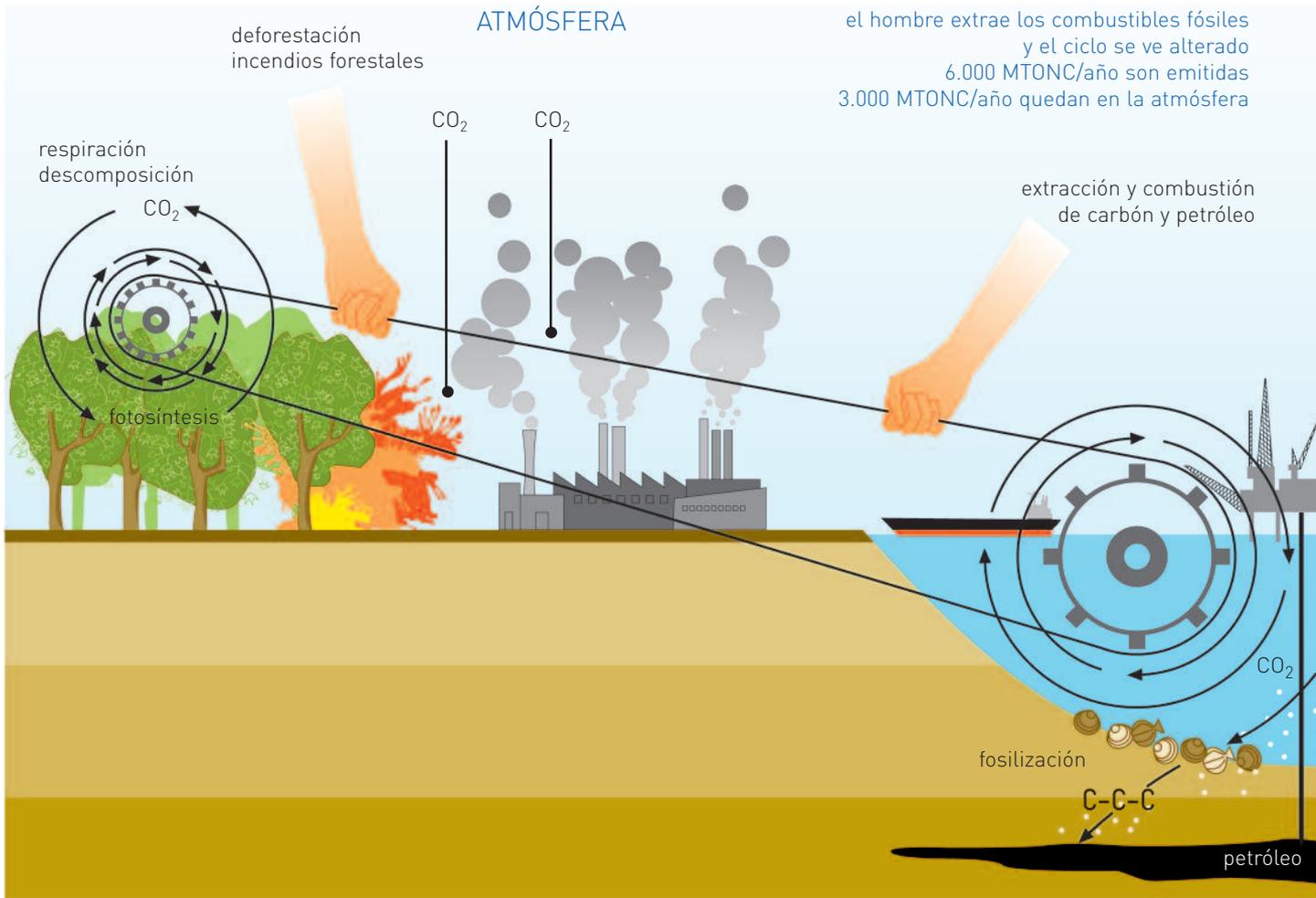


Aunque no debemos desechar el papel de los bosques como sumideros de  $\text{CO}_2$ , la clave para conseguir esta retirada del exceso de dióxido de carbono tenemos que encontrarla en el mar, donde la cantidad de carbono disuelto es del orden de unas 50 veces mayor que la cantidad presente en la atmósfera. Por tanto, en la hidrosfera nos encontramos con las mayores posibilidades de sumidero de C que quedará formando parte de las rocas carbonatadas y de los caparazones y conchas de moluscos y crustáceos, junto con las formaciones coralinas.

El dióxido de carbono disuelve las rocas con silicatos de calcio del continente (por ejemplo basaltos) dando bicarbonatos que van disueltos en el agua hacia el océano. Allí los bicarbonatos entran en los seres vivos incorporando el C que estaba en la atmósfera. Parte de los cadáveres de estos seres vivos se entierran formando rocas sedimentarias o sufren transformaciones dando lugar al petróleo. Estas rocas formadas a partir de los seres vivos apartan el C del ciclo.



● Fíjate en el dibujo. ¿Qué relación tiene la ilustración con un mayor incremento en el crecimiento de los corales?



Sin la capa de los gases de invernadero, gran parte del calor de la Tierra retornaría al espacio. Esta capa se configuró como resultado de un equilibrio natural alcanzado en el transcurso de mucho tiempo. Con esta capa la Tierra quedó dotada de la temperatura necesaria para el desarrollo de la vida y los seres vivos pasaron a jugar un papel fundamental en el mantenimiento del equilibrio necesario para sostener esta capa y el efecto invernadero natural necesario para la vida (ciclo del carbono).

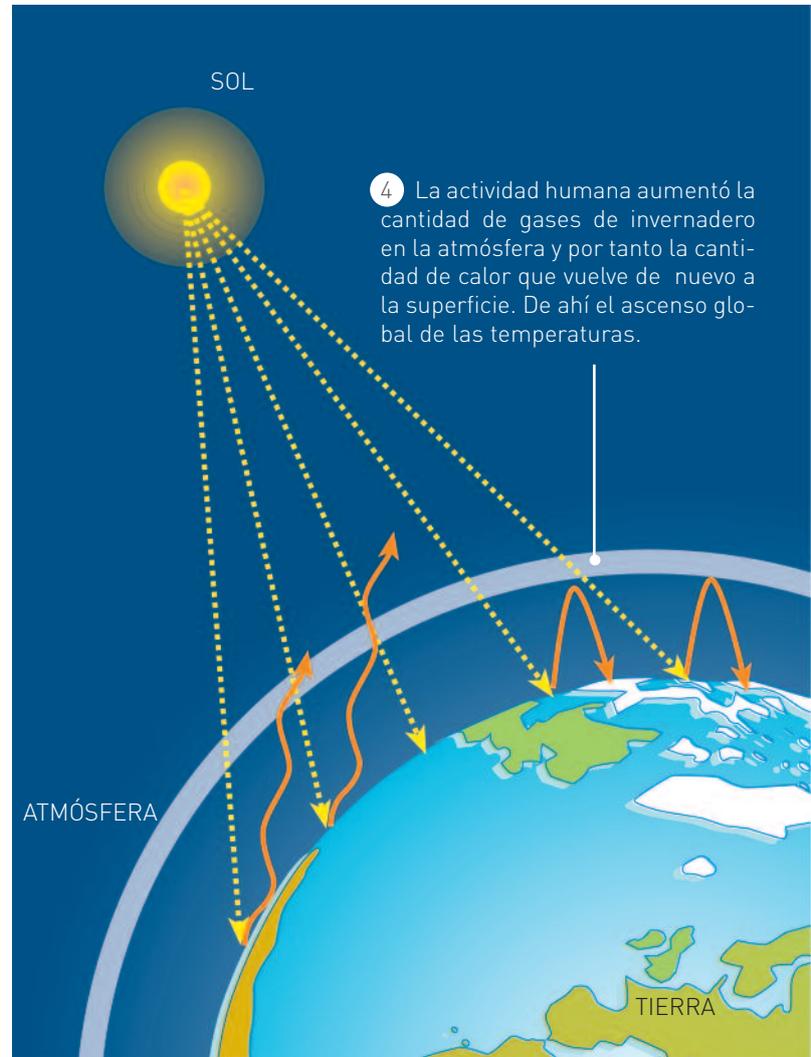
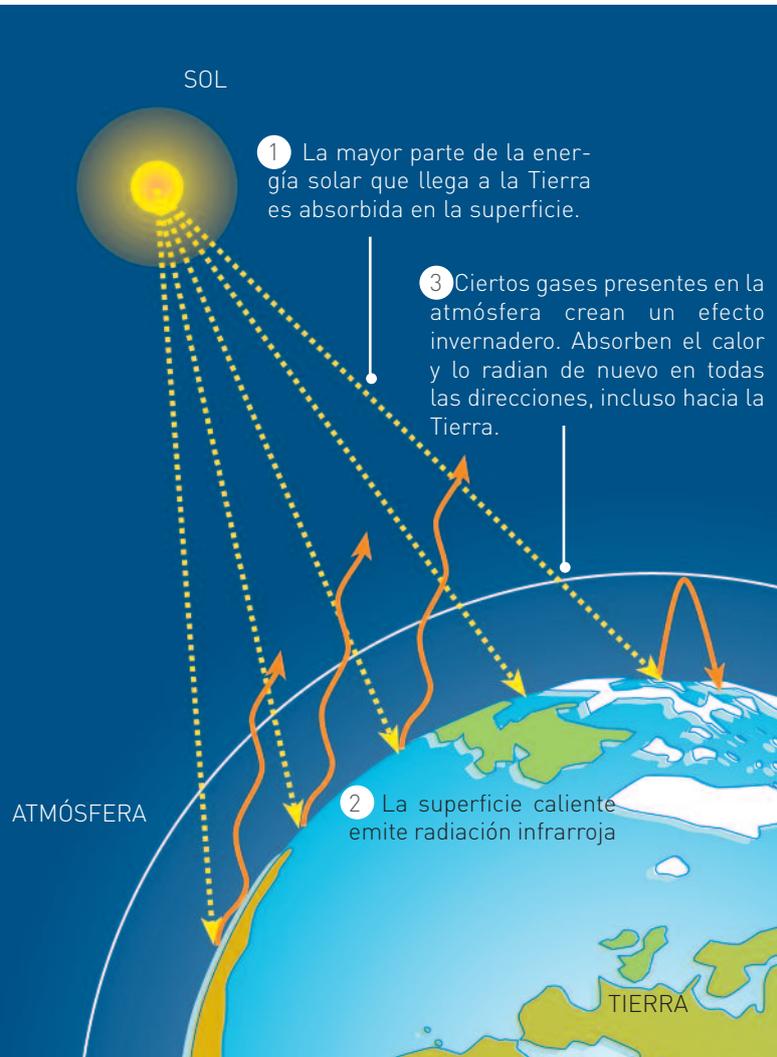
Pero si bien estos gases son necesarios, el exceso, en concreto de dióxido de carbono emitido por coches y centrales térmicas, está produciendo una subida constante de la temperatura. Esto es así porque estas combustiones derivadas de la actividad humana, son el resultado de la extracción de los combustibles fósiles y su combustión, lo que conlleva la aceleración artificial de la velocidad de la parte lenta del ciclo (aceleración artificial de la velocidad del plato). También se están produciendo desequilibrios en la parte rápida del ciclo (piñón) con las actividades humanas incendiarias y de deforestación.

Este exceso de dióxido de carbono liberado a la atmósfera por combustión de combustibles fósiles, sumado a los efectos de la actividad humana en la deforestación por talas e incendios, suponen la alteración del ciclo del carbono y la emisión de un exceso de CO<sub>2</sub>(g) a la atmósfera lo que trae consigo un incremento del grosor en la capa de gases invernadero.





A medida que esta capa crece, se refuerza la analogía con el vidrio (aumenta el efecto invernadero) que es el que provoca la subida constante de la temperatura. De los veinte años más calientes de los que se tiene registro, la mayoría son posteriores a 1980. Impedir que la atmósfera terrestre pase de esta situación de invernadero en la que está entrando a una situación de estufa natural, representa uno de los mayores retos a los que se enfrentarán los nuevos científicos del siglo XXI.



- Explica por qué se dice que el hombre altera el efecto invernadero.
- ¿Es dañino el efecto invernadero? Justifica la respuesta.
- Comenta la frase: "En las últimas décadas se está generando un desequilibrio en el ciclo del carbono que produce un aumento preocupante del efecto invernadero."
- Responde con lo estudiado en este capítulo a las cuestiones iniciales del apartado "RESPONDE CON LO QUE SABES AHORA"