

Propuesta de actividad para la enseñanza de los riesgos que tiene sobre la salud la disminución del ozono atmosférico

Activity for the teaching of the damages on human health caused by ozone depletion

Ricardo Casas¹, Tamara Pérez¹, Javier Carrillo-Rosúa^{1,2}

¹ Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Granada. Granada. España

² Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra. CSIC-Universidad de Granada. Armilla (Granada). España

ricardocasas@ugr.es, tamarapereznieto@gmail.com, fjcarri@ugr.es

Resumen

Se presenta, de forma fundamentada, el diseño de una actividad enfocada a facilitar la comprensión de algunas de las consecuencias negativas que tiene la disminución de la concentración del ozono estratosférico sobre la salud humana. Está dirigida a la materia de Biología-Geología de tercer curso de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO), aunque puede implementarse en otros cursos con ligeras adaptaciones.

A pesar de su importancia, esta problemática es percibida de forma incorrecta por gran parte de la sociedad, ya que generalmente, de manera errónea, se asocia con el efecto invernadero. Esta idea previa está muy extendida, no solamente entre el alumnado, sino incluso entre el mismo profesorado.

Las orientaciones metodológicas empleadas en el diseño se basan en metodologías activas que incluyen concepciones recientes de la educación medioambiental, empleando el aprendizaje por indagación y el aprendizaje cooperativo. Además, esta actividad se articula desde el punto de vista del pensamiento sistémico, ya que se pretende que el alumnado relacione procesos que ocurren en contextos muy distintos, que profundice de forma crítica en el problema del “agujero” de la capa de ozono, que establezca conexiones con otros procesos terrestres relacionados con él, y que sea capaz de proponer soluciones y actuar en consecuencia, como se aboga desde las propuestas de alfabetización científica.

Palabras Clave

Capa de ozono, Radiación ultravioleta, Efecto invernadero, Educación ambiental, Educación para la salud, Indagación, Aprendizaje cooperativo, Pensamiento sistémico

Abstract

We present, a well-founded design of an activity focused to facilitate the understanding of several of the negative consequences on the health that has the stratospheric ozone depletion. It is addressed to the Biology-Geology subject of 9th grade (third course of Secondary Education), although it can be implemented in different courses with some modifications.

Despite its importance, this problem is incorrectly perceived by society, since in general it is erroneously associated with the environmental effect. This misconception is very extended, not only among students, but also among teachers.

The methodologies used in this work are based on active methodologies, including recent advances in environmental education, inquiry learning and cooperative learning. Moreover, this activity has been designed from the perspective of systemic thinking, because it is intended that students link processes that take place in different contexts, delve critically into the problem of ozone depletion, establish connections with other terrestrial processes, and be able to propose solutions and act in society, as it is promoted from the newest scientific literacy proposals.

Keywords

Ozone layer, ultraviolet radiation, Greenhouse effect, Environmental education, Health education, Inquiry, Cooperative Learning, Systemic thinking

1. Introducción

El fenómeno global de la disminución de la concentración del ozono estratosférico en latitudes australes se conoce como “agujero” de la capa de ozono. Dicho término puede llevar a algunas concepciones erróneas, ya que sugiere una representación de esta capa como una carcasa sólida, “cristalina”, que envuelve la Tierra. Además, en numerosas ocasiones se considera que por esos “agujeros” penetran “más rayos solares” que calientan el planeta provocando un aumento del efecto invernadero, lo que está muy lejos de la realidad (Meira, 2013).

La ozonósfera consiste en una zona situada en la estratosfera (fundamentalmente entre los 16 y 50 km de altura) en la que se crea, por la acción de la radiación ultravioleta proveniente del Sol, una gran cantidad de ozono (Hegglin, Fahey, McFarland, Montzka y Nash, 2015). Este gas absorbe buena parte de dichas radiaciones (fundamentalmente las de tipo A y B), sumamente perjudiciales para los seres vivos puesto que dañan su material genético, por lo que su presencia es fundamental para la existencia de vida sobre nuestro planeta (Douglass, Ramaswamy, y Schmoltnner, 2008).

Después de detectarse la disminución en la concentración de ozono durante la década de los 80 del siglo XX, debida a la emisión de gases de origen antrópico, la comunidad internacional respondió con el llamado Protocolo de Montreal (al que ya se han adherido 196 países de todo el mundo). Dicho acuerdo, con sus posteriores ajustes, ha resultado sumamente útil en el control y disminución de la emisión de sustancias destructoras del ozono estratosférico. De hecho, en los últimos informes del PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) se muestra cómo la extensión del “agujero” que se forma en invierno sobre la Antártida ha dejado de crecer, detectándose incluso una ligera disminución de su tamaño, lo que podría anunciar una inversión de la tendencia en las próximas décadas (Hegglin et al., 2015). Es más, muy recientemente, gracias a medidas realizadas durante el mes de septiembre (y no a partir

de octubre, como hasta ahora), se ha confirmado que el ozono antártico se está recuperando, y que el “agujero” estacional empieza a formarse unos diez días más tarde de lo que venía haciendo hasta la fecha (Witze, 2016). No obstante, no se espera que la recuperación sea completa hasta fin de siglo, por lo que sigue siendo importante la coordinación internacional y la formación de la ciudadanía para completar con éxito el camino emprendido. Esta, por ejemplo, puede decantarse por consumir productos que no contengan sustancias destructoras del ozono, o puede presionar a los dirigentes de su país para que continúen con las acciones ya emprendidas y que tan buenos resultados están dando.

Se conocen numerosas consecuencias perjudiciales de la exposición continuada a dosis elevadas de radiación ultravioleta (cáncer de piel, cataratas, efectos sobre el sistema inmunitario, etc.). Algunas se han detectado en distintos puntos del planeta. Por ejemplo, podemos citar el aumento de casos de cáncer de piel en peces y humanos en zonas de Australia, la pigmentación marrón del musgo antártico y de ciertas hortalizas comestibles, y la descalcificación de los cocolitóforos (fitoplancton sumamente importante por ser uno de los mayores productores de biomasa en los océanos), entre otros muchos (Aucamp, Björn y Lucas, 2011).

En numerosas investigaciones didácticas se muestra cómo el alumnado relaciona generalmente, de forma incorrecta, el “agujero” de la capa de ozono con el cambio climático. De hecho, un alto porcentaje de estudiantes de Secundaria lo considera como una de sus principales causas (Arto y Meira, 2011; García-Rodeja y Lima, 2012). Dicha relación suele establecerse de forma directa, argumentando que el aumento de la radiación que entra al planeta contribuye al calentamiento global. De estas investigaciones se deriva que tanto el concepto de “agujero” de la capa de ozono como el de “efecto invernadero” son entendidos de forma errónea. Primero, porque no es esta la causa de la contribución al cambio climático, aunque sí exista cierta relación entre ambos fenómenos (Douglass, Ramaswamy, y Schmoltner, 2008), y en segundo lugar, porque esto indica que no se comprenden ni las causas del efecto invernadero ni cuál es el impacto de la actividad humana sobre el mismo.

Por otra parte, cabe señalar también que la conexión entre el “agujero” de la capa de ozono y la salud está relativamente poco explorada desde el punto de vista educativo en lo que a propuestas didácticas y dificultades de aprendizaje se refiere. Por tanto es necesario contribuir a mejorar la comprensión de este fenómeno y de sus verdaderas relaciones con el cambio climático, quizás el principal problema medioambiental del planeta; el objeto de esto es formar a una ciudadanía responsable, capaz de intervenir y tomar decisiones en la búsqueda de soluciones a problemas globales que afectan a la humanidad. De ahí la pertinencia de la presente propuesta, enfocada, por un lado, a que el alumnado comprenda los efectos sobre la salud de una exposición elevada a la radiación ultravioleta derivada del deterioro de la ozonfera (ver especialmente las fases 3 y 4 de la actividad), y por otro, a dilucidar la verdadera conexión entre ambos impactos antropogénicos (ver fase 5). En particular, es conveniente que comprendan que el aumento de la radiación ultravioleta a nivel del mar tiene graves consecuencias sobre los organismos fotosintéticos, y que por tanto la captura de CO₂ atmosférico se ve disminuida, agravando el efecto invernadero de origen antrópico.

Siguiendo estos criterios, se ha diseñado una actividad para la materia de Biología y Geología de 3º de ESO que facilite la comprensión de estos procesos, y que

ayude a desarrollar algunas competencias clave y a fomentar el pensamiento sistémico del alumnado, utilizándose una metodología activa con elementos del aprendizaje por indagación y del aprendizaje cooperativo.

2. Marco teórico

Esta propuesta se fundamenta en diversos principios y orientaciones que están dentro del espectro de las metodologías activas. Así, se utiliza una concepción moderna de la educación medioambiental (Barrón, Navarrete, y Ferrer-Balas, 2010), en vez del enfoque, excesivamente teórico y fragmentado, que todavía se suele emplear en el aula en la actualidad (Rodrigues, 2013). Durante la década de los 70, cuando la degradación de la calidad ambiental empezaba a ser considerada un problema social, comenzó a desarrollarse el planteamiento moderno de educación ambiental. Su reconocimiento oficial se remonta a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano (Naciones Unidas, 1973), durante la cual se expuso la necesidad de crear un programa internacional de educación ambiental orientado tanto al ámbito formal como al no formal. Surgido en 1975, y tras 20 años de desarrollo, el intento de aplicarlo al campo pedagógico terminó siendo un acto, en cierta medida, fallido (González y Arias, 2009). Recientemente, en una línea similar, y tomando en consideración parámetros adicionales, ha surgido otro movimiento: la “educación para la sostenibilidad” (Eschenhagen, 2007). No obstante, tras la finalización de la presente “Década para el Desarrollo Sostenible (2005-2015)”, todavía no se ha superado la gran distancia existente entre el discurso teórico y la práctica cotidiana (Gil, Vilches, Toscano, y Macías, 2006; Álvarez y Vega, 2009).

Una de las principales dificultades para llevar al aula estas propuestas de educación ambiental, tal y como se propone desde la Didáctica de las Ciencias, se debe a que su objeto de estudio son sistemas complejos. Según Barrón, Navarrete y Ferrer-Balas (2010), la “sostenibilidad curricular” no implica únicamente incluir contenidos ambientales, sino proponer numerosas modificaciones, como por ejemplo, sustituir la visión estática de la realidad por una visión compleja y dinámica que no descomponga los sistemas en partes inconexas, reforzar la flexibilidad y permeabilidad disciplinar para fomentar el pensamiento sistémico, contextualizar adecuadamente los contenidos a tratar en el aula, estudiando problemas tanto locales como globales, y adoptar una epistemología constructivista y una visión integral de la educación, entre otros puntos.

2.1. *Pensamiento sistémico*

Las finalidades descritas anteriormente pueden alcanzarse adoptando un pensamiento sistémico, cuyos conceptos fundamentales se empezaron a desarrollar a principios del siglo pasado en disciplinas como la Biología, la Ecología y la Psicología (Liévano y Londoño, 2012). Como estrategia metodológica nació a partir del debate científico planteado por von Bertalanffy (1968) con su *Teoría General de Sistemas*, mediante la que proponía un método alternativo al método científico tradicional, más centrado en las partes que en el sistema en su totalidad. Esta teoría se mostró capaz de describir adecuadamente el comportamiento de los ecosistemas, identificando sus propiedades y relaciones (O'Connor y McDermott, 1997).

Según Orion y Libarkin (2014), una de las complejidades que presenta el planeta Tierra consiste en las diferencias existentes entre las distintas escalas espaciales y temporales implicadas en los procesos que tienen lugar en ella, así como la incertidumbre que genera un sistema en continuo cambio. El pensamiento sistémico se

muestra, en este aspecto, como una estrategia útil, ya que proporciona una visión compleja de los sistemas terrestres. Orion y Ault (2007) proponen los siguientes factores a la hora de abordar el estudio de los mismos: la aproximación histórica a la investigación científica; el reconocimiento de que los sistemas complejos actúan sobre toda la Tierra en su conjunto; la conceptualización de fenómenos espaciales y temporales que abarcan desde la escala atómica hasta la planetaria; la integración, a través de distintas escalas, de soluciones a los problemas planteados; y el desarrollo del pensamiento científico hacia atrás en el tiempo.

Asimismo, Liévano y Londoño (2012) exponen las siguientes características fundamentales del pensamiento sistémico: visión global de las situaciones estudiadas; reconocimiento de la importancia de las interacciones entre los distintos componentes de un sistema, ya que son las que determinan su comportamiento; toma de conciencia de la existencia de una jerarquía de niveles, cada uno de los cuales presenta unas propiedades emergentes; y aceptación, especialmente en sistemas sociales, de que las personas actúan de acuerdo a sus propios intereses¹.

Estas ideas se tendrán en cuenta durante el desarrollo de la actividad diseñada, utilizando herramientas que permitan la generación de diagramas causales y mapas mentales.

2.2. Aproximación de la indagación

Al objeto de favorecer el desarrollo de una visión globalizadora en el que el alumnado sea consciente de la complejidad de los problemas ambientales, se seguirán algunas de las orientaciones que marca la enseñanza de las ciencias basada en la indagación, o IBSE, por sus siglas en inglés (*Inquiry-based Science Education*). Esta metodología se apoya en un intento de extrapolar procedimientos de la práctica científica al aula, de forma que la actividad del alumnado a la hora de aprender ciencia se parezca, con la oportuna transposición didáctica, a la de los científicos. Por otro lado, persigue la implicación y motivación del alumnado con actividades de tipo manipulativo y sobre todo con retos intelectuales, de modo que los estudiantes, no solamente “aprendan ciencia”, sino que también “hagan ciencia” (López-Gay, Jiménez-Liso, y Martínez-Chico, 2015). Según estos autores, las habilidades que se desarrollan con esta metodología son: enfrentamiento a cuestiones científicas que suscitan problemas o interrogantes, y cuyas respuestas se deben encontrar mediante el uso de pruebas; formulación, a modo de hipótesis, de explicaciones a las cuestiones planteadas, utilizando para ello conocimientos previos; diseño experimental y búsqueda de información para confirmar o rechazar dichas hipótesis; y análisis e interpretación de la información y los datos obtenidos o recopilados. Otras habilidades que se desarrollarían serían: creatividad, imaginación, pensamiento crítico, argumentación y cooperación, entre otros (Nudelman, 2015). Además, el enfoque indagatorio pudiera requerir que los estudiantes piensen de forma sistemática y crítica para llegar a plantear soluciones a los problemas planteados (Ayala, 2013).

¹ Algunas propuestas recientes incluyen este tipo de acercamiento al estudio de las problemáticas ambientales y sociales, en lo que se podría denominar como pensamiento *glocal* (Rivero, Martínez, y Fernández, 2013), dentro de un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (ver, por ejemplo, Carrillo-Rosúa, Fernández-Oliveras, Albanese, y Casas (2015) para una propuesta didáctica dirigida a Secundaria que emplea este tipo de estrategia).

Las fases del proceso indagatorio se pueden resumir en los siguientes puntos (Martínez-Chico, 2013):

1. Enfrentarse con problemas o cuestiones de carácter científico, esto es, relacionados con fenómenos del mundo natural o tecnológico cuyas respuestas pueden ser confirmadas o rechazadas mediante pruebas; formular explicaciones justificadas, basadas en su experiencia previa.
2. Buscar pruebas que permitan confirmar o refutar las hipótesis planteadas, o bien mediante diseños experimentales en los que puede participar el propio alumnado, o simplemente mediante búsqueda de información.
3. Analizar e interpretar la información y los datos recogidos, momento en el que quizás haya que adaptar las explicaciones iniciales o el modelo propuesto.
4. Comunicar e interpretar ideas, considerando explicaciones diferentes a las personales.

Además, en esta metodología son muy pertinentes las normas de comportamiento propuestas por Cortés y de la Gárgara (2007): todas las ideas son respetables, criticables y evaluables, todos los miembros del equipo han de colaborar en todo el proceso, cualquier estudiante ha de poder plantear problemas sobre conceptos o procedimientos a sus compañeros de grupo, al docente o a otro equipo, y las decisiones y resultados deben ser comunicados al resto de la clase, debiendo realizar cada equipo un diario de trabajo donde se recojan los puntos sobre los que se ha discutido, las informaciones obtenidas y los acuerdos alcanzados.

2.3. Aprendizaje cooperativo

El aprendizaje cooperativo está basado en una relación de interdependencia social positiva, y se caracteriza por la potenciación, entre otros, de los siguientes elementos (Prieto Navarro, 2007): buscar el beneficio común y no solo el individual; aunar esfuerzos para alcanzar una meta común; facilitar y potenciar el éxito de otros; valorar las contribuciones ajenas al éxito propio; no restar valor a otras personas ni a uno mismo a pesar de los fracasos; convencerse de que la meta es aprender, y no ganar; valorar la diversidad; etc. Uno de los aspectos clave del aprendizaje cooperativo, y que lo distingue del mero trabajo grupal, es la percepción de interdependencia entre los miembros del grupo. No obstante, es importante insistir también en la noción de responsabilidad individual, ya que una de las quejas más extendidas acerca de los trabajos en grupo es la falta de responsabilidad de algunos estudiantes, que exhiben el resultado final junto con sus compañeros, a pesar de haber tenido escasa o nula participación a lo largo del proceso.

Dentro del actual paradigma del aprendizaje activo en educación, el aprendizaje cooperativo se basa en dos pilares fundamentales: por un lado, delegar la autoridad por parte del docente, lo cual implica que, una vez formados los grupos, este debe dejar que actúen por sí mismos, cometan errores y tengan cierto grado de libertad para que afronten la tarea del modo que consideren más oportuno, y por otro, en la necesidad que todos los componentes del grupo tienen de los demás para completar la actividad (Prieto Navarro, 2007).

Johnson, Johnson, y Holubec (1999) muestran varias características que permiten distinguir el grupo cooperativo de otros tipos de grupos, como el de pseudoaprendizaje, en el que el alumnado acata el tener que trabajar juntos, pero no lo

hace de buen grado, o el tradicional, en el que lo que falla es que las tareas no están estructuradas adecuadamente para llevarse a cabo con esta metodología. Por tanto, uno de los requisitos necesarios para poder considerar que se tiene un grupo cooperativo es que el alumnado trabaje junto, y además lo haga de buen grado. Para ello es necesario estructurar adecuadamente las actividades y enseñar a los estudiantes ciertas formas de relación interpersonal, a fin de que las empleen para coordinar su trabajo.

Los autores anteriores recomiendan que, antes de comenzar la actividad, se formen los grupos y que se les prepare para las tareas que tendrán que desarrollar. Para ello:

- Se debe dividir la clase en grupos de 4 o 5 personas, de forma que sean heterogéneos. Para ello han de estar formados por un estudiante con una alta capacidad y aptitud hacia la materia, y otro con una aptitud y capacidad más bajas. La composición de cada grupo se mantiene a lo largo de toda la actividad.
- En la primera sesión los estudiantes deben acordar las normas de funcionamiento del grupo, y las medidas correctoras para aquellos que las incumplan.
- Cada equipo ha de tener un cuaderno con el nombre del grupo, la materia, y los componentes. Cada uno tendrá un rol dentro del mismo, que será decidido por el docente. En el cuaderno han de detallarse las obligaciones de cada cargo y deberá contener un diario de las sesiones.
- Antes de comenzar, es conveniente realizar la actividad “El blanco y la diana”, consistente en que los componentes de cada grupo deben de rellenar una diana en blanco con su nombre, debilidades, fortalezas, aficiones y manías. De esta forma todos los integrantes se conocerán mejor y podrán realizar el trabajo de forma más eficiente, y se mejorarán las relaciones personales, puesto que cada uno ha de intentar respetar a los demás y mejorar en sus puntos débiles.

El aprendizaje cooperativo implica la utilización de una serie de técnicas para favorecer la cooperación mutua entre los estudiantes que implican el reparto de roles. Algunos ejemplos de estas técnicas, que se utilizarán en parte en esta propuesta, son el folio giratorio, las cabezas numeradas, el giro de la reunión, estructura 1-2-4, parada de 3 minutos y el saco de dudas (ver anexo II, tomado de Pérez Nieto, 2015, pp. 21-22).

3. Propuesta de actividad

Como ya se ha comentado, la actividad está diseñada para la asignatura “Biología y Geología” de tercer curso de Enseñanza Secundaria Obligatoria. Con ella se pretende contribuir a los objetivos de etapa y dar respuesta a uno de los elementos transversales del currículo, “*elementos relacionados con el desarrollo sostenible y el medio ambiente*”, recogido en el capítulo 6: “Elementos transversales” (Real Decreto por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, 2015, p.174). En el anexo I se muestran los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje que se esperan abordar con la actividad, y que corresponden a los bloques 1, 2, 6 y 7 de la asignatura. También se incluyen en dicho anexo las competencias clave abordadas y una breve justificación de las mismas.

3.1. Recursos y materiales

Los recursos que serán necesarios para el desarrollo de la actividad son los siguientes:

- ordenador con acceso a Internet,
- sistema de proyección, preferentemente con altavoces,
- sería recomendable contar con una pizarra digital, y
- una lámpara fluorescente de radiación ultravioleta. En caso de que el centro no disponga de ninguna, se puede plantear una visita a un centro de rayos UVA donde realizar parte de la experiencia.

3.2. *Secuencia didáctica*

La actividad a desarrollar se divide en siete fases, tal y como se detalla a continuación.

1. Problematización / Lluvia de ideas

Se comenzará con la propuesta del problema sobre el que trabajarán durante la actividad. Para ello, se les preguntará cuáles creen que son los principales problemas ambientales de la humanidad y sus posibles consecuencias para las generaciones futuras. Probablemente surja la alusión al cambio climático. Se les dirá que ese asunto tan relevante será el punto de partida de la actividad que desarrollarán a lo largo de varias sesiones, durante las que tendrán que investigar y trabajar activamente, aprendiendo a analizar las conexiones existentes entre distintos fenómenos.

Se continuará con una lluvia de ideas, mediante la técnica del folio giratorio en grupos base. Las preguntas están orientadas a detectar las ideas previas del alumnado con respecto al ozono y al cambio climático. Cada portavoz compartirá la respuesta grupal pasados 10 minutos del inicio de la tarea y posteriormente se abrirá un turno de debate para rebatir o complementar las respuestas ofrecidas por los diferentes equipos. Las cuestiones planteadas tienen en cuenta a Meira (2013), y serán las siguientes:

- ¿Qué procesos están implicados en el cambio climático?
- ¿La capa de ozono influye en el cambio climático? ¿Cómo? ¿Por qué?
- ¿Cómo se forma la capa de ozono? ¿Cómo afecta su disminución?
- ¿Nos beneficia la existencia de esta capa? ¿Por qué?
- ¿Qué crees que pasaría si desapareciera? ¿Ha ocurrido eso alguna vez?

Las ideas previas que pueden surgir durante el debate son numerosas (Arto y Meira, 2011; Meira, 2013), y entre ellas podemos encontrar:

- Pueden identificar la capa de ozono como causa principal del cambio climático.
- Es probable que no sepan cómo se forma el ozono, pero como agentes causantes de su disminución pueden incluir cualquier tipo de acciones contaminantes (uso de vehículos, procesos industriales, etc.).
- Es probable que argumenten que si desapareciera la capa de ozono aumentaría la temperatura planetaria.

Tras la lluvia de ideas se les pedirá que creen un modelo que, a modo de hipótesis, intente dar respuesta a los interrogantes planteados. Para ello tendrán que realizar un dibujo de la atmósfera que incluya la capa de ozono y que explique cómo se produce el cambio climático. Continuarán con la puesta en común de su modelo-dibujo en el grupo base con la estructura 1-2-4, y se evaluará al final de la fase 2.

2. Audición de un podcast y respuesta a preguntas

La clase, dividida en grupos, escuchará el podcast [UNED - El centenario del descubrimiento de la Capa de Ozono en UNED Ciencia y Tecnología - iVoox](#) (2014). En dicho audio se expone en qué consiste la capa de ozono, quién la descubrió y cómo se detectó su destrucción. Asimismo, se explica en qué consiste y cómo se produce la disminución del ozono estratosférico, y qué efectos tiene sobre los seres vivos.

Tras su audición, cada grupo debe responder a la siguiente batería de preguntas, de manera que cada integrante se haga cargo de 3 o 4 de ellas:

- ¿Qué es la capa de ozono?
- ¿Dónde se sitúa la capa de ozono?
- ¿Cuál es su papel en la atmósfera?
- ¿Quién la descubrió? ¿Cómo o por qué?
- ¿Cómo se forma el ozono?
- ¿Qué es la radiación ultravioleta y qué efectos tiene en la biosfera?
- ¿Por qué no se forman capas de ozono arriba o debajo de la estratosfera?
- ¿Qué es un Dobson?
- ¿Por qué varía el grosor de la capa?
- ¿Por qué el “agujero” está en la Antártida?
- ¿Otros planetas tienen capa de ozono? ¿Hay vida en ellos? ¿Por qué?
- ¿Cómo tiene lugar la destrucción del ozono?
- ¿Cómo afecta el “agujero” de la capa de ozono a las distintas regiones del mundo?

Estas preguntas han de ser contestadas por cada uno de los componentes del grupo, y serán evaluadas mediante la técnica de cabezas numeradas. A continuación el alumnado reflexionará sobre los modelos realizados durante la tarea 1, para considerar si deben mantener sus respuestas o incluir algún cambio. Es decir, el audio y las preguntas asociadas servirán como fuente de información con la que poner a prueba sus hipótesis al problema planteado, explicitadas en su modelo de la atmósfera.

3. La hoja marchita

Esta fase requiere tener acceso a una lámpara de rayos ultravioleta. Si el centro no dispone de ninguna, se puede realizar en una clínica estética que tenga alguna, con el permiso del centro educativo y de los padres del alumnado.

Una vez que se ha profundizado en las relaciones entre el cambio climático y el “agujero” de la capa de ozono, se comienza cuestionando al alumnado, preguntándole qué problema supone la destrucción de la ozonósfera. Este interrogante es pertinente, puesto que si, como se ha visto, la influencia del ozono en el aumento del efecto invernadero es mucho menos relevante que otros procesos, ¿por qué ha de preocuparnos? Una vez lanzada la pregunta, si no hay respuestas por parte del alumnado, se puede recuperar la que se formuló en la fase anterior: ¿Qué es la radiación ultravioleta, y qué efectos tiene sobre la biosfera? Se les pedirá que actúen como lo hacen los científicos, ya que si quieren comprobar si realmente la radiación ultravioleta tiene efectos negativos sobre los seres vivos, han de plantear un diseño experimental que lo pruebe.

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A												
B												
C												
D												
E (blanco)												

Posteriormente, cada grupo base emitirá un informe con los resultados, que incluirá, por una parte, un análisis acerca del grado con el que se han confirmado sus hipótesis iniciales. Y por otro, han de explicar qué efectos puede tener la disminución del ozono estratosférico sobre la salud humana. Para ello han de extrapolar las conclusiones obtenidas, relacionando los resultados anteriores sobre las plantas con los daños que pueden sufrir las zonas del cuerpo más expuestas a la radiación solar: los ojos y la piel. Además, han de tener en cuenta que el índice ultravioleta en algunas zonas del planeta llega a ser de 29 a 43, por lo que han de conjeturar qué tipo de enfermedades ligadas a la radiación UV esperan encontrar en esos lugares. Se utilizará la técnica de cabezas numeradas y se expondrán las similitudes y las diferencias entre los distintos grupos.

Como se puede comprobar, en esta fase es fundamental el trabajo cooperativo debido a las distintas responsabilidades asignadas a los miembros de cada equipo. Es importante, por un lado, la labor del responsable del material, pero además, para realizar satisfactoriamente el trabajo experimental es necesario que los componentes lleguen a acuerdos respecto a distintos aspectos del diseño, como las dosis utilizadas, la plantilla de observación, la cuantificación de los daños, etc.

4. Mural

Al finalizar la tercera fase, el alumnado ha establecido cuáles son los efectos de la disminución del ozono estratosférico sobre las plantas, y ha formulado algunas conjeturas acerca de cuáles pueden ser los daños esperables sobre la salud humana. Además, ahora debe estar preparado para establecer correctamente la relación entre este proceso y el aumento del efecto invernadero. Para poder analizar adecuadamente esta relación, y con objeto de confirmar si es cierto o no la existencia un incremento observable de enfermedades relacionadas con la radiación UV solar, los estudiantes buscarán información en algunas fuentes, como las siguientes:

- El efecto de la radiación ultravioleta en las plantas (Ballaré, 1996).
- Niveles record de radiación ultravioleta en la superficie terrestre (Muy Interesante, s.f.).
- El carbono del fitoplancton llega a las profundidades del océano (Europa Press, s.f.).
- Australia con mayor tasa de cáncer de piel (Peña, s.f.).
- Aumenta un 38% la incidencia del cáncer de piel en España (Portalatín, 2015).
- Estadísticas del cáncer - National Cancer Institute (NCI, s.f.).
- Evolución de la incidencia del cáncer de piel en el período 1978–2002 (Aceituno-Madera, Buendía-Eisman, Arias-Santiago, y Serrano-Ortega, 2010)

A cada miembro del grupo base le corresponderá una de ellas, y deberá buscar información para establecer su relación con el “agujero” de la capa de ozono. Además, ha de explicar cómo este afecta a la capacidad del océano como sumidero de CO₂.

Después se reunirán con su grupo para poner en común sus hallazgos y elaborar un mural con la herramienta TIC mural.ly (MURAL, s.f.), que se enviará al docente, quien lo mostrará en la pizarra digital, mientras que un miembro del equipo, elegido mediante la técnica de cabezas numeradas, lo expone al resto de la clase.

En las tres primeras fases, la clase se ha centrado fundamentalmente en el estudio de las consecuencias de la exposición a altas dosis de radiación UV sobre la salud. En esta han de establecer relaciones entre la destrucción del ozono estratosférico y el incremento del efecto invernadero, para lo cual es necesario el empleo del pensamiento sistémico. En efecto, entre las numerosas dificultades de aprendizaje existentes sobre este tema se encuentra el cambio de modelo que ha de utilizarse para explicar la relación correcta existente entre ambos fenómenos: si bien en un primer momento es necesario insistir en que se tratan de procesos que tienen distintos orígenes, posteriormente es importante que comprendan que sí están conectados, aunque de forma indirecta. Para ello han de ser capaces de explicar la cadena de relaciones causa-efecto implicadas: la disminución de la concentración de ozono provoca un aumento de la radiación ultravioleta que llega a la superficie terrestre; esta daña al fitoplancton marino, el cual constituye uno de los principales sumideros de CO₂; en consecuencia, cualquier merma en dicho ecosistema tendrá una influencia sobre la concentración de dióxido de carbono, y por tanto, sobre el calentamiento global.

5. Ozono troposférico y efecto invernadero

En esta fase, con la técnica “parada de 3 minutos”, se le explicará al alumnado otra de las conexiones entre ozono y cambio climático, centrándose en esta ocasión en el ozono troposférico. Para ello se explicará su origen (fundamentalmente antrópico), sus efectos sobre el medio y la salud, y su papel como potente gas de efecto invernadero. Esta nueva interrelación complementa lo aprendido en la fase anterior, constituyendo otro de los puntos en los que es fundamental el pensamiento sistémico. Es importante que el alumnado, a fin de visualizar mejor todas las relaciones que ha ido estudiando, complete el mural realizado anteriormente, añadiendo la nueva información. Aquellos estudiantes que hayan comprendido mejor las conexiones entre los distintos procesos han de ayudar, con la guía del docente, a los componentes que se hayan podido quedar atrás. Con esto, de nuevo, el éxito de cada grupo está condicionado a la cooperación entre sus miembros.

6. ¿Cómo cerrar el “agujero”?

En grupo, y con la ayuda de Internet, los estudiantes propondrán soluciones que contribuyan a la recuperación del “agujero” de la capa de ozono. Esta fase se realizará con la técnica 1-2-4. El docente anotará en la pizarra digital las soluciones propuestas por los distintos equipos, exceptuando aquellas que se repitan.

7. ¿Hemos sido científicos?

Al final de la tarea, es importante que toda la clase, junto con el docente, reflexione sobre lo aprendido y sobre los pasos que han tenido que seguir durante el toda la actividad, incluidas las fases iniciales de planteamiento de preguntas, propuesta

de respuestas y generación de hipótesis. Este les guiará para que conecten lo realizado con el trabajo de los científicos para crear conocimiento, lo que comúnmente se conoce como Método Científico, que por otra parte no es un proceso lineal ni rígido, como pudiera deducirse de muchos modelos que aparecen en los libros de texto. Con todo ello, el alumnado tiene que reflexionar sobre cómo ha estado “haciendo” ciencia.

También comentarán cuáles han sido los componentes y procesos de la atmósfera estudiados, y las relaciones entre los distintos subsistemas analizados. Los estudiantes pueden comentar qué aspectos les ha sorprendido más, cuáles eran sus ideas previas antes de comenzar la actividad, y qué piensan sobre ellas ahora.

4. Reflexión final

Se espera que surja la oportunidad de que la actividad pueda ser implementada en el aula, y posteriormente evaluada; con ello se podrán realizar las modificaciones oportunas que ayuden, por una parte, a un mayor desarrollo de las competencias clave, y por otra, a un aprendizaje más significativo de los contenidos científicos y de la propia naturaleza del conocimiento científico, tan importantes para formar una ciudadanía responsable y científicamente alfabetizada.

5. Referencias

- AEMET. (2003). Índice UV Solar mundial. Guía práctica. Recuperado de http://www.aemet.es/documentos/es/el tiempo/observacion/radiacion/El_Indice_UV_OMS_v1.pdf.
- Aceituno-Madera, P., Buendía-Eisman, A., Arias-Santiago, S., y Serrano-Ortega, S. (2010).
- Álvarez, P., y Vega, P. (2009). Actitudes ambientales y conductas sostenibles. Implicaciones para la Educación Ambiental. *Revista de Psicodidáctica*, 14(2), 245–260.
- Arto, M., y Meira, P. Á. (2011). Cuéntaselo a Gurb. El cambio climático y las ideas previas. En *Conoce y valora el cambio climático. Propuestas para trabajar en grupo*. Fundación MAPFRE.
- Aucamp, P. J., Björn, L. O., y Lucas, R. (2011). Questions and answers about the environmental effects of ozone depletion and its interactions with climate change: 2010 assessment. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 10(2), 301–316.
- Ayala, C. (2013). *Estrategia metodológica basada en la indagación guiada con estudiantes de grado séptimo de la Institución Educativa Rafael J. Mejía del municipio de Sabaneta. Universidad Nacional de Colombia*. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/11754/1/43628345.2014.pdf>.
- Ballaré, C. (1996). *Los clorofluorcarbonos y el ozono estratosférico: un problema global. Efecto de la radiación ultravioleta sobre las plantas*. Recuperado de <http://www.cienciahoy.org.ar/ch/hoy36/clorofl2.htm>.
- Barrón, Á., Navarrete, A., y Ferrer-Balas, D. (2010). Sostenibilización curricular en las universidades españolas. ¿Ha llegado la hora de actuar? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(Nº Extraordinario), 388–399.

- Carrillo-Rosúa, J., Fernández-Oliveras, A., Albanese, V., y Casas, R. (2015). Recursos geológicos ¿patrimonio “maldito”? Una propuesta de formación del profesorado en ciencias para la cooperación, la concienciación ambiental y el desarrollo sostenible. En *Educación y cooperación al desarrollo 2015. Año europeo del desarrollo* (pp. 235–239). Córdoba: ArCiBel Editores, S.L.
- Cortés, A. L., y de la Gángara, M. (2007). La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: una experiencia didáctica. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 25(3), 453–449.
- Douglass, A. R., Ramaswamy, V., y Schmoltnner, A. M. (2008). How Do Climate Change and Stratospheric Ozone Loss Interact? In A. R. Ravishankara, M. J. Kurylo, & C. A. Ennis (Eds.), *Trends in emissions of ozone-depleting substances, ozone layer recovery, and implications for ultraviolet radiation exposure. A report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research*. (pp. 111–132). Asheville, NC: Department of Commerce, NOAA’s National Climatic Data Center.
- Eschenhagen, M. L. (2007). Las cumbres ambientales internacionales y la educación ambiental. *OASIS*, 12, 39–76. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53101204>.
- Europa Press. (2015). El carbono del fitoplancton llega a las profundidades del océano. Recuperado de <http://www.europapress.es/ciencia/habitat-y-clima/noticia-carbono-fitoplancton-llega-profundidades-oceano-20150326190009.html>.
- García-Rodeja, I., y Lima, G. (2012). Sobre el cambio climático y el cambio de los modelos de pensamiento de los alumnos sección investigación didáctica. *Enseñanza de las ciencias*, 30(3), 195–218.
- Gil, D., Vilches, A., Toscano, J. C., y Macías, O. (2006). Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014): un punto de inflexión necesario en la atención a la situación del planeta. *Revista Iberoamericana de Educación*, 40, 125–178.
- González, E., y Arias, M. A. (2009). La educación ambiental institucionalizada: Actos fallidos y horizontes de posibilidad. *Perfiles Educativos*, 31(124), 58–68.
- Hegglin, M. I., Fahey, D. W., McFarland, M., Montzka, S. A., y Nash, E. R. (2015). *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014*. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., y Holubec, E. J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula - Cooperative Learning in the classroom*. Buenos Aires: Editorial Paidós SAICF.
- Liévano, F., y Londoño, J. (2012). El pensamiento sistémico como herramienta metodológica para la resolución de problemas. *Revista Soluciones de Postgrado EIA*, 8, 43–65.

- López-Gay, R., Jiménez-Liso, M. R., y Martínez-Chico, M. (2015). Enseñanza de un modelo de energía mediante indagación y uso de sensores. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 80, 38–48.
- Martínez-Chico, M. (2013). *Formación inicial de maestros para la enseñanza de las ciencias. Diseño, implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza*. Tesis Doctoral Universidad de Almería.
- Meira, P. Á. (dir.) (2013). *La respuesta de la sociedad española ante el cambio climático*. Fundación MAPFRE.
- MURAL. (s.f.). Mural.ly. Recuperado de <https://mural.ly/>.
- Muy Interesante. (s.f.). Niveles récord de radiación ultravioleta en la superficie terrestre. Recuperado de <http://www.muyinteresante.es/naturaleza/articulo/niveles-record-de-radiacion-ultravioleta-en-la-superficie-terrestre-851404908849>.
- Naciones Unidas. (1973). *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*. Nueva York. Recuperado de <http://www.dipublico.org/conferencias/mediohumano/A-CONF.48-14-REV.1.pdf>.
- National Cancer Institute. (s.f.). Estadísticas del cáncer. EEUU: GobiernoUSA.gov. Recuperado de <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/naturaleza/estadisticas>.
- Nudelman, N. S. (2015). Educación en ciencias basadas en la indagación. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 10, 11–22.
- O'Connor, J., y McDermott, I. (1997). *The Art of Systems Thinking: Essential Skills for Creativity and Problem Solving*. San Francisco: Thorsons.
- Orion, N., y Ault., C. R. (2007). Learning Earth Sciences. En N. G. Lederman & K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education, Volume I* (pp. 653–688). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Orion, N., y Libarkin, J. C. (2014). Earth System Science Education. En N. G. Lederman & S. K. Abell (Ed.), *Handbook of Research on Science Education, Volume II* (pp. 481–496). Abingdon: Routledge.
- Peña, M. (s.f.). Australia con mayor tasa de cáncer de piel. Salud180. Recuperado de <http://www.salud180.com/salud-z/australia-con-mayor-tasa-de-cancer-de-piel>
- Pérez Nieto, T. (2015). *Desarrollo de material docente para la educación medioambiental: cambio climático, ozono y otros impactos antrópicos*. Granada: Universidad de Granada. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10481/38908>.
- Portalatín, B. G. (15-04-2015). Aumenta un 38% la incidencia del cáncer de piel en España. El Mundo. Recuperado de <http://www.elmundo.es/salud/2015/04/15/552e7aea268e3efe5f8b456e.html>.
- Prieto Navarro, L. (2007). *El aprendizaje cooperativo*. Madrid: PPC.
- Real Decreto por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (2015): *Real Decreto 1105/2014, de 26 de*

diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. (Publicado en BOE, nº 3, de 3 de enero de 2015). Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015-37.pdf>.

- Rivero, G. F., Martínez, G., y Fernández, E. M. (2013). Piensa y actúa glocal. Coltán y residuos electrónicos en la enseñanza de problemas socio-ambientales asociados a la gestión de recursos minerales. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(1), 59–72.
- Rodrigues, S. J. (2013). Educación ambiental: una propuesta para la Educación Secundaria. *Ambiente & Educação*, 18(1), 113–138.
- UNED (2014). El centenario del descubrimiento de la Capa de Ozono. UNED Ciencia y Tecnología - iVoox. Recuperado de http://www.ivoox.com/uned-el-centenario-del-descubrimiento-la-audios-mp3_rf_3016654_1.html.
- Von Betarlanffy, K. L. (1968). *General System theory: Foundations, Development, Applications*. New York: G. Braziller, Ed.
- Witze, A. (2016, June 30). Antarctic ozone hole is on the mend. *Science News*, 179(12), 15-15. <http://doi.org/10.1038/nature.2016.20183>.

Anexo I. Elementos curriculares asociados al R.D. 1105/2014.

I.1. Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje asociados al R.D. 1105/2014.

Tabla I.1: Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables de la actividad propuesta.

BLOQUE 1. Habilidades, destrezas y estrategias. Metodología científica		
CONTENIDOS - R.D. 1105/2014	CRITERIOS DE EVALUACIÓN – R.D. 1105/2014	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE – R.D. 1105/2014
<p>La metodología científica. Características básicas. La experimentación en Biología y Geología: obtención y selección de información a partir de la selección y recogida de muestras del medio natural.</p>	<p>1. Utilizar adecuadamente el vocabulario científico en un contexto preciso y adecuado a su nivel.</p>	<p>1.1. Identifica los términos más frecuentes del vocabulario científico, expresándose de forma correcta tanto oralmente como por escrito.</p>
	<p>2. Buscar, seleccionar e interpretar la información de carácter científico y utilizar dicha información para formarse una opinión propia, expresarse con precisión y argumentar sobre problemas relacionados con el medio natural y la salud.</p>	<p>2.1. Busca, selecciona e interpreta la información de carácter científico a partir de la utilización de diversas fuentes. 2.2. Transmite la información seleccionada de manera precisa utilizando diversos soportes. 2.3. Utiliza la información de carácter científico para formarse una opinión propia y argumentar sobre problemas relacionados.</p>
	<p>3. Realizar un trabajo experimental con ayuda de un guion de prácticas de laboratorio o de campo describiendo su ejecución e interpretando sus resultados.</p>	<p>3.1. Conoce y respeta las normas de seguridad en el laboratorio, respetando y cuidando los instrumentos y el material empleado. 3.2. Desarrolla con autonomía la planificación del trabajo experimental, utilizando tanto instrumentos ópticos de reconocimiento, como material básico de laboratorio, argumentando el proceso experimental seguido, describiendo sus observaciones e interpretando sus resultados.</p>
BLOQUE 2. La Tierra en el Universo		
CONTENIDOS - R.D. 1105/2014	CRITERIOS DE EVALUACIÓN – R.D. 1105/2014	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE – R.D. 1105/2014
<p>Características del Sistema Solar y de sus componentes. La atmósfera. Composición y estructura. La biosfera.</p>	<p>8. Analizar las características y composición de la atmósfera y las propiedades del aire.</p>	<p>8.2. Reconoce la composición del aire, e identifica los contaminantes principales relacionándolos con su origen. 8.3. Identifica y justifica, con argumentaciones sencillas, las causas que sustentan el papel protector de la atmósfera para los seres vivos.</p>

	9. Investigar y recabar información sobre los problemas de contaminación ambiental actuales y sus repercusiones, y desarrollar actitudes que contribuyan a su solución.	9.1. Relaciona la contaminación ambiental con el deterioro del medio ambiente, proponiendo acciones y hábitos que contribuyan a su solución.
	10. Reconocer la importancia del papel protector de la atmósfera para los seres vivos y considerar las repercusiones de la actividad humana en la misma.	10.1. Relaciona situaciones en los que la actividad humana interfiera con la acción protectora de la atmósfera.
BLOQUE 6. Los ecosistemas		
CONTENIDOS - R.D. 1105/2014	CRITERIOS DE EVALUACIÓN – R.D. 1105/2014	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE – R.D. 1105/2014
Ecosistema: identificación de sus componentes. Factores desencadenantes de los desequilibrios en los ecosistemas. Acciones que favorecen la conservación del medio ambiente	2. Identificar en un ecosistema los factores desencadenantes de desequilibrios y establecer estrategias para restablecer el equilibrio del mismo.	2.1. Reconoce y enumera los factores desencadenantes de desequilibrios en un ecosistema.
	3. Reconocer y difundir acciones que favorecen la conservación del medio ambiente.	3.1. Selecciona acciones que previenen la destrucción del medio ambiente.
BLOQUE 7. Proyecto de investigación		
CONTENIDOS - R.D. 1105/2014	CRITERIOS DE EVALUACIÓN – R.D. 1105/2014	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE – R.D. 1105/2014
Proyecto de investigación en equipo.	1. Planear, aplicar, e integrar las destrezas y habilidades propias del trabajo científico.	1.1. Integra y aplica las destrezas propias del método científico.
	2. Elaborar hipótesis y contrastarlas a través de la experimentación o la observación y la argumentación.	2.1. Utiliza argumentos justificando las hipótesis que propone.
	3. Utilizar fuentes de información variada, discriminar y decidir sobre ellas y los métodos empleados para su obtención.	3.1. Utiliza diferentes fuentes de información, apoyándose en las TIC, para la elaboración y presentación de sus investigaciones.
	4. Participar, valorar y respetar el trabajo individual y en equipo.	4.1. Participa, valora y respeta el trabajo individual y grupal.
	5. Exponer y defender en público el proyecto de investigación realizado	5.1. Diseña pequeños trabajos de investigación sobre animales y/o plantas, los ecosistemas de su entorno o la alimentación y nutrición humana para su presentación y defensa en el aula. 5.2. Expresa con precisión y coherencia tanto verbalmente como por escrito las conclusiones de sus investigaciones.

1.2. Competencias a desarrollar por el alumnado.

Siguiendo un enfoque competencial de la educación, se pretende que con la presente propuesta el alumnado desarrolle las siguientes competencias:

- **Competencia lingüística:** con la exposición de ideas en algunas de las tareas, como la lluvia de ideas, el análisis de las noticias y la elaboración de hipótesis e interpretación de los resultados.
- **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología:** con la elaboración de gráficas y en la realización de la experiencia con las plantas y la radiación ultravioleta. También en la búsqueda e interpretación de datos y noticias relacionados con el ozono y en la realización del mural. Además, se ayuda a su desarrollo a la hora de relacionar los distintos procesos y sistemas que se estudian en esta actividad (“agujero” de la capa de ozono, incremento de la radiación UV, efectos sobre la salud y sobre el efecto invernadero).
- **Competencia digital:** con el uso guiado de Internet, incluyendo los procesos de filtrado, para la búsqueda de información y en la elaboración y exposición del mural digital.
- **Competencias sociales y cívicas:** con el trabajo en grupo, especialmente de tipo cooperativo y en el respeto hacia las opiniones de los demás; y en la concienciación sobre la fragilidad de la biosfera frente a la disminución de la capa de ozono, que conduzca a hábitos de vida más sostenibles.
- **Aprender a aprender:** con la reflexión del alumnado sobre lo que ha ido produciendo (planteamiento de hipótesis, análisis de información, trabajo experimental, etc.), corrigiendo sus propios errores y cambiando concepciones a medida que avanzan las sesiones.
- **Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor:** con el hecho de que cada miembro tiene un rol en su equipo y tiene que llevar la iniciativa y ser emprendedor en el desempeño de su cargo.

Anexo II. Técnicas empleadas durante las distintas tareas.

Tabla II.1: Métodos específicos del aprendizaje cooperativo utilizados en la presente propuesta.

Nombre del método empleado	Descripción
Folio giratorio	Suele utilizarse para detectar ideas previas. Se lanza una pregunta por equipo, y tendrán un tiempo determinado para contestar. El folio irá girando y cada respuesta ha de ser más completa que la anterior. Después deben explicar su aportación a todo el equipo, y el portavoz lo expondrá al resto de la clase
Cabezas numeradas	Después de trabajar sobre un tema, el equipo ha de llegar a una conclusión que debe ser comprendida por todos, ya que han de ser capaces de explicarla. A continuación se extrae un número al azar, y el estudiante con dicho número debe explicar la respuesta al resto de los grupos. Si esta es correcta, la puntuación es para todo el equipo.
El giro de la reunión	En el grupo base se propone un trabajo en el que se tengan que realizar cuatro funciones diferentes (anotar posibles soluciones, buscar en libros, buscar en Internet y elaborar un esquema). Cada componente realizará una de ellas, pero estas irán rotando. Cuando todos hayan realizado todas las funciones, se reúne el grupo y se extraen las conclusiones, elaborando una respuesta escrita.
Estructura 1-2-4	Cada miembro piensa una respuesta a una determinada pregunta. Después se colocan por parejas y las intercambian y comentan para llegar a una conclusión común. Finalmente, todo el equipo ha de consensuar la respuesta, y escribirla. El valor de esta técnica estriba en que aquella persona que tenga que explicar la respuesta al resto de grupos, no solamente ha debido de pensar sobre ella en la primera

	fase, sino que ha de ser capaz de exponer los argumentos aportados por sus compañeros.
Parada de 3 minutos	El docente realiza una explicación a toda la clase, y después realiza una parada de tres minutos para que el equipo reflexione sobre lo que se ha realizado, y elaboren tres preguntas sobre este tema. Cuando se acaba el tiempo, cada equipo plantea una de ellas en cada vuelta. Cuando se hayan planteado todas, se sigue con la explicación hasta realizar una nueva parada.
Saco de dudas	Cada componente del equipo escribe en un trozo de papel una duda que le haya surgido durante el desarrollo de la explicación. A continuación, esta se expone en su propio grupo para que, si alguien conoce la respuesta, la explique. Si nadie sabe responder la duda, se la entregarán al docente para que la coloque dentro del “saco de dudas” de la clase. Cuando todos los grupos han terminado, se van sacando dudas del saco, y se le pide a alguien de otro equipo que la resuelva. Si no hay nadie que pueda hacerlo, la resuelve el docente.