

EXPERIENCIAS E IDEAS PARA EL AULA

UN MODELO ACTIVO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL: PRÁCTICAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

An Active Model of Environmental Education: Work on Climate Change

Francisco Sónora (*), M^a Mercedes Rodríguez-Ruibal (**) y Raquel Troitino (**)

RESUMEN:

Una manera amena y original de acercar a nuestro alumnado a la problemática ambiental del planeta, y en especial al complejo fenómeno del cambio climático, sus evidencias, causas, consecuencias y posibles alternativas, es recrear de forma experimental y vivencial un conjunto de actividades prácticas, sencillas y rigurosas a la vez, que nos permitan contribuir al aprendizaje activo y a la formación de personas comprometidas con la realidad contemporánea, en la perspectiva del desarrollo sostenible, conjugando la razón con la emoción, y el espíritu lúdico con el rigor científico.

ABSTRACT:

Recreating, in an experimental way in the laboratory, a series of practical, simple and rigorous activities may be an amenable and original way of involving our students with the environmental problems facing our planet, and particularly with the complex phenomenon of climate change, its evidence, causes, consequences and possible alternatives. At the same time, this will allow us to contribute to an active learning and the formation of persons with a sense of compromise with the contemporaneous reality, in the perspective of sustainable development, combining reason with emotion and a recreational spirit with scientific rigor

Palabras clave: Cambio climático, contaminación, educación ambiental, experiencias, aprendizaje activo, desarrollo sostenible.

Keywords: Climate change, pollution, environmental education, experiences, active learning, sustainable development.

INTRODUCCIÓN: ACTIVIDADES PRÁCTICAS EN EDUCACIÓN AMBIENTAL

La importancia de la educación ambiental en la docencia está fuera de toda duda, pues todos los profesionales de la enseñanza tenemos muy presente que constituye una parte fundamental de la formación integral de los ciudadanos del siglo XXI.

Es así, que el estudio del medio se aborda en diferentes cursos y disciplinas, tratándose de un claro ejemplo de enseñanza transversal, aunque los profesores de Ciencias Naturales quizá nos sintamos especialmente preocupados por afrontar la problemática ambiental en el aula, en la medida en que nuestra formación nos ayuda a la hora de analizar y profundizar en las causas y consecuencias de las múltiples interacciones entre la actividad humana y el medio natural.

Somos conscientes de que el estudio del medio ambiente motiva a los jóvenes, resultando atractivo

en la medida que está muy presente en la vida cotidiana y medios de comunicación, y se percibe como cercano. Asimismo, el hecho de que pueda tratarse con metodologías variadas y participativas aumenta de manera sustancial el interés y entusiasmo del alumnado, y contribuye a la consecución del sueño de todo docente: un aprendizaje activo, significativo y en estrecho contacto con la realidad. Debates, trabajos de investigación en el entorno, uso de nuevas tecnologías, juegos de rol, fotografías o vídeos de impactos, actividades solidarias, plantaciones, salidas al campo, prácticas de laboratorio..., podemos decir, con razón, que todo esto es válido, muy válido en educación ambiental, donde los límites sólo los debería poner la imaginación de profesores y alumnos.

El cambio climático, como hilo conductor de la problemática ambiental, no sólo nos permite hacer patente lo expuesto en el párrafo anterior, sino que además encaja como un guante en la conocida pre-

(*)Proyecto Climántica, Dirección Xeral de Sostibilidade e Paisaxe. Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras. Xunta de Galicia. fsluna@edu.xunta.es

(**) Departamento de Biología y Geología, en el IES N°1 de Ribeira, A Coruña. mrodriguezruibal@yahoo.es / raqueltroitinobarrros@edu.xunta.es

misa básica del movimiento ecologista: PIENSA GLOBALMENTE, ACTÚA LOCALMENTE (lema del científico René Dubos).

A todos los interesados en la educación ambiental va dirigido este artículo, cuya finalidad principal es sugerir ideas para la realización de experiencias prácticas de laboratorio relacionadas con la problemática del Cambio Climático.

En este momento, debemos responder a las siguientes preguntas:

- ¿Es importante realizar prácticas de laboratorio sobre el Cambio Climático?
- ¿Es posible trabajar experimentalmente sobre un fenómeno global tan complejo y multifactorial como el Cambio Climático?

Con respecto a la primera cuestión, los profesores de ciencias tenemos vocación experimental y sabemos que todas las actividades prácticas, pero muy especialmente las de laboratorio, son fundamentales para comprender los fenómenos naturales, resultando el mejor aprendizaje del método científico. Además, a nuestros alumnos les motiva especialmente ver, tocar, explorar, medir, comprobar, en pocas palabras “sentir la ciencia”. Las clases prácticas de laboratorio son uno de nuestros mejores recursos didácticos y debemos aprovecharlo.

Podemos afirmar, sin que resulte exagerado, que es posible experimentar con la mayoría de los procesos que explicamos, y no sólo es posible sino también pedagógicamente necesario. En este sentido, “experimentar” sobre el cambio climático nos

puede resultar muy útil para alcanzar nuestros objetivos como formadores.

La respuesta a la segunda pregunta es igual de rotunda. Como es obvio, en el laboratorio no podemos reproducir exactamente las condiciones naturales del planeta, ni la complejidad de los procesos terrestres, ni mucho menos los fenómenos que trascurren en periodos de tiempo de una cierta duración. ¿Qué podemos hacer entonces en relación al estudio del cambio climático y otros impactos ambientales?

Como ya señalamos, nuestra finalidad es sugerir ideas para realizar experimentos relativos al medio ambiente. Buscamos prioritariamente ideas sencillas, de fácil aplicación y comprensión, adaptables a diferentes niveles educativos y asequibles para cualquier centro, al no requerir materiales costosos ni peligrosos (salvo excepciones, reservadas para cursos más altos).

Lógicamente, nuestras prácticas abordan la problemática ambiental desde aspectos parciales y, en la mayoría de las ocasiones, el experimento consiste en una simulación del proceso natural. También admiten cambios, innovaciones y adaptaciones a las condiciones particulares de cada centro, curso y diversidad del alumnado. Por último, deseamos que nuestras sugerencias sean de utilidad y puedan servirnos de referente en la práctica docente de las ciencias ambientales.

El siguiente mapa conceptual nos puede servir de referencia acerca de la conexión entre las diferentes actividades sugeridas.



EXPERIMENTANDO CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

Las siguientes propuestas de actividades prácticas pueden ser realizadas en laboratorio. Para su estructuración, se han agrupado por campos temáticos.

a) atmósfera, agua y energía solar

Corrientes de convección

Objetivo: Comprender como el desigual calentamiento de la superficie terrestre por la radiación solar provoca la formación de corrientes convectivas en atmósfera y océanos, que redistribuyen y equilibran las temperaturas en la Tierra.

El nivel de competencia curricular se sitúa entre los 11 y los 16 años.

En nuestra sencilla demostración práctica probaremos algo tan intuitivo como la convección: las corrientes cálidas son ascendentes y las frías descendentes, valiéndonos de materiales tan simples como cera derretida, cubitos de hielo, agua, permanganato potásico, una cubeta de vidrio y una fuente de calor. La comprensión de este mecanismo de circulación facilitará que el estudiante valore la importancia que el calentamiento global tiene sobre el sistema climático.

Se empieza poniendo a arder una vela para conseguir cera derretida, que se utiliza para cubrir el permanganato potásico en el fondo de una cubeta. A continuación se llena la cubeta con agua, se deposita hielo para que flote en la superficie y se coloca al fuego. Al poco tiempo se observa como el permanganato potásico disuelto, de color rojo, asciende en la parte central. Gracias al color aportado a la corriente por el permanganato, podemos ver también como al llegar a la parte superior y encontrarse con el hielo, se desliza horizontalmente y comienza a descender (Fig. 1).

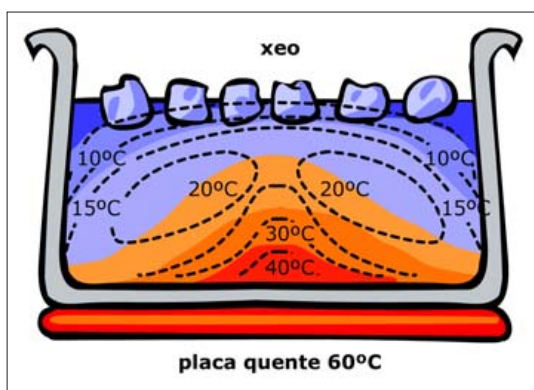


Fig. 1. Representación de la circulación del permanganato (tomado de "Aprendemos coas Escolas Climáticas").

Una vez comprendido el proceso en el agua, se busca que asimilen este mismo comportamiento fluido en el aire, para relacionarlo con la circulación general de la atmósfera. En este caso, calentamos aire y probaremos que asciende y mueve un pequeño molino o serpentina de papel realizada por nosotros.

El agua como regulador térmico

Objetivo: Comprobar empíricamente el efecto regulador de la temperatura del agua, consecuencia directa de su elevada capacidad calorífica y reflejo a su vez de su estructura molecular. La capacidad amortiguadora del agua es un factor fundamental del clima terrestre y del equilibrio térmico de los seres vivos.

El nivel de competencia curricular se sitúa entre los 11 y los 16 años.

En nuestra experiencia observamos como un currucho de papel no se quema al calentarlo mientras contenga agua en su interior, que actúa como amortiguadora. De la misma forma que un vaso de plástico con agua no se derrite al calentarlo.

Tenemos que ser *cuidadosos* con esta experiencia y preocuparnos de no quedar en seco, porque entonces papel y plástico arden con el consiguiente riesgo de incendio.

Simulando el efecto invernadero

Objetivo: Estudiar la relación entre radiación solar, absorción y calentamiento.

La radiación solar que llega a la superficie terrestre puede ser absorbida o reflejada, siendo la energía absorbida la responsable del calentamiento del planeta, de manera que existe una relación directa entre color y absorción.

El nivel de competencia curricular se sitúa entre los 11 y los 16 años.

Por otra parte, la energía reflejada o albedo, con valor máximo en el hielo, contribuye eficazmente al enfriamiento terrestre.

En nuestra práctica demostraremos como el negro es el color que más radiación absorbe frente al blanco, que es el que más refleja. Para comprobarlo utilizaremos dos vasos de precipitados, uno de ellos pintado o forrado de papel negro, con la misma cantidad de agua a idéntica temperatura. Tras unos minutos expuestos a la luz solar podremos constatar la diferencia de absorción y, por tanto, de temperatura (Fig. 2).



Fig. 2. Fotografía de la comprobación del aumento de la temperatura en una práctica de simulación del calentamiento terrestre realizada en un centro piloto de Climática.

Otra propuesta experimental consiste en colocar un cubito de hielo encima de tres cuadrados de cartulina de diferentes colores (negro, blanco y rojo por ejemplo) y observar el orden en que se van fundiendo (Fig. 3).

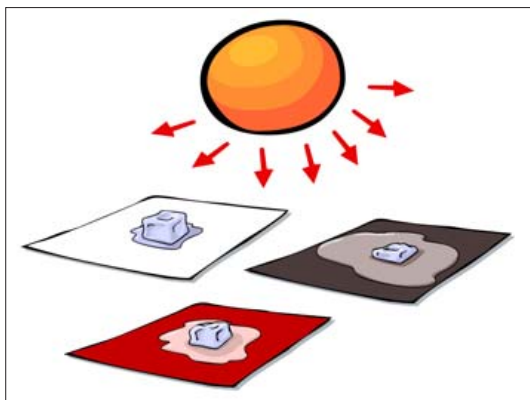


Fig. 3. Representación de las diferencias de la absorción en cartulinas de diferentes colores (tomado de "Aprendemos coas Escolas Climánticas").

Podemos aprovechar esta actividad para simular un invernadero. Para ello añadiremos un tercer vaso de precipitados con agua cubierto con un recipiente de vidrio o bolsa de plástico, y mediremos su temperatura.

Es interesante reflexionar con los alumnos sobre las diferentes adaptaciones de la humanidad a la cantidad de radiación recibida según latitud, y su demostrada eficacia en la vida cotidiana (construcción tradicional, modo de vida, vestimenta).

b) Causas del Calentamiento

Emisión de gases invernadero por uso de combustibles fósiles: Presencia de CO_2 y NO_x en los tubos de escape de los vehículos.

Objetivo: Demostrar la emisión de gases invernadero a partir de una de sus principales fuentes antrópicas, como es el uso de derivados del petróleo en nuestros vehículos. Aprovecharemos la actividad para cuestionar la insostenibilidad del modelo de desarrollo económico actual.

El nivel de competencia curricular se sitúa entre los 13 y los 18 años.

En primer lugar, procedemos a recoger aire emitido por un tubo de escape de un coche, en punto muerto, mediante un utensilio un poco sofisticado

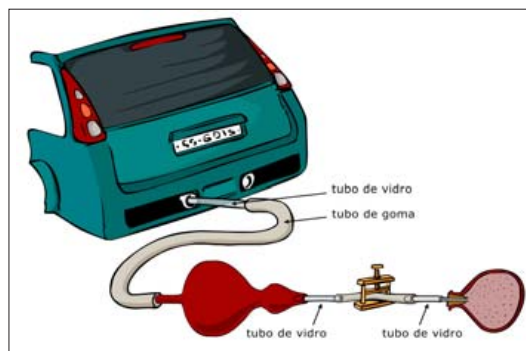


Fig. 4. Representación del proceso de captura de gases del tubo de escape de un coche (tomado de "Aprendemos coas Escolas Climánticas").

do fabricado por nosotros con tubos de goma, pinzas Hoffman y un globo para el gas (Fig. 4).

Una vez cerrado el globo comprobaremos la presencia de CO_2 haciendo burbujear lentamente el gas recogido sobre una disolución de azul de bromotimol, que se volverá amarilla, ya que este reactivo actúa como indicador (amarillo en medio ácido y azul en medio básico). Para devolver el color original añadiremos amoníaco gota a gota hasta conseguirlo (Fig.5).

Previamente habremos realizado el mismo procedimiento sobre el dióxido de carbono obtenido haciendo reaccionar bicarbonato sódico y vinagre. De esta manera, obtenemos CO_2 puro, que nos servirá como patrón (Fig. 6).

Para determinar la presencia de óxidos de nitrógeno, gases con efecto invernadero responsables también de otros impactos como smog fotoquímico

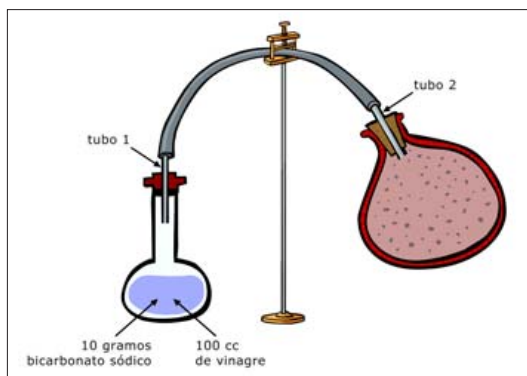


Fig. 6. Representación del proceso de obtención de CO_2 a partir de la reacción de bicarbonato sódico y vinagre ((tomado de "Aprendemos coas Escolas Climánticas").



Fig. 5. Fotografías de las fases de la práctica en un centro piloto de Climántica, relativa a la identificación del CO_2 y NO_x emitidos por un coche.

y lluvia ácida, haremos pasar los gases recogidos del tubo de escape a través de una disolución del reactivo Griess-Ilosvay, la aparición de color rosa significa que la reacción es positiva.

Podemos aprovechar esta experiencia para repasar conceptos básicos de Química y, en cursos superiores, anotar las reacciones producidas.

La deforestación como causa del cambio climático.- Efecto de diferentes contaminantes en la germinación y crecimiento vegetal.

Objetivo: Comprender la función de la vegetación como sumidero de CO₂ a causa de la fotosíntesis, y deducir la importancia de la conservación de la vegetación en el mantenimiento del equilibrio ecológico.

El nivel de competencia curricular se sitúa entre los 11 y los 16 años.

Con esta actividad queremos demostrar la influencia de la contaminación atmosférica en la germinación y crecimiento de las plantas. Para ello, crearemos atmósferas con diversos contaminantes dentro de varias botellas de plástico, y en su interior realizaremos una plantación de semillas sobre tierra y arena humedecidas. Dejamos una botella en condiciones normales como referencia.

Los contaminantes elegidos pueden ser gases del tubo de escape de un coche, humo de cigarrillos, vapores de amoníaco, o lo que se nos ocurra. Al pasar un par de días iniciamos las observaciones y anotamos los resultados (Fig 7.).

La misma actividad se puede realizar con pequeñas plantitas en vez de semillas, para analizar así los efectos sobre el crecimiento vegetal en lugar de la germinación.

Podemos completar la experiencia reflexionando sobre la importancia del mantenimiento de la cubierta vegetal, y los múltiples impactos ambientales asociados a la deforestación.

c) Consecuencias del cambio climático

Deshielo según modelos ártico y antártico.

Objetivo: Estudiar una de las principales consecuencias del calentamiento global: fusión del hielo glaciar y su relación con el clima y la inundación de la costa. Asimismo, se trata de evidenciar la diferencia entre el comportamiento del hielo flotante y continental, lo que denominamos modelos ártico y antártico.

El nivel de competencia curricular se sitúa entre los 11 y los 16 años.

La fusión de hielo flotante (modelo ártico) no produce variación en el nivel del mar, pero sí puede modificar significativamente el clima de muchas regiones a causa de su influencia en la circulación oceánica. Por el contrario, la fusión de hielo continental (Antártida, Groenlandia, glaciares de montaña) aumenta el nivel del mar con la consiguiente inundación de islas y zonas costeras, que desaparecerán bajo las aguas, afectando especialmente a zonas muy pobladas del planeta.

Nosotros intentamos reproducir ambos casos con un par de cubetas de vidrio, hielo, agua teñida de azul que simula ser el océano y rocas para construir el continente antártico. Colocamos cubitos de hielo flotando en un recipiente y encima de las rocas en el otro, llenamos hasta el borde y esperamos unos minutos para evidenciar la diferencia entre ambos modelos (Fig. 8).



Fig. 8. Fotografías del resultado de la práctica correspondiente al modelo Ártico y Antártico en un centro piloto de Climántica.

Aumento de fenómenos meteorológicos extremos: Simulación de un ciclón.

Objetivo: Simular y comprender las características de un fenómeno meteorológico que se está haciendo más habitual a causa del calentamiento global.

El nivel de competencia curricular se sitúa entre los 11 y los 16 años

El aumento en intensidad y frecuencia de fenómenos extremos causantes de daños como sequías, olas de calor, ciclones o tornados es una de las consecuencias más dramáticas de la alteración del clima que estamos provocando.

Con esta actividad tratamos de reproducir un ciclón tropical, el ojo central de calma y el giro en sentido antihorario propio de las borrascas en el hemis-



Fig. 7. Fotografías de los resultados en el crecimiento vegetal.

ferio Norte, a causa de la fuerza de Coriolis. Sólo necesitamos dos botellas de plástico preparadas para ser unidas y con los tapones perforados, silicona, tinta de color y un poco de habilidad para producir el remolino característico de huracanes o ciclones.

Para simularlo se llena la mitad de una botella con agua teñida con tinta de color. Se tapa esta botella con otra vacía invertida, ambas con los tapones perforados enfrentados, y sellamos la unión de las dos bocas con silicona y cinta adhesiva. Una vez unidas, se invierte la posición de ambas botellas y se toma nota del sentido de giro (Fig. 9).



Fig. 9. Fotografías de las fases de la práctica de simulación de la formación de un ciclón en un centro piloto de Climántica.

Se puede completar la experiencia estudiando la relación entre rotación terrestre, aceleración de Coriolis y sentido de giro en anticiclones y borrascas en ambos hemisferios.

d) Otros impactos de contaminantes atmosféricos

Smog y Lluvia ácida

Objetivos: Simular el aspecto de la atmósfera afectada por smog. Comprender las causas de la lluvia ácida y sus efectos en vegetación y materiales (rocas calizas y metales como hierro o cobre).

El nivel de competencia curricular se sitúa entre los 13 y los 18 años.

El smog o niebla tóxica es un tipo de contaminación local producido por el uso de combustibles fósiles en transporte, calefacción e industria. Se manifiesta en ciudades bajo condiciones de estabilidad atmosférica y produce graves impactos en el medio y en la salud. Se distinguen dos tipos de smog: *clásico*, producido por óxidos de azufre y partículas sólidas, y *fotoquímico*, originado por ozono troposférico, gas contaminante en capas bajas de la atmósfera, que no se emite directamente de las fuentes, sino que se forma a partir de precursores bajo la acción de la luz solar (ciclo fotolítico).

Para nuestra simulación provocaremos una niebla de humo en el interior de un frasco de vidrio húmedo, donde hemos colocado un papel o cartón ardiendo, tapado con papel de aluminio enfriado con hielo. Esta actividad puede servirnos asimismo para observar corrientes de convección en el aire, por lo que puede plantearse como alternativa a la práctica sobre corrientes de convección.

Una segunda opción para comprobar de manera muy sencilla la emisión de partículas sólidas, responsables del smog clásico, consiste en colocar un plato sobre una vela ardiendo y observar el depósito de cenizas.

La lluvia ácida se produce como consecuencia de la emisión de óxidos de azufre y nitrógeno procedentes de la quema de combustibles fósiles como carbón y derivados del petróleo en centrales térmicas, transporte, calefacción y otras actividades. Una pequeña parte de estos óxidos tienen origen natural (erupciones volcánicas por ejemplo).

Produciremos lluvia ácida diluyendo ácido sulfúrico y nítrico en agua (una parte de ácido por tres de agua) y probaremos sus efectos sobre una pequeña plantación realizada previamente (lentejas en vasos de yogur).

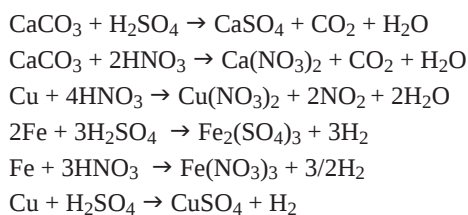
Una parte de las plantas se regarán con agua natural para servir como testigo. Comprobaremos como la lluvia ácida es una causa importante la pérdida de cubierta vegetal, con el consiguiente riesgo de desertificación.

De la misma manera introducimos un clavo de hierro o cobre y un trocito de roca calcárea en sendos tubos de ensayo que contengan los ácidos diluidos respectivamente, y en cada caso también utilizaremos tubos con agua natural para comparar resultados (Fig. 10).



Fig. 10. Fotografía de la práctica relativa a los efectos de la lluvia ácida desarrollada en un centro piloto de Climántica.

Esta práctica tiene la ventaja de resultar muy adecuada para el estudio de reacciones químicas, siendo especialmente útil para el alumnado de cursos más altos (4º, Bachillerato o Ciclos) que podrá completar los experimentos mediante la identificación de reactivos y productos, la anotación y ajuste de las diferentes reacciones, y las posibles ganancias o pérdidas de calor. Algunos ejemplos:



Podemos finalmente introducir los conceptos de calidad del aire e indicadores biológicos, haciendo especial mención a los líquenes como bioindicadores atmosféricos.

e) Mitigación del cambio climático en la perspectiva del desarrollo sostenible

Resumimos este grupo de propuestas en el cuadro siguiente:



Como compensar la huella de carbono del centro

Se trata de calcular mediante una eco-auditoría las emisiones de CO₂ del centro, a partir del consumo eléctrico y de combustibles. A continuación se planifica una reforestación con especies autóctonas que compense las emisiones del último curso.

Objetivo: Compensar la huella de carbono del centro mediante la recuperación ecológica de un bosque quemado, tomando conciencia de dos problemas íntimamente relacionados, las emisiones de gases con efecto invernadero y los impactos ambientales de los incendios forestales.

El nivel de competencia curricular se sitúa entre los 14 y los 18 años.

Para cuantificar las emisiones debemos aplicar las equivalencias estimadas entre unidades de consumo y emisiones de CO₂:

- 1m³ de Gas Natural: 0,20 Ton de CO₂
- 1 litro de fuel: 0,00262 Ton de CO₂
- 1kWh de electricidad: 0.001 Ton de CO₂

Con estas equivalencias podemos calcular las emisiones debidas a luz y calefacción, y tras aplicar la relación entre masa atómica del C y masa molecular del CO₂, obtenemos la *huella de carbono* del centro durante un curso escolar, que es lo que trataremos de compensar con la reforestación.

Para determinar la plantación compensatoria, se parte del crecimiento medio de la madera, según especie y zona, en m³ por ha y año, y debemos tener en cuenta no sólo la capacidad de fijación, sino los posibles impactos asociados. Un ejemplo que lo ilustra muy bien es el eucalipto, pues aunque se trata de una especie eficaz captando carbono, sus impactos sobre la biodiversidad, fertilidad y disponibilidad de agua lo convierten en un cultivo desaconsejado, siendo las especies de frondosas las más adecuadas para recuperar los bosques caducif-

lios propios de nuestro bioma. Como estos árboles son exigentes debemos utilizar un suelo con calidad suficiente.

A la hora de solicitar el terreno al municipio o comunidades de montes debemos considerar su proximidad al centro, para minimizar las emisiones debidas al transporte de los escolares, que deberán ser incorporadas al cálculo total.

Todas estas variables tienen que estar presentes en el diseño de la reforestación compensatoria. Una vez seleccionadas las especies idóneas y la superficie de parcela necesaria para garantizar la compensación, se procederá a diseñar la ejecución desde el punto de vista técnico. Para ello se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Densidad de plantación: entre 625 plantas/ha (marco de 4x4 metros) y 1111 plantas/ha (marco de 3x3 metros).
- Seleccionar la planta forestal en vivero, preferentemente en contenedor.
- Plantar en época de savia parada (de noviembre a marzo)

Construcción de un horno solar

Objetivo: Comprender la importancia del uso de energías renovables limpias como solución a la problemática ambiental y energética del planeta. Conocer los diferentes tipos de energía solar, sus características y utilidad en la consecución de un modelo de desarrollo basado en la sostenibilidad.

El nivel de competencia curricular se sitúa entre los 10 y los 14 años.

En nuestro ejemplo concreto aprovecharemos la capacidad de la energía solar para calentar líquidos, construyendo un sencillo horno que emplea los rayos solares reflejados por una superficie brillante como es el papel de aluminio.

Para construir nuestro horno necesitamos materiales tan simples como una caja de cartón con tapa, forrada o pintada de negro, papel de aluminio para reflejar la luz, film transparente que actúa a modo de invernadero, un vaso de agua y un termómetro (Fig. 11).



Fig. 11. Fotografía de dos estudiantes-monitors explicando cómo realizar un horno solar a los estudiantes de un centro piloto de Climántica.

Aislamiento térmico y ahorro energético

Objetivo: Demostrar que una de las medidas más eficaces para frenar el cambio climático es el ahorro de energía mediante el aislamiento de los edificios, pues nos permite gastar menos en calefacción y refrigeración.

El nivel de competencia curricular se sitúa entre los 11 y los 16 años.

La medida debe complementarse con otras para ser realmente efectiva (evitar el consumo oculto, poner el termostato a temperaturas razonables según estación del año, utilizar electrodomésticos de bajo consumo, disminuir el transporte privado, etc.).

Con nuestro experimento demostraremos la relación entre aislamiento y ahorro energético y comprobaremos qué tipo de material es el más idóneo. Sólo tenemos que envolver varias botellas de plástico con diversos materiales como lana, aluminio, papel de periódico, plástico, etc, y dejar una de ellas desnuda para servirnos de control.

En cada botella ponemos la misma cantidad de agua calentada a 40°C y mediremos la temperatura tras cierto intervalo de tiempo. Transcurridos veinte minutos sacaremos las conclusiones finales pertinentes.

Proponemos comprobar también si las ventanas de nuestra casa y escuela están bien aisladas o, si por el contrario, presentan corrientes de aire. Basta con pegar papel cebolla o de plástico a un lápiz, acercarlo a las rendijas de las ventanas y determinar la posible existencia de dichas corrientes.

En caso afirmativo, nos permitiremos proponer soluciones a los responsables para frenar el derroche energético, disminuir el gasto eléctrico y contribuir a la reducción de emisiones.

Una depuradora casera

Objetivo: Comprender la necesidad de la depuración en el marco de una gestión racional del agua basada en el ahorro del recurso más básico para la



Fig. 12. Fotografía de una depuradora.

humanidad. Con esta práctica estudiaremos el proceso de depuración física.

El nivel de competencia curricular se sitúa entre los 12 y los 16 años (Fig. 12).

Se trata de reproducir con materiales sencillos el proceso de depuración física o eliminación de sólidos en suspensión, llevado a cabo en las estaciones depuradoras de aguas residuales (tratamiento primario).

Montaremos nuestra depuradora de tres cámaras con botellas grandes de plástico, tubos de goma, pinzas, silicona, alumbre como sustancia floculante y un filtro de grava y arena.

Seguidamente haremos circular agua turbia por las tres cámaras (floculación, sedimentación y filtración), para finalizar recogiendo el agua filtrada y observar la ganancia de transparencia (Fig. 13).



Fig. 13. Representación de la elaboración de la depuradora (tomada de "Aprendemos coas Escolas Climánticas").

Completaremos la experiencia comentando el proceso completo de depuración, la diferencia entre depuración – potabilización, los posibles destinos del agua depurada y las consecuencias ambientales de la carencia de depuradoras.

Cómo detectar la presencia de contaminantes en el agua

Objetivo: Analizar mediante procesos semi-cuantitativos la presencia de contaminantes en el agua (turbidez, orgánica, fecal, detergentes, exceso de nutrientes) e investigar posibles causas y consecuencias para el ambiente y la salud.

El nivel de competencia curricular se sitúa entre los 13 y los 18 años.

Utilizaremos muestras de agua procedentes de fuentes o pozos de nuestro entorno, pudiendo determinar varios parámetros. En nuestro caso, hemos elegido el estudio de algunos tipos de contamina-

ción relativamente frecuentes, pero el abanico de factores se puede disminuir o ampliar tanto como nos sea posible según presupuesto, tiempo disponible y nivel del alumnado.

La medida de turbidez la haremos en el medio natural según el método de Secchi, que se basa en determinar a que profundidad distinguimos un disco metálico pintado de blanco y negro. Para analizar el resto de factores en el laboratorio existen diversas metodologías de diferente complejidad, nosotros recomendamos por su manejabilidad y sencillez el uso de métodos colorimétricos a partir de Test con comparador de colores, aunque tienen el inconveniente de su precio.

Así, la presencia de detergentes procedentes de vertidos de aguas de limpieza doméstica o industrial puede ser detectada con el Test Kit de detergentes HANNA, HI 3857. Para constatar la contaminación fecal por coliformes usamos el reactivo de colibacilos de Analema y para el análisis de otros parámetros indicadores de contaminación como materia orgánica, amonio, nitritos, nitratos, fosfatos, utilizaremos alguno de los kits respectivos presentes en el mercado (Macheray-Nagel, Merck) que permiten una determinación semicuantitativa.

La contaminación orgánica puede estimarse también por el método del azul de metileno, ya que este colorante se comporta como un indicador redox y se vuelve incoloro en condiciones anaerobias, como las que se producen en presencia de materia orgánica contaminante por consumo del oxígeno presente en el agua.

Podemos completar la actividad analizando otros factores como densidad, salinidad (test de cloruros o calculada a partir de la densidad), pH y dureza.

En todos los casos es importante relacionar los resultados obtenidos con sus posibles causas, naturales o antrópicas, así como los efectos en el medio y en la salud.

En cursos superiores es conveniente relacionar el tipo de impacto con distintas actividades antrópicas y trabajar con índices de contaminación, especialmente OD (oxígeno disuelto), DBO (demanda biológica de oxígeno) y bioindicadores.

Dada la complejidad de la actividad, proponemos que los alumnos cubran fichas similares a las mostradas a pie de página:

ESTRATEGIAS PARA LA PRODUCCIÓN Y RÉPLICA DE ESTE TIPO DE ACTIVIDADES EN EL MARCO DEL PROYECTO CLIMÁNTICA

Climántica es un proyecto en red que crece en cascada potenciando la réplica de experiencias piloto exitosas. Las actividades que se expusieron hasta aquí forman parte de la dimensión Climántica: Ciencia, Sociedad y Tecnología. Esta batería de actividades se complementa con una serie de dinámicas de grupo entre las que destacan las siguientes:

- Dinámica del cambio climático, en la que se analizan las causas y consecuencias del calentamiento global para abordar soluciones a partir de propuestas de cambio de actitudes.
- Juego de rol: “¿Cuál es el precio de nuestra dependencia energética?”, en el que se deben aportar soluciones a la problemática energética desde diferentes puntos de vista.
- Juego de rol: “¿Tiene la culpa el CO₂?” Se analiza la relación de este gas con el cambio climático desde el punto de vista de roles con diversas responsabilidades en su producción y uso.
- Juego de fichas del elemento oculto. Se busca la relación de personajes con un producto del que se averigua su identidad. Una vez identificado se calcula su huella ecológica.
- Juego de cartas “Barajando soluciones al cambio climático”. Se deben agrupar las cartas por categorías, justificando a los demás la elección.
- Taller: “Imaginando un día sin petróleo”. Se trata de hacer un torbellino de ideas de cómo podríamos vivir en una aldea, en una villa y en una ciudad sin petróleo.

Todas estas propuestas se pueden desarrollar entre los 12 y los 16 años, con las correspondientes adaptaciones al nivel.

La dimensión de Ciencia, Sociedad y Tecnología de Climántica, que consiste en aproximar a los estudiantes al cambio climático de forma práctica y

Muestra n° _____	
Procedencia:	
Sustrato (a partir del mapa geológico):	
pH:	
Dureza (valor y calidad):	
Salinidad:	
Contaminación orgánica:	alta, media, baja o nula
Amonio (mg/l):	
Nitritos (mg/l):	
Nitratos (mg/l):	
Fosfatos (mg/l):	
Detergentes (mg/l):	presencia, ausencia
Reacción colibacilos:	positiva, negativa

Muestra n° _____	
☐ POTABLE (diagnóstico sin valor sanitario)	
☐ NO POTABLE:	
☐ Contaminación fecal	☐ Contaminación orgánica
☐ Exceso detergentes	☐ Exceso nitratos
☐ Exceso fosfatos	☐ Exceso nitritos
☐ Exceso amonio	☐ Exceso cloruros
☐ pH alto (>8) o bajo (<4)	☐ Otras causas (turbidez, olor)
1.- Señalar posibles causas de contaminación: Vertidos de aguas residuales urbanas, proximidad de granjas, arrastre de fertilizantes, vertidos industriales, purines, intrusión salina...	
2.- Repercusiones sobre la salud: Gastroenteritis, anemias, sustancias bioacumulativas, alteraciones metabólicas...	
3.- Repercusiones sobre el medio: Eutrofización, disminución de oxígeno disuelto, reducción de biodiversidad, alteración de la cadena alimentaria, acidificación, salinización...	



Fig. 14. Fotografía de una semana del cambio climático en un centro piloto de Climántica.

vivencial, surgió de las primeras experiencias piloto desarrolladas en el IES nº 1 de Ribeira (A Coruña). En este centro prepararon a los estudiantes como monitores en el marco de una Semana de la Ciencia, para que explicaran a toda la comunidad educativa el reto del cambio climático en el mundo actual (Fig. 14).

Sus autoras se constituyeron en formadoras de Climántica para hacer llegar el modelo a otros compañeros y se convirtieron en coautoras de materiales didácticos que recogían estas iniciativas. Estas actividades quedaron plasmadas en el material educativo dirigido a Primaria “*Aprendemos coas Escolas Climánticas*” (Fig. 15).

Paralelamente, se articuló un grupo de trabajo para generar propuestas e iniciativas en esta línea de abordar el cambio climático en el marco de ciencia, tecnología y sociedad. Desde abril de 2008, un miembro de este equipo se encarga de desarrollar, en los centros que lo soliciten, estas actividades y/o de formar a los estudiantes para que se conviertan en monitores.

La idea es que los estudiantes formados en Climántica no sólo actúen en sus centros, sino que se conviertan en comunicadores, mediante diversas actuaciones útiles para concienciar y sensibilizar a la sociedad. Estos trabajos se publican en la revista CLMNTK y se presentan en el congreso de estudiantes de Climántica.

El 21 de junio de 2008 se celebró el primero de estos congresos, en el que participaron 288 estu-



Fig. 15. Fotografía de la puesta en común de las experiencias piloto en la red de escuelas “*Aprendemos coas Escolas Climánticas*”.

diantes, cuyos trabajos configuraron el número 1 de la revista, pudiendo visualizarse los cortos y animaciones en el subapartado “Alumnos (apartado “Estudiantes” de www.climantica.org). En el 2º congreso realizado el 20 de junio de 2009, se han presentado 581 estudiantes, con lo que la participación se ha incrementado en más del 100 % (Fig. 16).

La dimensión de Ciencia y Tecnología configuró también el libro del estudiante para ESO “*Climaeucambio*”, que permite el desarrollo de la asignatura de 1º de la ESO de Galicia *Proxecto Interdisciplinar*, estructurado en unidades didácticas relacionadas y secuenciadas según el hilo conductor del clima y el cambio climático. Su aplicación en el aula permite el desarrollo interdisciplinar de todas las materias de la ESO y sus correspondientes competencias



Fig. 16. Fotografía de la clausura del II Congreso CLMNTK de los estudiantes de Climántica.

básicas. A su vez, los estudiantes se convierten en meteorólogos escolares, incorporando datos desde las estaciones meteorológicas de sus centros a la página web del servicio de predicción meteorológica de Galicia (MeteoGalicia), y a través de la aplicación web Meteo Escuelas pueden observar la representación de sus datos, buscar semejanzas y diferencias con otros centros, así como relacionarlos con las variables oportunas. Para amplificar la comunicación de los resultados de esta red de meteorólogos escolares, se puso en marcha el sistema de edublogs “Climaeucambio” que aglutina a la mayoría de blogs del proyecto para ESO (Fig. 17).



Fig. 17. Captura de pantalla de la representación anual de los datos de temperatura de un centro perteneciente a la red de meteorología escolar de Meteo-Escuelas.

Este modelo de divulgación científica de edublogs inspiró su aplicación en la nueva asignatura Ciencias para el Mundo Contemporáneo, con el objetivo de facilitar la divulgación ágil de la ciencia frontera, posibilitando su debate e interpretación. Para ello se interpretó el currículo de la siguiente manera “Desde el Big-Bang se produce una evolución dio lugar al planeta Tierra, en el que se posibilitó la aparición de la vida. Con el devenir del proceso de la evolución biótica, se llegó a la aparición de una especie capaz de modificar su nicho ecológico hasta llegar al nivel de cambiar el sistema climático. Con la nanotecnología, la astrofísica, la genómica y la ingeniería genética y demás ámbito de la ciencia frontera actual, se pueden buscar soluciones” Trabajando en esta línea con los blogs <http://ccmc.climantica.org>, formando a los profesores en su gestión y en el enfoque de los diferentes ámbitos de la ciencia frontera, se consiguió una red



Fig. 18. Representación de la interpretación Climántica del currículo de Ciencias para el Mundo Contemporáneo.



Fig. 19. Fotografías de una clase de la red de Escuelas Climánticas de Abuelos y Nietos.

actualizada semanalmente de blogs de aula para Ciencias del Mundo Contemporáneo (Fig. 18).

No podemos olvidarnos de una de las propuestas más innovadoras en el marco del Proyecto Ciencia y Tecnología de Climántica. Se trata de la puesta en marcha de la asignatura de especialización *Climántica* de Cuarto Ciclo, para mayores de 50 años, en la Universidad de Santiago. La metodología activa de este curso permitió que los abuelos pasaran a aplicar su memoria histórica en encuentros educativos con chavales de la ESO, siguiendo las líneas de clima, movilidad, gestión de residuos y consumo. A esta iniciativa, con exitosas experiencias, se le denomina “Escuelas Climántica de Abuelos y Nietos” (Fig. 19).

Y ya como punto final, nos gustaría que este artículo aporte alguna idea y contribuya al esfuerzo que todos los educadores debemos realizar para afrontar los numerosos retos ambientales de la sociedad contemporánea.

BIBLIOGRAFÍA:

- Astor, X., Paredes, X., Samartín, L. (1995). *Contaminación e reciclaxe*. Editorial Xerais. Vigo.
- D. Fredericks, A. (2004). *Experimentos sencillos con la Naturaleza*. Ediciones Oniro S.A. Barcelona.
- Fernández, M.J., Gutiérrez, X. (1995). *Caderno de Educación Ambiental: Explorando a beiramar*. Xunta de Galicia, Consellería de Pesca, Marisqueo e Acuicultura.
- Harlow, R., Morgan, S. (2006). *Biblioteca de los experimentos. Experimentos y hechos ecológicos*. Editorial Everest. 6ª edición. Madrid.
- Sóñora, F. et al. (2009). *Aprendendo coas Escolas Climántica*. Xunta de Galicia.
- Sóñora, F. et al. (2009). *Se queimamos quentamos*. Xunta de Galicia.
- Sóñora, F. (Coord.) y Lires, J. (2007). “¿Cambia o clima?”. Xunta de Galicia.
- Sóñora, F. (Coord.) y Fernandez, J. (2007). “Climaeucambio”. Xunta de Galicia.
- Varela, R. (1996). *Ciencias ambientais e da saúde*. A Nosa Terra AS-PG. Vigo.
- Web de Climántica: www.climantica.org. www.biogeociencias.com ■

Este artículo fue solicitado desde E.C.T. el día 26 de febrero de 2009 y aceptado definitivamente para su publicación el 20 de noviembre de 2009.