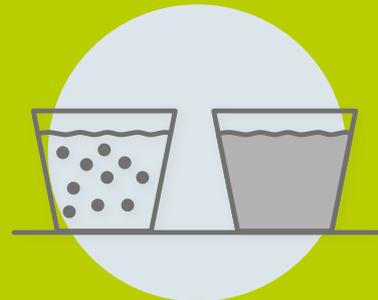
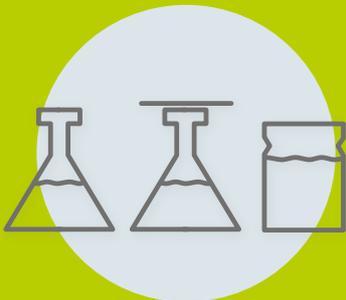
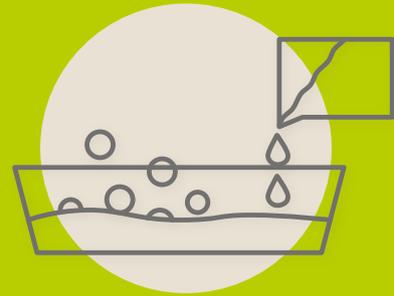


COMPRENDER EL CAMBIO CLIMÁTICO



FICHAS DE TRABAJO



Sencillos experimentos para trabajar en el aula
diversos aspectos del cambio climático.

EDICIÓN 2020



**GENERALITAT
VALENCIANA**
Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica



**CENTRE D'EDUCACIÓ
AMBIENTAL**
DE LA COMUNITAT VALENCIANA

Presentación	4
El clima	5
Cambios en el clima	6
Gases efecto invernadero	7
Calentamiento global	8
Evidencias del cambio climático	9
Efectos	10
¿Qué hacer?	11
Fichas de trabajo en el aula	12
Entender el efecto invernadero	14
Aumento del efecto invernadero	15
Detectando el CO ₂	16
Observando el CO ₂	17
La inclinación de la Tierra y el clima	18
El deshielo y sus consecuencias	19
El efecto albedo	20
El motor de las corrientes	21
Comprender el efecto de la salinidad marina	22
¿Qué suelo ha tenido más CO ₂ ?	23
El CO ₂ y las plantas	24
Extracción y separación de pigmentos fotosintéticos	25
Aumento de la acidez del medio acuático	26
Alteraciones de organismo vivos con cubiertas de carbonato cálcico	27
Audiovisual de los experimentos	28
Bibliografía	28
Webs y materiales digitales	29

El cambio climático es uno de los asuntos más urgentes que debe atender la sociedad en que vivimos. Los informes científicos que el **IPCC** ha venido haciendo públicos en los últimos años, ratifican la gravedad del asunto y la cada vez mayor urgencia de intervenir de una forma decidida frente a este fenómeno.

(IPPC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental del Cambio Climático, conocido por el acrónimo en inglés IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), es una organización internacional creada en 1988 por Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) al detectar el problema del cambio climático mundial. La función del IPCC consiste en analizar, de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo. El IPCC no realiza investigaciones ni controla datos relativos al clima u otros parámetros pertinentes, sino que basa su evaluación principalmente en la literatura científica y técnica revisada por homólogos y publicada).

Uno de los pilares sobre los que ha de basarse la necesaria intervención es la comprensión de este fenómeno y las consecuencias que genera, algo complejo debido a la naturaleza propia de los sistemas climáticos y al conocimiento que hasta ahora se tiene de ellos, y por los diversos procesos de retroalimentación que se generan de una forma, en muchas ocasiones, no prevista.

El principio **«No se actúa frente a lo que no se conoce»** es una realidad a la que tenemos que enfrentarnos desde la educación ambiental con las herramientas y recursos de que disponemos, y así lo viene haciendo el **Centre d'Educació Ambiental de la Comunitat Valenciana** (CEACV) desde el año 1999, en que se constituyó como centro de referencia valenciano en educación ambiental, a través de sus programas educativos y proyectos de información, formación y sensibilización. En estos momentos el CEACV considera el cambio climático como un eje de trabajo fundamental en la mayoría de sus programas y proyectos.

La **Estrategia Valenciana ante el Cambio Climático** es un documento que recoge de manera organizada y sistematizada el reto que asume la sociedad valenciana para hacer frente a la mitigación y adaptación al cambio climático, a través de numerosas medidas. Una buena parte de estas medidas responden al objetivo de sensibilización, capacitación y actuación, y es ahí donde el CEACV desarrolla su trabajo. En el marco de esta estrategia, el equipo de técnicos del CEACV ha elaborado este material de educación ambiental dirigido principalmente a los centros educativos de la Comunitat Valenciana y a todos aquellos que desarrollen tareas de sensibilización y educación ambiental.

Este material comprende una primera parte de introducción teórica para profesores y educadores, a continuación están disponibles las fichas que corresponden a sencillos experimentos para realizar en el aula, de forma que cada uno de ellos hace referencia a un aspecto relacionado con el cambio climático y cuyo conocimiento y comprensión es básico, y finalmente un apartado de bibliografía y webs especializadas.

También se puede encontrar más información sobre el Cambio Climático en los materiales que el CEACV ha elaborado para la exposición **«Emergència Climàtica. fets i dades»** que se pueden descargar, además de otros materiales didácticos sobre el cambio climático, en el siguiente enlace:
<https://www.agroambient.gva.es/web/ceacv/recursos-educatius-per-a-l-emergencia-climatica>

El clima

Se denomina **clima** al conjunto de situaciones que determinan el estado medio atmosférico en una determinada zona durante un período de tiempo preestablecido. Por ello, cuando oímos hablar de un determinado tipo de clima (por ejemplo el mediterráneo) se hace referencia a unas características particulares que se han observado a lo largo de un periodo de tiempo mínimo que ronda los 30 años. Son muchos los factores que inciden en la caracterización de un determinado tipo climático tales como la latitud, altitud, orografía y orientación del relieve, masas de agua, distancia al mar, insolación, dirección de los vientos y corrientes oceánicas, etc.

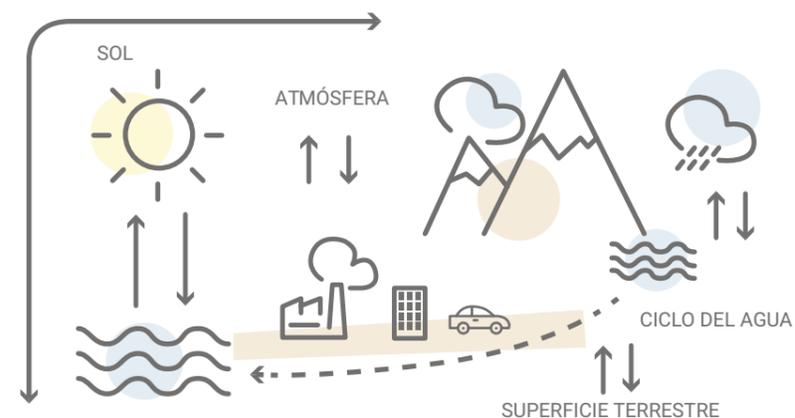
La complejidad del clima lleva a considerarlo como un sistema interactivo que estaría compuesto por la atmósfera, superficie terrestre, superficies de hielo y nieve, mares y océanos, otros cuerpos de agua y elementos vivos. Es tal la dificultad que entraña su conocimiento, que incluso hoy día los expertos en la materia están lejos de conocer al detalle los mecanismos de su funcionamiento.

Por otra parte, es necesario diferenciar clima de **tiempo atmosférico** (lo que en valenciano se denomina oratge). El clima se determina a partir de largos períodos de observación, recogida de datos y análisis, el tiempo atmosférico es instantáneo y está determinado por la situación puntual de algunos factores que posee el clima, sirva el ejemplo de la Comunitat Valenciana donde el clima es mediterráneo, con temperaturas medias suaves, pero ocasionalmente y por la combinación circunstancial de ciertos factores climáticos, se pueden registrar temperaturas mínimas muy bajas, que pueden dar lugar a situaciones inusuales como nevadas en zonas cercanas al mar.

Las condiciones meteorológicas varían continuamente, las borrascas y los anticiclones se ceden el paso los unos a los otros, el mercurio del termómetro sube y baja de un día a otro e incluso en diferentes ocasiones a lo largo de un mismo día, llueve, sopla el viento... Sin embargo, visto desde una escala de tiempo humana, el clima en una determinada zona permanece prácticamente constante, aunque en realidad no lo es.

Hoy en día es posible pronosticar el tiempo atmosférico con una antelación de varios días. De este estudio se encarga la **meteorología**, una rama de la física que aborda los fenómenos que ocurren en la atmósfera.

A pesar de hablar de clima, no existe un solo tipo de clima en la Tierra, sino que existen diferentes tipos en función de las regiones en las que se dan circunstancias climáticas diversas. Es posible encontrar varias clasificaciones, en función de diferentes parámetros. Una de ellas los clasifica en tres grandes grupos: Cálidos, templados y fríos. Al primer grupo pertenecen el clima tropical y desértico; al segundo el mediterráneo y el continental; mientras que el representante de clima frío sería el polar.



Cambios en el clima

El clima de la Tierra ha variado continuamente desde la formación del planeta y la atmósfera hace unos 4.500 millones de años.

El clima de la Tierra ha pasado por diversas fases de glaciaciones y periodos interglaciares, con espacios temporales de cientos de miles de años de duración. A lo largo de estas fases la temperatura media del planeta ha ido variando, subiendo y bajando. Las variaciones de la temperatura media terrestre, que han provocado la sucesión de estos periodos glaciares e interglaciares, se han establecido en un rango que ha ido entre los 5° a 7° C ascendentes o descendentes (FUENTE: IPCC). En la actualidad nos encontramos en un periodo interglaciar tras la última glaciación acontecida, la de Würm, finalizada hace unos 12.000 años y que duró unos 100.000 años.

Los cambios experimentados por el clima a lo largo de la historia del planeta, considerados de origen natural, se deben a modificaciones en el balance entre la energía solar absorbida y la emitida por la Tierra. El Sol activa el clima de la Tierra, irradiando energía sobre el planeta,

de esa energía, una tercera parte alcanza la zona superior de la atmósfera terrestre y se refleja directamente de nuevo al espacio. Las dos terceras partes restantes son absorbidas en su mayoría por la superficie de la Tierra y algo por la atmósfera. Para equilibrar la energía absorbida, la Tierra debe irradiar la misma cantidad de energía al espacio.

Este balance se puede ver modificado y generar cambios climáticos por tres causas principales:

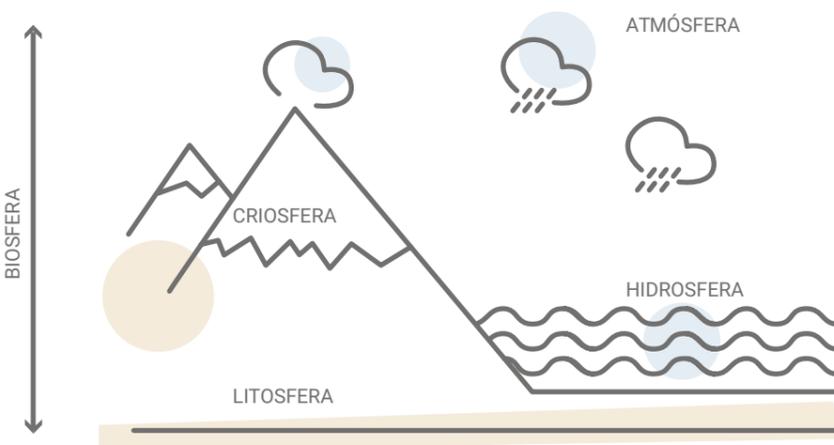
1. La cantidad de energía que emite el Sol (y que recibe la Tierra) no es constante, está sometida a los ciclos de actividad solar, a veces más intensos y otras menos. Por ejemplo, el conocido como «Periodo cálido medieval», acontecido entre el siglo X e inicio del XIV, se relaciona con un periodo de mayor actividad del Sol.
2. Los cambios en la posición de la órbita y en la inclinación del eje de rotación de la Tierra, que provocan que se reciba una mayor o menor cantidad de energía desde el Sol, por la

orientación del planeta o por la mayor o menor cercanía respecto a él. En general los periodos glaciares coinciden en muchas ocasiones con una alta excentricidad de la órbita, baja inclinación del eje de rotación y una distancia grande entre la Tierra y el Sol y en los periodos interglaciares suele haber una baja excentricidad, mayor inclinación y una menor distancia de la Tierra al Sol.

3. Las propias modificaciones e interacciones entre los elementos que constituyen el denominado sistema climático, y que son:

- La atmósfera
- La hidrosfera
- La litosfera
- La criosfera
- La biosfera

Un buen ejemplo de estas interacciones y de como los cambios en alguno de los elementos del sistema climático provocan modificaciones climáticas es el provocado por una intensa actividad volcánica. El 5 de abril de 1815, una descomunal erupción del volcán Tambora en Indonesia, inyectó tanta ceniza en la capa superior de la atmósfera que produjo una disminución de la cantidad de luz solar que llegaba a la Tierra. Esto provocó una importante bajada de las temperaturas que hizo que 1816 se conociera como «el año sin verano». También la llamada «Pequeña edad del hielo», acontecida aproximadamente entre los siglos XV y XIX tiene relación con una mayor actividad volcánica.



Gases de efecto invernadero

De toda la energía que recibe la Tierra, la energía que irradia para equilibrar el balance energético no se pierde en su mayor parte en la inmensidad del espacio, ya que si fuese así, la temperatura de la Tierra estaría en torno a los -18°C, (FUENTE: IV Informe IPCC) dando lugar a unas circunstancias muy diferentes a las que han permitido que la vida se haya desarrollado en el planeta.

Para que esto no ocurra, algunos gases que se encuentran en la atmósfera crean una situación similar a la de un invernadero, de modo que estos gases dejan pasar la radiación solar que incide sobre la Tierra, pero atrapan parte de la radiación reflejada, devolviéndola hacia la superficie, generando así una mayor temperatura media terrestre. Estos son los llamados **Gases de Efecto Invernadero (GEI)**, y a este fenómeno se le conoce como Efecto Invernadero, y es el causante de que la temperatura media de la Tierra actualmente ronde los 15° C.

Cada uno de los gases de efecto invernadero afecta a la atmósfera en distinto grado y permanece allí durante un periodo de tiempo diferente. La medida en la que un GEI determinado contribuye al calentamiento global se define como su **Potencial de Calentamiento Global (PCG)**. Para hacer comparables los efectos de los diferentes gases, el PCG expresa el potencial de calentamiento de un determinado gas en comparación con el que posee el mismo volumen de CO₂ durante el mismo periodo de tiempo, por ello se hace referencia a emisiones CO₂-equivalente (CO₂eq). Algunos gases provocan mucho más calentamiento que el CO₂ pero desaparecen de la atmósfera más rápidamente que este, por contra existen otros que tienen una persistencia mayor y plantean más problemas durante un largo periodo de tiempo.

El principal gas de efecto invernadero es el **dióxido de carbono (CO₂)**. No es el más potente pero sí el más abundante, por lo que se le considera referencia para los demás, y se considera que su PCG es siempre 1. Su concentración en la atmósfera ha crecido exponencialmente desde las 200 partes por millón (ppm) que presentaba al final de la última glaciación (hace unos 12.000 años), a las 270 ppm en la era preindustrial (segunda mitad del siglo XVIII), hasta alcanzar las más de 410 ppm que ya se registran en la actualidad, concentración considerada elevada en la historia de la Tierra, afirmación basada en los informes del IPCC.

El segundo gas de efecto invernadero en orden de importancia, en cuanto a la cantidad presente en la atmósfera, es el **metano (CH₄)**. Es emitido desde el tracto digestivo anóxico de diversos organismos vivos, y en la descomposición, en ambientes carentes de oxígeno, de la materia orgánica, sobre todo en zonas húmedas y pantanos, arrozales, vertederos, colonias de termitas, etc. Su origen no solo es natural, también responde a las modificaciones que los seres humanos han introducido en la actividad agropecuaria, como la ganadería intensiva, principalmente de tipo vacuno. Cerca del 40% del CH₄ que se emite a la atmósfera procede de fuentes naturales (humedales y termitas), mientras que aproximadamente el 60% proviene de fuentes antropógenas (cría de ganado, cultivo de arroz, combustibles fósiles, vertederos y combustión de biomasa). Su potencial como gas invernadero es unas 20 veces mayor que el del dióxido de carbono, y presenta una persistencia en la atmósfera de unos 12 años. Los procesos de descongelación del permafrost están liberando importantes cantidades de metano a la atmósfera que estaban atrapadas en estos estratos de suelo congelado.

Le sigue el **óxido nítrico (N₂O)**, cuyas dos terceras partes son de origen natural pero, al igual que con el metano, la intervención intensiva del hombre en la agricultura con el empleo de fertilizantes agrícolas ha incrementado sus emisiones, además los procesos de combustión industriales y el tráfico también contribuyen al incremento de sus emisiones de una forma muy destacable. Es un gas invernadero unas 300 veces más potente que el dióxido de carbono y tiene una persistencia en la atmósfera de unos 114 años.

Los otros gases invernadero importantes serían los gases fluorados, algunos como el Hexafluoruro de azufre con un potencial de calentamiento 22.000 veces mayor que el CO₂ y con una persistencia en la atmósfera de unos 3200 años (en general los diversos **gases fluorados** presentan altísimos PCG y persistencias en la atmósfera muy elevadas, pero presentan concentraciones atmosféricas ínfimas); el **ozono troposférico (O₃)**, generado en reacciones químicas que aparecen en la quema de combustibles (no hay que confundir este tipo de ozono con el que aparece en la llamada «capa de ozono», ubicada entre los 15 y los 50 km de altitud y que reduce el paso de los rayos ultravioleta); y el **vapor de agua**, uno de los más potentes para contribuir al efecto invernadero, aunque no suele considerarse debido a su variabilidad y a su escaso tiempo de permanencia en la atmósfera (unos pocos días).

Estas emisiones asociadas a la actividad humana han crecido desde la época preindustrial hasta la actualidad, pero muy especialmente y de una forma muy importante durante las últimas décadas, así lo revelan las muestras de hielo extraídas en los casquetes polares y analizadas (que abarcan miles de años de registros) y los datos directos que se recogen desde hace ya muchas décadas.

El calentamiento global

Desde la Revolución Industrial (final del S. XVIII y principios del S.XIX), pero especialmente durante el último siglo, las actividades humanas han provocado, directa e indirectamente, que aumente de una forma muy importante la concentración de GEI en la atmósfera.

El uso cada vez mayor de fuentes energéticas de origen fósil (carbón petróleo y gas natural) y la imparable deforestación, en especial en las últimas décadas, ha provocado que pasemos de unos niveles de CO₂, antes del comienzo de la Revolución Industrial, de unas 270 partes por millón (ppm), a alcanzar en la actualidad valores que superan ampliamente las 410 ppm (a final de marzo de 2020 superaba las 415 ppm. FUENTE: The Keeling Curve). En el caso del metano se ha pasado de una concentración preindustrial de 0,7 ppm a tener en la actualidad una concentración de alrededor de 2 ppm. (FUENTE: IPCC). También se han producido incrementos en la concentración del óxido nitroso o de los gases fluorados, pero en menor cantidad absoluta.

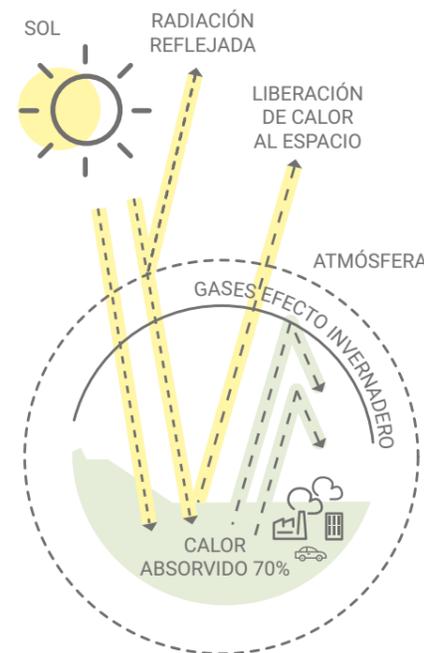
Desde 1958 se han llevado a cabo mediciones detalladas de las concentraciones de CO₂ atmosférico por parte de Charles D. Keeling, primero en el Instituto Scripps de Oceanografía de La Jolla, en California, y desde 1974 en el observatorio del volcán Mauna Loa, en Hawai, alejado de fuentes locales de contaminación. Posteriormente otros científicos han ido también obteniendo series de registros del CO₂ que han corroborado los resultados del Mauna Loa.

En las últimas décadas, sin tener en cuenta las variaciones estacionales, las mediciones realizadas han puesto de manifiesto el incremento anual de la concentración de CO₂ en el aire, que ha sido por término medio de 1,5 ppm, es decir un 0,5 % por año. (FUENTE: IPCC).

Ese aumento de la concentración de GEI, producido mayoritariamente por actividades humanas, se ha traducido claramente en un aumento de la temperatura media del planeta, dicho de otro modo, el «invernadero» que envuelve al planeta está aumentando su efecto y esto se ve reflejado de múltiples formas:

- Las observaciones de incrementos de las temperaturas medias globales del aire y los océanos, la fusión generalizada de la nieve y el hielo y el ascenso global del nivel medio del mar, son consecuencias evidentes de este calentamiento del planeta.
- El calentamiento global durante el pasado siglo (1901-2000) se estimó en 0,6°C de media según el Tercer Informe de Evaluación del IPCC, publicado en 2001. En el siguiente tramo de 100 años, hasta la elaboración del Cuarto Informe (1906-2005) la cifra aumentó a 0,74°C. Según la OMM (Organización Mundial Meteorológica), la temperatura media mundial ha aumentado 1,1°C desde época preindustrial hasta la actualidad (El Estado del Clima Mundial 2015-2019).
- El incremento de la temperatura es generalizado en el mundo pero es más marcado en las regiones árticas.

- El calentamiento ha sido detectado en la superficie de la Tierra y en la atmósfera, así como en los primeros cientos de metros de profundidad de los océanos. Las zonas terrestres se han calentado más rápidamente que los mares.
- Las temperaturas medias del Hemisferio Norte, después de 1950, han sido más altas que en ningún otro periodo durante los últimos 500 años. Los años 2001 a 2019 se cuentan entre los años más cálidos de los que se tienen registros de temperatura, es decir desde 1850.



Evidencias del cambio climático

Las evidencias de un mundo más cálido son muchas: Periodos más cortos de congelación del agua de lagos y ríos, disminución de la extensión del permafrost (capa de hielo permanente en los niveles superficiales del suelo de las regiones muy frías o periglaciares), temperaturas del suelo en aumento, adelanto de la salida de hojas o la floración en vegetales, modificaciones en las migraciones de fauna o en la distribución de especies, etc.

Pero los principales cambios observados científicamente, y percibidos cada vez más por la gente en todo el mundo, se pueden resumir en:

- Los niveles del mar en todo el planeta se han elevado de un modo evidente con el calentamiento, a una media de 1,8 milímetros por año desde 1961 y a 3,1 milímetros por año desde 1993. La elevación durante el siglo XX alcanzó los 17 centímetros. La expansión del agua, a medida que se calienta, y el deshielo de los glaciares, los casquetes y las capas de hielo polar están contribuyendo a este aumento de forma conjunta. Las observaciones indican que este proceso se va acelerando cada vez más. (FUENTE: IPCC)
- La reducción de la extensión de nieve y hielo también se ha visto incrementada de una forma evidente con el calentamiento global. Los datos de satélite registrados desde 1978 muestran que la extensión media anual del hielo en el Ártico ha caído un 2,7% cada década, con disminuciones mayores en verano. La banquisa ártica pierde superficie y grosor cada año, y se estima que en la década de 2030 podría llegar prácticamente a desaparecer durante el verano polar. Los glaciares de montaña y la cobertura media de nieve se han reducido en ambos hemisferios. Esta

reducción de las superficies cubiertas por hielo y nieve generan efectos de retroalimentación del calentamiento global al reducirse el reflejo de radiación solar que generan estas zonas por su color blanco gracias al efecto albedo, y por tanto incrementarse la absorción de energía y la temperatura. (FUENTE: IPCC)

- Desde 1900 a 2005, las precipitaciones (lluvia, aguanieve y nieve) aumentaron significativamente en zonas de América del Norte y Sur, norte de Europa y norte y centro de Asia, pero disminuyeron en el Sahel, el Mediterráneo, sur de África y zonas del sur de Asia. El IPCC concluye que es «probable» que el área global afectada por la sequía haya aumentado desde los años 70. En los pasados 50 años, los días y noches fríos y las heladas se han hecho menos frecuentes en la mayoría de áreas terrestres, mientras que han aumentado los días y noches cálidos. El IPCC considera «probable» que las olas de calor se hayan hecho más comunes en la mayor parte de zonas terrestres, que los eventos de fuertes precipitaciones hayan aumentado en la mayoría de las áreas y que, desde 1975, las subidas extremas del nivel del mar hayan aumentado en todo el mundo. Las inundaciones y ciclones han ocurrido más frecuentemente en los últimos 30 años, si bien los ciclones tropicales intensos han aumentado desde aproximadamente 1970, la alta variabilidad registrada durante estas décadas y la falta de una observación sistemática de alta calidad, previa a las observaciones de satélite, hacen difícil detectar tendencias de largo plazo. En general se van a ampliar los periodos de condiciones extremas, sequías y episodios de lluvias torrenciales e inundaciones, tanto en frecuencia como en intensidad.

- Las observaciones en todo el mundo muestran que muchos sistemas naturales están siendo afectados por cambios climáticos regionales, especialmente por los aumentos de temperatura, además se han incrementado los incendios forestales. También se están detectando otras consecuencias de los cambios climáticos regionales, sobre las personas y los ecosistemas, distintas de las ya descritas. Son efectos que se manifiestan en ámbitos muy diferentes, desde el adelanto en la plantación de cultivos primaverales a los cambios en la distribución de los pólenes alergénicos en el Hemisferio Norte, los cambios en la extensión de las áreas afectadas por enfermedades infecciosas o en las actividades que dependen, por ejemplo, de la nieve o el hielo, tales como los deportes de montaña. Se trata de efectos frecuentemente difíciles de identificar, debido a los procesos de adaptación al cambio climático ya en marcha y a que pueden estar actuando también otros factores que no guardan relación con el clima.

Efectos

Las emisiones acumuladas de GEI, las que se siguen produciendo y las que se pueden producir, a unas tasas iguales o superiores que las actuales, causarán más calentamiento e inducirán muchos cambios en el sistema climático global durante este siglo, cambios que serán mayores que los ya observados durante el siglo XX.

La existencia de nuevos estudios y observaciones ha proporcionado al IPCC mayor certeza sobre la exactitud de los patrones de calentamiento proyectados y de otros efectos climáticos regionales. Estos efectos incluyen cambios en los regímenes de vientos y precipitaciones, en los eventos meteorológicos extremos y en el hielo marino.

Los cambios previstos en la escala regional incluyen:

- Más calentamiento en las áreas terrestres y en las latitudes más septentrionales, y menos en los océanos meridionales y zonas del Atlántico Norte.
- Reducción del área cubierta por la nieve y el hielo, aumentos en la profundidad hasta la cual el permafrost se deshelará, y disminución de la extensión del hielo marino.
- Aumento de la frecuencia de temperaturas extremadamente altas, olas de calor y precipitaciones fuertes.
- Probable incremento de la intensidad de ciclones tropicales.
- Desplazamiento de las tormentas desde los trópicos hacia los polos.
- Aumento de las precipitaciones en latitudes altas, y probable disminución en la mayoría de regiones subtropicales.

Hablar de efectos es hacerlo de posibles escenarios futuros. Los escenarios del IPCC (a menudo conocidos como escenarios SRES, por el documento «Special Report on Emissions Scenarios»

publicado por el IPCC en 2000) exploran evoluciones alternativas. Tienen en cuenta distintos factores demográficos, económicos y tecnológicos y sus emisiones de GEI resultantes. Las proyecciones de emisiones basadas en diferentes supuestos son ampliamente utilizadas para pronosticar los cambios climáticos, la vulnerabilidad y los impactos esperables en el futuro. La decisión sobre cuál de los diversos escenarios descritos parece más probable se deja abierta, puesto que el IPCC no asume el riesgo de asignar probabilidades a cada uno de ellos.

Las regiones que, según las previsiones, serán muy especialmente afectadas por el cambio climático incluyen:

- La región Ártica, a causa de las altas tasas de calentamiento previsto y su impacto sobre las personas y el medio natural. Se prevé la disminución del grosor y extensión de los glaciares y afecciones sobre las capas de hielo y el hielo marino. Las especies invasoras pueden llegar a convertirse en un problema creciente.
- África, por los impactos esperados sobre el continente y su baja capacidad de adaptación. Las cosechas en la agricultura de secano, por ejemplo, se están reduciendo de una forma muy importante.
- Las islas pequeñas, donde las personas y las infraestructuras están altamente expuestas a los impactos previstos, entre ellos la elevación del nivel del mar, que es el principal problema, así como la previsible disminución de precipitaciones en verano. Esto reduciría la disponibilidad de agua dulce, lo que puede implicar, en algunos casos, la incapacidad para cubrir las demandas necesarias. Es probable que un aumento de precipitaciones en el invierno no pueda compensar dicha tendencia debido a las limitaciones para el almacenamien-

to y a la alta escorrentía durante las tormentas. Por ejemplo, en el Atolón de Tarawa, Kiribati, en el Pacífico, una reducción del 10 % en la precipitación media (hacia 2050) conduciría a la disminución en un 20% de las reservas de agua dulce. Además, más especies invasoras podrían aprovechar las altas temperaturas para colonizar algunas islas, interfiriendo con los ecosistemas naturales.

- También se prevé que Australia y Nueva Zelanda tengan que afrontar problemas relacionados con la reducción de la productividad agrícola y con las afecciones a zonas ricas en especies, incluida la Gran Barrera de Coral uno de los puntos de mayor biodiversidad del planeta o mayor cantidad de incendios forestales.
- El Sur de Europa puede experimentar una reducción en la disponibilidad de agua. En todo el continente, las zonas de montaña sufrirán un retroceso de los glaciares y la reducción de la cobertura de nieve, lo que implica una alta posibilidad de escasez de agua, y los riesgos para la salud pueden aumentar debido a las olas de calor y los incendios.
- Latinoamérica puede tener dificultades con la disponibilidad de agua, como consecuencia de la reducción de las precipitaciones y el retroceso de los glaciares. Además se prevé la pérdida de especies significativas y, hacia mitad del siglo, la sustitución gradual del bosque tropical por la sabana en el este de la Amazonia.
- El informe «Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España», publicado por la AEMET, muestra el escenario climático previsible para la Comunitat Valenciana durante todo este siglo, con un claro aumento de temperaturas mínimas y máximas y reducción de las precipitaciones globales.

¿Qué hacer?

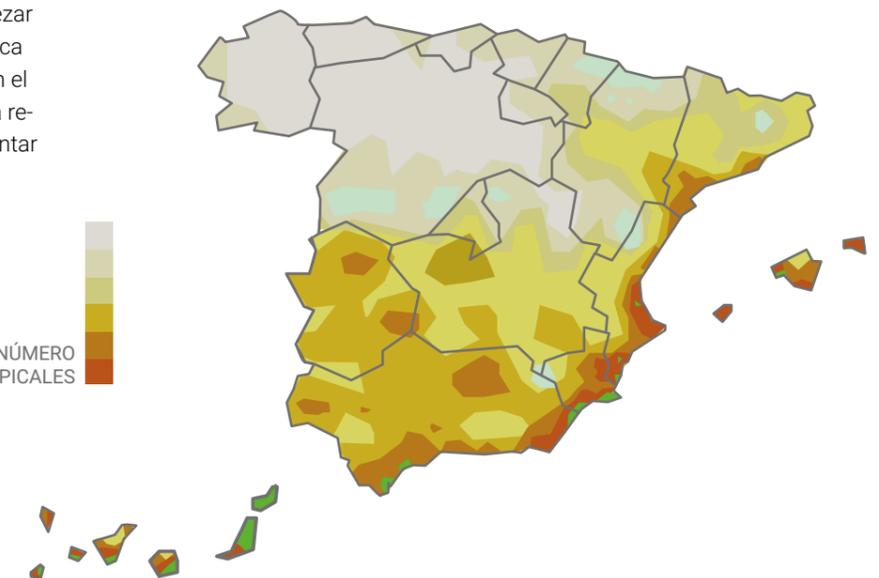
Conocido el problema, con el aval casi absoluto de la comunidad científica, y vista la urgencia de frenar un cambio en el clima que tendrá consecuencias muy negativas para la vida en el planeta Tierra y para la sociedad humana, es necesario y muy importante saber que disponemos de los medios técnicos, humanos y económicos para poder actuar.

El reto es enorme, ya que deberíamos recortar al menos en un 50 % las emisiones de CO₂ para el año 2050, y en los países más industrializados apostando por disminuir estas hasta un 80 %. Lograr estos objetivos podría mantener el aumento de las temperaturas globales por debajo de 2° C, como medida esencial para evitar un cambio climático descontrolado, imprevisible y muy peligroso. (FUENTE: IPCC) El Acuerdo de París (COP-21, 2015) estableció una serie de medidas para tratar de frenar el ascenso de temperaturas globales a un máximo de 2° C, sin embargo la propia ONU estima que, aún cumpliendo estas medidas acordadas, la temperatura subiría durante este siglo más de 3° C.

La mayor parte de las emisiones son debidas al sistema energético actual, basado en la quema de combustibles fósiles, por tanto las soluciones deben empezar por el diseño de una política energética basada en el ahorro, la eficiencia y en el uso progresivo de fuentes de energía renovables, todo ello enfocado a implantar

en nuestra sociedad un modelo de consumo energético sostenible. También cada uno de los ciudadanos, que diariamente hacen uso de la energía, esa energía que pone en marcha sus vidas, puede aportar mucho en la acción contra el cambio climático incorporando unas sencillas buenas prácticas en su rutina habitual. Del mismo modo, la reducción y correcta gestión de los residuos; el uso eficiente y el ahorro del agua, una movilidad más sostenible o cambios en la producción y consumo de alimentos, supondrán también un fuerte empuje en la consecución del objetivo de no superar los 2° C de temperatura media del planeta. El desarrollo de una economía circular, que lleve aparejada una importante reducción de las emisiones de GEI es fundamental para poder combatir el cambio climático.

Además también es muy importante, la recuperación, protección y adecuada gestión de los sistemas naturales como aliados básicos para la lucha contra el cambio climático. Hay que frenar la alteración de los espacios naturales, que siguen siendo destruidos por transformaciones agro-ganaderas, incendios o construcción de infraestructuras.



Fichas de trabajo en el aula

Entender el efecto invernadero	Visualizar lo que significa el «efecto invernadero» para el planeta. Relacionar este fenómeno con el cambio climático	Gases de Efecto Invernadero (GEI) Efecto invernadero Calentamiento global	Observación e investigación del entorno. Manejo de instrumentos de observación y medida	A partir de 10 años
Aumento del efecto invernadero	Visualizar la acción del CO ₂ respecto al aumento de la temperatura. Relacionar este efecto con el cambio climático	Efecto invernadero Calentamiento global	Observación e investigación del entorno. Manejo de instrumentos de observación y medida	A partir de 10 años
Detectando el CO₂	Visualizar la acción del CO ₂ respecto al aumento de la temperatura. Relacionar este efecto con el cambio climático	Ciclo del carbono	Observación e investigación del entorno. Manejo de instrumentos de observación y medida	A partir de 14 años
Observando el CO₂	Visualizar la acción del CO ₂ respecto al aumento de la temperatura y los procesos en que se genera. Relacionar este efecto con el cambio climático	Ciclo del carbono Procesos biológicos Fermentación	Observación e investigación del entorno	A partir de 10 años
La inclinación de la Tierra y el clima	Relacionar los movimientos del planeta: traslación y rotación y su inclinación con los cambios climáticos y los periodos estacionales	Rotación Traslación Eje de rotación Sistemas climáticos	Observación e investigación del entorno. Manejo de instrumentos de observación y medida	A partir de 10 años
El deshielo y sus consecuencias	Comprobar que cuando un iceberg que flota en el mar se derrite no provoca el aumento del nivel del mar. Mostrar aplicaciones prácticas de la teoría científica	El principio de Arquímedes. Sistemas climáticos	Observación e investigación del entorno	A partir de 10 años
El efecto albedo	Comprender como se absorbe y refleja la radiación solar que llega a la superficie terrestre y como contribuyen al equilibrio las masas de hielo y nieve	Radiación solar Efecto albedo	Observación e investigación del entorno. Manejo de instrumentos de observación y medida	A partir de 12 años
El motor de las corrientes	Observar cómo dos fluidos que entran en contacto con distinta temperatura y densidad generan movimiento. Relacionar este fenómeno con las corrientes marinas y el clima de la Tierra	Las corrientes marinas. El motor termohalino. Sistemas climáticos	Observación e investigación del entorno	A partir de 12 años

Comprender el efecto de la salinidad marina	Comprender los efectos de la salinidad marina sobre elementos como la biodiversidad o las corrientes. Relacionar este efecto con el cambio climático	Las corrientes marinas. El motor termohalino	Observación e investigación del entorno	A partir de 12 años
¿Qué suelo ha tenido más CO₂?	Relacionar los siguientes conceptos: Materia orgánica, C orgánico y CO ₂ . Comprender el papel del suelo como sumidero de CO ₂	Materia orgánica Sumidero de CO ₂ Fotosíntesis. Ecosistemas terrestres	Observación e investigación del entorno. Interpretación de planos y mapas	A partir de 14 años
El CO₂ y las plantas	Medir el CO ₂ absorbido por una planta herbácea. Que los alumnos adquieran habilidades de trabajo en el laboratorio	Biomasa CO ₂ absorbido. Ciclo del carbono	Observación e investigación del entorno. Manejo de instrumentos de observación y medida	A partir de 14 años
Extracción y separación de pigmentos fotosintéticos	Destacar el papel de la vegetación en la lucha contra el cambio climático. Comprender el proceso fotosintético unido a la absorción de CO ₂	Fotosíntesis. Pigmentos fotosintéticos. Fijación de CO ₂	Observación e investigación del entorno. Manejo de instrumentos de observación y medida	A partir de 14 años
Aumento de la acidez del medio acuático por absorción de CO₂	Comprobar cómo la absorción de CO ₂ genera acidificación del agua. Comprender los efectos de la acidificación del mar sobre el hábitat	Ciclo del carbono Acidificación	Observación e investigación del entorno. Manejo de instrumentos de observación y medida	A partir de 14 años
Alteraciones en organismos vivos con cubiertas de carbonato cálcico	Comprender los efectos de la acidificación del mar sobre el hábitat marino, las especies y las cadenas tróficas	Ciclo del carbono. Acidificación. Ecosistemas marinos. Cadena trófica	Observación e investigación del entorno	A partir de 14 años

Entender el efecto invernadero

Objetivos:

- Comprender en que consiste el efecto invernadero.
- Visualizar lo que significa el «efecto invernadero» para el planeta.
- Relacionar este fenómeno con el cambio climático.

Actividad:

La actividad consiste en comparar cómo aumenta la temperatura en dos botes de cristal iguales, que son sometidos a la misma fuente de calor. En uno de ellos el incremento de temperatura es mayor debido al efecto invernadero creado artificialmente.

Información:

Si la energía que irradia la Tierra, tras ser calentada por la luz del Sol, se perdiese en la inmensidad del espacio la temperatura media del planeta estaría en torno a los -18°C . Para equilibrar el balance energético algunos gases que se encuentran en la atmósfera, los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI) crean una situación similar a la de un invernadero, de modo que dejan pasar la radiación solar que incide sobre la Tierra, pero atrapan parte de la radiación reflejada, devolviéndola hacia la superficie.

A este fenómeno se le conoce como Efecto Invernadero, el causante de que la temperatura media de la Tierra ronde los 15°C . El principal gas invernadero es el dióxido de carbono (CO_2), pero también contribuyen a este efecto el metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hexafluoruro de azufre (SF_6), hidrofluorocarbonados (HFCs) y perfluorocarbonados (PFCs).

Desarrollo:

Colocar dos vasos de cristal con un pequeño termómetro dentro, de forma que sea fácil leer el dato de temperatura. El termómetro marcará la temperatura ambiente. Después se colocan los dos vasos bajo la luz de una lámpara que genere calor. La temperatura del aire que hay en el interior de los vasos comenzará a subir. Uno de los vasos se cubre con otro vaso o recipiente de cristal más grande y que permita contenerlo.

Se coloca a modo de campana, de forma que el vaso original queda cubierto por el superior, tal y como muestra la imagen. En este vaso el calor generado por la lámpara queda atrapado en el interior de la campana y provoca un mayor aumento de la temperatura. El motivo es sencillo, el vaso mayor que recubre al original, deja pasar la luz y que el pequeño se caliente, sin embargo no deja escapar el calor generado en su interior, al modo efecto invernadero, y eso se refleja en la lectura del termómetro.

Edad: a partir de 10 años.

Duración: 15 minutos.

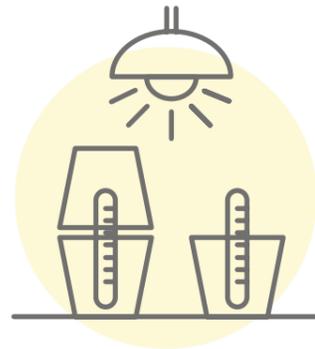
Grupo: 5-6 alumnos

Materiales: Dos vasos de cristal medianos, un vaso de cristal grande, dos termómetros de alcohol pequeños, una lámpara y una bombilla de resistencia de más de 60 vatios.

Espacio: Cualquiera.

Consultar:

Educación y Comunicación frente al Cambio Climático
<https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/cambio-climatico.aspx>



Aumento del efecto invernadero

Objetivos:

- Visualizar la acción del CO_2 respecto al aumento de la temperatura.
- Relacionar este efecto con el cambio climático.

Actividad:

La actividad consiste en comparar cómo aumenta la temperatura en dos botes de cristal iguales, que son sometidos a la misma fuente de calor. En uno de ellos el incremento de temperatura es mayor debido al CO_2 que se genera en su interior.

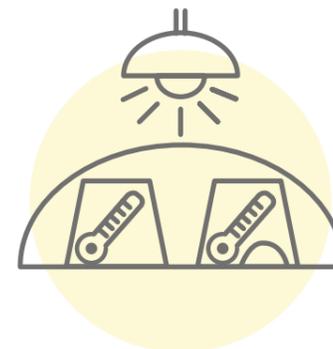
Información:

La científica Eunice Newton Foote presentó en 1856 «*Circumstances Affecting the Heat of Sun's Ray*» ante la Academia Americana de Ciencias y Artes. En su investigación descubrió que una atmósfera con más cantidad de CO_2 podría elevar la temperatura de la Tierra, y que esto mismo ya había ocurrido en algunos momentos de la historia del planeta.

En 1894 el geólogo sueco Arvid Gustav Högborn escribió un artículo donde se preguntaba cómo afectaría a la temperatura la liberación de CO_2 a la atmósfera por la quema masiva de carbón. ¿Y si aumentaba la temperatura media? ¿Aumentaría el vapor de agua en la atmósfera y por tanto retroalimentaría este proceso incrementando más la temperatura?

En 1896 el científico sueco Svante Arrhenius, apoyado en las estimaciones de Högborn, concluyó que si la concentración de CO_2 en la atmósfera fuese la mitad, sería suficiente para producir una glaciación, mientras que si se duplicase esa concentración generaría un calentamiento de entre 5 y 6 grados centígrados.

En los años finales de la década de los cincuenta y principio de 1960, Charles Keeling, con un intenso estudio con curvas de concentración de CO_2 atmosférico en Mauna Loa (Hawai) confirmó esta teoría y puso una de las bases para el conocimiento del cambio climático.



Desarrollo:

Colocar dos vasos medianos de cristal con un pequeño termómetro dentro, de forma que sea fácil leer el dato de temperatura. El termómetro marcará la temperatura del interior del vaso. Después se colocan los dos vasos (boca abajo) bajo la luz de una lámpara que genere calor y se tapan con un vaso de cristal grande que los cubra. La temperatura del aire que hay en el interior de los vasos comenzará a subir. Comprobamos que en los dos vasos el ascenso es similar.

Repetimos el proceso, pero en un pequeño vaso, que quepa dentro de uno de los vasos medianos, se mezclan dos cucharadas pequeñas de bicarbonato sódico y 40 ml de vinagre. La reacción producirá CO_2 .

Inmediatamente se introduce la mezcla dentro de uno de los vasos medianos, y se tapan los dos vasos medianos con los vasos grandes. Exponemos al foco de luz, junto al termómetro dentro de los vasos. Pasados unos minutos se podrá observar que en el vaso donde hay una mayor concentración de CO_2 la temperatura es un poco más alta, como consecuencia de la mayor concentración del mismo.

Edad: a partir de 10 años.

Duración: 35 minutos.

Grupo: 5-6 alumnos

Materiales: Un vaso de cristal pequeño, dos vasos de cristal medianos y dos vasos de cristal grande, dos termómetros de alcohol pequeños, una lámpara y bombilla incandescente de más de 60 vatios. Bicarbonato sódico, vinagre y una cucharilla.

Espacio: Cualquiera.

Consultar:

The Keeling curve
<https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/>

Detectando el CO₂

Objetivos:

- Visualizar la presencia del CO₂ en la atmósfera.
- Relacionar esta presencia con procesos reactivos químicos con otros compuestos de la atmósfera y de la superficie terrestre.

Actividad:

La actividad consiste en comprobar que el CO₂ está presente en la atmósfera y es un compuesto reactivo y participa en la dinámica atmosférica y la regulación del clima.

Información:

La atmósfera está compuesta por diversos gases (principalmente nitrógeno 78% y oxígeno 21%, y 1% aproximadamente de una mezcla de otros gases). Entre ellos está el CO₂, en poca cantidad, pero con un gran potencial de calentamiento, es el principal Gas de Efecto Invernadero (GEI), junto a otros como el metano, el ozono troposférico o el óxido nitroso.

El CO₂ se produce en procesos biológicos de respiración, pero también es un compuesto que se emite en grandes cantidades en los procesos de combustión de los llamados combustibles fósiles derivados del carbón, petróleo o gas natural, aumentando su concentración en la atmósfera y favoreciendo el calentamiento global y el cambio climático.

Edad: a partir de 14 años.

Duración: 20 minutos.

Grupo: 5-6 alumnos

Materiales: Un vaso, dos matraces, sosa, agua, fenolftaleína, un bote o botella con la tapa o el tapón agujereados, un tubo fino de plástico, un cucharita, un par de pipetas, papel de plata, bicarbonato sódico y vinagre.

Espacio: Cualquier espacio ventilado.

Observaciones: Tomar medidas de precaución para evitar que la sosa o la disolución de sosa entre en contacto con la piel o cualquier otra parte del cuerpo.

Consultar:

The Keeling curve

<https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/>



Desarrollo:

En un vaso pequeño disolver en unos 50 ml de agua una escama o bolita de sosa caustica.

En dos matraces, poner en cada uno, unos 100 ml de agua y añadir 10 gotas de disolución de hidróxido de sodio (sosa) que hemos preparado previamente.

Añadir en cada matraz una gota de fenolftaleína (*La fenolftaleína, de fórmula C₂₀H₁₄O₄, es un indicador de pH que en disoluciones ácidas permanece incoloro, pero en disoluciones básicas toma un color rosado con un punto de viraje entre pH=8,2 (incoloro) y pH=10 (magenta o rosado).*

La disolución de los matraces se pondrá de un color rosado, lo que indica que tiene un PH superior a 8,2.

Tapamos con papel de plata la boca de uno de los matraces que nos servirá de referencia.

En un bote o botella de plástico que habremos preparado previamente agujereando la tapa o el tapón y haciendo pasar por el agujero un tubito de plástico, pondremos vinagre y bicarbonato cálcico. Rápidamente taparemos y pondremos el otro extremo del tubito que sale de la botella dentro del matraz que no hemos tapado con papel de plata; el tubito hará llegar el gas que se genera (CO₂) de dentro del bote o de la botella hasta la disolución que tenemos dentro del matraz. Observaremos como el color rosa desaparece rápidamente debido al brusco descenso del PH al entrar gran cantidad de CO₂ (ver experimento 13: Aumento de la acidez del medio acuático).

Podemos repetir el experimento pero soplando nosotros y burbujeando en la disolución de sosa teñida por fenolftaleína, veremos como pierde el color rosa también pero le cuesta más tiempo ya que la concentración de CO₂ en el aire que expiramos es de aproximadamente el 5%, mientras que el caso de reacción del vinagre con el bicarbonato es muy superior.

Observando el CO₂

Objetivos:

- Visualizar la presencia del CO₂ en la atmósfera.
- Relacionar la presencia del CO₂ en la atmósfera con procesos biológicos y otros de carácter antrópico.
- Relacionar esta presencia con procesos reactivos químicos con otros compuestos de la atmósfera y de la superficie terrestre.

Actividad:

La actividad consiste en comprobar que el CO₂ está presente en la atmósfera y es un compuesto reactivo que participa en la dinámica atmosférica y que se produce en procesos biológicos y otros de origen antrópico como la combustión de combustibles.

Información:

La atmósfera está compuesta por diversos gases (principalmente nitrógeno 78% y oxígeno 21%, y 1% aproximadamente de una mezcla de otros gases). Entre ellos está el CO₂, en poca cantidad, pero con un gran potencial de calentamiento, es el principal Gas de Efecto Invernadero (GEI), junto a otros como el metano, el ozono troposférico o el óxido nitroso.

El CO₂ se produce en procesos biológicos de respiración, pero también es un compuesto que se emite en grandes cantidades en los procesos de combustión de los llamados combustibles fósiles derivados del carbón, petróleo o gas natural aumentando su concentración en la atmósfera, favoreciendo el calentamiento global y el cambio climático.

Edad: a partir de 10 años.

Duración: 40 minutos.

Grupo: 5-6 alumnos

Materiales: Levadura prensada, azúcar, un globo, un vaso, una botella de unos 200 ml, un embudo, un recipiente donde quepa la botella, una cuchara y agua a unos 37° C.

Espacio: Cualquier espacio.

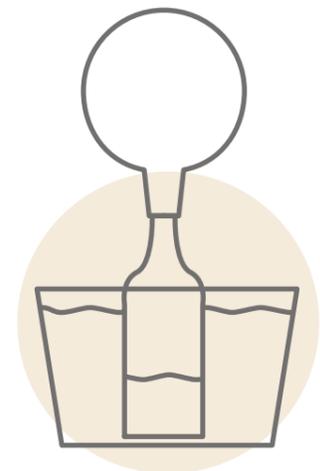
Observaciones: Tomar medidas de precaución para evitar posibles quemaduras si calentamos el agua.

Desarrollo:

En un vaso disolvemos dos cucharadas de levadura en un poco de agua caliente y añadimos una cucharada de azúcar, la disolvemos también.

Esta disolución, con la ayuda de un embudo, la pasamos a una botella y la colocamos en un recipiente (tipo fiambra o similar) lleno con agua caliente y que cubra la mayor parte de la botella (sin que esta llegue a flotar).

Ponemos un globo en la boca de la botella, manteniendo la temperatura del agua en unos 37° C durante toda la experiencia. Poco a poco iremos viendo que el globo se infla debido a que las levaduras utilizan el azúcar como alimento y en el proceso liberan dióxido de carbono, el cual infla el globo.



La inclinación de la Tierra y el clima

Objetivos:

- Conocer como los movimientos de la Tierra: rotación y traslación influyen en la alternancia de las estaciones y en el clima de una forma determinante y como el grado de inclinación del eje de rotación es muy importante para entender como ha cambiado el clima a lo largo de la historia del planeta.
- Relacionar el cambio de orientación del eje de rotación de la Tierra con los periodos estacionales.

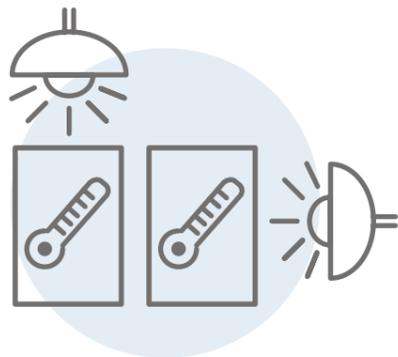
Actividad:

La actividad consiste en comparar cómo se modifica la temperatura en función del grado de inclinación con el que recibe una determinada radiación una superficie.

Información:

La radiación que llega hasta la Tierra procedente del Sol, se reparte sobre su superficie. En función del nivel de inclinación con que llegue hasta la superficie terrestre, esta radiación se concentrará sobre una área mayor o menor y por tanto generará una mayor o menor temperatura. Durante el invierno el nivel de inclinación es mayor, por lo que una unidad de energía recibida se reparte por mayor superficie y por tanto la temperatura es menor. En verano ocurre al revés, el grado de inclinación es menor, es decir la radiación llega de una forma más directa, con lo que se reparte por una menor superficie, se concentra más y por tanto se alcanza una mayor temperatura.

A lo largo de la historia del planeta, su órbita, su cercanía al Sol y el eje de rotación han sufrido cambios que han generado a su vez alteraciones en el clima del planeta.



Desarrollo:

Colocamos dos cartulinas de color blanco, de igual superficie, sobre una mesa y sobre cada una de ellas un termómetro (los dos termómetros que vamos a emplear han de ser iguales y marcar inicialmente la misma temperatura). Sobre una de las cartulinas colocamos un soporte que permite aguantar una linterna que haga incidir su luz de forma directa sobre el termómetro; en la otra cartulina colocaremos la linterna para que haga incidir la luz en el termómetro de forma paralela a la superficie. En ambos casos deberemos colocar las linternas de forma que el foco luminoso quede a la misma distancia de cada termómetro, unos 12-13 cm. Dejemos unos 20 minutos en funcionamiento las linternas. Transcurrido este tiempo, observamos los valores que marcan ambos termómetros.

Se comparan los dos resultados obtenidos con los valores iniciales y entre ellos.

Edad: a partir de 10 años.

Duración: 35 minutos.

Grupo: 4-5 alumnos

Materiales: Dos termómetros, dos cartulinas blancas, dos linternas o fuentes de luz iguales (estas fuente de luz han de generar calor, no valen las linternas de leds), un metro o una regla, un soporte para sostener una linterna

Espacio: Cualquiera.

El deshielo y sus consecuencias

Objetivos:

- Comprobar que cuando un iceberg que flota en el mar se derrite no provoca el aumento del nivel del mar.
- Mostrar aplicaciones prácticas de la teoría científica.

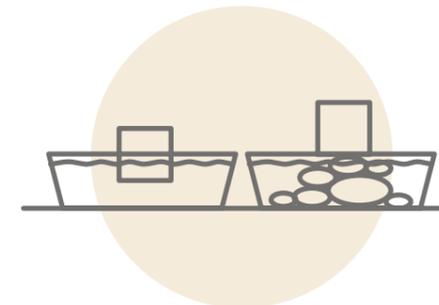
Actividad:

Se trata de visualizar lo que ocurre cuando un pequeño bloque de hielo, que flota en un recipiente con agua, se derrite al aumentar la temperatura.

Información:

Existe una creencia errónea respecto a los icebergs marinos, y es que al derretirse generan un aumento del nivel del mar. Esta es una imagen muy relacionada con el cambio climático, el deshielo y la posterior subida del nivel del mar, pero tiene sus matices, el principal es que es la masa de hielo continental la que puede provocar un aumento peligroso del nivel del mar si se produce su deshielo permanente. Al enfriarse, el agua se contrae hasta que alcanza los 4°C, momento a partir del cual se expande, resultando menos densa que el agua en estado líquido.

El iceberg flotante ya ocupa un volumen en el mar, incluso mayor que el que ocupará el agua en estado líquido, por eso cuando los icebergs se derriten no elevan el nivel del mar, porque al fundirse el hielo el volumen de agua en el que se convierten es menor al que ocupan en estado sólido. Y esto es lo que ocurre en nuestro planeta. En el Polo Norte, el hielo está sobre agua, sobre el Océano Ártico (la llamada banquisa), si se derritiera el nivel del mar no variaría, como puede comprobarse en el experimento. En el Polo Sur (Antártida) o en Groenlandia, en cambio, el hielo está sobre superficie terrestre, si este hielo se derritiera aumentaría la cantidad de agua de los océanos y por tanto el nivel del mar.



Desarrollo:

En una palangana se coloca un pequeño bloque de hielo y se añade agua hasta cerca del borde de la palangana, creando la impresión a primera vista que el agua puede desbordar la bandeja cuando el hielo se derrita. En otra palangana similar se colocan unas piedras en el fondo y sobre estas un bloque de hielo igual, después se añade el agua, que apenas llegará al hielo, pero que estará muy cerca del borde de la palangana, a punto de desbordarse.

Cuando los participantes puedan ver las dos palanganas, se les planteará la siguiente pregunta: ¿Qué va a ocurrir en cada una de las palanganas en el momento en que los bloques de hielo se empiecen a derretir? La respuesta es clara, en el primer caso el hielo se derretirá y el volumen de agua no sufrirá alteración y por tanto no desbordará, mientras que el hielo que reposa sobre las piedras, una vez se derrita, provocará que el agua en la palangana aumente y por tanto se desborde.

Edad: a partir de 10 años.

Duración: unos 10-15 minutos de preparación, más lo que tarde el hielo en deshacerse.

Grupo: toda la clase.

Materiales: 2 palanganas, 2 bloques de hielo, unas piedras y agua.

Espacio: Cualquiera.

Observaciones: los bloques de hielos se pueden hacer fácilmente llenando tetrabrics limpios con agua y congelándolos. Para extraer el bloque de hielo, cortamos el tetrabric y lo sacamos. El bric cortado lo depositamos en el contenedor para envases ligeros (amarillo). Las dos palanganas que usamos se pueden poner dentro de otras dos palanganas o contenedores que recojan el agua que rebose o la que pueda caer en cualquier movimiento imprevisto.

Consultar:

Educación y Comunicación frente al Cambio Climático
<https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/cambio-climatico.aspx>

El efecto albedo

Objetivos:

- Visualizar el papel que juegan las superficies terrestres de color blanco (hielo, nieve) al reflejar parte de la radiación solar que llega a la Tierra en la contención del calentamiento global.
- Relacionar este efecto con los procesos de pérdida de glaciares y casquetes polares helados.

Actividad:

La actividad consiste en observar como una superficie de color blanco refleja más radiación que otra superficie de color negro y por tanto se calienta menos.

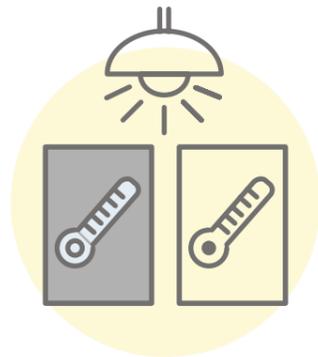
Información:

La radiación solar que llega hasta la superficie de la Tierra es reflejada o absorbida en función de las características del sustrato sobre el que incide.

Las superficies de colores claros o blanco reflejan una gran parte de la radiación que les llega (por eso son blancas), sin embargo las que presentan otros colores absorben toda o parte de la radiación en función del color que presenten (si es negra absorbe todo el espectro de radiación que recibe).

En función de la absorción de la energía que se recibe se potencia un mayor o menor incremento de la temperatura de la superficie y también se potencia o no el calentamiento global y el proceso de cambio climático.

Actualmente el proceso de fusión de zonas polares y glaciares, hasta ahora cubiertas por hielo y nieve que reflejaban la radiación, está dejando al descubierto los sustratos que estaban bajo estas capas heladas, que son de colores que en vez de reflejar la radiación tienden a absorberla y por tanto incrementan y retroalimentan todavía el más el proceso de calentamiento global y el cambio climático que se ve acelerado.



Desarrollo:

Colocar una cartulina negra y una blanca, una junto a otra. Sobre cada una situar un termómetro tapado con un pequeño vaso colocado al revés.

Situarse sobre las dos cartulinas, a igual distancia de los dos vasos con los termómetros, un flexo con una bombilla de resistencia (que dé calor).

Observar la temperatura al principio de la experiencia (debe ser igual en ambos termómetros).

Dejar unos 15-20 minutos que suba la temperatura en los termómetros calentados por la bombilla. Pasado este tiempo, observar la temperatura que presentan ambos termómetros.

Comparar la temperatura que aparece en el situado sobre la cartulina negra con el que estaba sobre la cartulina blanca.

Edad: a partir de 12 años.

Duración: 35 minutos.

Grupo: 5-6 alumnos.

Materiales: Dos vasos pequeños, dos termómetros pequeños, una cartulina blanca y una negra de igual tamaño, un flexo con una bombilla incandescente (que produzca calor).

Espacio: Cualquier espacio.

Observaciones: tomar medidas de precaución para evitar que se toque con la mano la bombilla y pueda quemar.

El motor de las corrientes

Objetivos:

- Observar como dos fluidos que entran en contacto con distinta temperatura y densidad generan movimiento.
- Relacionar este fenómeno con las corrientes marinas y el clima de la Tierra.

Actividad:

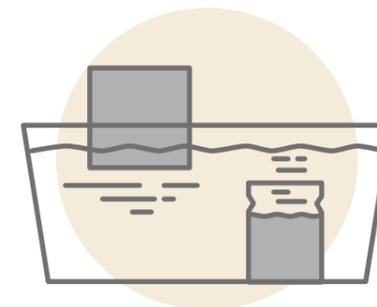
La actividad consiste en observar cómo el agua caliente asciende en el interior de un recipiente con agua, mientras que el agua fría desciende, dentro del mismo recipiente.

Información:

La convección es un fenómeno que genera, en parte, los vientos y las corrientes oceánicas. Un fluido cuando se calienta asciende y cuando se enfría desciende, de modo que esto explica, en parte, el movimiento de las aguas oceánicas a nivel global, por el ascenso de aguas calientes y el descenso de aguas frías, trasladando además grandes cantidades de calor a lo largo del planeta.

Desarrollo:

Hacer varios cubitos de hielo de color azul o negro, añadiendo colorante vegetal o tinta de calamar al agua antes de meterla al congelador. Por otro lado se calientan unos 40 ml de agua (en un microondas), en un pequeños frasco (un pequeño matraz aforado da muy buen resultado), con unas gotas de colorante rojo. Tanto los cubitos como el frasco del agua caliente se han de introducir en un recipiente transparente y grande lleno de agua. El agua caliente se coloca en un frasco pequeño, con un peso en el fondo del mismo (por ejemplo tuercas) para que al introducirlo en el frasco grande lleno de agua se vaya al fondo. Sin embargo los cubitos de hielo se quedarán flotando en la superficie del agua, en el mismo recipiente. A partir de entonces se observará como el agua caliente coloreada del frasco asciende, mientras que el agua fría oscura del hielo derretido se sumerge.



Edad: a partir de 12 años.

Duración: unos 10 minutos de preparación, más 10 minutos de realización.

Grupo: 5-6 alumnos.

Materiales: Colorantes para alimentos o tinta de calamar o yodo, agua, un microondas para calentar el agua, cubitera para hacer los cubitos de color, un frasco pequeño (matraz aforado pequeño), varias tuercas, un recipiente transparente grande.

Espacio: Cualquiera.

Observaciones: Como colorantes para hacer los cubitos de hielo podemos usar tinta de calamar, y para hacer colorear el agua caliente podemos emplear colorante alimentario (naranja) o yodo.

Consultar:

Educación y Comunicación frente al Cambio Climático <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portal-tematicos/cambio-climatico.aspx>

Comprender el efecto de la salinidad marina

Objetivos:

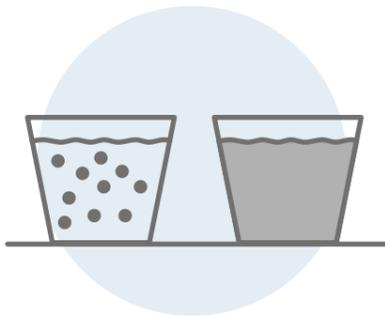
- Comprender los efectos de la salinidad marina sobre elementos como la biodiversidad o las corrientes que llega a la Tierra en la contención del calentamiento global.
- Relacionar este efecto con el cambio climático.

Actividad:

La actividad consiste en comprobar cómo la concentración de sal provoca diferencias en cuanto a la distribución del agua en el agua salada.

Información:

La salinidad es el contenido de sales minerales disueltas en un volumen de agua. La principal de estas sales minerales es el cloruro sódico (NaCl), que es la que le da el sabor salado. El porcentaje medio que existe en los mares y océanos es de 3'5% (35 gramos por cada litro de agua). Esta salinidad varía según la intensidad de la evaporación o el aporte de agua dulce procedente de ríos y deshielo. El proceso de pérdida de hielos polares y glaciares, puede aportar ingentes cantidades de agua dulce al medio marino que provocaría también cambios en la salinidad de este entorno. La salinidad es un factor ambiental de gran importancia, ya que afecta a procesos como las corrientes marinas o la distribución de especies animales y vegetales, adaptadas a determinadas concentraciones de sales. Cualquier modificación en los parámetros de la salinidad marina provocaría alteraciones en las corrientes marinas y en la distribución y presencia de la biodiversidad.



Desarrollo:

Colocar un vaso de cristal grande con agua en el agitador (si no se dispone de agitador magnético, disolver agitando con una cuchara manualmente) y verter en él sal (3 ó 4 cucharadas soperas, ha de tener una concentración alta de sal). Agitar hasta que la sal se disuelva por completo en el agua.

En el vaso de cristal mediano poner agua (sin sal) hasta más o menos la mitad de su volumen y un colorante para que el agua quede de color. Agitar para disolver el colorante en el agua. Verter, con mucho cuidado, sin generar muchas turbulencias, el agua dulce coloreada que tenemos en el vaso mediano, sobre el agua salada del vaso grande. Al verter con cuidado el agua dulce (esta presenta una densidad diferente y menor a la que tiene el agua salada) no se van a mezclar, creándose dos fases de agua (arriba la dulce y bajo la salada) que se podrán diferenciar fácilmente por la coloración, con la presencia de una interfase turbia

Edad: a partir de 12 años.

Duración: 15 minutos.

Grupo: 5-6 alumnos

Materiales: Un vaso de cristal mediano, un vaso de cristal grande, agua, sal (cloruro sódico), agitador magnético, una cuchara, colorante.

Espacio: Cualquiera.

Observaciones: Como colorante podemos usar un colorante de uso alimentario o yodo.

Consultar:

Educación y Comunicación frente al Cambio Climático
<https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/cambio-climatico.aspx>

¿Qué suelo ha tenido más CO₂?

Objetivos:

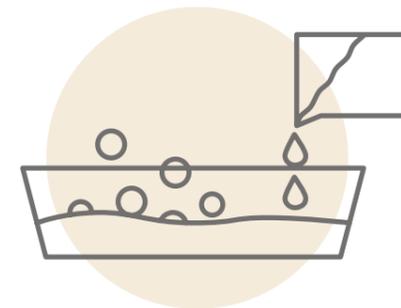
- Relacionar los siguientes conceptos: Materia orgánica, C orgánico y CO₂.
- Comprender el papel del suelo como sumidero de CO₂.

Actividad:

Esta práctica propone determinar de entre tres muestras de suelos el que almacena más dióxido de carbono, comparar la retención de CO₂ en los suelos de diferentes países de la Unión Europea, y plantear medidas para aumentar la retención de CO₂ de los suelos.

Información:

El suelo representa uno de los grandes almacenes de C de los ecosistemas terrestres, conteniendo más del doble de C que la atmósfera y unas tres veces más que la vegetación, siendo por tanto, un importante sumidero de CO₂. Las plantas tienen la capacidad de captar el CO₂ atmosférico y mediante procesos fotosintéticos transformarlo en C orgánico, siendo parte almacenado en su tejido y otra parte almacenada en el suelo a través de las raíces de las plantas. Así mismo, las plantas al morir comienzan a descomponerse por acción de los microorganismos y por respiración de estos emiten parte del CO₂ que habían almacenado, mientras otra fracción (entre la tercera y quinta parte) regresará al suelo en forma de materia orgánica viva o humus. De esta forma, se deduce que un suelo con mayor contenido de materia orgánica será un suelo más rico en C orgánico, lo que nos indicará que ha retenido más CO₂



Desarrollo:

Se toman tres muestras de suelo y se ponen en tres vasos de precipitados. Al añadirles agua oxigenada, con precaución ya que la reacción forma abundante espuma, si salen burbujas indica la presencia de materia orgánica. En los suelos muy orgánicos es necesario tener especial cuidado en añadir poco a poco el agua oxigenada. Si no hay efervescencia indica que la muestra no contiene materia orgánica; si hay una leve efervescencia, significa que hay materia orgánica en pequeñas cantidades; y si hay una efervescencia fuerte contiene gran cantidad de materia orgánica. De modo que la muestra que posee más C orgánico habrá retenido más CO₂. Seguidamente se les mostrará el mapa que indica el contenido de carbono orgánico de los suelos de los países de la Unión Europea y se les pide a los alumnos que observen las diferencias entre los diferentes países, y comprueben la situación de los suelos españoles respondiendo a las siguientes cuestiones: ¿Qué país presenta un suelo con mayor retención de CO₂? ¿Y los suelos españoles, cuanto C orgánico por hectárea poseen? ¿Qué medidas propones para aumentar el C orgánico del suelo?

Edad: a partir de 14 años.

Duración: 30 minutos.

Grupo: 5-6 alumnos.

Materiales: Tres vasos de precipitados, tres muestras de suelos diferentes, pinzas y agua oxigenada.

Espacio: Cualquiera.

Consultar:

Sustainable agriculture and soil conservation
<http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/SOCO/FactSheets/ENFactSheet-03.pdf>

El CO₂ y las plantas

Objetivos:

- Medir el CO₂ absorbido por una planta herbácea.
- Que los alumnos adquieran habilidades de trabajo en el laboratorio.

Actividad:

Esta práctica propone calcular el CO₂ absorbido por una muestra de planta herbácea, determinando la biomasa en forma de materia seca que contiene la muestra.

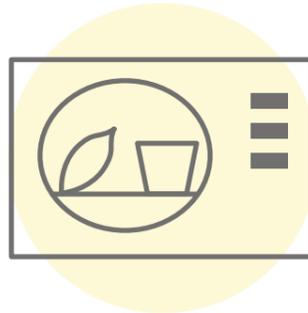
Información:

Para evaluar el CO₂ fijado por una planta es necesario determinar la biomasa en forma de materia seca que contiene. Este valor está relacionado con el contenido de carbono que se considera el 50% de la biomasa (fuente: MAGRAMA). Conocido el contenido en carbono se puede saber el CO₂ absorbido por la planta para almacenar ese carbono, multiplicando la cantidad de carbono por 3,67 (relación entre la molécula de CO₂ y el peso atómico del C).

Desarrollo:

En una balanza se pesan unos 100 grs de una planta herbácea (hojas), previamente lavada para eliminar impurezas y secada. Después se corta en trozos de unos 3 cm. Los participantes deben anotar el peso exacto de la muestra una vez cortada en trozos. Se colocan los trozos en un plato y se introducen en un microondas, junto a un vaso con agua, durante 5 minutos a una potencia de 850 w. Con guantes y precaución se saca el plato y se vuelve a pesar, introduciéndolo nuevamente en el microondas junto a otro vaso de agua a temperatura ambiente. Se repite esta operación hasta que sea evidente que el peso se ha estabilizado, lo que indica que se ha evaporado toda el agua de la muestra y lo que queda es la materia seca. Ahora aplicando las siguientes fórmulas, obtenemos el contenido de C y el CO₂ contenido en la muestra:

Peso materia seca (grs) × 0,5 = contenido de carbono (grs.)
 Contenido de carbono (grs.) × 3,67 = CO₂ contenido en la muestra (grs.)



Edad: a partir de 14 años.

Duración: 30 minutos.

Grupo: Depende del material, pero no más de 15.

Materiales: Un microondas, una balanza de precisión, dos platos, tijeras, un vaso de cristal, agua, guantes de protección para el uso del microondas, hojas de una planta herbácea.

Espacio: Cualquiera habilitado para el uso de los instrumentos necesarios.

Observaciones: Podemos usar hojas de acelgas para esta experiencia, dan buen resultado. Hay que ir con cuidado al sacar el plato con los trozos de hojas desecados del microondas para no quemarse.

Consultar:

Educación y Comunicación frente al Cambio Climático
<https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/cambio-climatico.aspx>

Extracción y separación de pigmentos fotosintéticos

Objetivos:

- Destacar el papel de la vegetación en la lucha contra el cambio climático.
- Comprender el proceso fotosintético unido a la absorción de CO₂.

Actividad:

Esta práctica propone visualizar los diferentes pigmentos fotosintéticos que se encuentran en las hojas de una planta, relacionando su función con la absorción de CO₂ de la atmósfera y por tanto con el cambio climático.

Información:

La fotosíntesis es el proceso que permite a los vegetales obtener la materia y la energía que necesitan para desarrollar sus funciones vitales, y se lleva a cabo gracias a la presencia en las hojas y en los tallos jóvenes de pigmentos, capaces de captar la energía lumínica.

Entre los distintos métodos que existen para separar y obtener esos pigmentos se encuentra el de la cromatografía, que es una técnica que permite la separación de las sustancias de una mezcla y que tienen una afinidad diferente por el disolvente en que se encuentran. De tal manera que al introducir una tira de papel en esa mezcla el disolvente arrastra con distinta velocidad a los pigmentos según la solubilidad que tengan y los separa, permitiendo identificarlos perfectamente según su color.



Desarrollo:

Se cortan las hojas elegidas en pequeños trozos con unas tijeras y se ponen en un mortero. Una vez se han puesto las hojas en el mortero se añade un poco de alcohol de 96°, empujando bien las hojas. A partir de ese momento se procede a machacar con cuidado la mezcla, haciendo una pasta con la textura de una salsa densa. Se podrá observar cómo el alcohol va adquiriendo un tinte de color intenso. Una vez acabado este paso hay que colocar esta pasta sobre un embudo al que previamente se le habrá colocado un filtro de papel secante. Presionando ligeramente la mezcla, irá cayendo el alcohol de color en el interior del recipiente que hayamos colocado bajo del embudo para recoger el líquido resultante del filtrado. Una vez recogido, se prepara sobre una placa Petri o un plato pequeño una tira de papel secante de 10 × 2 cm, doblada por la mitad y puesta de pie a modo de escalera o v invertida, para facilitar que se mantenga vertical, tocando el fondo del plato o la placa.

Por último se vierte con cuidado el alcohol recogido en el recipiente en la placa Petri o el plato, y al entrar en contacto con la tira de papel secante comenzará a ascender por él por capilaridad. Dejaremos unos minutos y poco a poco irán apareciendo en la tira de papel unas bandas de colores (verdes-clorofilas, amarillos-xantofilas, rojos y naranjas-carotenos) que señalan la presencia de los distintos pigmentos presentes en el vegetal utilizado.

Edad: a partir de 14 años.

Duración: 30 minutos.

Grupo: Un máximo de 4 alumnos por equipo.

Materiales: hojas vegetales, morteros, tijeras, cucharilla, embudo, matraz, papel secante, placa Petri o plato pequeño y alcohol de 96°. Algún trapo húmedo para limpiar las mesas donde trituramos con el mortero.

Espacio: Amplio y con acceso a agua.

Consultar:

Educación y Comunicación frente al Cambio Climático
<https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/cambio-climatico.aspx>

Aumento de la acidez del medio acuático

Objetivos:

- Visualizar la acción del CO₂ respecto a la acidificación del medio acuático (básicamente el medio marino).
- Relacionar este efecto con el incremento de la concentración de CO₂ atmosférico.

Actividad:

La actividad consiste en comparar cómo se modifica el PH del agua contenida en un vaso cuando se le adiciona CO₂.

Información:

El CO₂ atmosférico es absorbido por el medio acuático en grandes cantidades, lo que hace que los mares y océanos sean un importante sumidero en la lucha contra el cambio climático.

Sin embargo este proceso provoca una acidificación de este medio a causa de la reacción:

$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{CO}_3$ iones bicarbonato HCO_3^{-1} + iones hidrógeno H^{+1})

Esta reacción genera un descenso del PH y la acidificación del medio acuático.

Desarrollo:

Colocar un vaso lleno de agua hasta la mitad. Tomar una muestra de este agua y medir con un sistema de medición (papel tornasol, pHmetro, pastillas) el PH que presenta.

A continuación, y con la ayuda de 2 ó 3 pajitas (una por alumno/a participante), se sopla aire dentro del agua que hay en el vaso, haciendo burbujear el agua durante unos minutos (3-4). Una vez pasado este tiempo, y habiendo inyectado aire y por tanto también CO₂ de la respiración, en el agua, volvemos a medir otra vez el PH de este agua.

Se comparan los dos resultados obtenidos.

Edad: a partir de 14 años.

Duración: 15 minutos.

Grupo: 4-5 alumnos.

Materiales: Un vaso, unas pajitas, agua, material para medir el PH.

Espacio: Cualquiera.

Consultar:

Educación y Comunicación frente al Cambio Climático
<https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/cambio-climatico.aspx>



Alteraciones en organismos vivos con cubiertas de carbonato cálcico

Objetivos:

- Visualizar el efecto que provoca la acidificación del medio acuático (básicamente el medio marino) sobre los organismos vivos que tienen algún tipo de cubierta o incrustación de carbonato cálcico (CaCO₃).
- Relacionar este efecto con las alteraciones en ecosistemas, comunidades biológicas y cadenas tróficas.

Actividad:

La actividad consiste en observar como un medio ácido altera las estructuras de carbonato cálcico de origen biológico.

Información:

El CO₂ atmosférico absorbido por el medio acuático provoca una acidificación de este medio (ver experimento 13: Aumento de la acidez del medio acuático):

El proceso de acidificación provoca que en los organismos acuáticos (básicamente marinos) que presenten concreciones calcáreas (conchas, cáscaras, cutículas...), estas se resientan y sean más frágiles por esta reacción:

$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 > \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

La alteración de estas estructuras en organismos marinos (animales y vegetales) provoca la reducción de ejemplares o que estos sean más sensibles a otras alteraciones.

Esto provoca que las comunidades biológicas y las cadenas tróficas donde se encuentran estos organismos se vean también alteradas afectando al conjunto del ecosistema.

Desarrollo:

Colocar en un vaso un poco de agua fuerte o sulfumán (ácido clorhídrico (HCl)).

En una placa Petri o similar colocar algún elemento biológico con carbonato cálcico: una concha, una cáscara...

Con la ayuda de una pipeta poner unas gotas del sulfumán del vaso sobre el elemento de carbonato cálcico, dejar que se produzca la reacción, se observará un burbujeo.

Después de un minuto observar el efecto producido sobre la estructura de carbonato cálcico. Podemos repetirlo.

Edad: a partir de 14 años.

Duración: 15 minutos.

Grupo: 4-5 alumnos.

Materiales: Un vaso, una pipeta, una placa Petri o similar, un poco de sulfumán, conchas o cáscaras de carbonato cálcico de origen biológico, guantes de protección de las manos para manipular el sulfumán.

Espacio: Cualquier espacio ventilado.

Observaciones: tomar medidas de precaución para evitar que el sulfumán entre en contacto con la piel o cualquier parte del cuerpo, y realizar el experimento en un lugar ventilado.



Audiovisual de los experimentos

Aquí puedes ver la realización de algunos de los experimentos:



<https://www.youtube.com/watch?v=6zozLmlTa5c&t=122s>



https://www.youtube.com/watch?v=aC_rA70Hfv4&t=549s

Bibliografía

- Un Mundo en desequilibrio: la contaminación de nuestro planeta. Jon Erickson. Madrid. McGraw- Hill, 1997.
- La historia del sol y el cambio climático. Manuel Vázquez Abeledo. Madrid. McGrawHill. 1998.
- Cambio climático: hacia un nuevo modelo energético. Colegio Oficial de Físicos. Asturias. 1999.
- Un futur sostenible?. F. Sapiña. Barcelona. Bromera. 2001.
- Quemando el futuro. Clima y cambio climático. A. Ruiz. Madrid. Nívola. 2001.
- El calentamiento global en España. Un análisis de sus efectos económicos y ambientales. F. Hernández. Madrid. C.S.I.C. 1999.
- Cambio climático: ciencia, impacto, adaptación y mitigación. Madrid. Ministerio de Medio Ambiente. 2002.
- Los caprichos del océano. Efectos sobre el clima y los recursos vivos. B. Voituriez. Madrid. UNESCO. 2003.
- Principales conclusiones de la evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. J.M. Moreno. Madrid, MIMAM, 2005.
- El cambio climático más allá de Kioto. Elementos para el debate. F.J. Rubio. Madrid. Ministerio de Medio Ambiente. 2006.
- Buenas prácticas para la reducción de emisiones de CO2 equivalente a nivel individual. P. Díez. Madrid. Movimiento por la Paz, el Desarme y la Libertad. 2005.
- La venganza de la Tierra. La teoría Gaia y el futuro de la humanidad. J. Lovelock. Barcelona. Planeta. 2007.
- Una verdad incómoda. La crisis planetaria del calentamiento global y cómo afrontarla. A. Gore. Barcelona. Gedisa. 2007.
- El canvi climàtic a casa nostra. M.J. Picó. Valencia. Bromera. 2007.
- El cambio climático: pasado y futuro. Alley, Richard B. Madrid. Siglo XXI. 2007.
- Unidad didáctica Climática. Proxecto de Educación Ambiental Cambio Climático. F. Soñora. Xunta de Galicia. 2007.
- Mi primera guía sobre el cambio climático. Gallego, José Luis. Barcelona. 2008.
- Cambio climático: el coste de la inacción y el coste de la adaptación. Agencia Europea de Medio Ambiente. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2008.
- Juegos y actividades de cultura ambiental y cambio climático, de 8 a 12 años. F.J. Sánchez. Ediciones Mágina, editorial Octaedro Andalucía. 2008.
- Frenar el cambio climático. Un reto de todos. Cuaderno del alumnado y guía del educador. F. López (Coor.). 2008.
- Combatir el cambio climático desde el hogar. Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge. 2008.
- Frenar el cambio climático. Un reto de todos. Material didáctico de educación ambiental. Departamento de Medio Ambiente. Gobierno de Aragón. 2008.
- El cambio climático explicado a mi hija. Jean-Marc Jancovici. Fondo de cultura económica. 2010.
- El grito de la Tierra. Biosfera y cambio climático. R. Tamames. RBA. 2010.
- La sociedad ante el cambio climático: conocimientos, valoraciones y comportamientos en la población española. Meira Cartera, Pablo Ángel; Arto Blanco, Mónica; Montero Souto, Pablo. Madrid: Fundación Mapfre. 2009.
- Educación ambiental y cambio climático: respuestas desde la comunicación, educación y participación ambiental. Heras Hernández, Francisco. La Coruña. CEIDA. 2010.
- Conoce y valora el cambio climático. Propuestas para trabajar en grupo. Pablo Ángel Meira Cartera (Coor.); Mónica Arto Blanco et al. Madrid. 2011.
- El Cambio Climático en la Comunitat Valenciana. Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge. 2011.

Webs y materiales digitales

- <https://co2now.org/>
- <https://www.greeningtheblue.org/>
- <https://unfccc.int/2860.php>
- <https://www.redciudadesclima.es/index.php/>
- <https://www.idae.es/>
- <https://climate.nasa.gov/>
- <https://www.noaa.gov/>
- <https://www.ipcc.ch/spanish/>
- https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portalestematicos/Cclimatico/informe_ipcc.aspx
- <https://showyourstripes.info/>
- <https://www.2degreesinstitute.org/>
- <https://www.climatelevels.org/>
- <https://www.unenvironment.org/es/resources/informe/informe-especial-del-ipcc-sobre-el-oceano-y-lacriosphera-en-un-clima-cambiante>
- http://www.aemet.es/es/noticias/2019/03/Efectos_del_cambio_climatico_en_espanha
- <https://migracionesclimaticas.org/wp-content/uploads/2018/11/Informe-migraciones-climaticas-una-aproximacion-al-panorama-actual.pdf>
- <https://www.ihobe.eus/publicaciones/52-gestos-por-cambio-climatico-2>
- https://interactive.carbonbrief.org/impacts-climate-change-one-point-five-degrees-two-degrees/?utm_content=buffer-621d0&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer
- http://awsassets.wwf.es/downloads/SPANISH_WWF_ClimateSpecies_Report2018.pdf?_ga=2.64130287.1987014819.1551185705-2012746599.1551185705

