

EL CAMBIO CLIMÁTICO: ALGO MÁS QUE UN RIESGO

Emilio Pedrinaci

“El progreso humano no es ni automático ni inevitable. El futuro ya está aquí y debemos enfrentar la cruda urgencia del ahora. En este acertijo constante que implica la vida y la historia, la posibilidad de llegar tarde existe. Podemos rogarle desesperadamente al tiempo que detenga su paso, pero el tiempo es sordo a nuestras súplicas y seguirá su curso. Sobre montañas de blancas osamentas y desperdicios de múltiples civilizaciones se observan las terribles palabras: Demasiado tarde”.

Martin Luther King

INDICE

INTRODUCCIÓN

1.- POR QUÉ SE HA ELEGIDO ESTA CUESTIÓN

2.- QUÉ RELACIONES TIENE CON EL CURRÍCULO DE CMC

3.- QUÉ DIFICULTADES OFRECE Y CÓMO PUEDEN FRANQUEARSE

4.- UNA SECUENCIA ENTRE MUCHAS

5.- PROGRAMA DE ACTIVIDADES Y SUGERENCIAS PARA SU TRATAMIENTO

6.- CÓMO PUEDE EVALUARSE. ALGUNAS PROPUESTAS

7.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y RECURSOS EN LA RED

8.- PARA EL AULA: PROGRAMA DE ACTIVIDADES

8.- PARA EL AULA: PROGRAMA DE ACTIVIDADES

En función de lo señalado en los apartados anteriores se presenta un programa de actividades con una de las secuencias posibles. La dinámica de la clase puede aconsejar la introducción de ajustes en el itinerario trazado.

En todo caso, se trata de un **programa de actividades abierto que deberá adaptarse a las características del alumnado** de cada aula. Aunque no es posible prever esas características hay, no obstante, un primer nivel de acercamiento que puede predecirse sin demasiado riesgo. Se deriva de que CMC es una asignatura común y, por tanto, será trabajada con estudiantes del bachillerato de ciencias, pero también con los de artes y humanidades. Esta circunstancia se ha tomado en consideración, de manera que **la propuesta que sigue permite una adaptación a una diversidad de perfiles de estudiantes**. Así:

- La mayor parte de las actividades pueden realizarse con varios niveles de profundización. En consecuencia pueden trabajarse con el alumnado de diferentes bachilleratos y con estudiantes de distinto nivel dentro de la misma aula.
- Se han introducido actividades elementales que, en según qué casos, pueden resultar innecesarias, bastará con saltárselas.
- Se han introducido actividades más complejas pensando en el alumnado de ciencias. Son actividades que conviene realizar siempre que las circunstancias lo permitan pero que, en todo caso, es posible formarse una idea suficientemente clara de la cuestión sin necesidad de hacerlas.

De cualquier forma, aunque se ha pretendido ofrecer una propuesta completa susceptible de ser llevada al aula, obviamente, no es necesario adoptarla íntegramente. Puede tomarse como un “menú” del que cada enseñante elige sólo aquello que le interese.

A.01. Todo lo que querías saber sobre el cambio climático

K. Dervis y A. Steiner en el Informe sobre el Desarrollo Humano 2007-2008 publicado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) señalan que “Las medidas que tomemos hoy con respecto al cambio climático tendrán consecuencias que perdurarán por un siglo o más. Los gases que retienen el calor y que enviemos a la atmósfera en 2008 permanecerán allí hasta 2108 y más. Por lo tanto, lo que decidamos hacer hoy no sólo afectará nuestra propia vida, sino aún más la vida de nuestros hijos y nietos.”

Para llamar la atención sobre la urgencia de adoptar decisiones con respecto al cambio climático en una situación que es calificada como de “urgencia planetaria”, 600 personas posaron desnudas en agosto de 2007 sobre un glaciar de Suiza que se halla en retroceso.

Figura A.01 Desnudos en el glaciar

EL PAÍS, domingo 19 de agosto de 2007



Desnudos sobre un glaciar suizo para protestar por el calentamiento global

Unas 600 personas posaron ayer para Spencer Tunick, el famoso fotógrafo especializado en retratar multitudes desnudas. Y lo hicieron sobre un glaciar, el de Aletsch, en Suiza. La imagen forma parte de una campaña de la organización ecologista Greenpeace, con la que pretende simbolizar la fragilidad de los glaciares y del

cuerpo humano frente a las consecuencias del cambio climático. “Los glaciares suizos han perdido una tercera parte de superficie y la mitad de su masa en los últimos 150 años, explicó Markus Allemann, director de la campaña. Esta inmensa mole de hielo es el glaciar más largo de Europa (23 kilómetros).”

- ¿Qué se entiende por retroceso glaciar? ¿Podrías indicar qué relación tiene con el cambio climático?
- Formula todas las preguntas acerca de lo que querrías saber sobre el cambio climático.
- Además de esas preguntas, ¿hay algunas otras que consideres necesarias para entender si el cambio climático está produciéndose ya, va a ocurrir irremediablemente o, sencillamente, es una posibilidad que tal vez no llegue a concretarse?

A.02. Organizamos lo que queremos saber

Queremos hacer un esquema que relacione todas estas preguntas; esquema que más tarde seguiremos para intentar darle respuesta. Para elaborarlo puede serte útil el siguiente procedimiento:

1° Entre las preguntas seleccionadas, valora cuáles de ellas deben ser respondidas con antelación a otras.

2° Escríbelas en el orden en que creas que deben ser tratadas. Si consideras que hay 2 o 3 que puedan intercambiar su orden ponlas a la misma altura.

3° Piensa en alguna relación que pueda establecerse entre ellas. Ninguna pregunta debe quedar desconectada.

4° Realiza un esquema que relacione con flechas estas grandes preguntas.

A.03. Distancia al Sol y algo más

¿Por qué hay planetas cálidos y planetas helados? La superficie de la Tierra tiene una temperatura media de unos 15 °C, la de Venus es 447 °C (suficiente para fundir el plomo) y la de Marte es de -55 °C. De estos datos podría deducirse que la Tierra se encuentra a la distancia adecuada del Sol, mientras que Venus está demasiado cerca y Marte demasiado lejos.

Sin embargo, de acuerdo con su distancia al Sol, la temperatura teórica que tendrían en ausencia de atmósfera es inferior en todos los casos.

	Temperatura real	Temperatura teórica	Atmósfera
Venus	447 °C	155 °C	Muy densa, 96% CO ₂ , 3 % N ₂ .
Tierra	15 °C	-18 °C	Poco densa, 78 % N ₂ , 21% O ₂
Marte	-55 °C	-63 °C	Muy tenue, 95 % CO ₂ , 3 % N ₂ .

- Si a la temperatura real le restamos la teórica, obtendremos el valor del efecto invernadero. A partir de los datos de la tabla, calcula el valor del efecto invernadero en Venus, la Tierra y Marte.
- ¿A qué puede deberse las diferencias existentes entre los valores del efecto invernadero en cada uno de estos planetas?
- La Luna se encuentra a la misma distancia del Sol que la Tierra pero carece de atmósfera. ¿Cuál será su temperatura teórica? ¿Y su temperatura real?
- La temperatura real es la media de los valores que se alcanzan en diferentes lugares y a distintas horas del día y de la noche. ¿Las diferencias entre la temperatura del día y la noche serán en la Luna iguales, mayores o menores que en la Tierra? ¿Por qué?

A.04. ¿Por qué no encaja Mercurio?

El planeta más cercano al Sol, Mercurio, tiene una temperatura superficial media de 180 °C, es decir, 267 °C menos que Venus.

¿Cuál puede ser la causa de que su temperatura sea inferior a la de Venus?

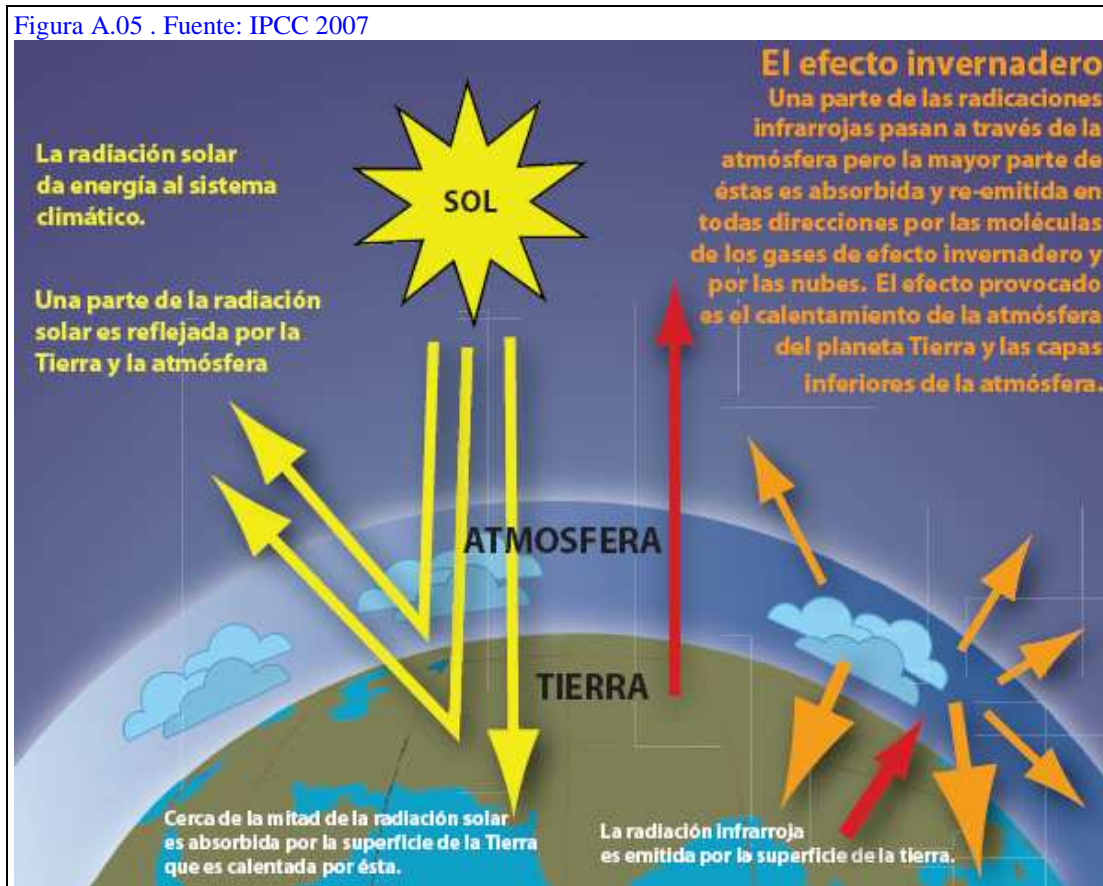
Busca información que permita comprobar si tu conjetura es o no correcta.

A.05. ¿Qué es el efecto invernadero?

En una actividad anterior se ha calculado el valor del efecto invernadero en la Tierra y en los planetas más cercanos. Pero, ¿qué es el efecto invernadero?, ¿cómo se produce? La figura muestra un modelo simplificado del efecto invernadero. En ella se representa la distribución de la radiación solar que llega a la zona superior de la atmósfera terrestre. Así, aproximadamente el 30% de esa radiación solar es reflejada por la atmósfera y la superficie terrestre, un 19% es absorbida por la atmósfera y el 51% restante es absorbida por la superficie terrestre.

- En cada uno de los rótulos que aparecen añade un número que indique el orden en que debe leerse el proceso descrito. Precisa también el porcentaje de la radiación solar en cada uno de ellos.
- ¿Qué papel desempeña la atmósfera en este proceso? ¿En qué se parece su efecto al del vidrio o plástico de un invernadero?
- De no existir atmósfera, ¿qué cambios habría que introducir en este esquema?
- ¿Cuáles son los gases más abundantes en la atmósfera?
- ¿A qué se llama gases de efecto invernadero?

Figura A.05 . Fuente: IPCC 2007



A.06. Lo que se refleja no se absorbe

Llamamos albedo a la parte de la radiación solar que es reflejada por la atmósfera (nubes y partículas de polvo) y la superficie terrestre (océanos, continentes, hielo, vegetación). Su valor medio es, aproximadamente, el 30% del total de radiaciones solares recibidas. Pero no todas las superficies tienen el mismo albedo, cuando más clara es una superficie mayor albedo tiene. Así, el hielo y la nieve reflejan la mayoría de las radiaciones solares recibidas.

- a) Las partículas pequeñas que se encuentran en suspensión en la atmósfera se denominan aerosoles. ¿Conoces algún proceso natural que incremente los aerosoles? ¿Y alguna actividad humana?
- b) ¿Qué efecto tendrá en el albedo el incremento de aerosoles? ¿Y en la temperatura?
- c) Ordena de mayor a menor albedo las siguientes superficies: océano, hielo, desierto.
- d) Si disminuye la cubierta de hielo en nuestro planeta, ¿qué ocurrirá con el albedo? ¿Qué efecto tendrá esto en la temperatura?

A.07. Un invernadero para experimentar

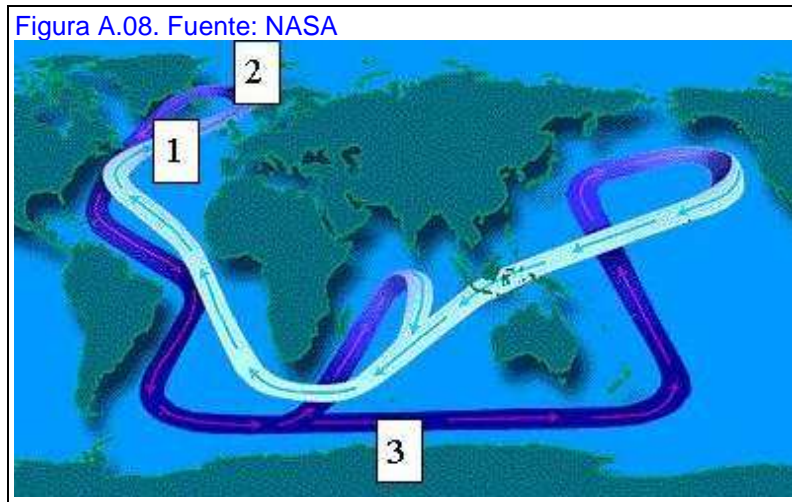
Un frasco de vidrio dentro de una botella de plástico transparente, proporciona un modelo sencillo de invernadero con el que poder experimentar. Haremos tres montajes idénticos. Cada uno de ellos consta de una botella de agua mineral, cortada e invertida, dentro hay un frasco (como los de mermelada) sin tapadera que ocupa la mitad del volumen y en el espacio entre el frasco y la botella hay un termómetro. La única diferencia entre los tres montajes será que el primer frasco está lleno de arena, el 2º de agua y el 3º está cubierto completamente de papel de aluminio. Colocaremos también un termómetro externo y mantendremos todo el montaje durante un tiempo al sol (por ejemplo una hora).

- a) ¿Qué se pretende comprobar llenando un frasco de arena, otro de agua y cubriendo con papel de aluminio el tercero?
- b) ¿Por qué se ha puesto también un termómetro en el exterior? ¿Crees que podría ser útil colocar algún otro termómetro? ¿En dónde y para qué?
- c) Inicialmente la temperatura en todos los invernaderos es la misma. Pronostica la evolución que seguirá la temperatura en cada invernadero. Justifica la respuesta.
- d) ¿Qué ocurriría en cada caso si la botella se cubre de papel de aluminio? ¿Y si se pinta de negro?
- e) Realiza la experiencia y comprueba si tus hipótesis son correctas.

A.08. Una cinta que redistribuye el calor

La esfericidad de la Tierra hace que radiación solar recibida (y la absorbida) en las zonas cercanas al ecuador sea muy superior a la recibida en latitudes cercanas a los polos, lo que genera grandes diferencias de temperatura. Las corrientes marinas, también los vientos, contribuyen a reducir esas diferencias. La circulación termohalina es una corriente oceánica causada por diferencias de temperatura y densidad de las aguas, conecta todos los océanos y constituye una gran cinta transportadora de calor.

- Se ha dicho que la radiación solar recibida en la zona ecuatorial es muy superior a la recibida en la zona polar. ¿Y el albedo, dónde será mayor? ¿Esta circunstancia compensará o acentuará las diferencias de temperatura?
- Describe la trayectoria seguida por la corriente termohalina. Considera que la franja de color azul claro representa la corriente superficial, mientras que la oscura señala la corriente profunda.
- Al llegar al Atlántico norte la corriente superficial se hunde. ¿Cuál puede ser la causa de este hundimiento?
- ¿Por qué se dice que la corriente termohalina redistribuye el calor en los océanos?



A.09. Glaciares que retroceden

Cada año se incrementan los datos aportados por los científicos que nos dicen que el cambio climático ya está aquí. Así, en las últimas décadas se está produciendo un retroceso general de los glaciares de montaña, especialmente en los del Hemisferio Norte.

- Estas dos fotografías son del glaciar Muir (Alaska). La de la izquierda fue tomada en agosto de 1941, la de la derecha también en agosto pero de 2004. Además del evidente retroceso glaciar, ¿qué otros cambios se observan?
- ¿En qué lugar del esquema organizativo previo (A.0.2) ubicarías esta actividad?

Figura A.09. Fuente: United States Geological Survey (USGS)



A.10. También el mar helado retrocede

El proceso de deshielo se ha acelerado en los últimos años y está afectando también a la capa helada que cubre el océano Ártico. Durante el verano, el área cubierta de hielo en el Ártico se ha reducido un 14 % pero su grosor lo ha hecho un 40%. El IPCC destaca otros indicadores del cambio climático que apuntan en la misma dirección que el retroceso glaciar, como el retraso en las primeras heladas de otoño y el adelanto en el deshielo de muchos lagos del Hemisferio Norte.

- A continuación se ofrecen dos informaciones de prensa, la primera es de mayo de 2006. Léela y resume los datos que consideres más relevantes.
- En esa noticia se habla de que el deshielo Ártico abre la posibilidad de establecer nuevas rutas en barco o explotar yacimientos de petróleo de la zona. ¿Consideras que la segunda noticia (septiembre de 2007) confirma el pronóstico realizado? ¿Qué tipo de conflictos pueden deducirse de lo mostrado en la 2ª noticia?
- La información proporciona también una gráfica con la evolución de la cubierta de hielo en el Ártico. ¿Cómo ha sido esta evolución durante el período reflejado en ella?

Figura A.10. a) Fuente: EL PAÍS

EL PAÍS, jueves 18 de mayo de 2006

El Ártico pierde 300.000 kilómetros cuadrados de hielo en sólo un año

Un estudio por satélite calcula que en 2070 no habrá cubierta sólida flotante en verano

RAFAEL MÉNDEZ, Madrid
Los científicos dicen que el océano Ártico es al clima lo que el canario a la mina: conviene ver cómo le va, porque es extremadamente sensible a los cambios de temperatura. Y

le va mal. En marzo de 2006 los satélites de la NASA han medido 300.000 kilómetros menos de hielo que en 2005 (el 60% de España). La pérdida de hielo, sostenida desde que en 1979 comenzaron las mediciones, no

hace más que acelerarse, y la previsión moderada dice que en 2070 no habrá hielo flotante en verano. La pesimista habla de 2030, algo que permitiría abrir nuevas rutas comerciales por el mar.

En marzo de 1979, los satélites constataron una superficie helada de 16,5 millones de kilómetros cuadrados de hielo (32 veces España) en el Ártico. En 2005 había 14,8 millones y este marzo, 14,5 millones. El mínimo de este año supone un 12% menos que en 1979 y un 2% menos que en 2005. Los satélites miden el hielo flotante, no el que hay sobre Groenlandia o en los países que tocan el Círculo Polar Ártico.

“Tenemos los ojos como platos. En marzo de 2006 hemos visto 300.000 kilómetros menos de hielo flotante que en marzo de 2005. Es el peor dato desde que en 1979 comenzamos las medicio-



siones actuales calculaban que el Ártico podía quedar libre de hielo en verano a partir de 2070, pero matiza: “Hay nuevos estudios que señalan que puede producirse antes, incluso en 2030. La diferencia está en que unos cálculos utilizan el calentamiento de la atmósfera y otros también el impacto del calentamiento de los océanos, y parece que eso puede aumentar la velocidad de deshielo”.

Este deshielo casi completo abre enormes posibilidades, como nuevas rutas marítimas o explotar nuevas bolsas de petróleo y gas hasta ahora inalcanzables.

Figura A.10.b) Fuente: EL PAÍS

8 / INTERNACIONAL

EL PAÍS, domingo 30 de septiembre de 2007

La nueva conquista del Polo Norte

Conflictos territoriales en el Ártico

■ NUEVAS FRONTERAS

— Actuales fronteras (las aguas territoriales terminan a 200 millas de la costa)

— Posibles peticiones de ampliación de fronteras de los países árticos (tras realizar estudios de extensión de sus plataformas continentales)

■ RUTAS COMERCIALES

1 Paso del Noreste
Ya utilizado por la antigua URSS con la ayuda de rompehielos. Todavía no navegable.

2 Paso del Noroeste
Abierto este año por primera vez. Canadá lo reclama como propio mientras que EE UU y la UE afirman que es un estrecho internacional. Canadá construirá una base militar en Resolute Bay, para “reforzar su soberanía en el Ártico”.

■ PROSPECCIONES DE GAS Y PETRÓLEO

Un estudio del servicio geológico de EE UU afirma que el 25% de las reservas de petróleo y gas por descubrir están en el Ártico. Varios yacimientos ya están en disputa:

3 Yacimientos cercanos a Stockman: disputados entre Noruega y Rusia

■ EXTENSIÓN DEL HIELO

En agosto, en millones de km²

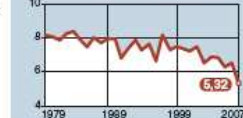


Imagen de la NASA que muestra la extensión del hielo el 16-09-2007 (mínimo histórico)



A.11. Analiza la gráfica

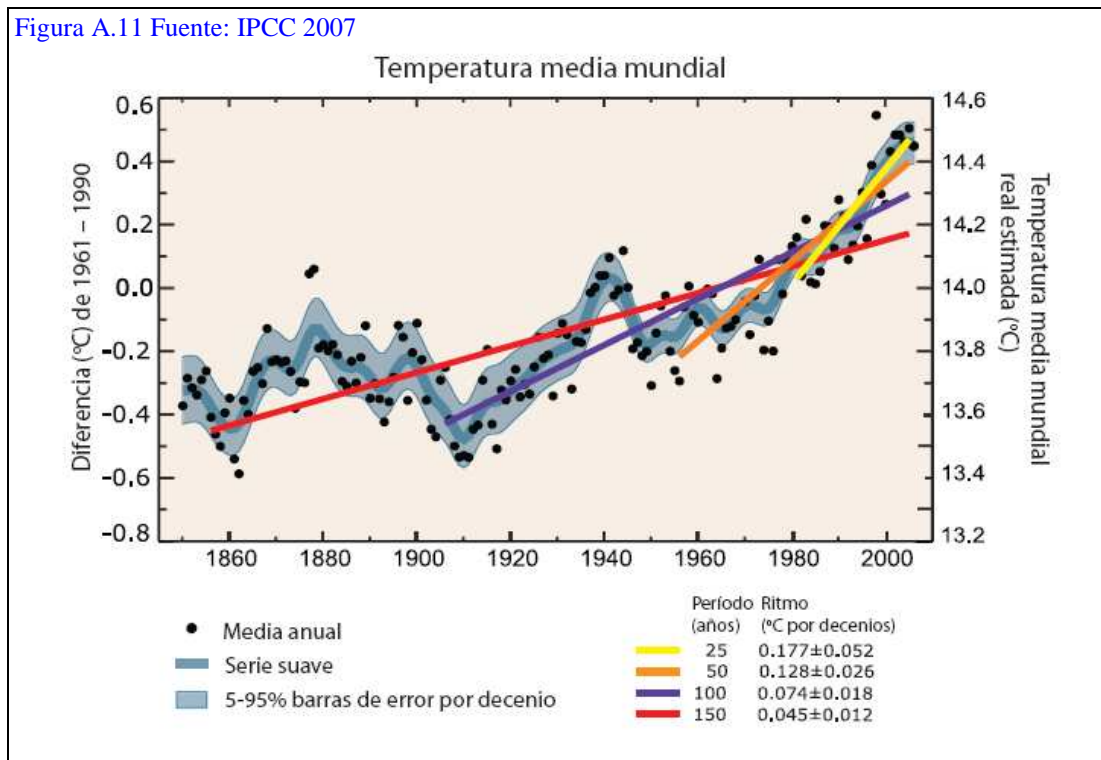
El IPCC 2007 señala que “De los últimos 12 años (1995 a 2006) 11 de ellos, exceptuando 1996, se clasifican entre los 12 años más cálidos registrados desde 1850.”

La gráfica muestra la temperatura media anual entre 1850 y 2006 y es algo más compleja de las habituales. Veamos algunas aclaraciones que pueden ayudarte a leerla:

- En el eje abscisas (horizontal) figuran los años.
- En el eje de ordenadas aparecen dos referencias. A la derecha figura el valor de la temperatura media mundial. A la izquierda se ha tomado como valor de referencia la temperatura media en el período 1961-1990 y se ha marcado con 0,0; todas las demás temperaturas se refieren a ella, valores positivos hacia arriba y negativos hacia abajo.
- Los puntos negros marcan las temperaturas medias anuales medidas.
- El trazo grueso azul muestra variaciones decenales.
- El trazo gris marca el margen de error que pueden tener los valores decenales.
- La línea roja representa la tendencia lineal en todo este período. Es una forma de mostrar de manera más simplificada y visible la tendencia.
- Las otras líneas de trazo recto marcan también tendencias lineales en períodos más cortos y cercanos: morada (100 últimos años), naranja (50 últimos años) y amarilla (25 últimos años).

- a) ¿Cuánto han aumentado las temperaturas en los últimos 100 años?
- b) La gráfica muestra dos períodos de 30 años con fuerte incremento, ¿cuáles son?
- c) Traza la tendencia lineal de los últimos 10 años. ¿Cuál ha sido la década más cálida de todo el período registrado?
- d) ¿Qué conclusiones generales pueden sacarse de esta gráfica?

Figura A.11 Fuente: IPCC 2007

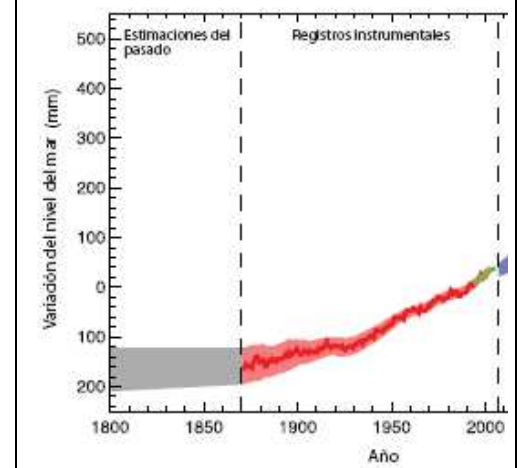


A.12. ¿Está subiendo el nivel del mar?

La gráfica muestra la variación del nivel del mar. No hay mediciones mundiales anteriores a 1870. El sombreado gris muestra los intervalos de incertidumbre hasta esa fecha. La curva roja reconstruye el nivel medio mundial registrado y el sombreado del mismo color señala el grado de incertidumbre existente. En las fechas más recientes, se han podido hacer mediciones con satélite con un mayor grado de precisión (tramo verde).

- El sombreado rojo de la gráfica va reduciéndose desde 1870 hasta la actualidad. ¿Cómo interpretas este hecho?
- ¿Qué incremento del nivel del mar se ha producido desde 1950?

Figura A.12. Fuente: IPCC 2007



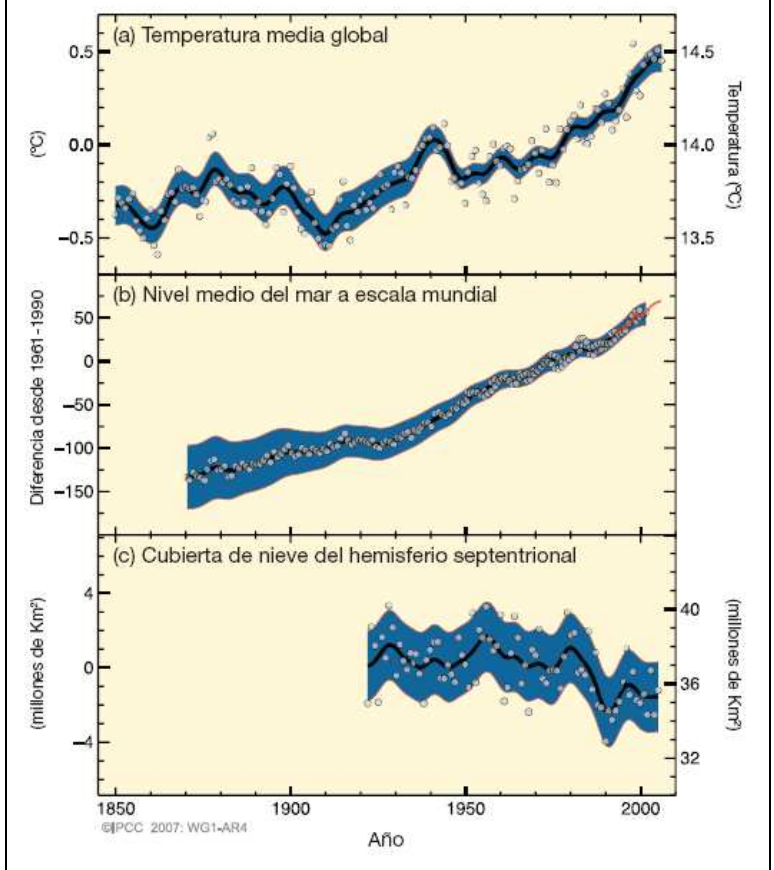
A.13. ¿Por qué sube el nivel del mar?

Hemos visto que la temperatura está subiendo y que también lo hace el nivel del mar, mientras que está bajando la cubierta de nieve y hielo en el planeta. ¿Existe alguna relación entre estos cambios? Para llegar a conclusiones de este tipo, los científicos realizan análisis comparativos (correlaciones) de todos estos datos.

El cuadro muestra las gráficas con la evolución de estas tres variables. Como en ocasiones anteriores, los círculos representan los valores anuales tomados, los trazos gruesos negros son los valores promedio por decenio, y las zonas sombreadas, los márgenes de incertidumbre.

- Imagina un vaso de plástico que contiene agua. El nivel del agua puede cambiar porque modifiquemos la forma del recipiente (por ejemplo, apretándolo o empujando para que suba su fondo). ¿Conoces algún proceso geológico que modifique la forma de las cuencas oceánicas?
- También puede cambiar el nivel del agua en el vaso de plástico porque echemos más agua. ¿Hay algún proceso natural que incremente la aportación de agua al océano? ¿Está produciéndose en los últimos años?
- ¿Hay alguna otra forma de que suba el nivel del agua en el recipiente sin que se cambie su forma ni se suministre más agua?
- ¿Qué conclusiones podrían obtenerse para el caso de la subida del nivel del mar? ¿Cuáles dirías que son las causas que lo están generando?

Figura A.13. Fuente: IPCC 2007



A.14. Un clima enloquecido

Los períodos de sequía, las inundaciones, las olas de calor o los ciclones forman parte de la dinámica climática habitual, de manera que la ocurrencia aislada de alguno estos fenómenos, por intenso que sea, no debe ser interpretado como indicio de cambio climático, mucho menos como prueba.

Sin embargo, desde 1950 se ha incrementado la frecuencia e intensidad de estos fenómenos meteorológicos extremos, circunstancia que sí debe tomarse como indicador de cambio climático.

- Busca información sobre fenómenos climáticos extremos ocurridos en los últimos años.
- Valora si en la información que hayas encontrado se hace una generalización simplista de la que ocurrencia de un fenómeno meteorológico extremo y si se utiliza como “prueba” del cambio climático.
- ¿Qué diferencia hay entre estado del tiempo y clima?

Figura A.14 Fuente: Comisión Europea, Dirección General de Medio Ambiente

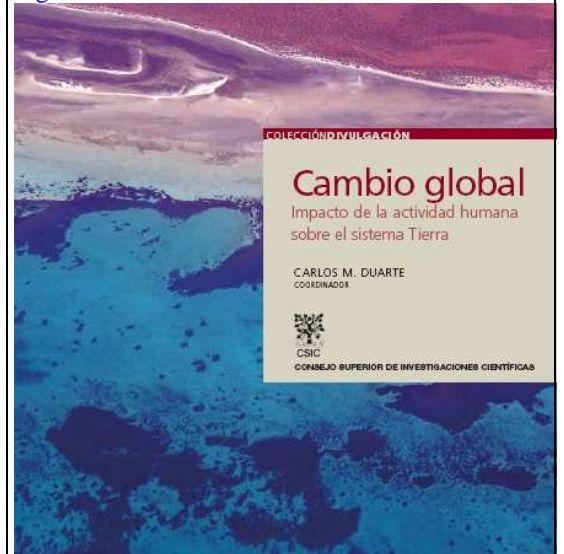


A.15. Los seres vivos se ven afectados por el cambio climático

“Hay dos aspectos simples pero cruciales que deben considerarse al abordar el cambio global y los ecosistemas: i) cada especie se ve afectada de forma diferente por una misma intensidad de cambio ambiental, ii) Las especies que componen un ecosistema interactúan entre sí de forma que existe un complejo entramado de relaciones que van desde la dependencia a la competencia pasando por la simbiosis o facilitación mutua de la existencia, como en el caso de los polinizadores. El cambio global opera sobre las especies pero afecta a la intensidad y naturaleza de las interacciones entre ellas. Algo tan simple como la alteración de la fenología, o ritmos estacionales de las plantas y animales como consecuencia de cambios en el clima, hace que se pierdan muchas sincronizaciones entre especies, de forma que una planta puede no encontrar a tiempo al polinizador o dispersor de sus frutos si adelanta su ciclo con el calentamiento, o muchos animales pueden no encontrar su alimento...”

C. Duarte (Coord.) (2006). *Cambio Global*. CSIC. Pág. 90.

Figura A.14 Fuente: CSIC

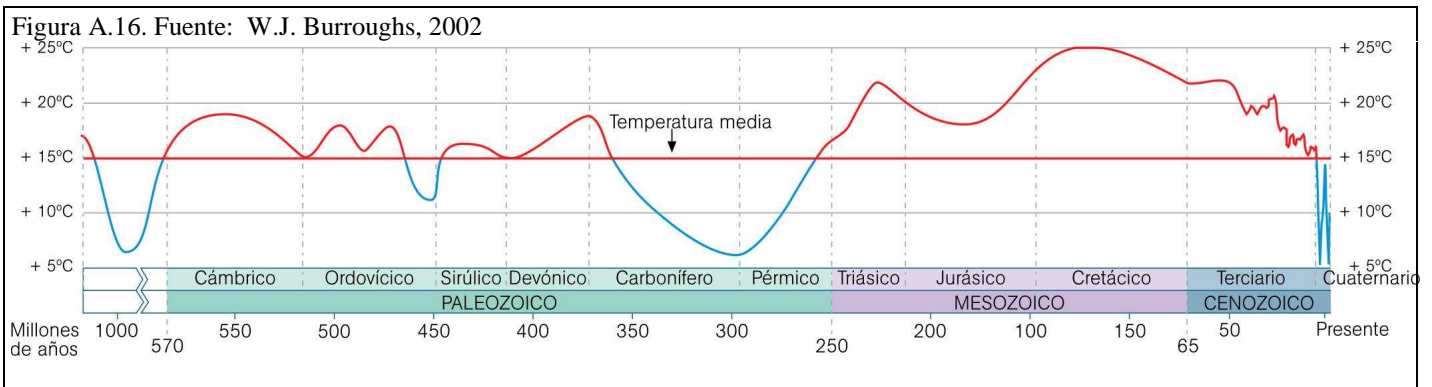


- ¿A qué se refiere el autor cuando habla de “cambio global”? ¿Sería sustituible por cambio climático?
- ¿Conoces algún ave que esté cambiando sus fechas de migración?
- Como ocurre con las especies, ¿crees que cada región puede verse afectada de forma diferente por el cambio climático? ¿Por qué?
- Resume los indicadores del cambio climático trabajados hasta el momento.

A.16. ¿Ha cambiado el clima en el pasado?

El clima terrestre ha experimentado grandes cambios en el pasado, de manera que han alternado períodos cálidos con otros más fríos. La gráfica representa las temperaturas medias de la superficie terrestre en los últimos 600 M.a.

- En los últimos 600 M.a. ¿ha habido más tiempo con temperaturas por encima o por debajo de las actuales?
- El Cuaternario es, globalmente, un período glacial. ¿Qué otros períodos glaciales ha habido?
- ¿Cuál ha sido el período más cálido de los representados en la gráfica?
- ¿En qué período terrestre cabe esperar que el nivel del mar estuviese más alto?
- ¿Dirías que los cambios de clima han sido la norma o la excepción en la historia de la Tierra?
- ¿En qué lugar del esquema organizativo previo (A.02.) ubicarías esta actividad?



A.17. Burbujas de aire atrapadas en el hielo

Durante los últimos 650.000 años, el hielo se ha ido acumulando en la Antártida. Lo ha hecho capa sobre capa, de manera que se encuentra ordenado por edades, abajo el más antiguo, arriba el más moderno. Se ha formado por compactación de la nieve y aun encierra pequeñas burbujas del aire que contenía aquella nieve. Es un “aire fósil” que nos muestra la composición de la atmósfera en el momento en que se produjo la nevada. Así, los científicos pueden ver si ha cambiado la proporción de oxígeno o de dióxido de carbono. Por otra parte, estudian la presencia de ciertos isótopos, como el ^{18}O y el ^{16}O , cuya proporción cambia con la temperatura, de manera que constituyen unos excelentes termómetros.

Busca información sobre los procedimientos utilizados para obtener este hielo fósil en la Antártida y en Groenlandia. Por ejemplo:

- Observatorio de la Tierra (NASA):

http://earthobservatory.nasa.gov/Study/Paleoclimatology_IceCores/

- National Oceanic and Atmospheric Administration, USA: www.arctic.noaa.gov

Fuente: NASA



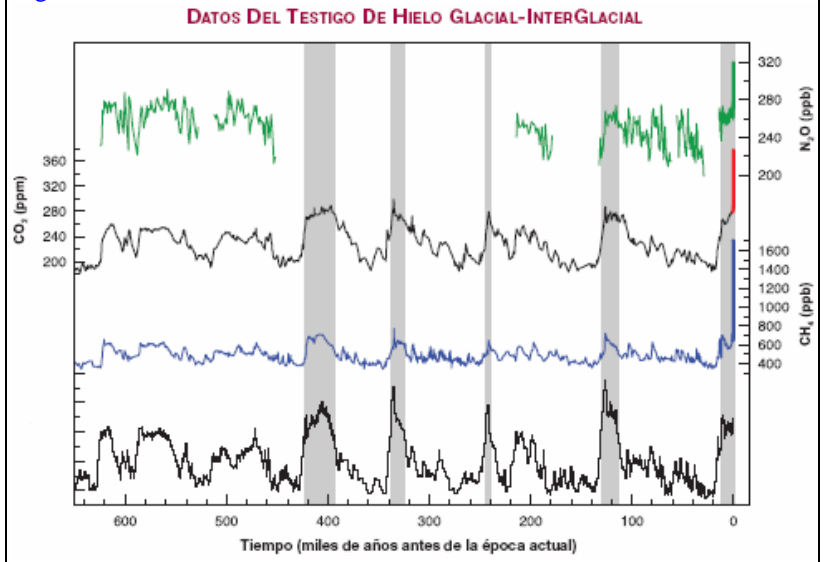
A.18 Cambios en la composición atmosférica

En la composición actual de la atmósfera predominan el nitrógeno (78%) y el oxígeno (21%), el siguiente en abundancia es el argón (0,93%). Los demás componentes se encuentran en proporciones muy pequeñas, de manera que su presencia no suele expresarse en tantos por ciento sino en partes por millón (ppm) o en partes por miles de millones (ppb). Así, el contenido en CO₂ del aire actualmente es de 380 ppm, e indica la cantidad de moléculas de este gas por cada millón de moléculas de aire.

La gráfica muestra, de arriba abajo, los datos obtenidos del hielo glaciar sobre el contenido en N₂O, CO₂, CH₄, y un indicador de la temperatura en los últimos 650.000 años (0, es el momento actual).

- ¿Entre que valores ha venido oscilando la concentración de CO₂ en los últimos 650.000, exceptuando los últimos 100 (en color rojo en la gráfica)?
- ¿Hay alguna relación entre los cambios en el contenido en CO₂ y las variaciones de temperatura?

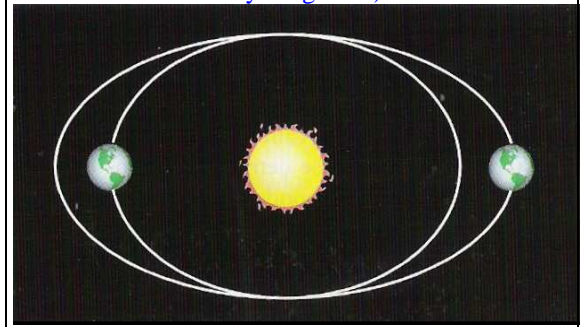
Figura A.18 Fuente: IPCC 2007



A.19. ¿Qué ha hecho cambiar el clima en el pasado?

La órbita descrita por la Tierra cambia gradualmente de una forma casi circular a otra más elíptica. El proceso ocurre de acuerdo con un ciclo que dura unos 100.000 años. Este ciclo y otros descubiertos por Milankovitch suponen cambios en la radiación solar que llega a la Tierra y, por tanto, afectan al clima.

Figura A.19 Cambios en la órbita terrestre (la excentricidad está muy exagerada)



- Explica por qué ese cambio en la órbita terrestre supone una modificación de la radiación solar incidente.
- ¿Cuándo la órbita es más elíptica las diferencias estacionales serán mayores o menores?
- Además de los cambios en la radiación solar incidente, ¿qué otros cambios han podido modificar el clima?

A.20. Continentes inquietos

A lo largo de la historia de la Tierra los continentes no han dejado de moverse, se han unido y fragmentado muchas veces, de manera que se han abierto y cerrado océanos. Aun continúan su inquieto baile. Así, la península Ibérica se separa en la actualidad de Norteamérica a un ritmo medio de 2,5 cm/año.

- a) ¿Cómo han podido influir esos movimientos continentales en el clima terrestre?
- b) A veces la mayor parte de los continentes se ha encontrado en la zona intertropical, es decir, allí donde se recibe más radiación solar por m². ¿Qué influencia habrá tenido en el albedo medio del planeta?

A.21 ¿Fue un invierno nuclear lo que extinguió a los dinosaurios?

Hace 65 millones de años (M.a.) algo causó la extinción de los dinosaurios y de muchas otras especies de animales y plantas. La hipótesis más aceptada como causa de esta extinción es el impacto de un asteroide de unos 10 Km de diámetro. La energía liberada por el impacto equivaldría a mil millones de bombas atómicas como las de Hiroshima y generó un incremento súbito de temperatura entre 10 y 20 °C, dependiendo de las zonas. Lo que provocaría incendios masivos de bosques que liberarían a la atmósfera grandes cantidades de CO₂ y hollín. Las enormes cantidades de polvo y vapor de agua generados por el impacto, junto con el hollín originarían nubes de aerosoles que los vientos distribuirían por todo el planeta. Estas nubes actuarían de pantalla solar provocando el enfriamiento progresivo de la superficie terrestre. El enfriamiento, a su vez, reduciría la evaporación de los océanos y, consecuentemente, disminuirían las precipitaciones.

En definitiva, a las primeras semanas de altísimas temperaturas siguieron años oscuros, fríos y secos. Es lo que se ha llamado “invierno nuclear” porque sería el escenario que seguiría a una guerra nuclear de escala planetaria.

- a) ¿Qué aerosoles y de qué procedencia se han descrito? ¿Qué influencia tendrían las nubes de aerosoles en el albedo?
- b) Los incendios liberaron gran cantidad de CO₂, ¿no debería haber subido la temperatura por el efecto invernadero?
- c) Hace 65 M.a. hubo también una extraordinaria actividad volcánica y pudo ser una causa que contribuyese a la extinción de los dinosaurios. Incluso, para algunos científicos fue la causa principal. ¿Qué cambios puede introducir en la atmósfera una actividad volcánica muy intensa?
- d) ¿Puede decirse que tanto en la hipótesis del impacto del asteroide como en el del vulcanismo fue un cambio climático lo que extinguió a los dinosaurios?

A.22. Una espiral que condujo a “snowball”

Hace 950 millones de años (M.a.) la Tierra comenzó a enfriarse y, con diversas oscilaciones, así se mantuvo hasta hace 580 M.a. Fue, por tanto, un planeta helado durante más de 300 M.a.! Dada la antigüedad y la complejidad de la situación, los científicos tienen dificultades para explicar las causas. Las hipótesis más aceptadas manejan tres procesos básicos:

- Un Sol, aun joven, que emitía una radiación energética inferior a la actual en un 5-10%.
- Un aumento del albedo debido a que la mayoría de los continentes se habían desplazado a la zona intertropical, lugar en que se recibe mayor radiación solar.
- Una disminución del efecto invernadero como consecuencia de la proliferación de cianobacterias fotosintéticas que retiraron grandes cantidades de CO₂ atmosférico.

A medida que la temperatura global descendía era mayor la superficie continental y oceánica cubierta de hielo, circunstancia que aumentaba el albedo lo que, a su vez hacía bajar la temperatura en una espiral que convirtió a la Tierra en una bola de nieve. Se conoce como hipótesis de la *snowball Earth*.

Figura A.22 Fuente: Comisión Europea, DGMA

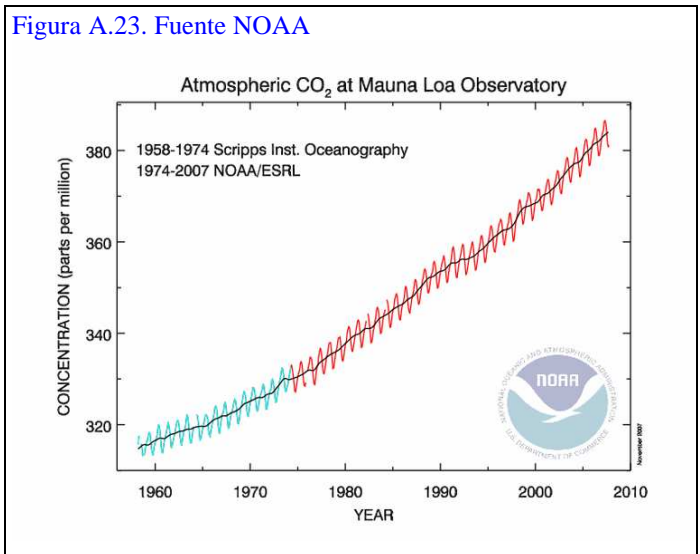


- a) Indica la influencia en el clima que, individualmente, tiene de cada uno de los procesos básicos que se apuntan.
- b) Señala algunas interacciones entre los tres procesos básicos.
- c) En la actualidad, el calentamiento global está reduciendo las áreas de nuestro planeta cubiertas por hielo, ¿Qué influencia tendrá en el albedo? ¿Cómo afectará al cambio climático?
- d) ¿Cómo pudo superarse la fase de *snowball*?

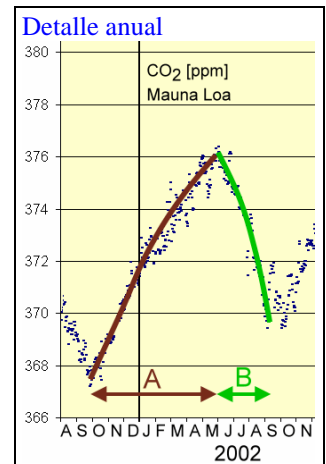
A.23. ¿Qué está pasando con el dióxido de carbono?

Desde 1958, el observatorio de Mauna Loa (Hawaii) viene analizando la composición del aire. La gráfica recoge los cambios en la concentración de CO₂ desde esa fecha hasta 2006.

Figura A.23. Fuente NOAA



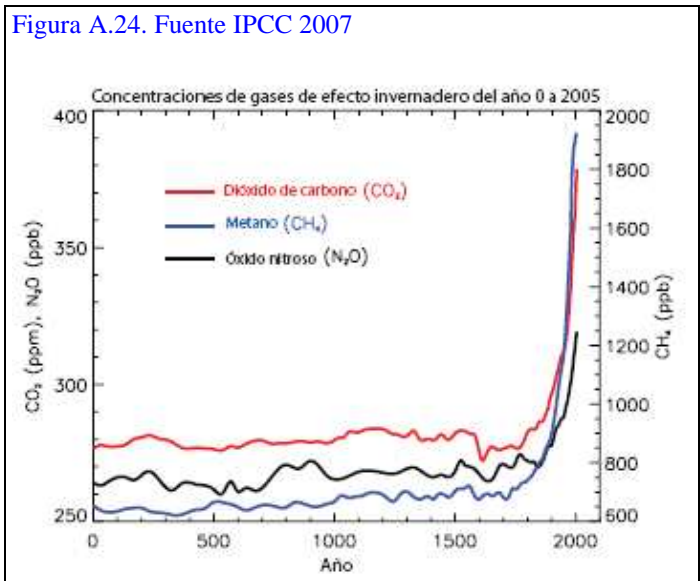
- a) La gráfica muestra una oscilación anual de la concentración de CO₂, que a veces se ha denominado “la respiración del planeta”. Para mayor información, observa la gráfica del detalle anual. ¿Cómo puede interpretarse esta oscilación anual?
- b) Haz una descripción de la gráfica general e indica si es posible obtener alguna conclusión.
- c) ¿Qué datos, dirías, que pueden preverse para los próximos años?
- d) Puedes encontrar la situación actual en Mauna Loa Observatory, NOAA:
<http://www.mlo.noaa.gov/livedata/livedata.html>
- e) ¿En qué lugar del esquema organizativo previo (A.02.) ubicarías esta actividad?



A. 24. No sólo ha aumentado el dióxido de carbono

La siguiente gráfica nos muestra una perspectiva más amplia, tanto por el período de tiempo considerado como porque también se incorporan a ella otros gases de efecto invernadero: el metano y el óxido nítrico. En ella la concentración de CO₂ viene expresada, como en las gráficas anteriores, en partes por millón (ppm), mientras que las de CH₄ y N₂O aparecen en partes por miles de millones (ppb).

Figura A.24. Fuente IPCC 2007



- a) ¿Cómo han podido saber los investigadores la concentración que había de estos gases hace 1000 años?
- b) Los valores de estos gases de efecto invernadero se han mantenido bastante estables durante muchos siglos. ¿A partir de qué momento comienzan a incrementarse?
- c) ¿A qué puede deberse que estos tres gases de efecto invernadero hayan incrementado simultáneamente sus concentraciones?
- d) Ponle un título a la gráfica que consideres representativo y sea diferente al que figura en su cabecera.
- e) Formula una pregunta a la que dé respuesta esta gráfica.

A.25. ¿Qué está causando el incremento de los gases de efecto invernadero?

En su resumen para los responsables de políticas, el IPCC 2007 afirma: “Las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso mundiales han aumentado, sensiblemente, como resultado de las actividades humanas desde 1750, y en la actualidad han superado los valores preindustriales determinados en muestras de testigos de hielo que abarcan muchos cientos de años. El aumento global de la concentración de dióxido de carbono se debe fundamentalmente al uso de combustibles fósiles y a los cambios del uso del suelo, mientras que el del metano y óxido nitroso se deben principalmente a la agricultura.”

- ¿Para qué se utilizan los combustibles fósiles?
- ¿A qué se refiere el IPCC con la expresión “cambios de uso de suelo”? ¿Cómo puede afectar este cambio a la emisión de CO₂?
- En consecuencia, ¿quiénes deben considerarse responsables de la emisión de los gases de efecto invernadero?

A.26. Y podía ser peor

La tabla muestra un balance sintético con las entradas y salidas de dióxido de carbono en la atmósfera. Por convención, las cifras positivas indican entradas de CO₂ en la atmósfera, las negativas significan retiradas de CO₂ de la atmósfera. No hay, por tanto, ningún juicio de valor en estos signos.

- ¿Cómo consigue la biosfera retirar CO₂ de la atmósfera?
- Una parte importante del CO₂ liberado a la atmósfera pasa al océano. ¿Sabes si tiene algún efecto en el océano? ¿Podría volver a pasar a la atmósfera?
- A la vista de esta tabla, ¿qué debería hacerse para reducir la cantidad de CO₂ en la atmósfera?
- ¿Por qué crees que esta actividad se ha titulado “Y podría ser peor”? ¿Qué es lo que podría ser peor y por qué?

Tabla A.26 Fuente: Mauna Loa Observatory (NOAA)	
Origen del CO ₂	Balance anual 10 ¹⁵ g de CO ₂
Quema de combustibles fósiles	+ 7
Deforestación	+ 2
Biosfera	- 3
Océano	- 2
Balance total de la entrada anual del CO₂	+ 4

A.27 ¿De dónde viene y adónde va el CO₂?

Cualquier ser vivo, sea una bacteria, un árbol o una persona, está integrado por compuestos inorgánicos (agua y sales minerales) y compuestos orgánicos (Glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos). Todos los compuestos orgánicos contienen carbono. El carbono lo incorporan las plantas con el CO₂ que toman del aire para originar con él, con el agua, y gracias a la energía luminosa, los compuestos orgánicos que integran su cuerpo. Así se inicia un recorrido sin fin denominado ciclo del carbono.

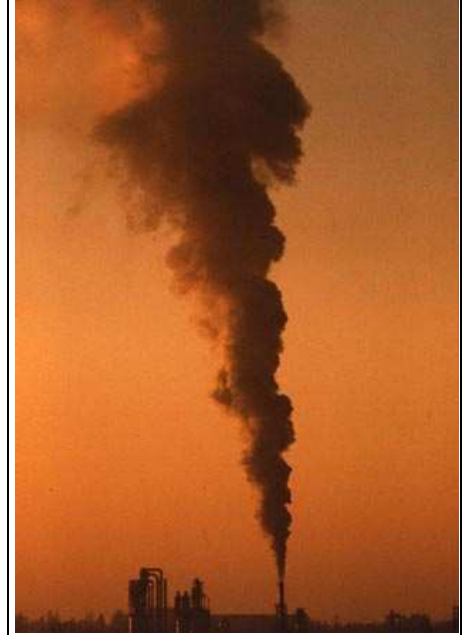
Haz un esquema que represente el ciclo del carbono. Debes procurar que en él aparezcan los intercambios de este elemento que se producen entre los cuatro reservorios naturales: atmósfera, hidrosfera, biosfera y litosfera.

A.28. ¿Quién, en definitiva, está causando el cambio climático?

El IPCC 2007 afirma textualmente lo que sigue: “**Es muy probable que los incrementos en los gases de efecto invernadero antropogénicos hayan causado la mayoría del incremento observado en las temperaturas mundiales desde mediados del siglo XX. Sin el efecto de enfriamiento de los aerosoles atmosféricos, es probable que los gases de efecto invernadero por sí solos hubieran causado un incremento mayor en la temperatura media mundial que el observado en los últimos 50 años.**”

- a) El IPCC atribuye el actual cambio climático a la actividad humana. Resume las ideas principales que, a tu juicio, apoyan estas tesis. Indica también las dudas que tengas sobre esta conclusión y las objeciones que le veas.
- b) En el párrafo del IPCC reseñado se atribuye a los aerosoles un papel de enfriamiento. ¿Por qué producen enfriamiento? ¿Significa esto que una posible solución al cambio climático podría ser la emisión de grandes cantidades de aerosoles? ¿Por qué?

Figura A.28 Fuente: Comisión Europea, DGMA

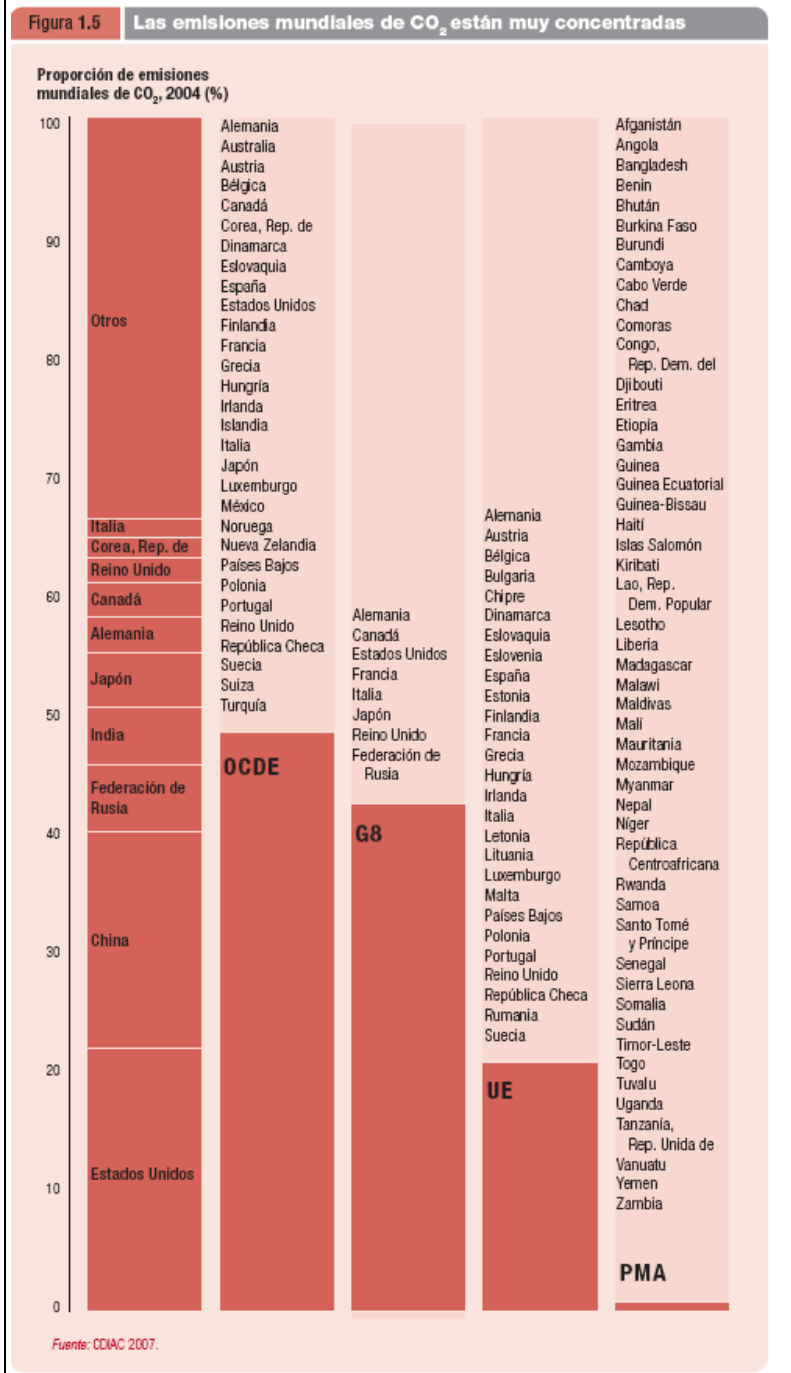


A.29. Diferencias Norte-Sur

Las emisiones medias de CO₂ por persona y año ascienden a 5,5 toneladas, aproximadamente el doble de lo que se considera el límite para no provocar interferencias graves en el clima global. Sin embargo, el reparto de estas emisiones es muy desigual. Así, mientras que los países en desarrollo emiten de media 2 toneladas *per cápita*, en Europa se emite 7,8. Estados Unidos ostenta el triste record con 20,6 toneladas de CO₂ *per cápita*.

- a) Algunos de los países más superpoblados, como China, India y Brasil, que se encuentran en fase de expansión económica, están incrementando mucho sus emisiones de CO₂ y se quejan de que los países desarrollados les presionan para que las reduzcan. Consideran que eso frenará su desarrollo económico y no son ellos los que más gases de efecto invernadero emiten. ¿Cómo valoras la posición de unos y otros?
- b) ¿Cuál debería ser el comportamiento de los países desarrollados?

Figura A.29 Fuente: CDIAC, en Informe Desarrollo Humano 2007-2008 (PNUD)



A.30. ¿Cuántos planetas necesitamos?

Cuentan que en vísperas de la independencia de la India le preguntaron a Gandhi si él creía que su país podría seguir el modelo de desarrollo industrial británico. Su respuesta fue: “Para lograr su prosperidad, Gran Bretaña usó la mitad de los recursos de este planeta. ¿Cuántos planetas necesitaría la India para lograr el desarrollo?”

La idea central de la que hablaba Gandhi es lo que hoy conocemos como “huella ecológica”. La huella ecológica de una persona es el área biológicamente productiva que se necesita para producir los recursos que consume y absorber los desechos que genera esa persona.

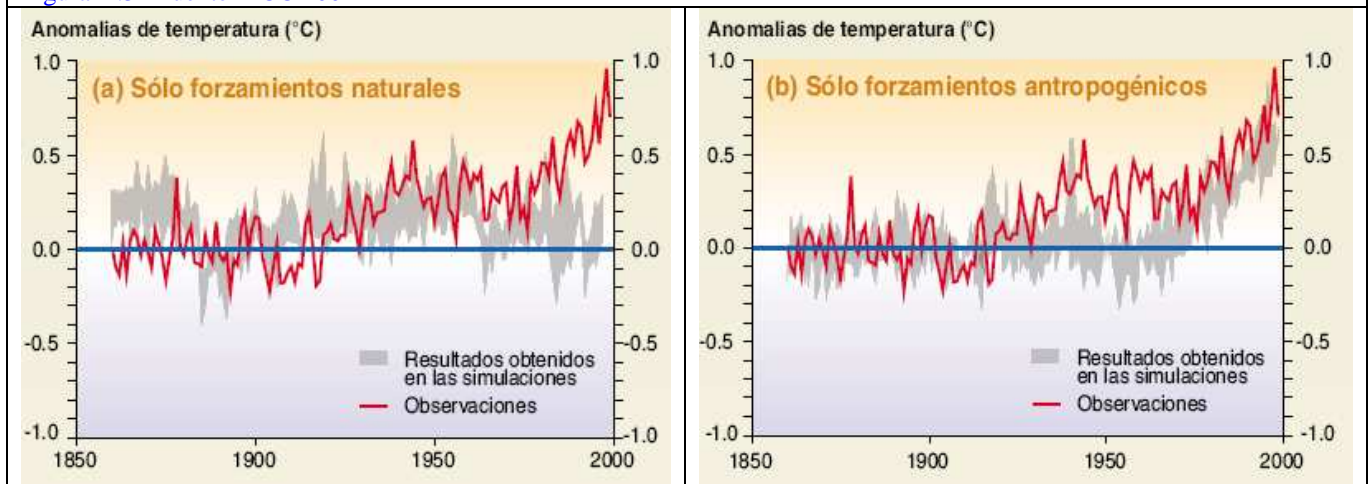
- El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) ha realizado el cálculo y afirma: “Si cada habitante del mundo en desarrollo dejara la misma huella ecológica que el habitante promedio de los países de ingreso alto, las emisiones mundiales de CO₂ aumentarían a 85 Gt y con ese nivel se requieren seis planetas.” ¿Te parece razonable esta situación? ¿Te parece sostenible?
- Puedes calcular tu huella ecológica en esta página de la Unión Europea: <http://www.mycarbonfootprint.eu/es/>

A.31. Adónde nos lleva el cambio climático

Un modelo es una representación simplificada de la realidad. Los modelos climáticos son programas informáticos en los que los científicos introducen las principales variables que intervienen (radiación solar, albedo, composición atmosférica...) de cuya interacción resulta el clima. El modelo se puede utilizar para predecir qué ocurrirá si se incrementa, por ejemplo, el contenido de CO₂ de la atmósfera. Utilizando modelos de la evolución climática, los científicos han introducido datos antiguos para comprobar si predicen la evolución conocida de la temperatura.

La grafica (a) se ha obtenido considerando sólo procesos naturales. Mientras que en la (b) se han tenido en cuenta procesos naturales y la actividad humana. La línea roja representa la temperatura y la franja gris el pronóstico realizado por los modelos.

Figura A.31 Fuente IPCC 2001



- Indica si hay o no coincidencia entre la temperatura real y el valor pronosticado para la primera mitad del siglo XX en el modelo (a) y en el (b).
- ¿Qué ocurre en la segunda mitad del siglo XX? ¿Cuál de los modelos predice mejor la evolución de las temperaturas hasta la situación actual?
- ¿Qué conclusiones pueden obtenerse? ¿Cuál de los dos modelos utilizarías para predecir la temperatura media que habrá dentro de 20 años?
- ¿Qué variables han debido introducir los investigadores en el modelo B?

A.32. Diversidad de escenarios

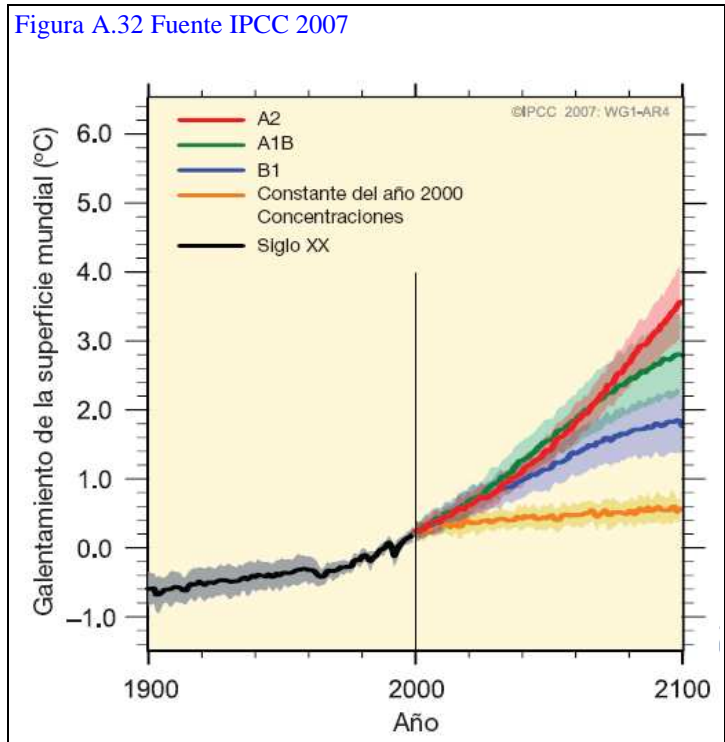
Para realizar las proyecciones del cambio climático en el futuro, los investigadores del IPCC utilizan “escenarios”. Un escenario es una representación plausible y simplificada del clima del futuro, basada en un conjunto de datos internamente coherentes.

Pero por qué es necesario contemplar diferentes escenarios. Las estimaciones sobre la población mundial que habrá al final del siglo XXI van desde 6.500 a 15.000 millones de habitantes. Naturalmente, el consumo de combustibles fósiles y otras materias primas no será igual en un caso y en otro. No puede saberse si seremos sensatos y reduciremos el consumo o continuaremos como si nada ocurriese pensando en que ya lo arreglará la ciencia y la tecnología, etc.

Los escenarios proporcionan hipótesis de trabajo. En el IPCC se han manejado 4 familias de escenarios que incluyen combinaciones de cambios demográficos, desarrollo económico y social y adelantos tecnológicos. En los que se atribuye a cada uno de ellos magnitudes posibles. El manejo de escenarios proporciona un abanico de resultados entre los cuales es muy probable que se dé la situación futura.

La gráfica muestra las proyecciones realizadas para las temperaturas medias globales. Las líneas marcan los valores previstos para algunos de los escenarios. El sombreado señala el intervalo de incertidumbre. La línea naranja representa lo que ocurriría si los valores de los gases de efecto invernadero se mantuvieran como en el año 2000.

Figura A.32 Fuente IPCC 2007



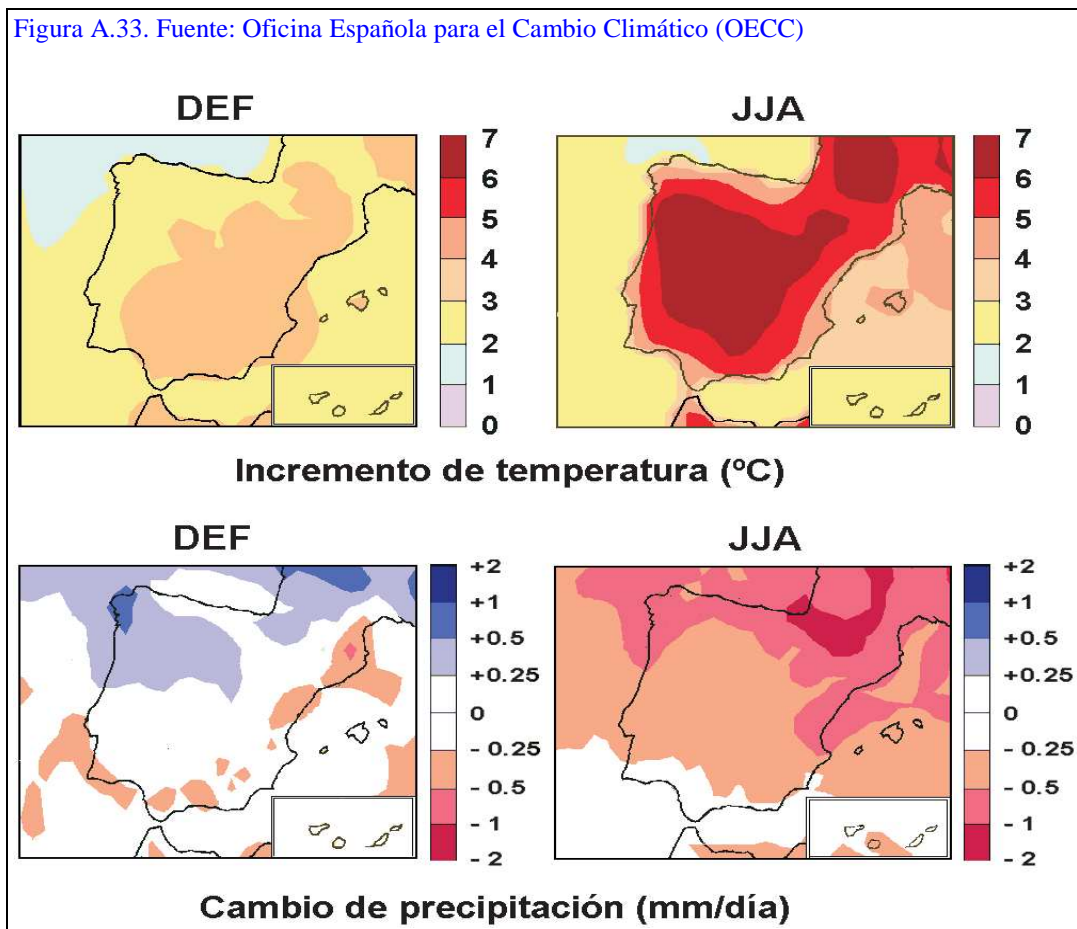
- Describe esta gráfica.
- Ponle un título diferente al que figura en el lateral.
- Formula alguna pregunta a la que dé respuesta esta gráfica.
- ¿En qué lugar del esquema organizativo previo (A.02.) ubicarías esta actividad?

A.33. Un impacto desigual

Los modelos climáticos pronostican para finales del siglo XXI, en general, una acentuación de los impactos que están produciéndose en estos momentos. En todo caso, estos impactos afectarán de forma muy diversa a diferentes lugares debido a que, por una parte, no en todos los lugares los cambios alcanzarán la misma magnitud y, por otra, no todos los lugares son igualmente vulnerables.

Los mapas representan las proyecciones para 2071-2100 para nuestro país de cambios de temperatura y precipitación. Los datos se han promediado para invierno (DEF) y para verano (JJA).

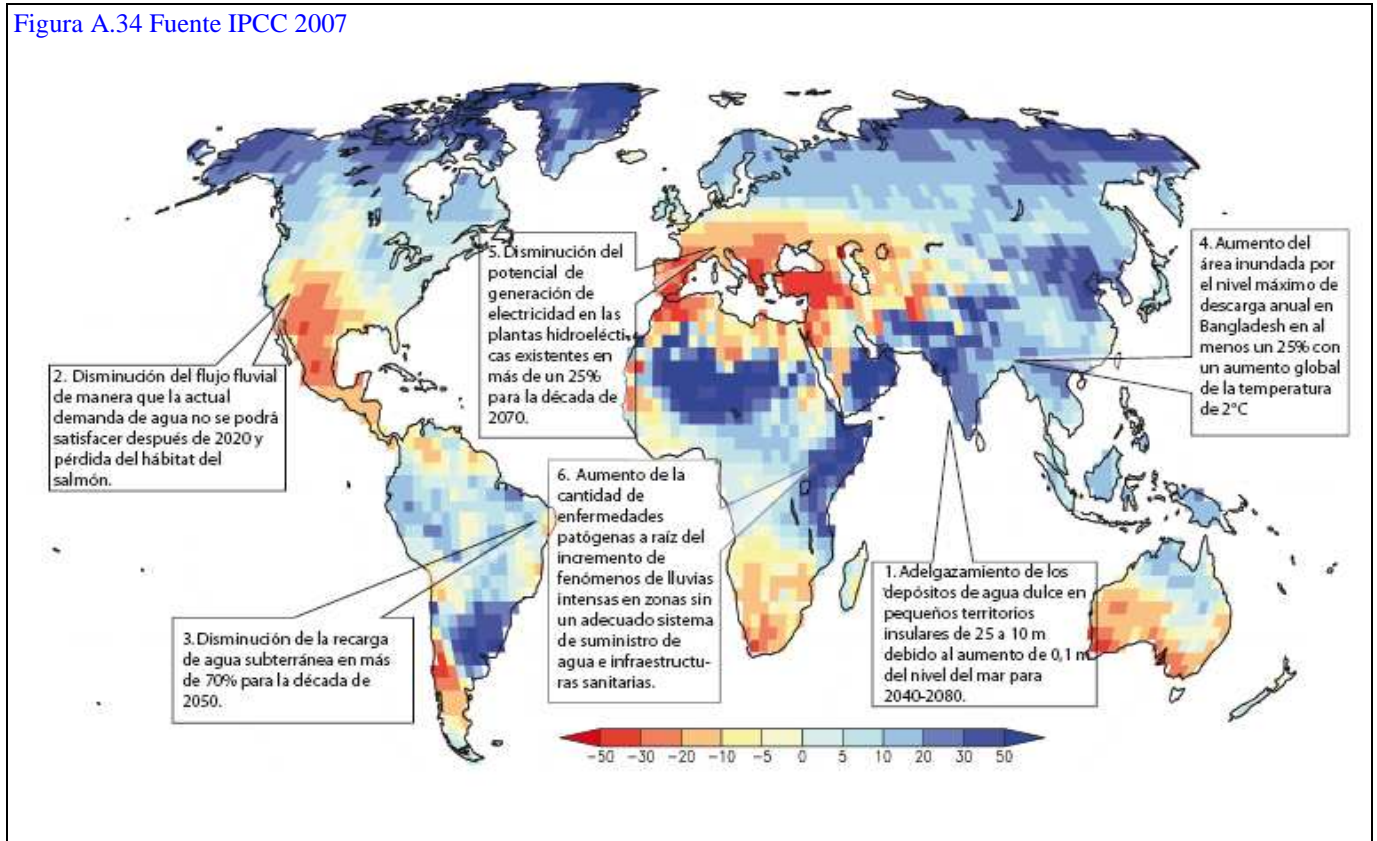
- ¿Cuáles son las previsiones de incremento de temperatura en España en cada una de las estaciones referenciadas? ¿Para qué zonas se prevé un mayor incremento?
- La situación de las precipitaciones es más compleja. Describe los cambios más importantes en invierno y verano.



A.34 ¿Habrá agua para todos?

El régimen de lluvias experimentará cambios notables. El mapa recoge los efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua dulce. En azul figuran las zonas en las que se incrementarán las lluvias y con ellas la escorrentía superficial expresada en tantos por ciento, y en rojo la reducción de la escorrentía.

Figura A.34 Fuente IPCC 2007



- ¿En qué zonas se prevé un incremento de la escorrentía superficial? ¿Qué efectos puede tener este cambio?
- ¿Qué se prevé para la zona mediterránea en su conjunto?
- ¿De qué manera pueden verse afectados los ecosistemas mediterráneos?

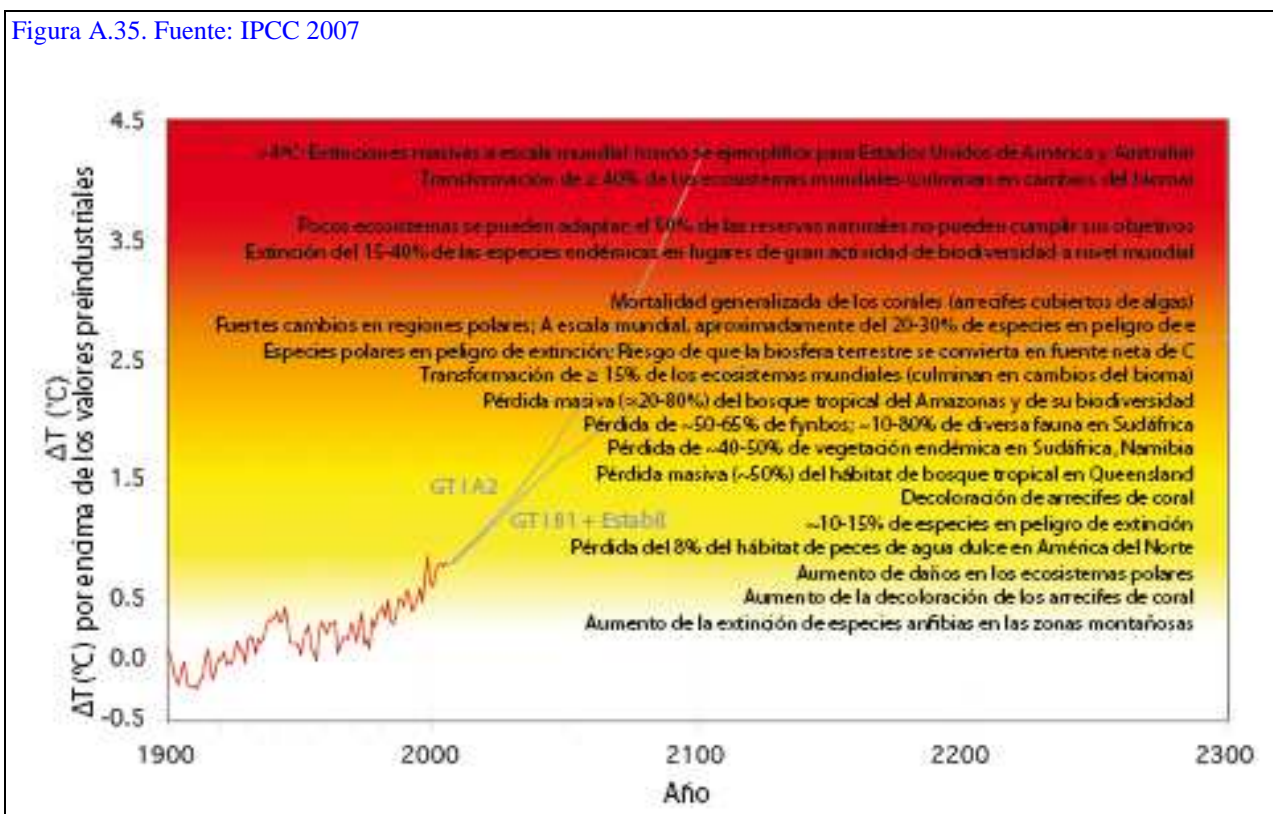
A.35. La sexta extinción

Los ecosistemas muestran cierta capacidad para adaptarse a cambios climáticos naturales. Uno de los problemas del cambio climático actual es que se está produciendo a un ritmo mucho mayor y sus consecuencias pueden ser terribles para la biodiversidad del planeta. La extinción de especies que está produciéndose se denomina a veces “la sexta extinción”, en alusión a las cinco grandes extinciones en masa ocurridas a lo largo de la historia de la Tierra. En todo caso, los efectos no tendrán la misma gravedad si el incremento de temperatura a lo largo de este siglo es de 1 °C que si es de 4 °C.

El IPCC señala que “Muy probablemente haya cambios fundamentales en la estructura y funcionamiento de ecosistemas marinos y terrestres a raíz de un calentamiento mundial de 2 a 3 °C por encima de los niveles preindustriales y del aumento asociado de CO₂ atmosférico.” El cuadro resume algunos de los cambios en los ecosistemas que pueden ocurrir en función del incremento de la temperatura.

- La extinción de una especie es un proceso irreversible, de ahí su importancia y gravedad. Busca información sobre algunas especies que se han extinguido en los últimos siglos.
- ¿Qué tipos de especies crees que serán más vulnerables, las endémicas o las que tienen mayor distribución? ¿Por qué?

Figura A.35. Fuente: IPCC 2007



A.36 ¿Podemos aceptar una situación así?

A partir de la información siguiente:

a) Resume las ideas principales que figuran en ella.

b) A tu juicio, ¿qué deberían hacer los países industrializados para evitar situaciones como ésta?

Figura A.36 Fuente: El País

EL PAÍS, miércoles 5 de diciembre de 2007



Paisaje de la región de Demana, en Etiopía, uno de los países africanos afectado por la sequía. / ASSOCIATED PRESS

África sufre lo que contaminan otros

Sequías e inundaciones amenazan el continente que menos ensucia el planeta

LALI CAMBRA
Ciudad del Cabo

Madagascar ha padecido seis ciclones este año. Hace unos meses, el África ecuatorial de este a oeste, sufría inundaciones. Las olas del Índico cada vez lamen más costa keniana y los pescadores temen que un día sus casas desaparecerán engullidas por las olas. El lago Chad se seca, los pescadores se han hecho agricultores y donde antes se cobraban piezas de más de un metro, ahora se plantan hortalizas. Los campesinos de Suráfrica, Lesoto, Suazilandia o Zimbabue miran al cielo con desconfianza: llevan tres sequías en una década, cuando antes la relación era de una cada diez años. En el cuerno de África, la comida llega en forma de ayuda humanitaria y los pastores nómadas no tienen con qué alimentar a sus rebaños. Se desconoce

hasta qué punto es atribuible al cambio climático, pero si se sabe que África, el continente que menos ha contribuido al calentamiento del planeta, es el que más va a sufrirlo.

"El estado de Tejas, con 23 millones de personas, emite más CO₂ que los 720 millones de residentes en el África subsahariana", reza el informe sobre África del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático de las Naciones Unidas. "Si los pobres del mundo consumieran la misma energía que Estados Unidos o Canadá, se necesitarían nueve planetas para lidiar con la contaminación". Mientras, los pescadores de Ngomeni, un pueblo a cien kilómetros al norte de Mombasa, Kenia, han reconstruido sus casas dos veces en un año porque los niveles del mar siguen subiendo. Poniendo puertas al viento, construyen diques con basura, ya

que no disponen de nada mejor.

Los niveles del mar, de acuerdo con el Panel Intergubernamental, crecerán en el Índico, aunque preocupan más los países del Atlántico: Senegal, Gambia, Costa de Marfil o Nigeria, en cuyas costas vive gran parte de la población, que se convertirán en refu-

campesinos", explica Richard Lee, portavoz del Programa Mundial de Alimentos. "Además de hacerlos más vulnerables, con el cambio climático habrá más desastres naturales, como ciclones e inundaciones. Ya los estamos viendo".

"El cambio climático tiene mayor impacto en África porque se produce en países pobres, sin opciones para cambiar de actividad económica", explica Mark Tadross, ingeniero ambiental de la Universidad de Ciudad del Cabo (UCT), quien participa en un estudio para prever el cambio climático, algo vital para que el campesino sepa si puede esperar agua o no, y sustituir los cultivos de maíz, dependientes de la lluvia, por los de sorgo o mijo, más resistentes". En Lesoto, que afronta la peor sequía en treinta años, se ha dejado el tractor a un lado y las semillas se plantan en

En las zonas de pesca del lago Chad se cultivan ahora las hortalizas

giados internos. Por otro lado, se esperan mayores sequías en los países del Cuerno de África. Algo que ya ocurre, y "afecta a millones de agricultores cuya supervivencia depende de la llegada de las lluvias. Son la mayoría de los

A.37. ¿Qué podemos hacer?

El problema al que nos enfrentamos es grave, pero no debe caerse el error de considerar que la situación no tiene arreglo. Lo que hay que hacer es analizar el problema, asumir las conclusiones y actuar en consecuencia. Los científicos del IPCC han analizado la situación y ofrecido innumerables datos que avalan sus conclusiones. Sin embargo, muchos gobiernos de los países se han resistido a aceptar bien que hay un cambio climático en marcha o bien la responsabilidad humana en él.

Figura A.37 Fuente: El País

Los gobiernos aceptan atribuir al hombre el calentamiento global

El pacto de Valencia desautoriza a los escépticos al asumir la evidencia científica

RAFAEL MÉNDEZ / SARA VELERT
Valencia

Si alguien quería intentar dinamitar el acuerdo científico de que la causa del cambio climático es la actividad humana tuvo ayer su oportunidad. Pero nadie quiso. Los 450 delegados de 130 países reunidos en Valencia aceptaron el texto preparado por los científicos del Grupo Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) que atribuye al hombre —con más del 90% de probabilidades— el calentamiento de los últimos 50 años. Según fuentes de la reunión, que se celebra a puerta cerrada, el texto salió adelante sin apenas polémica ni cambios.



- a) En la reunión celebrada en Valencia en noviembre de 2007, representantes de 130 países terminaron aceptando la responsabilidad humana en el cambio climático. ¿Por qué crees que algunos gobiernos han mostrado tanta resistencia?
- b) ¿Qué le dirías a un representante del gobierno para convencerlo de la necesidad de adoptar medidas contra el cambio climático?

A.38. Cómo se construye una argumentación

Seguramente, el mensaje al representante del gobierno al que se refiere la actividad anterior puedes mejorarlo si aprendes a construir una argumentación. Argumentar es emitir un juicio razonado. La argumentación va dirigida a un interlocutor (que puede, o no, estar presente) con la intención de convencerlo. No todas las argumentaciones siguen la misma estructura. En cualquier caso, una argumentación debe incluir:

1. **Idea de partida.** Afirmación sobre la que se organiza la argumentación.
2. **Datos.** Son cifras, hechos o declaraciones que se usan como evidencias que apoyan una afirmación.
3. **Justificaciones.** Frases que explican la relación entre los datos y la idea de partida. Pueden incluir conocimientos teóricos en los que se basa la justificación (fundamentos).
4. **Conclusión.** Idea final que se deduce de la argumentación. Puede, o no, coincidir con la idea de partida pero tiene que derivarse del cuerpo de la argumentación.

1. Mi idea de partida es...	El R. Madrid es el mejor equipo de fútbol de España.	La actividad humana está causando un cambio climático de graves consecuencias.
2. Los datos en los que se basa son...	Es el que más campeonatos de Liga ha ganado.	
3. Estos datos apoyan mi idea porque... (justificaciones)	Como todos los equipos compiten entre sí cada año para ganar la liga, el que consigue ganarla es el mejor de ese año. El que más veces la ha ganado debe ser el mejor.	
4. En consecuencia... (conclusión)	El Madrid es el mejor equipo de fútbol de España.	

La argumentación mejora si se ofrecen **más datos** que apoyan la idea de partida y se incluye además:

- **Refutaciones o contraargumentos.** Enunciados que contradicen datos, bien de los que se han ofrecido o bien de los defendidos desde posiciones contrarias.
- **Comparaciones** con otras ideas alternativas, indicando **ventajas** e **inconvenientes**.

2. 2 Y... (más datos)	También ha sido el que más Copas de Europa ha ganado.	
3. 2 Es verdad que... (refutaciones)	No siempre gana el que mejor juego hace. Ha habido años en los que el Barça ha jugado mejor y ha ganado el Madrid.	
3. 3 Comparaciones (ventajas e inconvenientes)	Sin embargo, la belleza del juego tiene el inconveniente de ser un criterio muy subjetivo y sobre esa base resultaría difícil ponerse de acuerdo.	

- a) Elabora una argumentación contraria a la idea de que “el R. Madrid es el mejor equipo de fútbol”. Recuerda que no basta con hacer afirmaciones o negaciones, la argumentación debe basarse en datos y estar justificada.
- b) Construye una argumentación en defensa de la idea “La actividad humana está causando un cambio climático de graves consecuencias”.

A.39. Evitar la tala de bosques

En diciembre de 2007, se reunieron en Bali (Indonesia) delegados de 180 países para intentar llegar a un acuerdo sobre la reducción de las emisiones de CO₂. En esa reunión los países tropicales exigieron a los países ricos que los compensasen por mantener sus bosques.

Figura A.39. Fuente: El País

EL PAÍS, lunes 10 de diciembre de 2007

Los países tropicales exigen ayudas a la ONU para no talar sus bosques

La deforestación causa el 20% de las emisiones de efecto invernadero

RAFAEL MÉNDEZ, Nusa Dua
ENVIADO ESPECIAL

No hay acuerdo sobre cómo ni con cuánto dinero, pero la cumbre del Clima de Bali (Indonesia) comienza a asumir que a partir de 2012 los países ricos deberán compensar a los tropicales por sus bosques. No se trata de pagarles para que reforesten sino algo mucho más rompedor: compensarles (con dinero o derechos de emisión, está por ver) para que mantengan los pulmones del planeta como están, para que no talen, ya que el 20% de las emisiones de CO₂ proceden actualmente de la tala de bosques. Indonesia pierde cada año el 2% de su superficie forestal, lo que le ha convertido en uno de los grandes contaminadores del planeta y quiere, junto a países como Brasil, Ecuador, México, Papua o Congo, poner el asunto en primer plano. Por eso es por lo que Indonesia acoge en Bali la cumbre del clima.

Las iguanas cruzan perezosas las calles de Nusa Dua, el gigante complejo hotelero en el que más de 15.000 delegados de 180 países comenzaron el lunes pasado la negociación para alcanzar un acuerdo que en 2012 sustituya al Protocolo de Kioto. En ese pacto, los países ricos se comprometie-



Tala ilegal de árboles en Tesso Nilo (en la isla de Sumatra).

- Recoge los datos e ideas más importantes que figuran en la información que se presenta.
- ¿Cómo valoras la posición de los países tropicales?
- Busca información sobre el resultado de la reunión de Bali. Por ejemplo: Portal de Naciones Unidas para el cambio Climático:
<http://www.un.org/spanish/climatechange/>

A.40. De Kyoto a Bali

En 1997 los países industrializados se reunieron en la ciudad de Kyoto y firmaron un acuerdo, el **Protocolo de Kyoto**, para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero que entró en vigor en 2005. A pesar de sus limitaciones e incumplimientos que han sido revisados por los acuerdos de Bali (diciembre 2007), la Unión Europea ha puesto en marcha 42 medidas que implican:

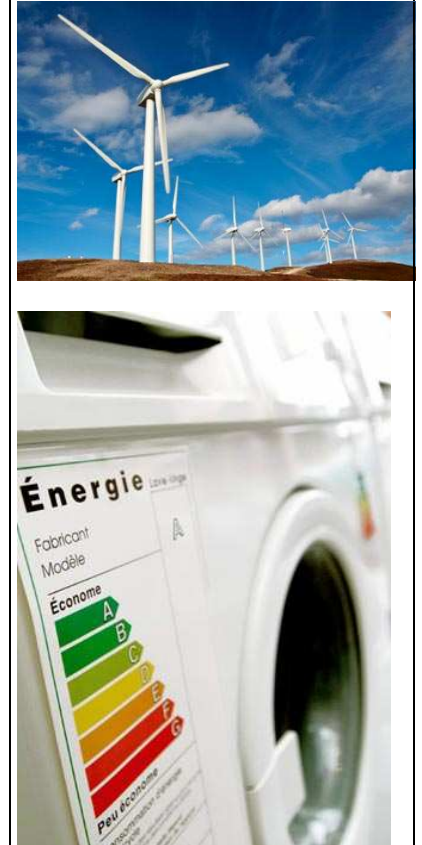
- Incrementar el uso de las energías renovables (eólica, solar, biomasa, geotérmica, mareas), de manera que se frene la quema de combustibles fósiles.
- Mejorar la eficiencia de los automóviles.
- Mejorar la eficiencia energética de los electrodomésticos.
- Fomentar la eficiencia energética en edificios.
- Impulsar la investigación científica y el desarrollo tecnológico que tenga como objetivos la eficiencia energética, el uso de energías renovables y la retención del CO₂.
- Proteger y mejorar los sumideros naturales de gases de efecto invernadero. Los principales sumideros naturales de CO₂ son la vegetación y el océano.
- Investigar y experimentar tecnologías que actúen como sumideros artificiales de CO₂, como el almacenamiento en el fondo oceánico y en formaciones geológicas profundas.

a) Indica cuál es el sentido y utilidad de cada una de estas medidas.

b) ¿Conoces la etiqueta de eficiencia energética de la UE que informa sobre el consumo medio de un electrodoméstico? Puedes encontrar información en: Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía: <http://www.idae.es/index.asp?i=es>

c) ¿Por qué se consideran la vegetación y el océano sumideros naturales?

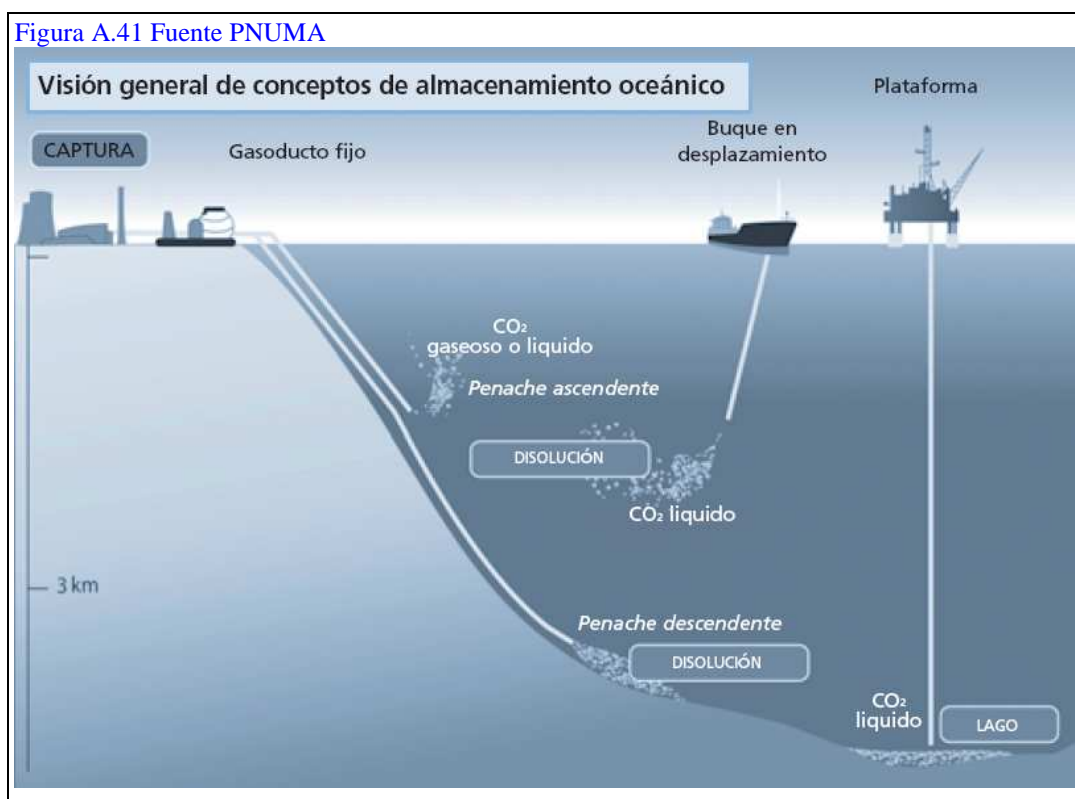
Figura A.40 Fuente: Comisión Europea, Dirección General de Medio Ambiente



A. 41. El peligro de los sumideros antropogénicos

Los sumideros antropogénicos son tecnologías diseñadas para retirar los gases de efecto invernadero producidos antes de que sean emitidos a la atmósfera, almacenándolos en lugares en los que permanezcan un tiempo que resulte relevante desde la perspectiva climática. Los sistemas más importantes son la inyección de estos gases en formaciones geológicas profundas y en el océano y se encuentran en fase de investigación y desarrollo.

En el almacenamiento oceánico el CO₂ comprimido se inyecta en las aguas oceánicas por debajo de 1 km de profundidad para que se disuelva en el agua. También puede depositarse a más de 3000 metros de profundidad, condiciones en las que el CO₂ líquido es más denso que el agua formando una especie de “lago” en el fondo oceánico. El principal riesgo del almacenamiento oceánico es que se proporciona mayor acidez a las aguas, lo que afectaría negativamente a los organismos marinos.



- El almacenamiento oceánico presentan algunos riesgos, como la posibilidad de escapes durante su proceso de captura o de transporte y, sobre todo, el incremento de la acidez de las aguas. ¿Por qué aumenta la acidez? ¿Qué consecuencias puede tener dicho incremento?
- Busca información sobre el almacenamiento geológico. Por ejemplo: Portal de Naciones Unidas para el Cambio Climático:

<http://www.un.org/spanish/climatechange/background/ghg.shtml>

A.42. Qué puedes hacer tú

Todos podemos y debemos luchar contra el cambio climático. La Unión Europea nos hace algunas sugerencias que pueden resultar muy útiles:

- Recicla. Reciclar 1 kg de latas de aluminio usadas consume diez veces menos energía que producirlas, y se utiliza mucha menos energía para fabricar papel a partir de periódicos viejos que de la pulpa de madera.
- Ahorra agua caliente tomando duchas en vez de baños: consumirás cuatro veces menos energía.
- No olvides apagar las luces cuando no hagan falta. Los hogares son responsables del 30 % del consumo de electricidad en la UE, de manera que si todos ahorramos electricidad, el efecto será considerable.
- Cuando tengas que comprar bombillas, prueba las de bajo consumo: duran más y usan cinco veces menos electricidad que las convencionales.
- No dejes el televisor, la cadena o el ordenador en modo de espera (*standby*): es el modo en que queda encendida una lucecita roja. En promedio, el 45 % de la energía que consume un televisor lo hace en modo *standby*. Si todos los europeos evitaran este modo, ahorrarían la electricidad que consume un país del tamaño de Bélgica.
- No dejes tampoco el cargador del móvil enchufado cuando no estés cargando el teléfono. Si lo haces, el 95 % de la electricidad se pierde: solo el 5 % se usa realmente para recargar la batería del móvil.
- Si tú o tus padres compráis un nuevo electrodoméstico, por ejemplo un frigorífico o una lavadora, cercioraos de que la etiqueta europea de eficiencia energética que todo electrodoméstico debe llevar sea «A»: esto garantiza que hace un uso muy eficiente de la energía.
- Busca productos que lleven la etiqueta ecológica europea, simbolizada por una florecita, en tiendas y supermercados. Esto significa que los han fabricado ajustándose a normas medioambientales estrictas.
- No pongas la calefacción muy alta. Bajar la temperatura en solo 1 °C puede reducir hasta en un 7 % la factura energética de una familia.
- Para ventilar, abre la ventana de par en par durante unos minutos y luego vuélvela a cerrar, en vez de dejar que el calor se escape durante mucho rato.
- El automóvil particular es responsable del 10 % de las emisiones de CO₂ de la UE. El transporte público, la bicicleta y la marcha a pie son alternativas más baratas y saludables.
- Si tus padres van a comprar un coche nuevo, pídeles que sea un modelo pequeño y eficiente. De acuerdo con la legislación europea, los fabricantes de automóviles deben mostrar la información relativa a la cantidad de CO₂ que emiten sus automóviles.
- Planta un árbol en la escuela, en el jardín o en el barrio. Cinco árboles absorben habitualmente 1 tonelada de CO₂ a lo largo de su vida.
 - a) La unión Europea ha elaborado un documento dirigido a los jóvenes cuyo título es “Recicla, Camina, Apaga, Baja... ¡Comprométete! Clasifica cada una de las recomendaciones anteriores en los apartados recicla, camina, apaga, baja y otras actividades. Completa esa clasificación con otras actividades que puedan adoptarse y vayan en la misma línea.
 - b) Haz un póster en el que se anime a los demás a realizar pequeños cambios en su comportamiento que contribuyan a reducir el consumo energético y las emisiones de CO₂.
 - c) Habla con la dirección de tu centro para que se adopten medidas en relación con el ahorro de energía, calefacción, y reciclado de papeles.
 - d) Organiza una marcha en bici con algún patrocinador y utiliza la recaudación para una campaña contra el cambio climático.

Figura A.42 Fuente: Comisión Europea, DGMA



A.43. Sobre la incertidumbre en la ciencia

“El cambio global es un problema en el que concurren importantes intereses, muchas veces con un trasfondo económico, que son particularmente aparentes en el caso del uso de los combustibles fósiles y su papel en el cambio climático, que podría afectar a petroleras, empresas del sector, industrias asociadas (e.g. automóvil) y los intereses económicos de poderosos países productores. En la presencia de fuertes intereses, económicos, políticos y corporativos, enfrentados en torno a la cuestión es preciso estar alerta a campañas de desinformación.

Uno de los baluartes de estas campañas de desinformación es y sigue siendo la incertidumbre científica. Como hemos indicado ya, la incertidumbre es una característica inherente a la ciencia moderna (...). Todas las teorías científicas que se pueden encontrar hoy en día en los libros de texto son inciertas y están abocadas a ser sustituidas por otras teorías que expliquen mejor y de forma más sencilla y general las observaciones. Este es el motor de la ciencia, que se debe entender adecuadamente sin que esto signifique que las teorías actuales no son fiables, sino simplemente que son mejorables.

(...) Lo que se puede plantear a la comunidad científica es si hay evidencia, más allá de una duda razonable, de que el planeta está sufriendo cambios fundamentales en su funcionamiento y que la actividad humana tiene un papel fundamental en estos cambios. La respuesta es claramente afirmativa, como recoge el IPCC en su informe de 2001, y presenta un amplísimo –aunque no universal– consenso en el seno de la comunidad científica.”

C. Duarte (coord): (2006) *Cambio Global*. CSIC. Página 152

- a) A veces se señala que en el debate sobre el cambio climático hay intereses económicos pero que no son los de las petroleras sino los de las centrales nucleares que están haciendo recaer en la quema de combustibles fósiles toda la responsabilidad. ¿Crees que todo puede ser un montaje para promocionar de nuevo las centrales nucleares? ¿Existe relación entre la quema de combustibles fósiles y el cambio climático? ¿Qué datos hay al respecto?
- b) Indica alguna teoría antigua que haya sido sustituida por otra. ¿Crees, como se dice en el texto, que todas las teorías científicas están abocadas a ser sustituidas por otras? ¿Tiene todo esto alguna relación con la incertidumbre en la ciencia?
- c) Es frecuente oír en los medios de comunicación generalizaciones acríticas del tipo “este huracán es una prueba del cambio climático”. ¿Puede un huracán o una ola de calor ser una prueba del cambio climático? ¿Por qué?

A.44. Cambio climático y desarrollo sostenible.

Son muchas las alarmas que nos indican que el modelo de desarrollo que venimos siguiendo es insostenible, el cambio climático es una de ellas y no la menos importante.

Construye una argumentación para mostrar que las medidas que deben adoptarse para luchar frente al cambio climático son, además, necesarias para conseguir un desarrollo sostenible.

A.45. Un mapa de respuestas

El esquema organizativo (A.02) que venimos utilizando para orientarnos dentro del trabajo de esta unidad contienen las principales preguntas a las que hemos ido dando respuesta.

Elabora un esquema con las respuestas fundamentales (mapa conceptual). En él deben estar presentes los principales conceptos.

Figura A.43 Fuente: Comisión Europea, DGMA

**7. - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y RECURSOS EN LA RED**

DUARTE, C. (Coord) (2006): *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. CSIC. Madrid. Disponible en: <http://www.csic.es/coleccionDivulgacion.do>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2001): Cambio climático 2001: Informe síntesis. (Hay disponibles una versión en castellano: http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1_home.html)

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2006): Guía simplificada del Informe especial sobre la captura y almacenamiento de dióxido de carbono. (Hay disponible versión en castellano) http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1_home.html)

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2007):

- Cambio Climático 2007-Base de Ciencia Física
- Cambio Climático 2007- Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad.
- Cambio Climático 2007- Mitigación del Cambio Climático.

Hay disponible una versión en castellano de cada uno de estos volúmenes en: http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1_home.html

MILLAR, R. y HUNT, A. (2006): La ciencia divulgativa: una forma diferente de enseñar y aprender ciencia. *Alambique* n. 49, pp.20-29

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA. (2007): *REAL DECRETO 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas*. BOE, 266.

NACIONES UNIDAS (2004): Carpeta de información sobre el cambio climático. Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Disponible en: <http://unfccc.int/2860.php>

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, USA:

www.arctic.noaa.gov

OFICINA ESPAÑOLA DE CAMBIO CLIMÁTICO, OECC (2007): *Informe de Evaluación Preliminar de los Impactos en España por efecto del Cambio Climático*. Disponible en:

http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/documentacion_cc/divulgacion/index.htm

OSBORNE, J., ERDURAN, S. Y SIMON, S. (2004): *Ideas, Fets i Arguments en Ciència*. King's College. London.

PEDRINACI, E. (2006): Ciencias para el mundo contemporáneo: ¿una materia para la participación ciudadana? *Alambique* n 49, pp. 9-19

PEDRINACI, E. (2007): El cambio global: un riesgo y una oportunidad. *Alambique* n 55, pp. 56-67.

POZO, J.I. (1996): *Aprendices y maestros*. Madrid. Alianza

PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD) (2007): *Informe Desarrollo Humano 2007-2008* (PNUD). Nueva York. (Hay versión en castellano disponible en: <http://www.un.org/spanish/climatechange/>)

VILCHES, A. y GIL, D. (2008): La construcción de un futuro sostenible en un planeta en riesgo. *Alambique* n 55.

Otros recursos en la RED:

AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE: <http://local.es.eea.europa.eu/>

COMISIÓN EUROPEA PARA EL MEDIO AMBIENTE:
http://ec.europa.eu/environment/climat/campaign/index_es.htm

CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y PROTOCOLO DE KYOTO: <http://unfccc.int/2860.php>

EARTH OBSERVATORY NASA:
http://earthobservatory.nasa.gov/Study/Paleoclimatology_IceCores/

ECOLOGISTAS EN ACCIÓN:
<http://www.ecologistasenaccion.org/spip.php?rubrique145>

GLOBAL CHANGE MAGAZINE:
http://www.atmosphere.mpg.de/enid/26180f6bbc2b9c84535874dc254b684e,0/Service/Inicio_5mb.html

GREENPEACE: <http://www.greenpeace.net/climate.htm>

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA:
<http://www.idae.es/index.asp?i=es>

MAUNA LOA OBSERVATORY, NOAA:
<http://www.mlo.noaa.gov/livedata/livedata.html>

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE DE ESPAÑA:
http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/

OBSERVATORIO DE LA TIERRA (NASA): <http://earthobservatory.nasa.gov/>
ORGANIZACIÓN DE ESTADOS IBEROAMERICANOS (OEI). Década por una
Educación para la sostenibilidad: <http://www.oei.es/decada/accion17.htm>

PORTAL DE NACIONES UNIDAS PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO:
<http://www.un.org/spanish/climatechange/>

THE CLIMATE GROUP: <http://www.theclimategroup.org>

WWF: http://panda.org/about_wwf/what_we_do/climate_change/index.cfm