

EJERCICIOS DE INDAGACIÓN EN EL AULA

EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL CICLO DEL CARBONO



TRABAJO FIN DE MÁSTER

Máster Universitario en Formación del Profesorado
de Educación Secundaria Obligatoria,
Bachillerato, Formación Profesional
y Enseñanza de Idiomas

Universidad de La Laguna

Curso académico 2021-2022

Ángela Izquierdo Pérez

alu0101124988@ull.edu.es

Tutorizado por:

María Candelaria Martín Luis

mcmartin@ull.edu.es

 **Escuela de Doctorado
y Estudios de Posgrado**
Universidad de La Laguna

RESUMEN

El cambio climático es una problemática global que requiere la implicación de la totalidad de la sociedad para su remediación o mitigación por lo que el papel de la Educación, sobre todo en los niveles de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, cumple una función fundamental en la concienciación del joven alumnado, por lo que ello implica en la formación de adultos capaces de hacer frente a este serio problema. Sin embargo, en la mayoría de casos, esta temática no es abordada de forma lo suficientemente eficaz, por lo que, a través de este Trabajo de Fin de Máster hemos propuesto el tratamiento simultáneo del cambio climático en relación con el ciclo biogeoquímico del carbono, con el fin de hacer al alumnado comprender como éstos están directamente relacionados y en qué medida las alteraciones de origen antrópico en este ciclo puede agravar las problemáticas ambientales actuales. A través de este ejercicio hemos podido constatar mediante la realización de un test de conocimientos previos y adquiridos y el posterior estudio de los resultados obtenidos, una mejora cualitativa y cuantitativa de los mismos, lo que denota una comprensión más profunda y completa de la problemática en cuestión.

ABSTRACT

Climate change is a global problem that requires the implication of the hole society in order to stop its progress therefore, Education plays a significant role, specially on ESO and Bachillerato, on raising awareness on the young students to create in the future adults that are able the fase global warning with solutions. Nonetheless, often this subject is not treated with enough effectiveness so, with this Master´s Thesis we´ve proposed to treat simultaneously the climate change and its relationship with the biogeochemical carbon cycle, in order to get the students to understand how both phenomena work together and how the anthropic alterations on this cycle can make even worse some of the current environmental problems. Through this work we´ve proven using test for previous and acquired knowledge and the study of the results obtained, a qualitative and quantitative improvement that manifest a deeper understanding of this problem.

PALABRAS CLAVE

Cambio climático, ciclo del carbono, libro de texto currículo, educación secundaria, Biología y Geología.

ÍNDICE

1. Introducción	4
2. Planteamiento del problema de innovación	6
2.1. Cambio climático, un problema global que se traslada al aula	6
2.2. Lo leemos pero ¿lo comprendemos?	9
2.3. Dificultades del cambio climático en el aula.....	10
2.4. De la adversidad a la oportunidad	15
2.5. Análisis curricular	18
2.6. Análisis de libros de texto.....	32
3. Objetivos.....	41
4. Plan de intervención	43
4.1. Contextualización	43
4.2. Secuenciación de actividades diseñadas	47
4.3. Plan de seguimiento	65
5. Resultados	72
5.1. Análisis de resultados para el grupo control.....	73
5.2. Análisis de resultados para el grupo experimental.....	76
5.3. Análisis general	80
6. Conclusiones y propuestas de mejora.....	83
7. Agradecimientos	85
8. Bibliografía.....	85

1. Introducción.

Tal y como muchos conocemos de antemano, puesto que todos en mayor o menor medida estamos o hemos estado inmersos en el sistema educativo, bien sea bajo el rol de docentes o de alumnos; en repetidas ocasiones sucede que, aunque se desarrollen y planifiquen las unidades didácticas o situaciones de aprendizaje, muchas veces los/as alumnos/as asimilan los conocimientos de manera aislada, con escasa relación entre aquellos conceptos impartidos en las diferentes asignaturas que cursan o, lo que es todavía más preocupante dentro de la propia asignatura.

Esta problemática puede resultar preocupante desde un punto de vista general de la enseñanza si considerados los saberes y la cultura general como un “todo” que, mediante su relación y comprensión nos permiten desarrollarnos con plenitud en nuestra vida cotidiana. Sin embargo, dicha situación podría considerarse incluso más grave al ser tratada desde una perspectiva más específica: el campo de las ciencias. ¿Acaso alguien podría imaginarse a un físico que no conociera los aspectos básicos e incluso avanzados de las matemáticas o a un biólogo que no conociera el funcionamiento de los mecanismos físicos que rigen la biomecánica o, más incluso, los fundamentos de la química que permiten explicar los procesos fisiológicos? Todos los conocimientos están o deben estar sin duda conectados y cuanto antes comencemos como docentes a fomentar ese espíritu indagador y relacionador en nuestro alumnado, antes conseguiremos propiciar el desarrollo madurativo de los procesos de aprendizaje.

Desafortunadamente en numerosos casos, por triste que parezca, muchos de los/as alumnos/as permanecen en procesos cognitivos considerados bajo la taxonomía de Bloom como básicos o de orden inferior, centrándose primordialmente en recordar lo expuesto en clase con el fin de reproducirlo en las pruebas escritas; obteniendo por lo general una calificación asociada positiva pero, por el contrario, no habiendo comprendido en profundidad el tema tratado ni habiendo trabajado en sí la desconstrucción de los conceptos, dándoles un significado propio y relacional al conectarlo con sus experiencias o saberes previos.

Además, debemos comentar que, para aquellos que entiendan la educación como una preparación para el futuro laboral (aunque desde un punto de vista personal entienda el aprendizaje dentro del sistema educativo como una herramienta que nos convierte en ciudadanos, en personas con conocimientos, valores y pensamiento crítico) cada vez resulta más evidente que el personal más solicitado es aquel capaz de, no solo poseer amplios conocimientos de la materia en cuestión, sino que, además, es capaz de relacionarlos de forma correcta e innovadora, pudiendo entonces llegar a crear nuevos aprendizajes.

En los últimos años el sistema educativo trata de evolucionar, adaptándose en parte hacia esta nueva demanda, a través del auge de la inclusión y fomento de metodologías de carácter más relacional que se alejan de la tradicional división de la Educación en materias estancas, como podrían ser las inteligencias múltiples o las competencias STEAM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas). Pero, a pesar de que estas modificaciones puedan finalmente resultar en un incremento trascendental de la calidad de los procesos educativos, no debemos olvidar que para que estos planteamientos a gran escala entre disciplinas tan diversas puedan funcionar de manera eficaz y exitosa, debemos centrarnos en primer lugar en un plano más concreto, mejorando y aumentando las relaciones entre las asignaturas ya existentes y, no sólo eso, entre los conceptos impartidos dentro de una propia materia como podría ser la biología donde, a pesar de ser una ciencia que permite establecer relaciones explícitas entre prácticamente todos sus componentes, durante la enseñanza se suele encontrar estructurada de tal forma que, para gran parte del cuerpo estudiantil, descubrir estas interrelaciones o dependencias suele resultar un arduo trabajo que, a veces, si no continúan su andadura académica en el campo de la ciencia, llegan incluso a no completar nunca.

Una de las tareas en las que como docentes deberíamos canalizar nuestros esfuerzos debería ser el lograr la comprensión e integración total de lo aprendido en la materia por parte del alumnado, pasando como no podría ser de otra forma por la creación. Nuestro trabajo versa por tanto en tratar de inspirar a los/as alumnos/as a comprender las numerosas y estrechas relaciones entre dos conceptos fundamentales de la Biología y Geología durante la etapa de Educación Secundaria Obligatoria: el cambio climático y el ciclo del carbono.

2. Planteamiento del problema de innovación.

2.1 El cambio climático, un problema global que se traslada al aula.

Siguiendo la definición proporcionada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el concepto de cambio climático hace referencia a los cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos en el planeta Tierra (ONU, 2020). Estos cambios ocurren periódicamente de forma natural, pero desde el siglo XIX, muchos científicos consideran que las actividades humanas han sido el principal motor del cambio climático, acelerándolo hasta llegar a ritmos nunca antes registrados, debido principalmente a la quema de combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo y el gas, lo que produce gases de efecto invernadero que actúan a modo de manta, atrapando el calor del Sol en la atmósfera y elevando las temperaturas globales.

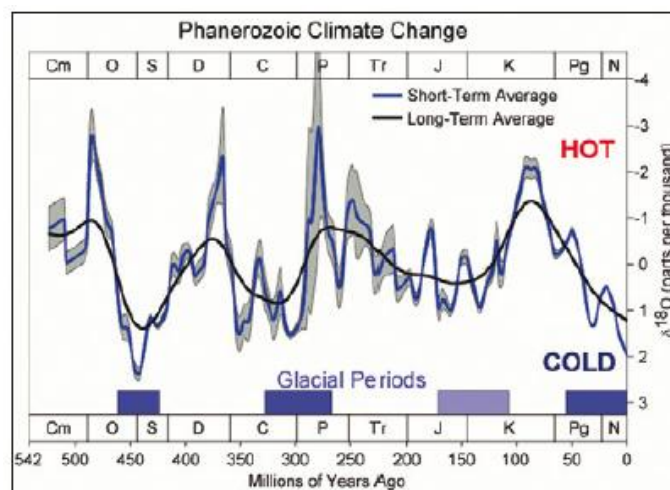


Imagen 1.- Gráfico que muestra los cambios climáticos, señalando los periodos glaciares, durante los últimos 542 millones de años. (Mata, S., Rodríguez, S., 2019)

Algunos de estos gases de efecto invernadero cuyas emisiones provocan el cambio climático son los conocidos dióxido de carbono y metano (además de otros como el CO₂, y vapor de agua), procediendo por ejemplo del uso de la gasolina como combustible para los automóviles o de la quema de carbón para generar energía eléctrica en las centrales termoeléctricas o calorífica en las viviendas particulares, entre muchos otros. Mucho se habla en la actualidad de esta problemática, pero sin embargo, pocos conocen que el desmonte de tierras y bosques también puede liberar dióxido de carbono o que los vertederos de basura son una fuente importante de emisiones de metano.

Las concentraciones de gases de efecto invernadero se encuentran en su nivel más elevado en 2 millones de años y las emisiones siguen aumentando, siendo la última década (2011-2020) la más cálida nunca registrada. Como resultado, la temperatura de la Tierra es ahora 1,1 °C más elevada que a finales del siglo XIX (ONU, 2020) y, aunque a ojos de una parte importante de la población este dato pueda parecer insignificante, todo aquel que posea una formación académica de índole mínimamente científica, debería poder comprender la magnitud de este hecho y las grandes catástrofes que puede ocasionar.

Gran parte de la población general, debido al desconocimiento, piensa que el cambio climático significa principalmente la llegada de temperaturas más cálidas; pero el aumento de la temperatura es sólo el principio de la historia. Al tratarse la Tierra de un sistema, en el que todo está conectado, los cambios de una zona pueden influir en las condiciones del resto de regiones, tanto colindantes como lejanas. Como ya hemos comentado, el mundo se está calentando más rápidamente que en cualquier otro momento de la historia registrada, conduciendo este fenómeno al calentamiento global y, lo que resulta todavía más preocupante, ocasionando el cambio de los patrones climáticos con la consecuente alteración del equilibrio habitual de la naturaleza.

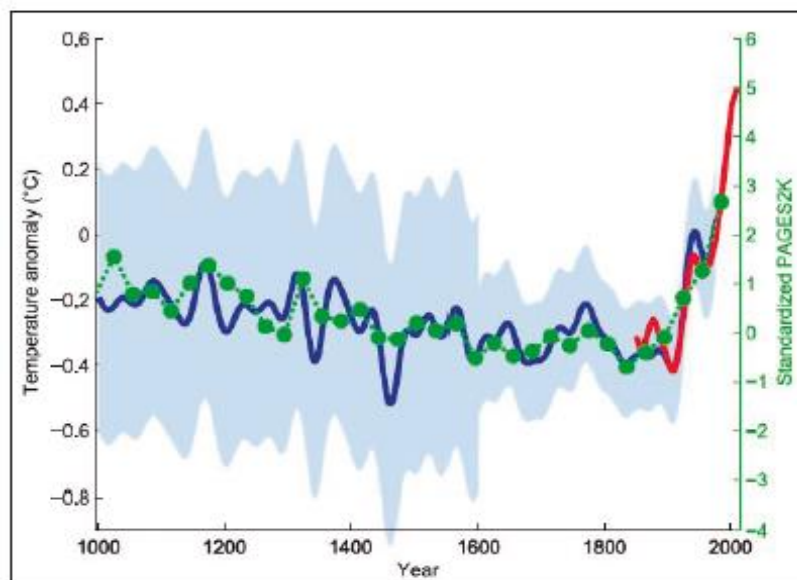


Imagen 2.- Gráfico que evidencia el imparable incremento de la temperatura registrado desde la Revolución industrial, muestra de la influencia humana en el clima global (Mata, S., Rodríguez, S., 2019).

Este hecho supone un gran riesgo para la existencia y supervivencia, no solo de los seres humanos, sino de todas las demás formas de vida en la Tierra. Las consecuencias del cambio climático incluyen, entre otras, sequías intensas, escasez de agua, incendios graves, aumento del nivel del mar, inundaciones, deshielo de los polos, tormentas catastróficas, disminución de la biodiversidad, etc. Asimismo, puede afectar a nuestra salud, a la capacidad de cultivar alimentos, a la vivienda y, en rasgos más generales, a la seguridad y al trabajo. Algunos además, somos más vulnerables a los impactos climáticos, debido por ejemplo a vivir en pequeñas naciones insulares, como es el caso de Canarias, o a encontrarse en países actualmente en desarrollo. En algunas partes del mundo condiciones como el aumento del nivel del mar y la intrusión de agua salada han avanzado hasta el punto de que comunidades enteras han tenido que reubicarse, mientras que las prolongadas sequías están creando un riesgo de hambruna.

Según los últimos informes de la ONU, miles de científicos y revisores gubernamentales coincidieron en que limitar el aumento de la temperatura global a no más de 1,5 °C nos ayudaría a evitar los peores impactos climáticos y a mantener un clima habitable. Sin embargo, según los actuales planes nacionales sobre el clima, se prevé que el calentamiento global alcance unos 3,2 °C para finales de siglo y, por tanto, que en el futuro aumente de forma considerable el número de «refugiados climáticos» (ONU, 2020).

Finalmente, cabe comentar que la acción climática, basada en procedimientos de mitigación y remediación, requiere importantes inversiones financieras por parte de gobiernos y empresas, siendo un paso fundamental que los países industrializados se comprometan a cumplir su compromiso de aportar 100.000 millones de dólares anuales a los países en desarrollo para que éstos puedan adaptarse avanzando hacia economías más ecológicas y sostenibles (ONU, 2020). Sin embargo y, a pesar de que desde un punto de vista de estrategias de concienciación futura a medio y largo plazo, menos se tiene en cuenta el presupuesto destinado a emprender acciones formativas educacionales destinadas a poner en conocimiento de la población la gravedad de la problemática climática, los verdaderos mecanismos que podrían ocasionar que dicho fenómeno desemboque en una catástrofe global y, lo que es aún más importante, cómo podemos remediarlo. No cabe duda de que, aquello que se conoce y comprende, siempre se cuida y respeta más que aquello que se desconoce o cuyo funcionamiento nos resulta difuso; y como docentes debemos de tratar de propiciar este tipo de prácticas educativas que acercan al alumnado a fenómenos del mundo real, más allá del simple entorno cerrado que confieren las aulas.

2.2 Lo leemos, pero ¿lo comprendemos?.

En la actualidad, el porcentaje de la población que niega u obvia con total rotundidad la existencia del cambio climático resulta bastante escaso, únicamente un 4,6% de la población española duda acerca de la veracidad de este fenómeno según estudios recientes (Cartea et al., 2013). Este hecho puede deberse en parte a que en la última década prácticamente todos los medios de comunicación se han hecho eco de esta problemática. Son numerosos los artículos o columnas que se publican de manera semanal acerca del cambio climático en prácticamente todos los periódicos del país: “El cambio climático hizo que los huracanes de 2020 fueran más lluviosos”, El Confidencial (Romero, 2022); “El cambio climático favorece el desarrollo de la leishmaniasis en Aragón”, Heraldo de Aragón; (Heraldo de Aragón, 2021); “Las corrientes marinas se están acelerando por el cambio climático”, SPORT (Ferrer, 2022); “El pleno de Benidorm aprueba planes pioneros ante el Cambio Climático y en prevención de inundaciones”, ONDA CERO (García, 2022)...

A menudo este tipo de prensa bombardea a la población con cifras, gráficas, modelos hipotéticos o relaciones causales complejas entre otros pero, ¿está realmente el público general preparado es decir, en posesión de los conocimientos técnicos y científicos necesarios, como para comprender en profundidad esa información y, yendo aún más allá, ser capaces de elaborar conclusiones que reflejen la magnitud del problema o incluso hipótesis sobre posibles procedimientos que puedan aplicar con cotidianidad para reducir esta amenaza, trabajando en la línea de un futuro sostenible?.

Para responder a esta pregunta, es necesario retraerse a los orígenes, al entorno en el cuál se forjaron nuestros primeros conocimientos y destrezas científicas: la escuela y, a modo más general, el Sistema Educativo. Desde mi punto de vista personal, ese sería realmente el objetivo principal en el que deberían de trabajar los encargados del Ministerio de Educación a la hora de incluir en la confección de los diferentes currículums el tratamiento del cambio climático: dotar al alumnado de las herramientas procedimentales y conceptuales necesarias y adecuadas para comprender la magnitud del problema, fomentando por tanto en un futuro su actuación en consecuencia con las mismas.

2.3. Dificultades del climático en el aula.

El cambio climático es relevante en el mundo contemporáneo, dado que las alteraciones derivadas de este fenómeno impactan en las relaciones internacionales, además de en la agenda política y legislativa de cada país, por no mencionar los desafíos técnicos que plantean. Por estas y muchas otras razones, es necesario formar al alumnado en los conceptos básicos del cambio climático, existiendo además numerosos enfoques y metodologías útiles para lograr llevar a término dicha tarea.

Sin embargo, a pesar de que cada vez son más los docentes que ponen su atención en este tema, enfocándose en la precariedad generalizada que la población suele presentar con respecto a su conocimiento, cabe comentar que la dificultad intrínseca a la enseñanza del cambio climático es amplia y viene determinada por un conjunto de factores que se interrelacionan. Uno de ellos viene dado por la naturaleza multidisciplinar de la propia temática en sí, que engloba conceptos propios de materias como la geología, la biología, la climatología, la tecnología y la geografía entre muchas otras; dándose además la casuística de que estas relaciones no son precisamente de carácter simple sino que, por el contrario, pueden resultar bastante complejas hasta para los más expertos. Resulta necesario comentar que muchas veces el aprendizaje de este tipo de conceptos multidisciplinarios podría verse limitado al encontrarse las barreras establecidas como resultado del enfoque individualista de las propias asignaturas, lo que ocasiona que, al ser estos conocimientos relacionados impartidos de forma autónoma en las diferentes materias, en la mayoría de los casos, su tratamiento no concuerda en ningún tipo de aspecto formal y mucho menos en lo referente a su coordinación temporal. La problemática derivada de esta práctica resulta obvia a simple vista, el tratamiento por separado de los conceptos hace que resulte notablemente más difícil para el alumnado establecer las conexiones necesarias entre ellos para lograr la comprensión del fenómeno climático a escala global.

A este impedimento cabría sumarle el obstáculo que supone en algunos casos las deficiencias en la secuenciación de materias y contenidos por curso según los propios currículos, como resulta ser por ejemplo el caso de la eliminación en los planes de estudio de la asignatura de Biología y Geología en 2º de Educación Secundaria Obligatoria, un hecho que, como es lógico, disrumpe la continuidad propia de un aprendizaje ideal,

saturando además los currículos de los cursos aledaños y dando como resultado final alumnos y alumnas que avanzan hacia cursos superiores con marcadas carencias en el campo de las ciencias.

Además, a todas estas dificultades de organización temporal y curricular de carácter más gubernamental, deberíamos añadir los posibles impedimentos que puedan surgir debidos a las limitaciones del propio grado de desarrollo cognitivo asociado a cada nivel concreto del sistema educativo. Es decir, debemos de tener en cuenta que el alumnado, sobre todo en los primeros cursos de la Educación Secundaria Obligatoria (aunque también en menor medida en los últimos) presenta por lo general ciertas dificultades notorias a la hora de gestionar aquellos conceptos que resulten ser de índole abstracta. En muchos casos para los/as alumnos/as de estos niveles educativos resulta una ardua tarea la percepción de los conocimientos que requieran del desarrollo de su capacidad de abstracción, alejándose de lo tangible y fácilmente reconocible; este hecho juega por supuesto en detrimento de la enseñanza de temas complejos como podría ser el cambio climático. Debemos, por tanto, tener en cuenta este factor a la hora de regular nuestras exigencias, comprendiendo que, para explicar por ejemplo sucesos como los periodos glaciares e interglaciares que rigen los cambios climáticos naturales del planeta, no sólo estamos pidiendo al alumnado que se sitúe en un entorno espacial y temporal extraño para él, alejado de lo conocido y que jamás ha podido observar con sus propios ojos (requiriendo por tanto de un proceso cognitivo de abstracción), sino que además estamos exigiendo que lo haga durante un periodo con oscilaciones que pueden rondar los miles o millones de años, introduciendo asimismo la escala de tiempo geológico, cuya magnitud obviamente escapa muchas veces de la capacidad de comprensión de este tipo de alumnado.

Existen, sin embargo, varias estrategias de las cuales podemos hacer acopio con el fin de mitigar este problema. Una de ellas podría ser la inclusión de imágenes con el fin de brindar un contexto a la explicación, de tal manera que si por ejemplo nos encontráramos en este momento tratando en el aula el tema de las glaciaciones, con el fin de minimizar el esfuerzo de abstracción del alumnado, permitiendo asimismo que concentraran su potencial en otras tareas como lograr la verdadera comprensión de los mecanismos que regulan la alternancia glacial-interglacial; podríamos adjuntar a nuestra presentación la siguiente fotografía:



Imagen 3: En la imagen 1 podemos ver la huella de un evento de cambio climático que se produjo a escala global, hace aproximadamente 18.000 años, durante un periodo que los geólogos han denominado Pleistoceno (periodo anterior al Holoceno) (Mata, S., Rodríguez, S., 2019).

Otro ejemplo de estas técnicas de acercamiento podría ser conferido mediante el uso de entornos o situaciones que resulten más cercanas al contexto de desarrollo cotidiano del alumnado, como podría ser el usar de prueba referencial las geomorfologías de los relieves resultantes de los periodos de máxima expansión glaciaria, como los valles glaciares en forma de U que se pueden observar en España en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Aragón), así como en el antiguo circo glaciario que corresponde a la Laguna de Peñalara, en la Sierra del Guadarrama (Madrid).

Cabría seguidamente discutir aquellos posibles inconvenientes añadidos como derivados del propio desarrollo del alumnado en la sociedad. Sus interacciones diarias con familiares, amigos, plataformas digitales o programas de televisión pueden ser, en gran parte de los casos, enriquecedoras siempre y cuando éstas estén enfocadas de una manera correcta pero, pueden resultar perjudiciales para el desarrollo del/de la alumno/a o incluso frustrantes de enfrentar como docente cuando se trata de relaciones contraproducentes. El cambio climático se entiende a menudo de forma descontextualizada del ciclo geológico global y se detectan concepciones erróneas sobre su relación con la capa de ozono o los mecanismos que inciden en el proceso⁷, que con frecuencia son además difundidas a través de los medios de comunicación, distorsionando las abundantes evidencias proporcionadas por los informes internacionales del IPCC y facilitando la perpetuación de esas concepciones o de enfoques negacionistas respecto al cambio climático.

A continuación, trataremos algunas de estos bulos que a menudo acaban calando en los diferentes sectores de la sociedad, llegando incluso a influenciar las ideas previas que tanto los docentes como los/las alumnos/as puedan tener acerca de este fenómeno:

- *“El Cambio Climático es inevitable”*

Según el investigador de la Universidad de Berna, Thomas Stocker (coordinador del International Panel for Climate Change, IPCC) las evidencias y análisis contenidos en el quinto informe del IPCC - Climate Change 2013: The Physical Science Basis, manifiestan que el cambio climático, aunque requiere una drástica reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero, puede frenarse.

- *“La fusión de los polos sólo afecta a las poblaciones costeras, por el aumento del nivel del mar”*

Está comprobado que la progresiva disminución del hielo en los casquetes polares afecta a otro parámetro crucial en el calentamiento global: el albedo, es decir, a la capacidad del planeta de devolver al espacio parte de esa energía lumínica que llega hasta su superficie desde el Sol. Al disminuir este albedo producto de la reducción de la superficie polar helada, disminuye de manera consecuente la energía reflejada, permaneciendo por tanto retenida en la atmósfera en forma de calor y contribuyendo al aumento de la temperatura global. Este fenómeno se conoce por tanto como uno de los efectos del cambio climático que contribuyen a su propia aceleración, lo que en ciencia se conoce como un *feedback* o retroalimentación positiva.

- *“El Cambio Climático es un problema atmosférico”*

Al representar el efecto de los gases de efecto invernadero, el alumnado acostumbra a incluir en el proceso la atmósfera, el efecto antrópico (fábricas, etc.) y los vegetales como “fijadores” de CO₂. Sin embargo, a pesar de que el mar constituye la mayor parte de la superficie terrestre y juega un papel clave en la regulación del clima y el ciclo del carbono, suele estar ausente de los modelos mentales de los alumnos sobre el cambio climático.

Los océanos cubren más del 70% de la superficie total de la Tierra y producen como mínimo el 50% del oxígeno respirable (WMO, 2021), es decir, hablando en términos de estadística cotidiana, de cada dos inspiraciones que realizamos, una de ellas proviene del él. Además, son los responsables de absorber el 90% del exceso de calor generado en el planeta, así como el 23% de las emisiones de gases de efecto invernadero, como el CO₂ de origen antrópico (NOAA, 2020). Por tanto, para comprender en profundidad, por ejemplo, la alternancia de periodos glaciares e interglaciares, no debemos obviar en ningún caso el rol trascendental de esta inmensa masa acuosa, y resulta condición inevitable incluir en la planificación de nuestra enseñanza los procesos que regulan las modificaciones de las temperaturas de los ambos polos, en los que la circulación termohalina oceánica habría jugado un papel clave.

- *“El Cambio Climático es una preocupación conservacionista: tiene efectos en la fauna y la flora, pero no afecta a la economía”*

A pesar de que el ser humano cree estar cada vez más desligado de la naturaleza, basando su economía en la industrialización, sector servicios, etc. ¿Nos hemos parado alguna vez a pensar en el papel de la naturaleza en el desarrollo del hombre y de la sociedad tal y como la conocemos, en términos económicos? Hoy en día, por ejemplo, ninguna fábrica tradicional sería capaz de operar sin electricidad, y esta a su vez es de manera general obtenida a través de la quema de combustibles fósiles, un recurso eminentemente natural; o, en caso de industrias modernas de carácter más sostenible que empleen energías renovables, tampoco podrían funcionar sin la existencia de fuerzas naturales como la energía lumínica del Sol o motriz del viento, mareas, etc.

Además, no debemos obviar la importancia del sector primario en la supervivencia del hombre, tanto en la agricultura y ganadería como en el sector de extracción de recursos marinos. Actualmente, a nivel global, los peces son la única fuente de proteína animal salvaje en explotación del mundo que llega a proporcionar un beneficio anual que ronda la cifra de los 3-6 billones de dólares al año (NOAA, 2020).

Por estas y muchas otras razones que no podemos enumerar en esta memoria, el creer que el cambio climático no ejerce ningún tipo de repercusión negativa en la economía mundial representa un claro ejemplo de una visión errónea y simplista de dicho fenómeno.

2.4. De la adversidad a la oportunidad.

Claro está, como ya hemos comentado en el apartado anterior, que el tratamiento del cambio climático en el aula puede constituir un reto educativo, tanto para el docente al cargo del diseño de las situaciones de aprendizaje precisadas, como para el alumnado cuya capacidad de comprensión a veces no alcanza a integrar el fenómeno climático a través del uso de metodologías poco trabajadas o de carácter más tradicional. Sin embargo, la introducción del cambio climático en el aula no debe ser tratado únicamente como una dificultad añadida al ejercicio normal de la práctica educativa, sino que, por el contrario, si se enfoca de manera correcta puede conferir una gran oportunidad para fomentar la expansión del desarrollo ético, social y científico del alumnado.

Asimismo, se debe insistir en la relación que existe entre este fenómeno y la influencia antrópica de la sociedad actual en el ecosistema, que resulta capaz de modificar los mecanismos encargados de regular nuestro clima, a través de las alteraciones del ciclo biogeoquímico del carbono: el gran motor que almacena o moviliza a nivel global inmensas cantidades de este elemento, resulta ser imprescindible para la vida a la par que, en algunas ocasiones y contextos determinados, potencialmente destructivo. Con el fin de promover una comprensión más amplia de este ciclo, que evite visiones simplistas o sesgadas del cambio climático, es imprescindible ir más allá de su mera exposición y transmisión. Debemos por tanto incluir el uso de actividades capaces de generar un conflicto o desequilibrio cognitivo, que fomente a su vez un aprendizaje más profundo. En vistas a poner en práctica este tipo de situaciones, resultaría ser una gran oportunidad para el desarrollo de las competencias ligadas al trabajo con datos reales, como podrían ser los distintos informes del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), una fuente fiable de datos de índole climática que es conveniente aprovechar en nuestras aulas. Estos datos pueden ser empleados finalmente para evidenciar y confrontar las concepciones erróneas del alumnado, tal y como comentábamos anteriormente (Domènech, 2014).

Asimismo, el contexto que genera el tratamiento en el aula de cuestiones relacionadas con el cambio climático, resulta idóneo para el establecimiento y la discusión de controversias socio-científicas. Se trata de cuestiones sociales controvertidas, complejas y abiertas, que además guardan estrechos vínculos conceptuales con la ciencia. Por lo general, se trata de problemáticas socialmente relevantes que despiertan en la población opiniones controvertidas, respaldadas además por la ausencia de un consenso científico o la posibilidad de coexistencia de varias respuestas para una determinada cuestión en concreto, sin presentar ninguna una solución definitiva para el mismo. (España y Prieto, 2009).

Desde la enseñanza concreta en el campo de las ciencias las controversias socio-científicas constituyen una tipología de actividad especialmente útil para la creación de aprendizaje significativo, pues presentan numerosos beneficios, algunos de los cuales serán enumerados a continuación:

- Implican el desarrollo de la competencia científica a través del uso de pruebas y evidencias.
- Contextualizan los modelos científicos, incorporando aspectos sociales, económicos y éticos (Domènech y Márquez, 2010; Díaz y Jiménez, 2012) de interés en vistas a una mejora de la formación integral del alumnado.
- Dan lugar a situaciones comunicativas (debates, argumentación, escritura de ensayos) que promueven el dominio de los conceptos clave a través de la práctica simultánea de su capacidad oratoria.
- Promueven el pensamiento crítico y el enfoque a la toma de decisiones (Solbes, 2013).
- Ubican los conceptos en un conflicto cognitivo, generando tensiones que revelan concepciones erróneas.
- Son un ejercicio de ciudadanía que promueve la alfabetización científica (España y Prieto, 2010), en la línea de Innovación e Investigación Responsable que promueve la Unión Europea.

En el campo de las ciencias, resulta más que sugerente desde una perspectiva educativa transversal que incluya en su programa una formación integral del alumnado en aspectos sociales y éticos, además, por supuesto, de aquellos eminentemente científicos o disciplinares. El tratamiento en el aula de toda la controversia que rodea el fenómeno del cambio climático (tanto su existencia en sí, como la posible relación entre su aceleración y la actividad antrópica), es capaz de fomentar su actitud de diálogo ante conflictos, generando un clima que favorezca procesos de desarrollo de su capacidad crítica basada en la objetividad y la argumentación científica, que en gran parte de los casos se encuentra todavía en vías de formación. Un buen punto de inicio para establecer un debate argumental podría ser, por ejemplo, la existencia de científicos que reciben becas de desarrollo financiadas por petroleras o que incluso, posteriormente, siguen colaborando con estas compañías que son ampliamente conocidas como destructores ambientales. ¿Se puede considerar que estos científicos son profesionales objetivos?, ¿influyen los intereses económicos de este personal en la veracidad de sus informes?, ¿se arriesgarían estos científicos a publicar algo que pudiera perjudicar la reputación de estas compañías petroleras, a riesgo de dar por extinta su relación contractual con las mismas?...

A modo de conclusión y, como cierre para este apartado, debemos recalcar la necesaria tarea que, resulta formar al alumnado respecto al cambio climático de tal manera que alcancen los conocimientos y criterios básicos para manejar con rigor esta problemática. Como docentes debemos de esforzarnos para hacer emerger las posibles concepciones erróneas o simplistas que el alumnado pueda potencialmente poseer acerca del cambio climático (Da Silva y Boveloni, 2009), aportando datos reales de entidades científicas que fomenten una actitud de investigación. Brindándole además un contexto geológico a través de su imbricación con el ciclo biogeoquímico del carbono, haciendo énfasis en la comprensión del papel que juegan en este fenómeno los flujos existentes entre los diferentes compartimentos o subsistemas (litosfera, atmosfera, océanos, materia viva, materia fósil...), comprendiendo los efectos ecosistémicos que puede provocar una alteración en la capacidad de estos subsistemas para secuestrar el CO₂ atmosférico, tanto en cantidad total absorbida como en la velocidad a la que se desarrollan los flujos del proceso.

2.5. Análisis curricular.

Marco Legal

El análisis de currículo realizado en este apartado se ha llevado a cabo en el siguiente marco legal vigente:

- La Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE).
- BOE n.º 3, de 3 de enero de 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.
- BOC n.º 143, de 22 de julio de 2010. DECRETO 81/2010, de 8 de julio, por el que se aprueba el Reglamento Orgánico de los centros docentes públicos no universitarios de la Comunidad Autónoma de Canarias.
- BOC n.º 169, de 29 de agosto de 2015. DECRETO 315/2015, de 28 de agosto, por el que se establece la ordenación de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias.
- BOC n.º 136, de 15 de julio de 2016. DECRETO 83/2016, de 4 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato de la Comunidad Autónoma de Canarias.
- BOC n.º 200, de 16.10.2013. ORDEN de 3 de septiembre de 2016, por la que se regulan la evaluación y la promoción del alumnado que cursa las etapas de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato, y se establecen los requisitos para la obtención de los títulos correspondientes, en la Comunidad Autónoma de Canarias.
- BOE n.º 25, de 29 de enero de 2015. ORDEN ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato.

Currículos

Se han analizado un total de 15 currículos de diversas asignaturas en distintas especialidades, a lo largo de varios niveles educativos, en busca de criterios o contenidos que estuvieran relacionados con el cambio climático o el ciclo del carbono o, en una situación ideal, con ambos conceptos de manera simultánea. A continuación, realizaremos una exposición ordenada, comenzando por los primeros cursos de Educación Secundaria Obligatoria y, aumentando el nivel hasta llegar a Bachillerato, de aquellos criterios que cumplen tales condiciones.

Asignatura	Tipología	Cursos
Biología y Geología	Troncal	1º, 3º, 4º ESO y 1º Bachiller
Geografía e Historia	Troncal	1º, 2º, 3º y 4º ESO
Tecnología	Específica	1º, 2º y 3º ESO
Física y Química	Troncal	2º, 3º, 4º ESO y 1º Bachiller
Educación para la Ciudadanía y los Derechos Humanos	Libre configuración	3º ESO
Ciencias aplicadas a la actividad profesional	Troncal	4º ESO
Tecnología	Troncal	4º ESO
Cultura Científica	Específica	4º ESO y 1º Bachiller
Biología	Troncal	2º Bachiller
Geografía	Troncal	2º Bachiller
Geología	Troncal	2º Bachiller
Química	Troncal	2º Bachiller
Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente	Específica	2º Bachiller

Tabla 1 – Asignaturas analizadas, según modalidad y curso: En esta tabla se recoge el cómputo total de asignaturas tenidas en cuenta durante el apartado de análisis curricular desarrollado en este trabajo. Se analizaron un total de 15 currículos diferentes de un total de 13 asignaturas (algunas asignaturas a pesar de coincidir en tipología y denominación presentan varios currículos diferentes en función del curso en cuestión sobre el cual verse tal documento).

Asignatura	Tipología	Cursos
Biología y Geología	Troncal	1º ESO
		4º ESO
Ciencias aplicadas a la actividad profesional	Troncal	4º ESO
Física y Química	Troncal	3º ESO
		4º ESO
		1º Bachiller
Cultura Científica	Específica	4º ESO
Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente	Específica	2º Bachiller
Geología	Troncal	2º Bachiller
Geografía	Troncal	2º Bachiller

Tabla 2-Asignaturas que incluyen en su currículum cambio climático o ciclo de carbono: En esta tabla se recogen aquellas asignaturas en las cuáles, una vez realizado un detallado análisis de sus correspondientes currículos, hemos podido detectar algún criterio que haga referencia al fenómeno del cambio climático (concepto, causas, consecuencias, concienciación, etc.) o, en su defecto, al ciclo biogeoquímico del carbono (compartimentos de almacenaje, flujos, alteraciones, perjuicios derivados de su actividad anómala, etc.), aunque en una casuística ideal inicialmente nuestra búsqueda se centrara sin éxito en criterios que aunaran ambos conceptos. En la tabla se incluyen además especificaciones acerca de la naturaleza de la asignatura (troncal, específica o de libre configuración autonómica), así como el curso concreto en el cuál se imparte, siguiendo la propia cronología del currículum, aquel o aquellos criterios que hemos considerado de interés para este trabajo. En los próximos apartados se aportarán más detalles en lo referente a aspectos más concretos de cada criterio seleccionado.

Materia	Curso	Criterio de evaluación	Contenidos	Estándares
Biología y Geología	1º ESO	<p style="text-align: center;">Criterio 4.</p> <p>Analizar, a partir de la información obtenida de diversas fuentes, la composición y estructura de la atmósfera, así como su papel protector y determinar, mediante pequeñas investigaciones, las repercusiones que las actividades humanas y la interacción con los fenómenos naturales tienen sobre la función protectora de la atmósfera con el fin de desarrollar y divulgar actitudes favorables a la conservación del medio ambiente.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis de la estructura y composición de la atmósfera. 2. Búsqueda, selección y tratamiento de información sobre el papel protector de la atmósfera (ionosfera, capa de ozono efecto invernadero) y sobre su importancia para los seres vivos. 3. Clasificación de los principales contaminantes atmosféricos en función de su origen. 4. Investigación sobre los problemas de la contaminación y sus repercusiones (el “agujero” de la capa de ozono y el cambio climático). 5. Análisis de la relación entre la contaminación en general, y la acción humana en particular, y el deterioro del medio ambiente. 6. Elaboración y divulgación de propuestas de acciones y hábitos que contribuyan a disminuir la contaminación atmosférica. 	18, 19, 20, 21, 22.
	4º ESO	<p style="text-align: center;">Criterio 8.</p> <p>Contrastar la influencia de las actuaciones humanas sobre el medio, valorar sus impactos y argumentar la necesidad del uso responsable de los recursos, del tratamiento de los residuos a nivel familiar y social y de la utilización de energías renovables con el fin de conseguir un desarrollo más sostenible.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaboración de informes en los que se valore la influencia de las actividades humanas en los ecosistemas argumentando razones para evitar su deterioro y proponiendo actuaciones para la mejora del medio ambiente tanto de Canarias como a nivel global. 2. Valoración de las consecuencias de la actividad humana sobre el medio ambiente: disminución de la capa de ozono y cambio climático. 3. Clasificación de los tipos de recursos naturales. 4. Indagación sobre las consecuencias ambientales del consumo de energía por el ser humano. 5. Valoración de la importancia de las energías renovables para el desarrollo sostenible del planeta. 6. Descripción de los procesos de tratamiento de residuos, valoración crítica de la recogida selectiva, los pros y los contras del reciclaje y de la reutilización de recursos materiales y su repercusión a nivel individual y social. 7. Iniciación al uso de técnicas sencillas para conocer el grado de contaminación y depuración del medio ambiente. 	41, 42, 43, 44, 45.

Materia	Curso	Criterio de evaluación	Contenidos	Estándares
Ciencias aplicadas a la actividad profesional	4º ESO	<p align="center">Criterio 3.</p> <p>Precisar en qué consiste la contaminación y determinar los tipos de contaminantes más representativos y sus efectos sobre la atmósfera, el agua y el suelo, así como los que se derivan de la actividad industrial y agrícola y de la radioactividad, utilizando ensayos de laboratorio para detectar contaminantes con el fin de formarse una opinión crítica acerca de la necesidad de mantener un medioambiente limpio y con futuro para todos los seres vivos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definición del concepto de contaminación y diferenciación de sus tipos. 2. Diseño y realización de ensayos de laboratorio relacionados con la química ambiental. 3. Discriminación entre los diferentes tipos de contaminantes de la atmósfera, causas y consecuencias de la contaminación atmosférica. 4. Reconocimiento de los agentes contaminantes del agua y su tratamiento. 5. Relación de contaminantes de la actividad industrial y agrícola y sus efectos sobre el suelo. 6. Análisis de los efectos de la radiactividad y de otras energías no renovables sobre el medioambiente y de su repercusión sobre el futuro de la humanidad. 7. Utilización de las tecnologías de la información y la comunicación para la búsqueda, selección y organización de información, y la presentación de conclusiones sobre problemas ambientales en Canarias. 	12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21.
Cultura científica	4º ESO	<p align="center">Criterio 3</p> <p>Identificar los principales problemas ambientales y los factores naturales o antrópicos que los originan o incrementan, predecir sus consecuencias y proponer algunas soluciones valorando las graves implicaciones sociales de los mismos tanto en la actualidad como en el futuro. Saber utilizar climogramas, índices de contaminación, datos de subida del nivel del mar en determinados puntos de la costa, etc., interpretando gráficas, extrayendo información de las mismas y presentando conclusiones. Justificar la necesidad de buscar y utilizar a gran escala nuevas fuentes de energía renovable, no contaminantes y económicamente viables, para mantener el estado de bienestar de toda la sociedad y cumplir los tratados internacionales de emisión de gases de aumento de efecto invernadero. Conocer la pila de combustible como posible fuente de energía del futuro, estableciendo sus diversas aplicaciones. Argumentar sobre la necesidad de una gestión sostenible de los recursos que proporciona la Tierra, siendo conscientes de la importancia de actuar sobre los problemas ambientales globales y locales (locales) para paliar las amenazas que suponen para la Naturaleza y los seres vivos tanto humanos como no humanos. Describir algunas buenas prácticas de desarrollo sostenible para Canarias.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. El medio ambiente y el desarrollo humano. El crecimiento ilimitado en un mundo limitado. 2. Los recursos del planeta en peligro de agotarse. 3. Riesgos e impactos ambientales. La emergencia planetaria. 4. Principales problemas medioambientales: causas, consecuencias y soluciones. 5. El cambio climático actual: análisis crítico de los datos que lo evidencian. 6. Fuentes de energía convencional y alternativa. La pila de hidrógeno. 7. El camino de la sostenibilidad. Dimensiones y principios del desarrollo sostenible como principio rector de los tratados internacionales sobre protección del medio ambiente. 8. Buenas prácticas de desarrollo sostenible para Canarias. 	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23.

Materia	Curso	Criterio de evaluación	Contenidos	Estándares
Física y Química	3º ESO	<p align="center">Criterio 7.</p> <p>Reconocer y valorar la importancia de la industria química en la obtención de nuevas sustancias que suponen una mejora en la calidad de vida de las personas y analizar en diversas fuentes científicas su influencia en la sociedad y en el medioambiente, con la finalidad de tomar conciencia de la necesidad de contribuir a la construcción de una sociedad más sostenible.</p>	<p>1. Valoración de la importancia de la Química en la obtención de nuevas sustancias que suponen una mejora en la calidad de vida de las personas.</p> <p>2. Descripción del impacto medioambiental de diversas sustancias en relación con problemas de ámbito global.</p> <p> 2.1 Aumento del efecto invernadero.</p> <p> 2.2 La lluvia ácida.</p> <p> 2.3 Erosión de la capa de ozono</p> <p>3. Planificación de medidas de consumo responsable que contribuyan a la construcción de una sociedad más sostenible.</p>	43, 44, 45, 46.
	4º ESO	<p align="center">Criterio 5.</p> <p>Justificar la particularidad del átomo de carbono, la gran cantidad de compuestos orgánicos existentes, así como su enorme importancia en la formación de macromoléculas sintéticas y en los seres vivos.</p> <p>Reconocer los principales grupos funcionales, presentes en moléculas de gran interés biológico e industrial, en especial algunas de las aplicaciones de hidrocarburos sencillos, en la síntesis orgánica o como combustibles, representándolos mediante las distintas fórmulas y relacionarlos con modelos moleculares reales o generados por ordenador. Mostrar las aplicaciones energéticas derivadas de las reacciones de combustión de hidrocarburos, su influencia en el incremento del efecto invernadero, en el cambio climático global y valorar la importancia de frenar su empleo para así avanzar, con el uso masivo de las energías renovables en Canarias y en todo el planeta, hacia un presente más sostenible.</p>	<p>1. Interpretación de las peculiaridades del átomo de carbono: combinación con el hidrógeno y otros átomos y formar cadenas carbonadas, con simples dobles y triples enlaces.</p> <p>2. Estructura y propiedades de las formas alotrópicas del átomo de carbono, sus estructuras y propiedades</p> <p>3. Utilización de los hidrocarburos como recursos energéticos. Causas del aumento del efecto invernadero y del cambio climático global y medidas para su prevención.</p> <p>4. Uso de modelos moleculares, físicos y virtuales para deducir las distintas fórmulas usadas en la representación de hidrocarburos.</p> <p>5. Descripción de las aplicaciones de hidrocarburos sencillos de especial interés.</p> <p>6. Reconocimiento del grupo funcional a partir de la fórmula de alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres y aminas</p> <p>7. Problemas socioambientales de la quema de combustibles fósiles. Valoración de la importancia del uso masivo de energías renovables para Canarias y para la Sostenibilidad del planeta.</p>	22, 23, 24, 25, 26, 27.

Materia	Curso	Criterio de evaluación	Contenidos	Estándares
Física y Química	4° ESO	<p style="text-align: center;">Criterio 7</p> <p>Identificar y clasificar diferentes tipos de reacciones químicas, realizando experiencias en las que tengan lugar reacciones de síntesis, combustión y neutralización, reconociendo los reactivos y productos e interpretando los fenómenos observados.</p> <p>Identificar ácidos y bases, tanto en la vida cotidiana como en el laboratorio, conocer su comportamiento químico y medir su fortaleza utilizando indicadores ácido-base o el pH-metro digital. Valorar la importancia de las reacciones de síntesis, combustión y neutralización tanto en aplicaciones cotidianas como en procesos biológicos e industriales, así como sus repercusiones medioambientales, indicando los principales problemas globales y locales analizando sus causas, efectos y las posibles soluciones.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de reacciones de especial interés: síntesis, combustión y neutralización. 2. Diferencias entre reactivos y productos en una reacción química 3. Descripción de un modelo elemental para las reacciones químicas. 4. Ajuste elemental de las ecuaciones químicas. 5. Implicaciones socioambientales de las reacciones químicas. 6. Necesidad de acuerdos internacionales: La urgente necesidad de actuar frente al cambio climático. 	35, 36, 37, 38, 39, 40, 41.
	1° Bachiller	<p style="text-align: center;">Criterio 6</p> <p>Reconocer hidrocarburos saturados, insaturados y aromáticos, relacionándolos con compuestos de interés biológico e industrial. Identificar compuestos orgánicos que contengan funciones oxigenadas y nitrogenadas, formularlos y nombrarlos, siguiendo las normas de la IUPAC. Describir y representar los diferentes tipos de isomería plana. Diferenciar las diversas estructuras o formas alotrópicas que presenta el átomo de carbono, relacionándolo con sus aplicaciones Explicar los fundamentos químicos relacionados con la industria del petróleo y del gas natural. Valorar las repercusiones de la química del carbono en la Sociedad actual y reconocer la necesidad de proponer medidas y adoptar comportamientos medioambientalmente sostenibles.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Significado de las reacciones químicas: cambios de materia y energía. La ecuación química. 2. Formulación y nombre correcto, siguiendo las normas de la IUPAC, de sustancias químicas inorgánicas que aparecen en las reacciones químicas. 3. Aplicación de las leyes de las reacciones químicas: ley la conservación de la masa y ley de las proporciones definidas. 4. Cálculos estequiométricos. Determinación del reactivo limitante y del rendimiento de una reacción. 5. Cálculo de la relación molar entre sustancias en reacciones químicas. Relación de la cantidad de sustancia (moles) con la masa y el volumen de disoluciones o de sustancias gaseosas. 6. Valoración de algunas reacciones químicas de interés biológico, industrial o ambiental: Compuestos inorgánicos. Siderurgia; transformación de hierro en acero. Nuevos materiales. 7. El papel de la química en la construcción de un presente más sostenible. 	19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28.

Materia	Curso	Criterio de evaluación	Contenidos	Estándares
Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente	2° Bachiller	<p style="text-align: center;">Criterio 1</p> <p>Aplicar la dinámica de sistemas a los cambios ambientales ocurridos a lo largo de la historia, así como definir, identificar y clasificar los recursos, riesgos e impactos asociados a la actividad humana, empleando los principales instrumentos de información ambiental para extraer conclusiones y asumir la interdependencia de todos los elementos que influyen en el funcionamiento de los subsistemas terrestres.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaboración de estrategias para estudios medioambientales: Dinámica de sistemas. Realización de modelos de sistemas considerando las distintas variables y analizando la interdependencia de sus elementos. 2. Análisis, a partir de modelos sencillos, de los cambios ambientales que tuvieron lugar como consecuencia de la aparición de la vida y la acción humana a lo largo de la historia. Descripción de las fases del uso del ambiente por el hombre 3. Identificación de recursos, riesgos e impactos, asociándolos a la actividad humana sobre el medio ambiente. 4. Relación de los principales instrumentos de información ambiental. Utilización de fuentes específicas y fiables para la obtención de conclusiones sobre cuestiones ambientales y su posterior comunicación. 	1, 2, 3, 4, 5, 6.
	2° Bachiller	<p style="text-align: center;">Criterio 4</p> <p>Categorizar los tipos de contaminantes atmosféricos y del agua argumentando el origen de la misma así como sus consecuencias sociales, ambientales y sanitarias, a partir del diseño y realización de proyectos de investigación sobre los efectos locales, regionales y globales de la contaminación con el fin de proponer medidas personales y comunitarias que la eviten o la disminuyan y adoptar hábitos y actitudes favorables al cuidado del medio ambiente.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de las fuentes de contaminación atmosférica, categorización de los contaminantes según su origen y sus tipos. Realización de cálculos de huella de carbono. 2. Relación entre las condiciones atmosféricas, geográficas y topográficas locales y la dispersión de los contaminantes. 3. Investigación acerca de las consecuencias de la contaminación atmosférica: lluvia ácida, disminución de la capa de ozono y cambio climático y de sus efectos en el medio natural y humano. 4. Clasificación de los contaminantes del agua según su origen y efectos. 5. Descripción de los principales indicadores de la calidad del agua: físicos, químicos y biológicos. 6. Investigación acerca de las consecuencias de la contaminación de las aguas: eutrofización, contaminación de aguas subterráneas, contaminación del mar. 7. Esquematización de las fases de la depuración del agua en una EDAR y de la potabilización. 8. Propuesta de acciones individuales, estatales e intergubernamentales para prevenir y evitar la contaminación del aire y de las aguas. 	14, 15, 17, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38.

Materia	Curso	Criterio de evaluación	Contenidos	Estándares
Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente	2º Bachiller	<p style="text-align: center;">Criterio 6</p> <p>Reconocer las relaciones tróficas, la producción primaria y los factores que la regulan, interpretar los ciclos biogeoquímicos, los mecanismos naturales de autorregulación de los ecosistemas y los efectos de la acción humana e identificar los tipos de suelo y su origen. Asimismo, analizar los problemas ambientales producidos por la deforestación, la agricultura y la ganadería, valorar el sistema litoral y la evolución de los recursos pesqueros para apreciar la importancia de su conservación.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis de las relaciones tróficas de los ecosistemas, explicación de las causas de la diferente productividad en mares y continentes, Valoración de la influencia de los factores limitantes en la producción y de aquellos que aumentan su rentabilidad. 2. Interpretación de algunos ciclos biogeoquímicos. 3. Descripción de los mecanismos naturales de autorregulación de los ecosistemas, las sucesiones ecológicas y la evolución de los parámetros tróficos. 4. Identificación de las causas de pérdida de biodiversidad. 5. Justificación de la importancia del suelo como recurso frágil y escaso. 6. Análisis de los problemas ambientales producidos por la deforestación, la agricultura y la ganadería. Comparación con la agricultura ecológica, agricultura integrada, permacultura y pesca sostenible. 7. Identificación de los impactos causados en las zonas litorales y reconocimiento de la importancia de su conservación, especialmente en Canarias. 	50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68.
Geografía	2º Bachiller	<p style="text-align: center;">Criterio 3.</p> <p>Identificar y describir mapas meteorológicos de superficie y altura junto con otros datos proporcionados por estaciones climatológicas para reconocer y analizar la variedad de tipos de tiempo atmosférico que afectan al territorio peninsular e insular durante las distintas estaciones del año y valorar sus consecuencias sobre el territorio, la población y los recursos. Asimismo, analizar la diversidad climática en España mediante el estudio de los distintos factores y elementos del clima y la elaboración e interpretación de climogramas, con la finalidad de localizar en un mapa los dominios climáticos y evaluar su incidencia en la conformación de las diferentes regiones vegetales españolas.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis y explicación de los factores geográficos y elementos del clima. 2. Caracterización de los dominios climáticos de España. <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Representación y análisis de climogramas de los distintos tipos de clima de la España peninsular e insular. 2.2. Utilización de gráficas y estadísticas que representen las incidencias medioambientales de las lluvias torrenciales 2.3. Análisis de los problemas ambientales, económicos y sociales ligados a los distintos dominios climáticos del territorio español peninsular e insular. 3. Distinción y caracterización de los tipos de tiempo atmosférico en la Península Ibérica y en Canarias, a partir del análisis e interpretación de mapas del tiempo. 4. Descripción y localización de las formaciones vegetales peninsulares y canarias. 5. Identificación y explicación de los factores que explican la distribución altitudinal y latitudinal de la vegetación en el territorio español. Descripción y análisis de cliseries. 	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28.

Materia	Curso	Criterio de evaluación	Contenidos	Estándares
Geología	2° Bachiller	<p align="center">Criterio 4</p> <p>Reconocer la distribución actual de las placas tectónicas, explicar su dinámica y su evolución a lo largo de la Historia de la Tierra, describir las deformaciones que pueden sufrir las rocas (pliegues y fallas) así como la génesis y características de los orógenos, con la finalidad de relacionar algunos aspectos geológicos y climáticos con la Tectónica de Placas y asumir el carácter cambiante del planeta.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconocimiento del mapa simplificado de las placas tectónicas y comparación, en diferentes partes del planeta, con los datos aportados por la geología y la geodesia. 2. Explicación del origen del movimiento de las placas tectónicas y su relación con la dinámica del interior terrestre. 3. Descripción de las deformaciones de las rocas según su fragilidad y ductilidad. Principales estructuras geológicas: pliegues y fallas. 4. Explicación de los principales rasgos del relieve del planeta y su relación con la tectónica de placas. Descripción de las características de los orógenos. Orógenos actuales y antiguos. 5. Relación de la Tectónica de Placas con distintos aspectos geológicos: relieve, clima y cambio climático, variaciones del nivel del mar, distribución de rocas, estructuras geológicas, sismicidad, volcanismo. 6. Interpretación de la Evolución del mapa de las placas tectónicas a lo largo del tiempo. 	18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28.
		<p align="center">Criterio 7.</p> <p>Analizar la evolución del concepto de tiempo geológico, identificar las principales unidades cronoestratigráficas y aplicar el principio del actualismo a la reconstrucción paleoambiental Reconocer los métodos de datación absoluta y utilizar los métodos de datación relativa junto con los principios fundamentales de la Geología Histórica y los fósiles guía en la interpretación de cortes geológicos con el fin de resaltar los eventos globales acontecidos en la Tierra desde su formación, diferenciando los cambios naturales de los inducidos por la actividad humana.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis del concepto tiempo en Geología y la idea de la edad de la Tierra a lo largo del pensamiento científico. Uniformismo frente a Catastrofismo. El registro estratigráfico. 2. Aplicación del método del actualismo a la reconstrucción paleoambiental. Reconocimiento de algunos tipos de estructuras sedimentarias y biogénicas y su aplicación. Utilización de los indicadores paleoclimáticos más representativos. 3. Utilización de los principales métodos de datación: geocronología absoluta y relativa. Aplicación del principio de superposición de estratos y derivados para interpretar cortes geológicos. Justificación del uso de los fósiles guía como pieza clave para la datación bioestratigráfica. Los métodos radiométricos de datación absoluta. 4. Identificación y manejo de las principales unidades cronoestratigráficas que conforman la tabla de tiempo geológico. 5. Estudio de los principales eventos globales acontecidos en la evolución de la Tierra desde su formación. Primates y evolución del género Homo. 6. Diferenciación entre los cambios climáticos naturales y los inducidos por la actividad humana. 	44, 45, 46, 47, 48, 49, 50.

Materia	Curso	Criterio de evaluación	Contenidos	Estándares
Geología	2º Bachiller	<p style="text-align: center;">Criterio 9</p> <p>Clasificar los recursos geológicos en función de su utilidad y de su carácter renovable o no renovable, investigar acerca de las técnicas de exploración, evaluación y explotación sostenible de los recursos minerales, energéticos y de las aguas subterráneas para argumentar acerca de la necesidad de establecer un uso sostenible de los recursos de la geosfera y de las consecuencias ambientales y sociales de una gestión inadecuada.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clasificación de los recursos naturales en renovables y no renovables. 2. Categorización de los recursos minerales y energéticos según su utilidad. 3. Estudio de la gestión sostenible de las explotaciones mineras. 4. Descripción de la circulación del agua subterránea. Investigación acerca de su uso sostenible, sobreexplotación y contaminación de los acuíferos, especialmente en Canarias. 	<p style="text-align: center;">58, 59, 60, 61, 62, 63, 64.</p>

En la tabla anterior, se ha realizado un estudio de aquellos criterios relacionados con el cambio climático o el ciclo del carbono, clasificados según su curso específico e incluyendo, además, información acerca de los contenidos y estándares evaluables pertinentes. A continuación, pasaremos a comentar algunos de los aspectos más destacables de cada asignatura en concreto para, finalmente, realizar a modo de cierre una conclusión final de carácter más genérico.

En primer lugar, atendiendo a la materia de Biología y Geología, cabría comentar que, a pesar de que en un inicio se pudiera pensar que ésta asignatura es la idónea para, desde el currículo, establecer el tratamiento en profundidad esta temática, este hecho no sucede. Esta asignatura solo contempla contenidos relacionados con el cambio climático durante los cursos de 1º y 4º de la ESO, tratando la actividad humana y su repercusión en la atmósfera, y los residuos y las energías renovables, respectivamente. Por lo que, no solo existe una notable falta de continuidad entre ambos cursos, dificultando así que el alumnado sea capaz de integrar los aprendizajes de forma efectiva y relacional; sino que, además, carece totalmente de menciones específicas para el tratamiento de ciclos biogeoquímicos, más concretamente del ciclo del carbono; por lo que esto imposibilita totalmente que los alumnos y alumnas consigan comprender de una manera funcional las relaciones de causalidad que existen entre la alteración antrópica de este ciclo y la aceleración de los procesos ligados al cambio climático.

Seguidamente, en lo referente a la asignatura Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional, debemos destacar que, a pesar de resultar los conocimientos relacionados con la contaminación y el cambio climático fundamentales en el mundo empresarial (como por ejemplo, los diferentes protocolos que deben respetar las empresas en función de la contaminación asociada a su actividad económica); únicamente se hace mención en los contenidos de esta materia a los tipos de contaminantes existentes y sus principales efectos en el medio. Posiblemente no sea de extrañar el tratamiento tan somero de esta problemática, pues se trata de una asignatura propia del 4º nivel de Educación Secundaria Obligatoria, a pesar de que, podría resultar más enriquecedora, a mi parecer, si se planeara también en cursos superiores como 1º o 2º de Bachillerato, en los que la mayor madurez intelectual del alumnado permite afrontar con más profundidad y detalle una gama más amplia de contenidos.

Asimismo, analizando la asignatura de Cultura Científica, nos topamos por el contrario que sí se trata con algo más de profundidad, continuidad y relación la temática referente a los problemas medioambientales. De tal manera que, una vez expuestos los principales problemas medioambientales actuales, se introducirían a continuación sus principales factores de origen y las consecuencias que pueden surgir derivadas de éstos; así como la implantación de energías renovables como una alternativa sostenible que frene el avance del deterioro medioambiental. Sin embargo, en los contenidos propios de esta asignatura, no se realiza ninguna mención al ciclo del carbono ni a cómo éste repercute en el clima a nivel global.

Por otro lado, debemos comentar que la asignatura de Física y Química es una de las materias que trata con mayor profundidad y detalle la problemática global asociada al carbono. De tal manera que, entre los contenidos marcados en el currículo versa por ejemplo, el tratamiento de la industria química y sus potenciales beneficios medioambientales, en 3º de la ESO; el átomo de carbono, asociado a la formación de hidrocarburos y cómo la reacción de combustión de éstos influye en el efecto invernadero y el cambio climático, en el 4º curso de la ESO; y, finalmente, la química del carbono, con las respectivas repercusiones de su uso en la industria y la sociedad actual. En esta asignatura, al contrario de lo sucedido en el resto de materias analizadas, podemos observar como claramente sí presenta un desarrollo lineal y una notable continuidad, facilitando de esta manera la adquisición sistemática de conocimientos relacionándolos a su vez con aquellos saberes propios de cursos previos. Además, resulta también interesante destacar como en este caso también se realiza un esfuerzo por explicitar la relación existente entre ciertos aspectos del ciclo del carbono (como la formación de hidrocarburos o la quema de combustibles) y las problemáticas ambientales que enfrenta la sociedad actual.

En el curso de 2º de Bachillerato, observamos el tratamiento de ciertos aspectos medioambientales a través del currículo establecido para la asignatura de Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente, tales como los cambios ambientales históricos asociados a su análisis actual y los tipos de contaminantes con sus respectivas consecuencias sociales, así como la interpretación de los ciclos biogeoquímicos globales. Cabe destacar, por tanto, el tratamiento en esta asignatura de los contenidos referentes a los cambios climáticos a escala temporal geológica y los ciclos biogeoquímicos de manera conjunta,

permitiendo que se establezcan así relaciones de causalidad entre las alteraciones de estos flujos y la problemática climática global actual.

Asimismo, observamos a través del análisis del currículo asociado a la asignatura de Geología, el tratamiento de temáticas como el carácter cambiante del planeta en relación a sus aspectos geológicos y climáticos, la diferencia existente entre los cambios propios de la dinámica natural global y aquellos inducidos por la actividad humana y el uso de recursos renovables asociados a una explotación sostenible.

Finalmente, cabe comentar que, a través del criterio 3 establecido en el currículo de la asignatura de Geografía propia de 2º de Bachillerato, se propone un análisis de los problemas ambientales, económicos y sociales ligados a diferentes dominios climáticos, aunque resultan ser contenidos que se tratan de manera somera y tienen una menor relevancia respecto a los temas tratados en este trabajo.

En conclusión , debemos destacar que, todas aquellas asignaturas en las que se tratan aspectos de interés para el desarrollo de este Trabajo de Fin de Máster, tales como el cambio climático asociado a las alteraciones antrópicas del ciclo biogeoquímico del carbono, son materias de carácter específico o troncales de opción, es decir, que o bien deben de ser elegidas voluntariamente por el alumnado o, forman parte un itinerario concreto del Bachillerato (itinerario científico en su mayoría) que debe también ser voluntariamente escogido. Por lo que, estos contenidos serán únicamente adquiridos por aquel alumnado que curse dichas asignaturas de carácter voluntario y no por el estudiantado de manera general, a pesar de que se trata de un problema global, en el cuál se debe instruir a la población general y no sólo a aquellos que decidan desarrollar una carrera científica. Además, estos contenidos se tratan sobre todo en aquellos cursos más avanzados, como Bachillerato y, en algunos casos 4º de la ESO, dejando a niveles de 1º, 2º y 3º de la ESO bastantes desatendidos en lo referente a esta cuestión; evidenciando, por tanto, la carencia de continuidad en la adquisición de contenidos, en detrimento del correcto desarrollo intelectual del alumnado respecto a temáticas de esta índole. Finalmente, se debe comentar la escasez de contenidos curriculares relacionados con el estudio del ciclo biogeoquímico del carbono y, más aún, la práctica inexistencia del tratamiento conjunto de éste y el cambio climático global, contenidos que, impartidos de forma relacional, podrían resultar ampliamente beneficiosos, por ejemplo, para el alumnado que curse la asignatura de biología y geología.

2.6. Análisis de libros de texto.

Materia	Curso	Curso	Editorial	Año
Biología y Geología	1º, 3º y 4º	4º	Edelvives	1995
			Vicens Vives	1999
			Bruño	2003
			ECIR Editorial	2003
			Sm	2008
			Santillana	2016

Tabla 3.-Libros de texto según editorial y año consultados para el desarrollo de este análisis. Para la realización de este análisis se han tomado libros de texto de la asignatura de Biología y Geología de 4º de la ESO (a pesar de que ésta se imparte en 1º, 2º y 4º de ESO), puesto que es este el curso en el cuál hemos desarrollado nuestra propuesta de intervención. De esta manera, hemos buscado libros de diferentes editoriales y años de publicación con el fin de poder determinar si ha existido una evolución acerca del tratamiento de este tema a lo largo de los últimos años.

Materia	Curso	Editorial	Unidad	Temas	Contenidos	Recursos	Actividades
Biología y Geología	4º ESO	Santillana (2016)	Estructura y dinámica de los ecosistemas.	Ciclo del carbono	1.Ciclo del carbono	Gráfica de compartimentos y flujos del carbono (muestran a la industria como emisor de CO ₂ , aunque entre otros)	¿De qué forma vuelve el CO ₂ a la atmósfera a partir de la materia orgánica? ¿Qué importancia tiene la fotosíntesis en este ciclo?
			La actividad humana y el medio ambiente	Impactos negativos sobre la atmósfera	1.Calentamiento global. 2.Lluvia ácida. 3.Destrucción de la capa de ozono. 4.Contaminación urbana.	Imagen de la atmósfera y de los procesos que intervienen en el calentamiento global (radiación absorbida y reflejada, efecto invernadero y calentamiento global derivado de la acumulación de gases de combustión)	Explica qué es el calentamiento global y sus consecuencias. Cita algunas medidas que puedes adoptar en tu vida diaria para frenar el cambio climático.
Biología y Geología	4º ESO	Bruño (2003)	Ecología y medio ambiente	Los seres vivos y el medio ambiente: dinámica de los ecosistemas	Ciclos biogeoquímicos	Imagen esquemática del funcionamiento del ciclo del carbono. Incluye una imagen de la industria pero no comenta nada al respecto.	-
				Cambios en los ecosistemas por la acción humana	1.Los grandes problemas ambientales (Cambio climático: El efecto invernadero).	Texto e imagen esquemática. Se presenta el funcionamiento del efecto invernadero y cómo la actividad humana puede causar su aumento ocasionando calentamiento global.	Si el efecto invernadero continúa intensificándose por causa de las actividades humanas. ¿qué efecto podrá provocar sobre las grandes masas de hielo de la Tierra?
Biología y Geología	4º ESO	Edelvives (1995)	Dinámica del ecosistema	El ciclo de la materia en el ecosistema.	1.Concepto de ciclo biogeoquímico. 2.Funcionamiento general del ciclo del carbono.	Texto explicativo del funcionamiento del ciclo del carbono. Imagen esquemática del funcionamiento del ciclo. Comprobación experimental de la fotosíntesis (consumo de CO ₂) y de la respiración (producción de CO ₂) Además, se explica el experimento de van Helmont para evidenciar la toma de CO ₂ por parte de las plantas en la fotosíntesis.	Actividades fotosíntesis: 1.¿Qué conclusión puedes extraer de los resultados obtenidos por el indicador de CO ₂ ? Actividades respiración: 1.¿Qué conclusión puedes extraer de los resultados obtenidos por el indicador de CO ₂ ? 2.¿Por qué hemos tenidos que proteger de la luz los tubos de ensayo en esta experiencia? Actividades evaluación: 1.¿Es correcto hablar del ciclo de la materia sobre el planeta Tierra? 2.¿Cómo se denomina el gas que constituye la pieza fundamental del ciclo del carbono? 3.Indica las diferencias entre los procesos de fotosíntesis y respiración.

Biología y Geología	4° ESO	Edelvives (1995)	La contaminación y la conservación del medio ambiente	La acción humana sobre los ecosistemas.	<p>1.Degradación del suelo.</p> <p>2.Sobreexplotación de los ecosistemas debido al aumento demográfico y la revolución industrial.</p> <p>3.Producción de residuos y contaminación del medio ambiente.</p> <p>4.La contaminación del aire y el efecto invernadero.</p>	<p>Texto explicativo. Imagen esquemática representativa de la rotura del ciclo natural de nutrientes del suelo debido a la tala, los incendios y el cultivo.</p> <p>Actividad de profundización acerca de la concentración de CO₂ atmosférico, acompañada de texto y gráficas para analizar.</p> <p>Imagen esquemática en representación del funcionamiento del sistema invernadero y los diferentes gases atmosféricos que influyen en su funcionamiento.</p> <p>Proyecto de investigación referente al estudio de la contaminación del aire de un área industrial por parte de partículas sólidas en suspensión. Contiene un guion para desarrollar el proceso experimental necesario, así como el estudio de los datos obtenidos.</p>	<p>1.Define el concepto de contaminación. 2.Indica los principales contaminantes del aire. 3.Explica científicamente el efecto invernadero y sus consecuencias 4.¿A qué se debe la destrucción de la capa de ozono?</p> <p>Actividad: Estudio del aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera. 1.¿Qué tanto por ciento de incremento ha registrado la concentración de CO₂ atmosférico desde el año 1958 hasta 1990? 2.Interpreta la variación de los “picos de sierra” de la gráfica 1 en relación al proceso biológico que los pueda originar. 3.Manteniéndose las condiciones actuales de incremento de las emisiones de CO₂, calcula cuándo registrará una concentración doble de la actual. 4.Considerando que, para que se produzca un auténtico cambio climático, es necesario un incremento de al menos 1°C de temperatura, determina cuándo se producirá éste en el caso de mantenerse el incremento actual de las emisiones.</p>
Biología y Geología	4° ESO	Sm (2008)	Los intercambios de materia y energía.	Ciclos biogeoquímicos.	1.El ciclo del carbono	Texto explicativo e imagen esquemática representativa del flujo de carbono en el ecosistema.	<p>1.¿Por qué al carbón y al petróleo se les llama combustibles fósiles? 2.La gráfica muestra cómo ha evolucionado la cantidad de CO₂ atmosférico desde 1970 hasta la actualidad. Analiza la gráfica y explica cuáles pueden ser las causas de estos cambios.</p>

Biología y Geología	4º ESO	Vicens Vives (1999)	Dinámica de los ecosistemas	Materia y energía en los ecosistemas.	1.Ciclo del carbono	Texto explicativo e imagen esquemática de los flujos que rigen el ciclo.	1.¿Qué relación crees que existe entre el ciclo del carbono y el del oxígeno? 2.¿De dónde procede la energía almacenada en los combustibles fósiles?
			El impacto humano sobre los ecosistemas.	La contaminación.	1.Concepto de contaminación (física y química). 2.Contaminación atmosférica (contaminantes primarios y secundarios)	Texto explicativo acompañado de gráficas y esquemas acerca de los múltiples contaminantes. Tabla resumen con los contaminantes atmosféricos y un breve texto explicativo.	1.En 1990 la media de emisiones de CO ₂ por habitante y año, en la UE, fue de 9,4. Compara la media española con la europea. 2.¿Cuánto ha aumentado la concentración de CO ₂ atmosférico en los últimos 100 años? ¿Cuáles han sido las causas?
				Cambios atmosféricos globales.	1.Disminución de la capa de ozono. 2.El cambio climático: sus causas. 3.El efecto invernadero (causas del aumento de CO ₂). 4.Consecuencias del cambio climático.	Texto explicativo y gráficas referentes a la emisión de CFCs. Texto explicativo. Gráficas de emisión de carbono según año, per cápita y país. Imagen esquemática acerca del funcionamiento del efecto invernadero en la que aparece la actividad antrópica como causante de su acentuación.	1.¿Cuáles son los países más poblados de la Tierra? ¿Coinciden con los de mayor producción de CO ₂ ? 2.¿El efecto invernadero es peligroso en sí mismo o no? 3.¿Cuáles son los principales beneficios para los seres vivos del CO ₂ atmosférico? 4.¿Qué tipo de energía es retenida por los gases de efecto invernadero? 5.¿Por qué el ozono que se halla en la troposfera se denomina “ozono malo”? 6.¿Crees que los acuerdos internacionales son suficientes para frenar el cambio climático? 7.¿Cuáles son las principales dificultades que encuentran los países industrializados para llevar a cabo medidas más drásticas? 8.¿Crees que existe suficiente concienciación social sobre este grave problema?

Biología y Geología	4º ESO	ECIR Editorial (2003)	Materia y energía en el ecosistema.	El reciclado de los elementos de la vida.	1.Ciclo del carbono	Texto explicativo e imagen esquemática del funcionamiento del ciclo, incluyendo algunos de los procesos que regulan sus flujos entre compartimentos.	<p>1.¿Bajo qué formas químicas están presentes el carbono mineral y el carbono orgánico?</p> <p>2.¿Cómo se devuelve el CO₂ a la atmósfera?</p> <p>3.¿Cómo pasa el carbono mineral a carbono orgánico? ¿Y el carbono orgánico a carbono mineral?</p> <p>4.¿Podría funcionar el ciclo del carbono sin los vegetales? ¿Y sin los animales?</p>
			Acciones humanas sobre el medio ambiente.	La contaminación de la atmósfera.	<p>1.Casusas y elementos principales de la contaminación atmosférica.</p> <p>2.La destrucción de la capa de ozono.</p> <p>3.El efecto invernadero.</p>	Texto explicativo acompañado de algunas imágenes acerca de la inversión térmica, el agujero en la capa de ozono o la radiación infrarroja derivada del reflejo de la radiación solar en la Tierra.	<p>1.¿Qué medidas arbitrarias para reducir la contaminación atmosférica?</p> <p>2.¿Qué sucedería si el agujero de ozono llegara a extenderse por toda la Tierra?</p> <p>3.Los modelos matemáticos realizados por ordenador dan como resultado un aumento de entre 1 y 3,5°C de la temperatura de la Tierra. ¿Qué efectos tendría tal aumento en la Biosfera?</p> <p>4.¿Puede la deforestación favorecer el calentamiento global? ¿Y el vertido de petróleo en el océano? ¿Y los animales domésticos?</p> <p>5.¿Puede darse efecto invernadero en la Luna? ¿Y en Venus?</p>

A modo general, debemos comentar que, el tratamiento del ciclo biogeoquímico del carbono se aborda en prácticamente todas las editoriales consultadas de manera muy similar o incluso idéntica; consistiendo generalmente en una imagen esquemática que recoge los principales compartimentos y flujos propios del ciclo, asociado a un texto de carácter breve o escueto. Además, en dicho texto no se realiza ningún tipo de mención especial o destacable a la quema de combustible fósiles, apareciendo mayormente como una mención sin más trascendencia o incluso obviando la mera mención textual y encontrándose únicamente como un proceso más dibujado en la imagen esquemática. Asimismo, resulta llamativo que, en ningún caso pueda denotarse un marcado esfuerzo en realizar un análisis conjunto de cómo el cambio climático se relaciona con el ciclo del carbono a través de las variaciones antrópicas introducidas en éste.

Así, encontramos que, atendiendo a la editorial Edelvives, se incluyen como procesos que movilizan el carbono la fotosíntesis, respiración, acción bacteriana, rocas calcáreas y combustión del carbón y el petróleo, siendo éste último nombrado únicamente en el texto, pero sin aludir en ningún momento a la problemática derivada. En el caso de Vicens Vives nos encontramos con una problemática similar, en la que a través de un breve texto solo se nombra la quema de combustibles fósiles como un proceso de cierre de ciclo. Por otro lado, consultando material algo más actual como el propio de la editorial ECIR, observamos que nombra los combustibles fósiles de manera muy escueta y de forma conjunta con otros muchos contaminantes y hace referencia al aumento de la temperatura global derivado de la quema de combustibles fósiles como únicamente una posibilidad, sin profundizar en ningún momento en la problemática del efecto contaminante del dióxido de carbono ni en la relación existente entre ésta y el efecto invernadero. Asimismo, algo parecido ocurre con la editorial más actual consultada, Santillana, en la cuál a pesar de existir un apartado especialmente delimitado para el tratamiento del calentamiento global, durante la exposición de los contenidos referentes al ciclo biogeoquímico del carbono, no se hace alusión alguna a como la modificación de estos flujos puede repercutir en el cambio climático global.

Como conclusión cabe destacar que, en ninguno de los libros consultados se aprecia el tratamiento simultáneo del ciclo del carbono y cómo las intervenciones antrópicas en éste agravan la problemática climática global, no se ha podido constatar la existencia de mejoras sustanciales de esta metodología ni entre las diferentes editoriales ni a lo largo del rango temporal estudiado.

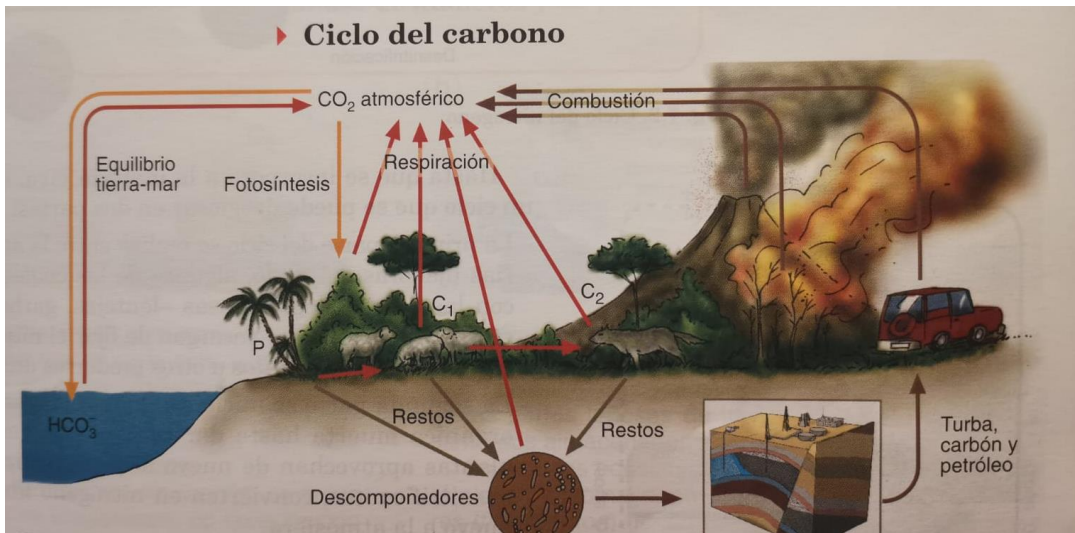


Imagen 4.- Esquema ciclo del carbono según ECIR Editorial.

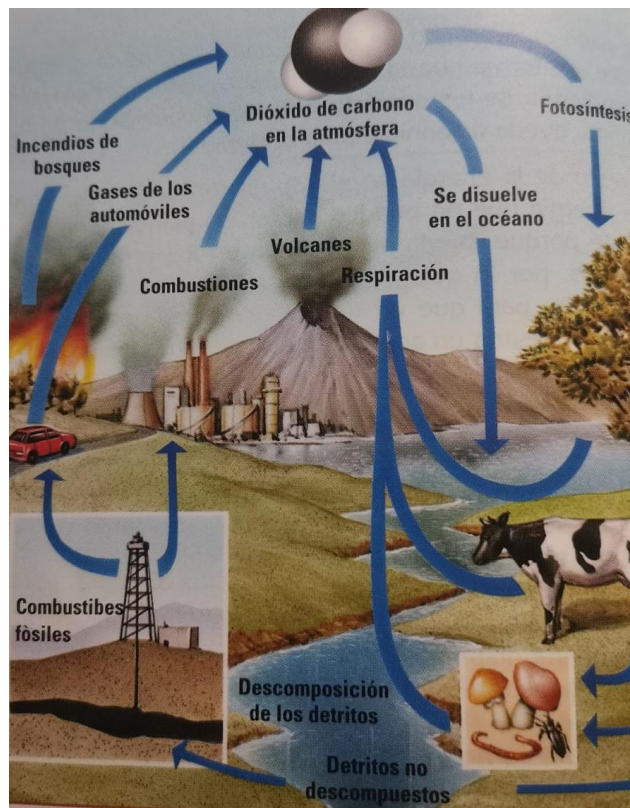


Imagen 5.- Esquema ciclo del carbono según Bruño Editorial.

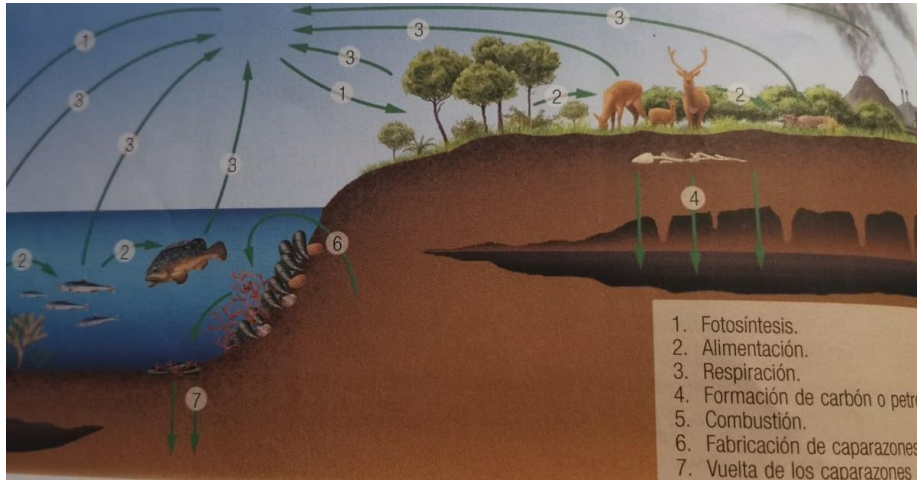


Imagen 6.- Esquema ciclo del carbono según Sm Editorial.

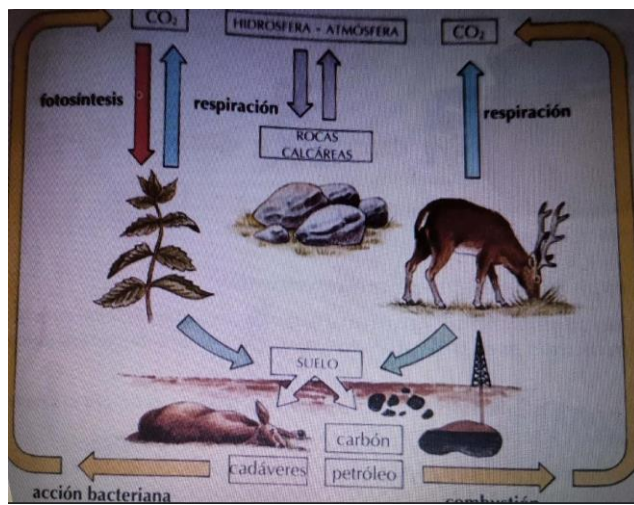


Imagen 7.- Esquema ciclo del carbono según Vicens Vives Editorial.

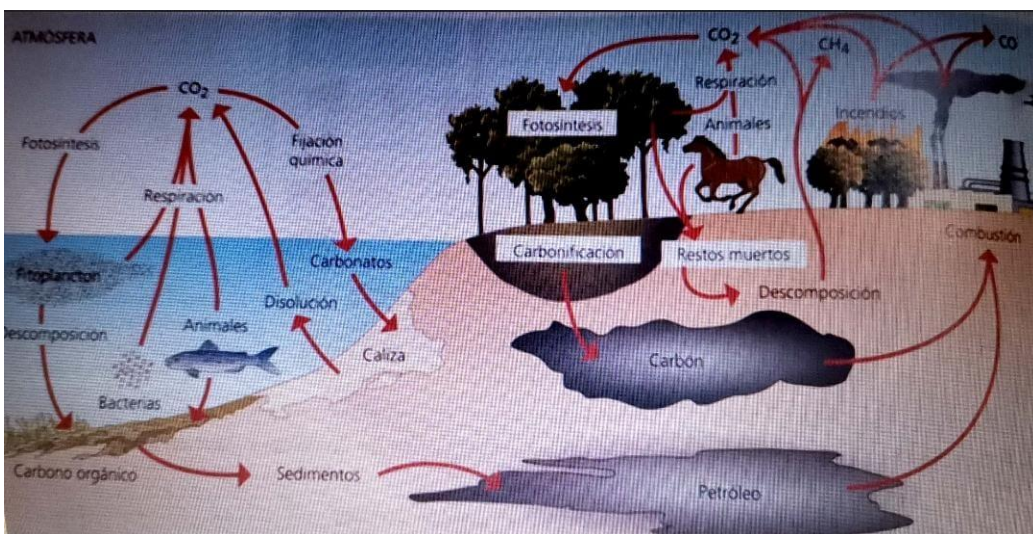


Imagen 8.- Esquema ciclo del carbono según Edelvives Editorial.

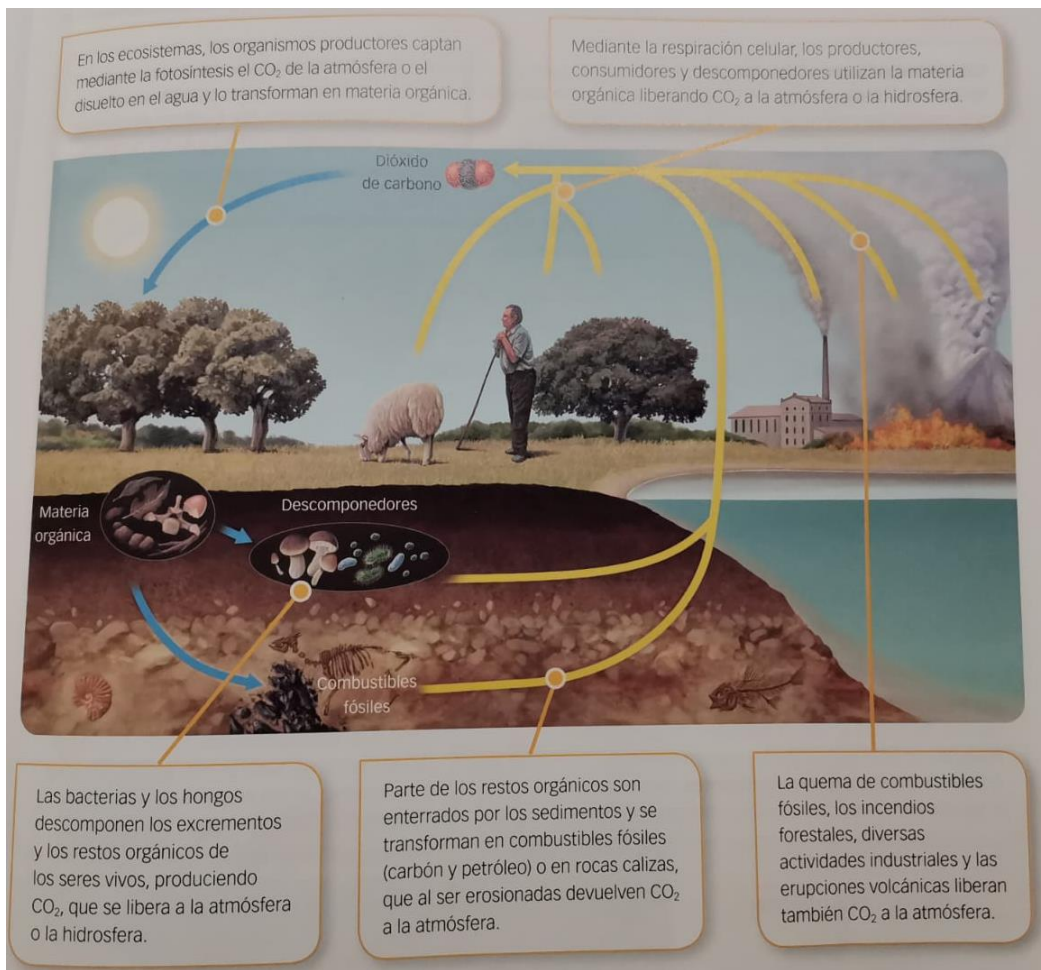


Imagen 9.- Esquema ciclo del carbono según Santillana Editorial.



Imagen 10.- Esquema ciclo del calentamiento global según Santillana Editorial.

3. Objetivos

La hipótesis central que fundamenta el desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado resulta ser la siguiente:

El fenómeno del cambio climático y el ciclo biogeoquímico del carbono, a pesar de encontrarse íntimamente ligados en el sentido estricto de la maquinaria natural que rige los procesos ecosistémicos, no se suelen impartir en el aula de manera conjunta. Este hecho dificulta que el alumnado sea capaz de relacionar ambos conceptos y, por tanto, de obtener una comprensión profunda a escala global de la problemática medioambiental que enfrenta ahora mismo nuestro planeta.

A través de este trabajo se pretende comprobar si realmente un estudio paralelo de ambos conceptos, apoyado además en modelos digitales de simuladores tridimensionales o laboratorios interactivos, proporciona una mejora significativa en el conocimiento del alumnado respecto a la existente imbricación entre dichos fenómenos y las consecuencias derivadas por tanto de la misma. Este hecho podría resultar en el asentamiento de una nueva metodología específica para el tratamiento del cambio climático que podría resultar ampliamente beneficioso tanto para el alumnado como para el profesorado, aunque su repercusión podría considerarse incluso mayor fuera de las aulas puesto que, una mejor formación educativa de las nuevas generaciones los haría partícipes en la búsqueda de soluciones medioambientales en el futuro, traspasando por tanto el ámbito del aula y convirtiéndose entonces en una mejora social y ecosistémica general.

Por otro lado, en relación a los objetivos establecidos como premisa para el desarrollo de este trabajo, cabe destacar la existencia de dos tipos de objetivos que se detallarán a continuación:

- **Objetivos principales:** Son los objetivos ligados a la propia hipótesis de trabajo.
 - Descubrir cuál es el proceso de enseñanza y aprendizaje seguido a la hora de tratar el cambio climático y el ciclo del carbono en el aula, estudiando además cuál es la concepción que un adolescente tiene de este tema para conocer si es consciente de cuál es su papel en la mitigación del mismo.

-Introducir las nuevas tecnologías de manera pedagógica en el aula a través del empleo de plataformas digitales tales como modelos tridimensionales o laboratorios virtuales. Facilitando asimismo a modo general el establecimiento de una visión global y dinámica de estos procesos, así como la comprensión de fenómenos que ocurren a escala geológica que suelen ser dificultosos para interpretar por el alumnado de este nivel educativo. Además, se fomenta a través de este método la comprensión en aquellos/as alumnos/as cuyo proceso de aprendizaje posea una naturaleza más visual, llamando además la atención de gran parte del grupo al emplear medios digitales que son hoy en día tan demandados por la población joven

- **Objetivos complementarios:** Se trata de objetivos que o bien han derivado de forma natural durante la puesta en marcha del trabajo o, por el contrario, han servido de fundamento para contextualizar el desarrollo del mismo, aportando así un punto de partida.

-Analizar currículos de diversas asignaturas pertenecientes al nivel de Educación Secundaria Obligatoria con el fin de establecer cómo se aborda en las aulas según estos documentos el fenómeno del cambio climático, el ciclo del carbono o ambos procesos en conjunto.

-Analizar varios libros de texto de la asignatura de Biología y Geología para 4º de ESO, con el fin de poder extraer conclusiones acerca del tratamiento de ambos fenómenos en función de las diferentes editoriales, o bien observar cómo este mismo tratamiento se ha visto modificado a lo largo de las últimas décadas, puesto que se poseen ediciones incluso del año 1995.

-Establecer parámetros acerca de cómo el empleo de metodologías no tradicionalmente expositivas, sino basadas por el contrario en la gamificación o el empleo de simuladores digitales, puede repercutir positivamente en el dinamismo o la motivación presente en el alumnado de forma autoevaluativa.

4. Plan de Intervención

4.1. Contextualización

- **Datos generales del centro**

El centro en cuestión en el cuál se ha puesto en práctica la propuesta desarrollada en este trabajo, se encuentra inscrito bajo el nombre de Colegio Santa Rosa de Lima – Dominicanas La Laguna, tratándose de un complejo educativo de titularidad privada situado en Carretera de San Miguel de Geneto, San Cristóbal de La Laguna.

Tal y como se puede observar a través de una consulta en la propia página web del centro habilitada bajo el dominio <https://www.colegiosantarosadelima-dominicanas.com/>, el centro se distingue de sus semejantes a través de la priorización de habilidades tales como el aprendizaje plurilingüe o el trabajo colaborativo fomentando valores como la cooperación, solidaridad, empatía, respeto y trabajo en equipo, favoreciendo el desarrollo de habilidades sociales, destrezas comunicativas, autoestima y pensamiento crítico; o el trabajo de las inteligencias múltiples profundizando en el desarrollo integral del alumnado a través de un aprendizaje personalizado que potencia el trabajo de diferentes habilidades y destrezas necesarias en la vida cotidiana. Además, como no podría ser menos en los tiempos que corren actualmente, el centro aplica metodologías que favorecen la atención a la diversidad, concediendo especial importancia al respeto por el nivel evolutivo de cada alumno y la personalización del aprendizaje trabajando de manera muy estrecha con las familias. Resulta también prioritario en el centro el empleo de las nuevas tecnologías como complemento a la propia metodología permitiendo a los docentes y alumnos nuevas formas de interactuar y nutrir la experiencia de enseñanza-aprendizaje gracias al acceso a la información y a la educación del alumnado no solo en un consumo crítico de la información sino en ser creadores de contenido propio en el que mostrar su aprendizaje.

Además, el centro cuenta con una amplia oferta de actividades extraescolares en las que, desde un espacio más informal, los alumnos/as completan su educación y descubren nuevas capacidades, talentos y habilidades, aprendiendo a convivir y a ser creativos. Todo ello desarrollado en unas instalaciones con grandes espacios abiertos, canchas techadas, huerto y aulas dotadas con todo lo necesario.

Por otro lado, con respecto a los niveles educativos impartidos en el centro, cabe destacar la amplitud de su oferta, que abarca desde la educación infantil (3-5 años), pasando por primaria (6-11 años) hasta llegar a los niveles de Enseñanza Secundaria Obligatoria (12-15 años).

Centrando nuestra atención en la Educación Secundaria Obligatoria, ya que se trata del nivel en que hemos enfocado el desarrollo de esta propuesta; debemos comentar que, tal y como es por todos conocido, esta etapa educativa tiene gran importancia durante el proceso de formación de cada individuo, por lo que desde un punto de vista psicológico cada experiencia vivida durante esta etapa supone una significativa enseñanza y aportación a la maduración psicosocial del adolescente. Por esta razón, las metodologías prominentemente empleadas en el centro resultan ser la de aprendizaje cooperativo, participación activa del alumno, visión con criterio, con valores... construyendo ciudadanos comprometidos. Todo ello complementando la educación idiomática a través de la continuación en lenguas extranjeras como el inglés o el francés.

- **Descripción del entorno físico**

Como hemos comentado con anterioridad, el centro se encuentra ubicado en la Carretera de San Miguel de Geneto N° 43, en el municipio de San Cristóbal de La Laguna, cercano a muchas Facultades de la Universidad de La Laguna. Además, se encuentra situado en una parcela que resulta prácticamente inmediata al intercambiador de La Laguna, por lo que la conexión con el transporte público (tranvía y guagua) y los taxis, resulta extremadamente buena; así como a la avenida Trinidad y al casco histórico del municipio (con calles peatonales como Herradores o Carrera), dotando por tanto al centro de una localización privilegiada.

- **Datos del entorno social y económico**

El entorno urbano del colegio en cuestión es el correspondiente a un distrito de clase media y, en parte, media-baja, por lo que la población escolar a la que se atiende es de índole muy variada, tanto social como económicamente.

- **Datos de las familias de los alumnos que acuden al centro**

Aunque el Colegio es un centro católico y se conoce su identidad religiosa, no obstante, muchos padres de familia eligen este centro pensando en la formación humana y académica que se dispensa, y no únicamente siguiendo sus creencias. Cabe comentar también que, en los últimos años, han llegado al centro familias de inmigrantes canarios que han retornado y que buscan un centro de educación católica como la han recibido ellos.

- **Infraestructuras y dotaciones materiales**

El Centro posee 113 años de experiencia y, aunque se podría pensar que se trata de un colegio dotado de instalaciones desfasadas o extremadamente antiguas, nada más lejos de la realidad puesto que ha sido renovado prácticamente en su totalidad.

El Colegio Santa Rosa de Lima se encuentra en una parcela de más de 23.000 m², con más de 13.000 m² construidos. Entre sus instalaciones destacan las aulas que están equipadas con pizarra digital y proyector, una amplia cancha cubierta en la que se pueden practicar actividades deportivas a lo largo de todo el año, además de otras canchas para fútbol y baloncesto en las diferentes plantas del colegio.

El centro cuenta también con un teatro con capacidad para 700 personas, sala de psicomotricidad, laboratorios específicos para biología, tecnología, física y química; aula de música, taller de plástica, aula de idiomas, de informática, multimedia, biblioteca, aulas de estudio, comedor, jardín y huerto escolar, entre otras instalaciones, en las que el alumnado puede aprender y compartir con sus compañeros.

• Descripción genérica de aulas

Existen 3 grupos de alumnos (A, B y C) para cada curso de la Educación Secundaria y cada uno posee su aula propia, existen por tanto, 12 aulas en la sección. Tal y cómo hemos podido observar, cada una de ellas cuenta con pizarra tradicional, pizarra digital, ordenador portátil, proyector, sistema de sonido integrado y un gran corcho en el cual los/as alumnos/as pueden colgar sus trabajos, pósters o dibujos. Los alumnos/as poseen cada uno su propio pupitre (con rejilla inferior para guardar material, puesto que no poseen taquillas) y silla individual, además de un iPad de uso exclusivamente lectivo, financiado por el propio Centro.

• Características generales del profesorado

En lo referente al número y características de los docentes, presentes en la plantilla del centro cabe comentar que, existen distinciones marcadas en cada etapa educativa concreta, por lo que pasaremos a comentarla de forma aislada. Entrando en aspectos más específicos del profesorado de secundaria que, además de tratarse del departamento concreto en el que he estado inmersa durante la puesta en práctica de este TFM, se trata de la etapa con mayor complejidad en lo que a plantilla se refiere. Existen cerca de dos profesores por cada especialidad que, sin embargo, no imparten únicamente la asignatura asociada a su especialidad en concreto sino que, por el contrario, desarrollan su actividad académica en un grupo de asignaturas de ramas similares. El departamento cuenta asimismo con dos docentes especializados en biología, dos en lengua castellana, dos en historia, uno en tecnología, otro en matemáticas y, finalmente, uno exclusivo para las sesiones de inglés. Por tanto, las asignaturas por curso se reparten de tal forma que, cada docente imparte su asignatura de especialidad en el mayor número de cursos posibles y, complementa estas horas con otras asignaturas de ramas similares, pero siendo impartidas siempre en cursos de bajo nivel.

En esta plantilla en concreto, encontramos dos tendencias bien diferenciadas, existiendo un grupo de docentes (aproximadamente la mitad), jóvenes cuya incorporación es notablemente reciente (1 año o 2 de experiencia en muchos casos); en contraposición a docentes de mediana edad cuya carrera laboral en el centro en cuestión llega incluso a los 20 años o más.

- **Características generales del alumnado**

En general cabe comentar que se trata de un alumnado que se siente a gusto en el centro, implicándose y comprometiéndose en las distintas actividades que se organizan en el mismo. El ritmo de aprendizaje no presenta anomalías destacables, siendo el rendimiento escolar, desde el punto de vista de los resultados, satisfactorio en su conjunto. Se detecta que, a la luz de las finalidades, son satisfactorios los niveles de desarrollo tanto cognitivo relacionados con los conocimientos, las destrezas intelectuales y la capacidad de expresión que adquieren sus alumnos, así como el desarrollo de su personalidad y la asimilación de los valores transmitidos en el centro como la vivencia de la justicia, espíritu crítico, la solidaridad, la tolerancia, etc...

Por otro lado, en lo referente a su distribución por niveles y grupos, encontramos que, la afluencia de alumnado en las diferentes etapas educativas se encuentra bastante equilibrada, al igual que entre los diferentes grupos de cada etapa en sí, contando en su mayoría con entre 17 y 22 alumnos/as.

4.2.Secuenciación de las actividades diseñadas

Con respecto a los aspectos fundamentales que se han tenido que programar previos a la puesta en práctica de la propuesta de intervención de este trabajo, caben comentar dos tareas bien diferenciadas: el diseño del proceso experimental (número de alumnos/as, grupos control, análisis estadístico posterior, etc.) y la confección de las propias sesiones y actividades que conformarán parte de la propuesta de mejora con respecto a el tratamiento del cambio climático y el ciclo de carbono en el aula.

Para el desarrollo de este trabajo hemos realizado las sesiones en dos grupos del nivel de Educación Secundaria Obligatoria del centro: 4ºB y 4ºC. Como medida propia del diseño de experimental y con el fin de brindar mayor fidelidad al seguimiento del método científico, hemos decidido tomar uno de los grupos como grupo control, recibiendo por tanto únicamente el otro grupo el tratamiento establecido para este trabajo (la propuesta de intervención sobre el cambio climático y el ciclo del carbono).

Asimismo, con este primer grupo denominado control, se han desarrollado una serie de sesiones de tipología tradicional expositiva, siguiendo de manera estricta los contenidos pautados por el libro virtual empleado habitualmente en el colegio para impartir la asignatura de biología y geología.

1º Sesión

Durante el desarrollo de la primera sesión se plantea, realizar como primera toma de contacto, una presentación oficial del profesorado que impartirá este módulo, puesto que no ha desarrollado actividad lectiva previa con el grupo en cuestión, empleando para ello como soporte o apoyo visual un documento tipo Power Point (.ppt) que incluye fotos de la profesora en cuestión en algunos de sus diferentes ámbitos profesionales y personales. Consideramos esta actividad realmente necesaria en vistas al correcto establecimiento de un vínculo afectivo sano que permita desarrollar una consiguiente relación educativa profesorado-alumnado, enriquecedora en ambos sentidos, creando asimismo un entorno de confianza para el alumnado que le permitirá, por ejemplo, preguntar una duda siempre que la tenga o expresar su opinión sin miedo al rechazo o a la burla durante las actividades que involucren debates abiertos en el aula. Además, durante esta introducción, el docente se preocupará de conocer asimismo en mayor profundidad a sus alumnos y alumnas preguntando acerca de sus nombres, aficiones, futuras aspiraciones, etc. Esta práctica sentará las bases de un clima recíproco en el cual prime el respeto y los intercambios de opinión, ambos sumamente importantes para generar un clima en el aula que propicie procesos de enseñanza-aprendizaje provechosos tanto para el alumnado como para el profesorado.

Seguidamente, al igual que ocurrirá con el alumnado del grupo experimental, se dará comienzo a la actividad central de esta sesión: los/as alumnos/as realizarán una pequeña prueba escrita tipo test en la que se pretende evaluar el nivel de conocimientos previos del alumnado en lo referente a aquellos conceptos relacionados con el cambio climático, el ciclo de carbono y la estrecha interdependencia existente entre ambos. La prueba se ha confeccionado siguiendo las premisas del modelo tipo test con el fin de garantizar dos premisas principales: en primer lugar, se pretende así facilitar el análisis de los datos a través del empleo de técnicas estadísticas que permitan realizar gráficas

para la rápida interpretación visual de los resultados; además, a través del empleo de esta metodología se fomenta un análisis objetivo de los datos, alejando este estudio de posibles sesgos o contaminación de los resultados a través de las interpretaciones de carácter más subjetivo que podrían derivar de la corrección, por el contrario, de preguntas de tipo eminentemente de desarrollo. Dicho documento se encuentra adjunto en el epígrafe de este trabajo denominado “seguimiento” y consta de un total de 23 preguntas, en su mayoría tipo test de respuesta única, aunque en algunas existe la opción de seleccionar varias respuestas correctas (respuesta múltiple); además, se incluye una última cuestión de tipo desarrollo corto en la que pretende conseguir que, a través del trabajo simultáneo de su expresión escrita, los/as alumnos/as consigan así mismo desarrollar su espíritu crítico y creativo, estableciendo posibles métodos a desarrollar para mitigar la problemática medioambiental derivada del cambio climático.

Asimismo, ya que, como hemos comentado con anterioridad, en este grupo control se impartirán las sesiones siguiendo una metodología primordialmente expositiva y, ciñéndonos a las indicaciones del libro empleado rutinariamente en el centro; se comenzará a desarrollar el temario recogido en la unidad 11 (La comunidad y el ecosistema) de Educamos, concretamente en el quinto epígrafe: Los ciclos biogeoquímicos globales. Asimismo, introducimos aunque de manera muy somera, el concepto de ciclo biogeoquímico, asociado a su correspondiente definición, al igual que en el caso de compartimentos de stock y flujos de materia entre los diferentes depósitos.

Finalmente, como cierre para la sesión se tratará de obtener de los/as alumnos/as algún tipo de opinión o *feedback* acerca de cómo les han parecido las diferentes actividades realizadas, marcando además nuevas pautas para el desarrollo de la siguiente sesión.

Tarea	Introducción a los ciclos biogeoquímicos
Temporalización	50 minutos
Objetivo general	Indagar sobre los conocimientos previos del alumnado en referencia a los temas tratados en este trabajo.
Contenidos	1.Aspectos básicos generales acerca del ciclo biogeoquímico del carbono.
Competencias	1.Comunicación lingüística 2.Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología
Materiales	Proyector, pizarra digital, pizarra tradicional, ordenador con conexión estable a internet y test evaluativos para conocimientos previos.

2º Sesión

Seguidamente, durante la segunda sesión del grupo control, se plantea seguir explicando los contenidos referentes a los ciclos biogeoquímicos ciñéndonos estrictamente al planteamiento presente en el libro del aula (entre las páginas 1694 y 1704, Biología y Geología, Educamos, SM).

Según se expone en el quinto punto “Los ciclos biogeoquímicos globales” de la unidad once (“La comunidad y el ecosistema”), la docente realiza una sesión expositiva más profunda de carácter tradicional, que comienza con una breve introducción al concepto de ciclo biogeoquímico para, seguidamente, presentar al aula otra serie de conceptos fundamentales ligados a este proceso, tales como la ley de la *conservación de la materia*, los grandes *compartimentos* del sistema Tierra (biosfera, hidrosfera, atmósfera y geosfera), *stock* de un elemento y *flujo* del mismo a través del ciclo.

Una vez se ha considerado que el alumnado a integrado de manera efectiva estas nuevas ideas en sus esquemas conceptuales propios, se sumerge ahora sí de lleno la sesión en la exposición de las características y funcionamiento del ciclo biogeoquímico del carbono. Para ello, se emplea la imagen proporcionada por el propio libro para facilitar la comprensión visual del alumnado, mientras, además, la docente realiza un esquema en la pizarra que recoge todos los procesos básicos propios del funcionamiento natural del ciclo en condiciones normales de equilibrio, clasificándolos a su vez en procesos emisores (envían CO_2 a la atmósfera) y fijadores (retienen CO_2 de la atmósfera), siendo esta última clasificación realizada siguiendo las respuestas del propio alumnado, con el fin de poder establecer la correcta o incorrecta comprensión de los procesos expuestos, así como de los criterios que permiten discernir la función de los mismos. Finalmente, en vistas al empleo de este esquema como material completo para el estudio del tema, se añade en cada proceso citado, los compartimentos a los que afecta y el sentido del flujo que tiene lugar entre ambos.

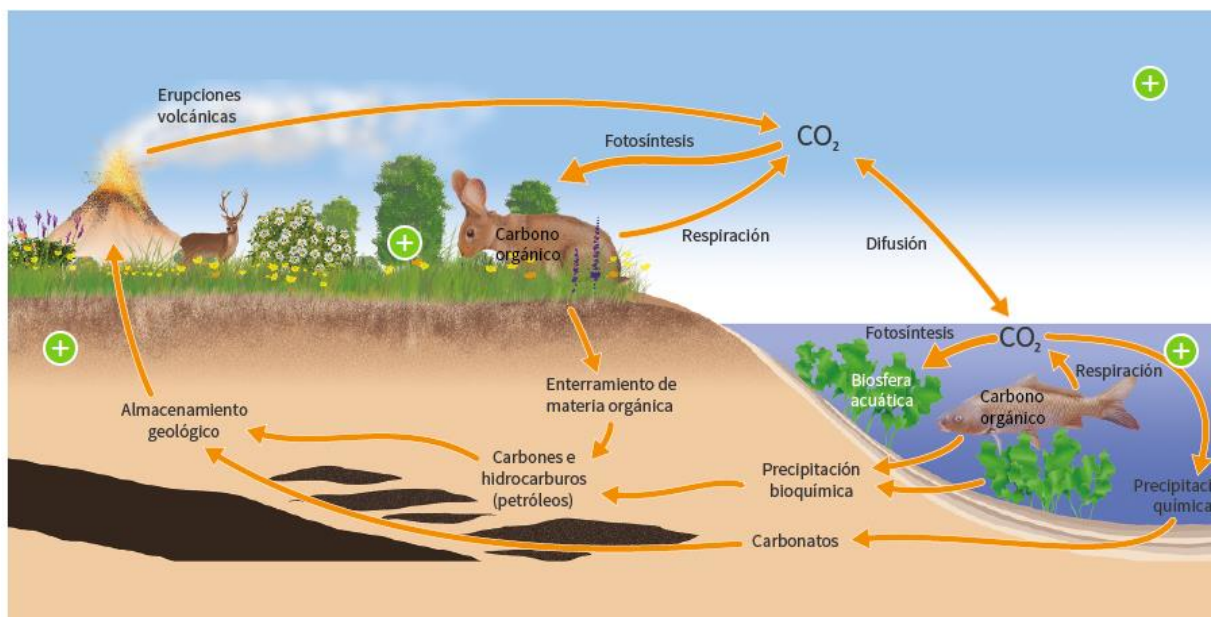


Imagen 11.- Ciclo del carbono, según *Biología y Geología de Educamos*, Editorial SM, página 1699. Imagen que representa los procesos que permiten el flujo cíclico del carbono de unos compartimentos a otros del sistema Tierra. (Sm, 2022).

Cabe asimismo comentar que, de manera simultánea a la exposición, se desarrolla de manera conjunta la resolución de las breves actividades propuestas en el libro, aprovechando la ocasión para resolver las posibles dudas o concepciones erróneas que hayan podido surgir entorno a los conceptos tratados en las mismas.

Como actividad de cierre y, con el fin además de liberar cierto peso de la elevada carga expositiva de la sesión (que puede asimismo derivar en la pérdida de atención generalizada en el grupo) se extrae de la plataforma Youtube cierto material audiovisual, que es a su vez proyectado a través de la pizarra digital (<https://youtu.be/jQFSCmSu5XM>). Este vídeo servirá para, a través de un formato más lúdico, afianzar los contenidos acerca de los procesos que regulan el funcionamiento del ciclo tratado durante la sesión. Cabe comentar que no se realizará la visualización total de este material, sino que por el contrario, esta se limitará al el minuto 1:08, con el fin de respetar nuestra premisa de no tratar en este grupo la repercusión que generan las alteraciones antrópicas de este ciclo en el cambio climático global.

Tarea	Introducción a los ciclos biogeoquímicos y ciclo del carbono
Temporalización	55 minutos
Objetivo general	1.Comprender las características generales de un ciclo biogeoquímico. 2.Conocer los procesos ligados al fujo de materia en el ciclo del carbono.
Contenidos	1.Conceptos ciclos biogeoquímico: compartimento, flujo y stock. 2.Ciclo del carbono: clasificación de flujos según emisión o fijación.
Competencias	Comunicación lingüística, competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.
Materiales	Proyector, pizarra digital, pizarra tradicional y ordenador con conexión estable a internet.

3º Sesión

Durante la tercera sesión establecida para el grupo control, puesto que durante las dos sesiones previas hemos finalizado el tratamiento de los conceptos referentes a los ciclos biogeoquímicos en líneas generales y, concretamente, el ciclo del carbono; enfocaremos ésta al estudio de otro ciclo biogeoquímico recogido en el libro del aula: el ciclo del nitrógeno.

Para el desarrollo de esta temática seguiremos las mismas pautas planteadas durante la sesión destinada al ciclo del carbono; una clase magistral teórica de tipo expositivo en la cuál se presentarán al alumnado los diferentes procesos que engloban el flujo de nitrógeno a través de su ciclo biogeoquímico. Se empleará además de apoyo audiovisual la diapositiva referente al tratamiento de este ciclo propia del libro, al igual que una serie de esquemas realizados por la docente en la pizarra, que podrán ser a su vez utilizados por el alumnado como material de estudio.

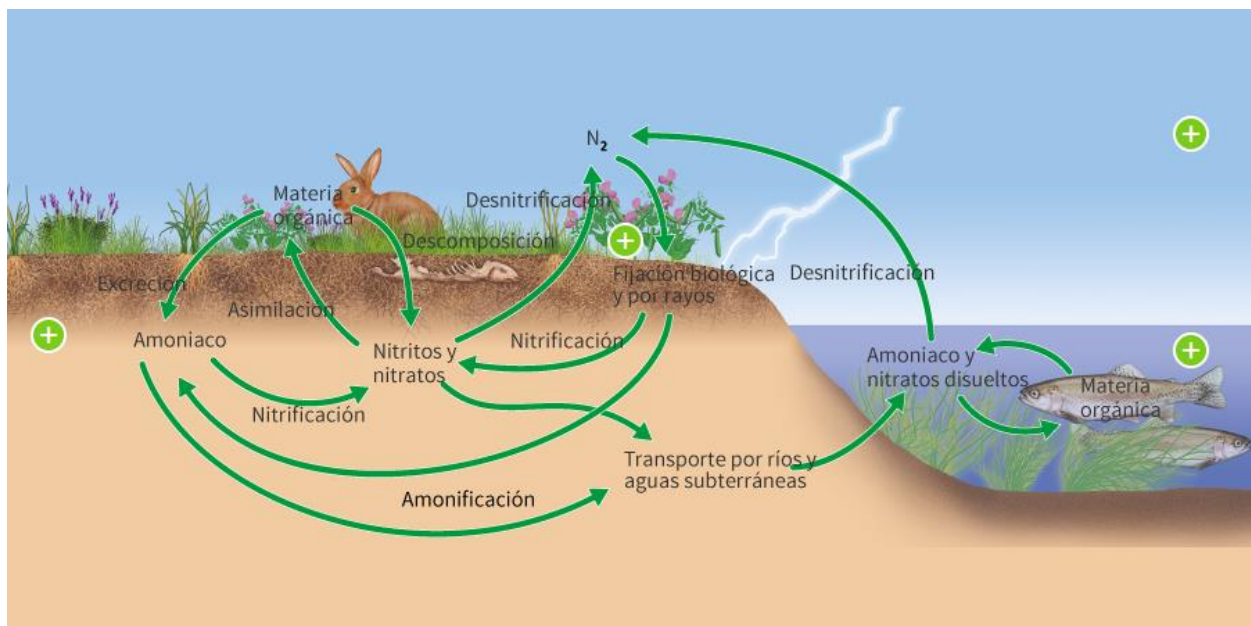


Imagen 12.- Ciclo del nitrógeno, según *Biología y Geología de Educamos*, Editorial SM, página 1700. Imagen que representa los procesos que permiten el flujo cíclico del nitrógeno de unos compartimentos a otros del sistema (Sm, 2022).

Asimismo, al igual que ocurrió con el ciclo del carbono, visualizaremos de manera conjunta en el aula un vídeo acerca de los diferentes compartimentos que actúan como almacén de nitrógeno, así como los diferentes flujos de materia que tienen lugar entre los mismos (<https://youtu.be/DUevEzN804Q>). De esta manera, podremos afianzar algunos conceptos de una manera más lúdica, o ayudar a la visualización explícita de los procesos por parte del alumnado que se incline más o incluso requiera este tipo de aprendizaje visual.

Seguidamente, se instará al alumnado a realizar de manera autónoma e individual las actividades recogidas en las páginas finales de este tema concreto del libro, puesto que todas hacen referencia a conceptos tratados en el aula durante estas dos sesiones. De esta manera, podemos comprobar la correcta adquisición de los contenidos por parte del alumnado, a la par que detectamos posibles dudas o errores conceptuales que estamos todavía a tiempo de corregir. Una vez hayan finalizado el trabajo individual realizaremos una puesta en común de los resultados propuestos, aprovechando este momento para intercambiar ideas tanto con otros compañeros del aula como con el propio docente.

Finalmente, puesto que ya se ha impartido, tal y como se había planteado inicialmente, toda la materia referente al ciclo de carbono requerida para su estudio de este grupo; se plantea la realización de un test para la evaluación de conocimientos adquiridos (presente en el apartado “Plan de seguimiento” de este preciso documento).

Tarea	Funcionamiento básico del ciclo del nitrógeno.
Temporalización	50 minutos.
Objetivo general	1.Comprensión de los aspectos básicos que rigen el funcionamiento del nitrógeno (compartimentos y procesos de flujo).
Contenidos	1.Ciclo biogeoquímico del nitrógeno (compartimentos de almacén y flujo de la materia).
Competencias	Comunicación lingüística, competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.
Materiales	Proyector, pizarra digital, pizarra tradicional, ordenador con conexión estable a internet.

4º Sesión

Durante esta última sesión, para evitar agravios comparativos entre ambos grupos y, puesto que ya han realizado el pertinente test que nos permitirá posteriormente extraer resultados fiables acerca de nuestra hipótesis; hemos decidido desarrollar con este grupo aquellas actividades de carácter más lúdico que previamente habíamos trabajado con el grupo experimental. Asimismo, la implementación de estas herramientas nos permitirá establecer también con este grupo una relación conceptual entre el ciclo del carbono y los desequilibrios de éste, ligados al cambio climático; con el fin de no privar al alumnado de estos conocimientos que, como hemos ya comentado ampliamente a lo largo de este documento, resultan tan importantes para generar conciencia y compromiso ambiental.

Asimismo, se comienza visualizando el modelo tridimensional del ciclo del carbono, aprovechando esta ocasión para repasar y concretar aspectos referentes a los flujos emisores y fijadores, así como a las distintas formas químicas de almacenamiento en los correspondientes compartimentos. Seguidamente, afianzando aún más los diferentes procesos o rutas que permiten el movimiento del carbono a lo largo de su ciclo biogeoquímico, se pone en práctica la actividad “The incredible journey through the carbon cycle”, en la cuál los/as alumnos/as hacen las veces de átomos de carbono que, en función de los diferentes mecanismos, se mueven a través de los “compartimentos” creados en el aula. Finalmente, se emplea el laboratorio virtual para, al igual que en el otro grupo, observar de una manera más precisa cómo las modificaciones en la quema de combustibles fósiles y la tasa de deforestación pueden afectar la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera; y ésta a su vez repercutir en las condiciones climáticas globales.

A modo de actividad de cierre para esta sesión, se pedirá a los alumnos y alumnas que se organicen en pequeños grupos y busquen algo de información acerca de alguna problemática de índole climática que resulte preocupante para ellos. Esta información puede ser desde una imagen o vídeo hasta un texto del cuál hayan decidido resaltar algún aspecto, y se reservarán los últimos minutos de la hora de clase para realizar una breve exposición grupal y puesta en común acerca de lo encontrado.

Tarea	Relación entre el ciclo del carbono y el cambio climático.
Temporalización	50 minutos.
Objetivo general	Profundizar y explicitar la relación existente entre los desequilibrios de los flujos del ciclo del carbono y el cambio climático.
Contenidos	1.El ciclo del carbono: compartimento y flujos. 2.Concentración de CO ₂ atmosférico ligado a la actividad humana. 2.El cambio climático y su relación con el ciclo del carbono.
Competencias	Comunicación lingüística, competencia matemática, competencias sociales y cívicas y competencias básicas en ciencia y tecnología.
Materiales	Proyector, pizarra digital, pizarra tradicional, ordenador con conexión estable a internet y visor tridimensional instalado en el mismo, dispositivos electrónicos del alumnado conectados a la red.

Por otro lado, con el grupo experimental, como es lógico, se ha seguido un procedimiento totalmente diferente, aplicando una serie de actividades específicas diseñadas especialmente a través del uso de plataformas digitales para propiciar una integración y asimilación conjunta de los conceptos de cambio climático y ciclo del carbono por parte del alumnado, como resultado de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Estas actividades se encuentran enmarcadas dentro de las sesiones lectivas que serán descritas a continuación:

1º Sesión

Al igual que sucedió con el denominado grupo control, durante el desarrollo de la primera sesión se plantea, inicialmente como punto de partida o primera toma de contacto, realizar una presentación oficial del profesorado que impartirá este módulo, puesto que no ha desarrollado actividad lectiva previa con el grupo. Para ello se emplea como soporte o apoyo visual un documento tipo Power Point (.ppt) que incluye fotos de la profesora en cuestión en algunos de sus diferentes ámbitos profesionales y personales. Consideramos esta actividad necesaria en vistas a establecer un vínculo afectivo lo suficientemente sano para desarrollar una relación educativa profesorado-alumnado, provechosa y

enriquecedora en ambos sentidos, creando asimismo un clima abierto de confianza que repercutirá positivamente en el desarrollo de procesos de enseñanza y aprendizaje. Además, durante esta introducción, el docente se preocupará de conocer asimismo en mayor profundidad a sus alumnos y alumnas preguntando acerca de sus nombres y aficiones, con el fin de crear un entorno recíproco en el cual prime el respeto y los intercambios de opinión, aspectos sumamente importantes para establecer una correcta gestión del clima en el aula.

Seguidamente, se llevará a cabo, la realización por parte de los alumnos y alumnas de un test confeccionado para medir su nivel de conocimientos previos acerca de aquellos conceptos referentes al cambio climático, el ciclo de carbono y la estrecha relación existente entre ambos. Este test en cuestión es exactamente el mismo que fue empleado con el grupo control, permitiendo por tanto establecer futuras comparaciones entre los puntos de partida y los puntos finales de ambos grupos tras la realización de las sesiones ligadas a la propuesta de intervención propia de este Trabajo de Fin de Máster.

Finalmente, durante los últimos minutos de la sesión se pretende realizar una puesta en común acerca de estos conocimientos previos acerca de los temas tratados en el test, además de identificar de manera conjunta aquellas preguntas que hayan podido suponer un reto de mayor dificultad para el alumnado, con el fin de emplear estas debilidades como puntos de partida en los cuáles realizar hincapié durante las sesiones posteriores. Además, como cierre para la sesión se tratará de obtener de los/as alumnos/as algún tipo de opinión feedback acerca de cómo les han parecido las diferentes actividades realizadas, marcando además nuevas pautas para el desarrollo de la siguiente sesión.

Tarea	Realización de test diagnóstico acerca de los conocimientos previos del alumnado y puesta en común de las principales dificultades enfrentadas durante el mismo.
Temporalización	50 minutos
Objetivo general	Indagar sobre los conocimientos previos del alumnado en referencia a los temas tratados en este trabajo, con el fin de establecer una base común a partir de la cuál comenzar a construir nuevos aprendizajes.
Contenidos	1.Aspectos básicos generales acerca del ciclo biogeoquímico del carbono 2.Concepto de cambio climático. Principales causas y consecuencias.
Competencias	1.Comunicación lingüística 2.Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología
Materiales	Proyector, pizarra digital, pizarra tradicional, ordenador con conexión estable a internet y test evaluativos para conocimientos previos.

2º Sesión

La segunda sesión planteada para el grupo experimental como desarrollo de la propuesta de intervención ligada a este Trabajo de Fin de Máster, inicia con una lectura conjunta de un texto que recoge valiosos datos acerca de la importancia del ciclo del carbono en la regulación del clima de la Tierra, así como sus alteraciones en el agravio del cambio climático global. El alumnado lee de forma voluntaria, alternándose al finalizar cada párrafo. La docente aprovecha esta pausa para realizar comentarios, resaltar conceptos o aclarar dudas derivadas de lo leído hasta entonces.

“Las actividades humanas han perturbado el ciclo mundial de carbono

Antes de la Revolución Industrial, alrededor de 1750, el ciclo mundial del carbono estaba en estado estable. Enormes cantidades de carbono se movían hacia la atmósfera, el océano y los ecosistemas terrestres y desde éstos, pero estos movimientos dentro del ciclo global del carbono se cancelaban entre sí.

Desde 1750, la sociedad industrial ha requerido mucha energía y se han quemado cantidades cada vez mayores de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) para obtener dicha energía. Esta tendencia, junto con una mayor combustión de madera como combustible y la quema de grandes secciones de bosques tropicales, ha liberado CO₂ a la atmósfera a un ritmo más grande del que el ciclo del carbono puede manipular.

Los océanos de la Tierra absorben la mayor parte de este exceso de CO₂. En el océano algo del CO₂ disuelto se convierte en ácido carbónico (H₂CO₃), que vuelve ácidas las aguas oceánicas superficiales. Según una investigación publicada en 2003 en la revista Nature, el pH de las aguas superficiales modernas es aproximadamente un 0,1 menor de lo que era en la época preindustrial, y los modelos pronostican hasta 1,4 unidades de acidificación adicional durante los próximos 300 años. La acidificación del océano daña a los organismos marinos, en particular a aquellos que producen esqueletos y conchas de carbonato de calcio (CaCO₃), el cual se disuelve en presencia de ácido.

El nivel de CO₂ atmosférico se incrementó notablemente a principios de la segunda mitad del siglo XX, y este aumento de CO₂ parece haber iniciado los cambios inducidos por los humanos en el clima mundial. El cambio en el clima mundial puede resultar en un aumento del nivel del mar, cambios en los patrones de precipitación pluvial, muerte de bosques, extinción de organismos y problemas para la agricultura.

Además, podría forzar el desplazamiento de miles e incluso millones de personas, en particular de las zonas costeras.” (Solomon et al., Biología, 2013.)

Al finalizar esta lectura, se realizan las actividades asociadas a la misma, presentes en el libro de la asignatura. Se procede de la siguiente forma: la docente lee en voz alta las cuestiones, una a una, y los alumnos, bien sea de manera individual o conjunta, se elaboran una respuesta que es a su vez comentada para el resto de la clase; todo ello con objeto de asegurar una correcta comprensión de los aspectos tratados en el texto. Seguidamente, se brinda un breve pero enriquecedor espacio para el debate y el intercambio de aquellas opiniones o impresiones que hayan podido surgir a raíz de esta actividad. Además, cabe comentar que, durante la realización de estas sesiones en el aula, los/as alumnos/as aprovecharon este periodo para comentar con curiosidad una serie de cuestiones ampliamente interesantes referentes a problemáticas asociadas al cambio climático, pidiendo información o explicaciones más concretas acerca de estos fenómenos, que les es inmediatamente facilitada (agujero en la capa de ozono, efecto invernadero, aumento del nivel del mar, etc.).

A continuación, se comienza a impartir el contenido referente a las características generales o nociones básicas sobre los componentes y funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos. Esta sección se desarrolla de manera expositiva, desarrollando la profesora una serie de esquemas y dibujos en la pizarra para ayudar a los/as alumnos/as con la visualización de los conceptos. De esta manera, se introduce al alumnado la idea de conservación de la materia ligada a los ciclos biogeoquímicos, los diferentes compartimentos disponibles para la acumulación de elementos químicos en la naturaleza (biosfera, hidrosfera, geosfera y atmósfera), el concepto de stock disponible en un compartimento y los flujos que se establecen entre ellos.

Una vez finalizada esta sección expositiva, se introduce ya de lleno al grupo en la temática referente al ciclo biogeoquímico del carbono, proyectando para ello de manera inicial un vídeo orientado a la explicación, con un nivel de detalles medio, de la existencia de dos ciclos del carbono interrelacionados: el ciclo del carbono lento y rápido; así como los principales procesos que rigen el funcionamiento de cada uno de ellos (<https://youtu.be/J56rPgdEbVA>). Se trata, además, de un material audiovisual muy completo, que permite la visualización por parte del alumnado de procesos que, por lo general, suele tener dificultades para comprender, sobre todo porque, o bien ocurren a escala de tiempo geológico (formación de rocas sedimentarias, movimientos de placas tectónicas, etc.) o, por el contrario, tienen lugar en contextos espaciales desconocidos para ellos, como por ejemplo, las profundidades oceánicas.

Finalmente, la última actividad de la sesión versa en el empleo de un modelo tridimensional interactivo que recoge de manera visual, con la posibilidad e incluir asimismo apoyo auditivo, los diferentes procesos que regulan la emisión y fijación de carbono a lo largo su ciclo biogeoquímico. (Enlace para el acceso al contenido mencionado:https://www.mozaweb.com/es/Extra-Escenas_3D-Ciclo_del_carbono-47084). A través de este modelo, se estudian, durante esta sesión, los principales procesos encargados de emitir carbono a la atmósfera, haciendo hincapié en la presencia de desequilibrios difícilmente corregibles, derivados de la presencia de la actividad antrópica (tráfico, industria, quema de bosques, etc.) como emisora no natural del ciclo. Los aspectos comentados son finalmente enumerados a través de un esquema que la profesora realiza en la pizarra, mediante la puesta en común y participación activa del alumnado en el aula.

Tarea	El cambio climático y la emisión de CO ₂ en el ciclo del carbono.
Temporalización	55 minutos.
Objetivo general	Conocer aspectos fundamentales de un ciclo biogeoquímico. Conocer el impacto de la acción antrópica en el ciclo del carbono. Comprender cómo las variaciones del ciclo pueden acelerar el cambio climático.
Contenidos	Conceptos ciclos biogeoquímico: compartimento, flujo y stock. Ciclo del carbono: procesos de emisión. Relación entre el ciclo de carbono y el cambio climático.
Competencias	Comunicación lingüística, competencia matemática, competencias sociales y cívicas y competencias básicas en ciencia y tecnología.
Materiales	Proyector, pizarra digital, pizarra tradicional, ordenador con conexión estable a internet y visor tridimensional instalado en el mismo.

3ª Sesión

Retomando lo tratado durante la sesión previa, se conecta el visor tridimensional empleado en la misma para la representación de los procesos emisores del ciclo del carbono; asimismo, es realizado nuevamente por la profesora en la pizarra el esquema representativo de los procesos que producen los flujos de carbono a través de los diferentes compartimentos en este ciclo biogeoquímico en cuestión.

A continuación, se sigue avanzando en la explicación de los procesos que rigen el ciclo biogeoquímico, haciendo hincapié esta vez en la profundización a favor de los procesos fijadores de carbono. Al igual que ocurrió durante la sesión previa, la visualización guiada del modelo, acompañada de su consiguiente exposición, es cumplimentada a través de la recogida dentro del esquema inicial de aquellos aspectos tratados, mediante la puesta en común y participación activa del alumnado en el aula.

Seguidamente, con el fin de afianzar y repasar los conceptos referentes al flujo del carbono a través de los diferentes compartimentos del ciclo, haciéndolo además de una manera lúdica que cree recuerdos de valor en el alumnado, haciendo así que este aprendizaje adquiera un carácter más significativo y motivacional, se introduce el juego “The incredible journey through the carbon cycle”, una actividad creada por los investigadores Phil Smith (Joshn Innes Centre, Reino Unido) y Francesca Ugolini (Istituto di Biometereologia-CNR, Italia). Esta actividad consiste en el establecimiento inicial de una serie de grupos de alumnos/as que representarán átomos de carbonos encuadrados en una localización concreta del aula que a su vez hará las veces de compartimentos de almacenamiento en el ciclo (biosfera, hidrosfera, geosfera y atmósfera), seguidamente, se dará por comenzado el ciclo y se instará al alumnado a moverse de un compartimento a otro según el procedimiento de flujo que le haya sido asignado (respiración, fotosíntesis, etc.). Además, trataremos durante este ejercicio de trabajar de manera simultánea el cambio climático estableciendo pautas como podrían ser el aumento de la quema de combustibles fósiles o la tala de árboles, e instando al alumnado a que se mueva en consecuencia con las mismas. Una vez finalizadas varias etapas, se realiza una observación común de los resultados obtenidos, unida a la consecuente extracción de conclusiones al respecto.

La siguiente actividad versará en el empleo de un laboratorio interactivo para observar de una manera más precisa cómo las modificaciones en la quema de combustibles fósiles y la tasa de deforestación pueden afectar la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera. Tal y como alertan varios autores, los experimentos son ampliamente importantes en el estudio de la ciencia, hasta tal punto de que el alumnado general sólo desarrolla actitudes y habilidades científicas cuando él mismo tiene un papel investigador activo en las actividades desarrolladas. (Enlace de acceso al material citado: file:///C:/Users/Angela/Desktop/Archivos%20acad%C3%A9micos/Universidad/M%C3%A1ster_Educaci%C3%B3n/TFM/Lab_Carbono.html). Una vez finalizado el desarrollo de este ejercicio, se planteará al alumnado realizar una puesta en común acerca del experimento desarrollado y como éste evidencia la problemática climática actual derivada de la acción antrópica postindustrial; así como resolver las posibles dudas que hayan podido surgir durante la sesión.

Finalmente, se facilita a los/as alumnos/as el test de conocimientos adquiridos propio de la propuesta de intervención ligada al trabajo de investigación e innovación desarrollado en este Trabajo de Fin de Máster.

Tarea	Procesos fijadores de carbono. Repercusiones en el medio ambiente.
Temporalización	50 minutos.
Objetivo general	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comprender los diferentes procesos encargados de la fijación del carbono en su ciclo biogeoquímico. 2. Afianzar los conocimientos acerca de los flujos de carbono. 3. Reflexionar acerca del papel que juega la actividad antrópica en el cambio climático a través de la modificación en el ciclo del carbono.
Contenidos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Procesos de fijación del carbono. 2. Concentración de CO₂ atmosférico ligado a la actividad humana.
Competencias	Comunicación lingüística, competencia matemática, competencias sociales y cívicas y competencias básicas en ciencia y tecnología.
Materiales	Proyector, pizarra digital, pizarra tradicional, ordenador con conexión estable a internet y visor tridimensional instalado en el mismo.

4º Sesión

Finalmente, como actividad de cierre para este bloque de sesiones y, al igual que sucedió con el grupo control, se pedirá a los alumnos y alumnas que se organicen en grupos más o menos homogéneos y busquen algo de información cualquier problemática de índole climática que conozcan. Esta información puede ser desde una imagen o vídeo hasta un texto del cuál hayan decidido resaltar algún aspecto, y se reservarán los últimos minutos de la hora de clase para realizar una breve exposición grupal y puesta en común; profundizando en el trasfondo científico de cada problemática seleccionada.

Asimismo, con el fin de afianzar todavía más si cabe, los contenidos adquiridos a lo largo de este bloque, se propondrá al alumnado que, una vez hayan finalizado las exposiciones, realicen en breve resumen de la temática principal subyacente al desarrollo de este Trabajo de Fin de Máster: ¿qué relación existe entre el cambio climático y el ciclo del carbono?, asociada a una puesta en común acerca de cómo las acciones antrópicas pueden influir positiva o negativamente en las problemáticas medioambientales actuales.

Tarea	Ciclo del nitrógeno y problemáticas climáticas.
Temporalización	50 minutos.
Objetivo general	1.Comprensión de los aspectos básicos que rigen el funcionamiento del nitrógeno (compartimentos y procesos de flujo). 2.Profundizar en algunas problemáticas climáticas generales.
Contenidos	1.Ciclo biogeoquímico del nitrógeno (compartimentos de almacén y flujo de la materia). 2.Problemas medioambientales asociados al cambio climático.
Competencias	Comunicación lingüística, competencia matemática, competencias sociales y cívicas y competencias básicas en ciencia y tecnología.
Materiales	Proyector, pizarra digital, pizarra tradicional, ordenador con conexión estable a internet y visor tridimensional instalado en el mismo, dispositivos electrónicos del alumnado conectados a la red.

4.3. Plan de seguimiento.

En lo referente al plan de seguimiento empleado para la fundamentación de la propuesta de intervención y la obtención y análisis de los resultados obtenidos como producto de la realización de este Trabajo de Fin de Máster, cabe comentar que la evaluación asociada a la adecuación de las actividades confeccionadas en la persecución de la mejora educativa en el tratamiento del cambio climático y el ciclo del carbono en el agua; se ha llevado a cabo a través de la realización por parte del alumnado de pruebas de tipo test en ambos grupos.

De esta manera, se han diseñado cuidadosamente dos documentos evaluativos. En primer lugar, se ha facilitado a los/as alumnos/as cuestionario previo al desarrollo de las actividades relacionados con la propuesta de innovación, confeccionado con el objetivo de diagnosticar el nivel general del grupo o los distintos niveles existentes en el mismo acerca de la integración de los conocimientos referentes a los ciclos biogeoquímicos y el cambio climáticos, así como las posibles concepciones previas presentes en los esquemas cognitivos del alumnado.

Posteriormente, se ha empleado el mismo cuestionario durante el desarrollo de la última sesión, con el fin de poder observar si, empleando la metodología propuesta en este trabajo, se han podido observar mejoras en cuanto al nivel del alumnado acerca de los temas medioambientales aquí tratados, incluyendo en el mismo, además, preguntas específicas que permitan discernir entre una comprensión superficial de los conceptos y una visión integrada de los conceptos que rigen el funcionamiento de la maquinaria climática global a través de los procesos propios de los ciclos biogeoquímicos de los diferentes elementos. Asimismo, se incluye en este último test un apartado específico destinado a la evaluación de aspectos emocionales y motivacionales relacionados con el empleo de plataformas digitales interactivas, como los laboratorios interactivos o la modelización tridimensional.

Tal y como se verá en apartados posteriores, este estudio versa sus resultados en la revisión de estos documentos, tanto en la comparación de los test iniciales con los test finales de una misma aula, obteniendo entonces información acerca de la adquisición de conocimientos en cada grupo de forma aislada tras el desarrollo de ambos planes de actuación; así como en la comparación entre sí de los resultados obtenidos por ambos grupos, pudiendo de esta manera obtener conclusiones referentes a la mayor o menor eficacia y adecuación de uno de los procedimientos seguidos frente a su homólogo.

Se adjuntan a continuación tanto el test referente a la adquisición de conocimientos acerca del cambio climático y ciclo del carbono, como el destinado a conocer el nivel de satisfacción del alumnado acerca de la metodología predominantemente empleada durante el desarrollo de las diferentes sesiones siendo, como ya hemos comentado en apartados anteriores, de carácter meramente expositivo en un grupo y, en contraposición, interactivo, empleando recursos digitales y gammificación, en el otro.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

- 1. Materias de la ESO en la que te han hablado acerca del cambio climático**
 - a. Geografía e Historia.
 - b. Historia y Geografía de Canarias.
 - c. Biología y Geología.
 - d. Física y Química.
 - e. Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional.
 - f. Otra (indica cual):

- 2. Señala las afirmaciones verdaderas.**
 - a. La materia circula en los ecosistemas en ciclo sin principio ni final
 - b. A lo largo del ciclo de la materia se producen pequeñas pérdidas de la materia disponible.
 - c. Desde el nivel de los productores, la materia solo puede pasar al nivel de los descomponedores si el organismo muere.
 - d. El ciclo de energía en el ecosistema es abierto y unidireccional.

- 3. El flujo de energía depende de la continua entrada de la misma desde el sol a los ecosistemas. ¿Cuáles podrían ser las posibles respuestas correctas?**
 - a. La materia, para moverse a lo largo del ciclo, requiere energía (como cualquier movimiento o transformación), por eso se necesita un constante aporte de energía al sistema.
 - b. El ciclo de la materia tal y como lo conocemos (moléculas de carbono por ejemplo) funciona independientemente de la existencia o ausencia del sol.

- 4. Dónde podríamos encontrar un mayor cúmulo de carbono**
 - a. Ecosistema maduro.
 - b. Ecosistema joven.
 - c. Depende de muchos otros factores.

- 5. ¿Qué hecho se señala como punto de inicio de la alteración del ciclo mundial del carbono?**
 - a. La aparición de los primeros homínidos.
 - b. La revolución industrial.
 - c. La creación del tren de vapor.
 - d. La llegada de la electricidad.
 - e. La invención de los primeros automóviles.

- 6. La mayor parte del exceso de CO₂ producido va a parar a los océanos ¿Qué consecuencias tiene este hecho?**
- Se trata de un fenómeno puramente beneficioso porque los peces se pueden alimentar directamente de este carbono.
 - El agua se vuelve más básica debido a su disolución en el agua.
 - Las conchas y esqueletos carbonados de los organismos se disuelven.
- 7. ¿Crees que parte del carbono liberado a la atmósfera como exceso de CO₂ puede perderse de algún modo?**
- Siguiendo las leyes de conservación de la materia, la respuesta es no.
 - En las capas altas de la atmósfera este carbono puede escapar del planeta debido a la debilidad de la fuerza gravitatoria a estas grandes distancias.
 - Se puede perder si es consumido por organismos autótrofos como las plantas.
 - Se puede perder al reaccionar como el oxígeno del aire o el agua de los océanos, dando lugar a compuestos no nocivos.
- 8. Señala las afirmaciones verdaderas.**
- En los ciclos biogeoquímicos siempre hay la misma cantidad total de materia circulando de unos compartimentos a otros.
 - Los ciclos biogeoquímicos son dos: el del nitrógeno y el carbono.
 - La tendencia de los ciclos es a mantenerse en desequilibrio a favor de la biosfera.
 - En los ciclos biogeoquímicos las moléculas pueden pasar de unos compartimentos a otros, pero el total de átomos permanece constante en el conjunto de la Tierra.
- 9. ¿Qué diferencia hay entre un stock y un flujo en un ciclo biogeoquímico?**
- El primero es cerrado y el segundo es abierto.
 - El primero se mide en unidades de masa y el segundo en masa por tiempo.
- 10. ¿Qué relación existe entre el carbono de la atmósfera y el de la hidrosfera?**
- No existe ninguna relación
 - En la atmósfera la forma más abundante de carbono es el dióxido de carbono, en la hidrosfera es el ion carbonato. El carbono pasa de un compartimento a otro por disolución y precipitación.
 - Tanto en la atmósfera como en la hidrosfera la forma más abundante de carbono es el dióxido de carbono, que pasa de un compartimento a otro por difusión gaseosa.
 - La forma más abundante del carbono en la atmósfera es el dióxido de carbono. En la hidrosfera la forma más abundante de este elemento es el

carbono orgánico que forma parte de los seres vivos y se incorpora al ecosistema mediante la fotosíntesis.

11. ¿Cómo puede pasar el carbono gaseoso a la biosfera?

- a. Mediante difusión pasiva.
- b. Por precipitación.
- c. Por absorción directa de las plantas durante la fotosíntesis.
- d. A través del proceso de respiración de los seres vivos.

12. ¿Cómo se llama la capa de gases que rodea el planeta?

- a. Litosfera
- b. Atmósfera

13. La atmósfera está dividida en varias capas. ¿Cómo se llama la capa más cercana la superficie?

- a. Exosfera
- b. Troposfera
- c. Estratosfera

14. ¿El efecto invernadero es un proceso natural?

- a. No
- b. Sí
- c. No sé

15. ¿El efecto invernadero es positivo para la vida en nuestro planeta?

- a. No
- b. Sí
- c. No sé

16. Señala qué gases producen el efecto invernadero

- a. Oxígeno
- b. Dióxido de carbono
- c. Óxido nitroso
- d. Metano
- e. Ozono
- f. Compuestos clorofluorocarbonados (CFCs, HCFC, etc.)
- g. Vapor de agua

17. ¿El clima de la Tierra ha variado a lo largo de la historia geológica?

- a. Sí
- b. No
- c. No sé

18. ¿Piensas que el cambio climático es una amenaza?

- a. Sí
- b. No
- c. No sé

19. Señala causas del calentamiento global

- a. El sol
- b. La emisión constante del dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero
- c. La atmósfera

20. Señala las consecuencias del cambio climático

- a. Aumento de la temperatura media del planeta
- b. Aumento de huracanes, sequías, incendios, etc.
- c. Fusión de los polos
- d. Cambios ecosistémicos
- e. Aumento del nivel del mar
- f. Efecto invernadero
- g. El cambio climático no tiene consecuencias a corto plazo

21. El cambio climático actual es:

- a. Un proceso natural
- b. Un proceso debido a la acción antrópica

22. ¿Crees que tú puedes hacer algo para luchar contra el cambio climático?

- a. Sí
- b. No
- c. No sé

23. En caso de que hayas contestado que sí a la pregunta anterior, indica qué harías tú para luchar contra el cambio climático:

CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS Y SATISFACIÓN

Para evaluar la adquisición de contenidos por parte del alumnado se emplearán las mismas 23 preguntas recogidas en el test anterior, incluyendo en este caso las 7 cuestiones adicionales recogidas a continuación, que permiten determinar el grado de satisfacción asociado a las actividades realizadas como parte de la propuesta de intervención.

- 1. ¿Te ha parecido innovadora la metodología empleada durante el desarrollo de este módulo?**
 - a. Sí
 - b. No
 - c. No sé

- 2. ¿Habías empleado alguna vez un laboratorio interactivo?**
 - a. Sí
 - b. No
 - c. Sí, pero no en el aula
 - d. No sé

- 3. ¿Habías empleado alguna vez un modelo tridimensional virtual?**
 - a. Sí
 - b. No
 - c. Sí, pero no en el aula
 - d. No sé

- 4. ¿Desarrollas alguna vez actividades de aprendizaje a modo de juegos?**
 - a. Sí
 - b. No
 - c. Sí, pero con frecuencia
 - d. No sé

- 5. ¿Te ha parecido que estas herramientas han sido de utilidad mejorando o facilitando tu proceso de aprendizaje?**
 - a. Sí
 - b. No

- 6. ¿Te ha parecido más lúdica o motivadora esta metodología de enseñanza en comparación con aquellas de carácter más tradicionalmente expositivo?**
 - a. Sí
 - b. No

- 7. ¿Tienes alguna sugerencia, propuesta de mejora o alguna otra valoración que consideres oportuna realizar? La puedes dejar a continuación.**

5.Resultados.

Una vez han sido realizados por parte del alumnado tanto los test previos como los de conocimientos adquiridos, estos son corregidos haciendo un recuento de la cantidad de respuestas acertadas o incorrectas para cada pregunta planteada. Estos resultados se recogen en las siguientes tablas, haciendo distinción entre los datos obtenidos para los test de conocimientos previos y adquiridos en función del grupo en cuestión (grupo control y grupo experimental). Los datos resaltados en fuente negrita son aquellos en los que se pudo observar una mejoría, es decir, un aumento cuantitativo de las respuestas correctas obtenidas en el test de conocimientos adquiridos frente al de conocimientos previos. Estos datos serán posteriormente comentados en mayor profundidad a través de una serie de gráficos circulares en los que, representada en color azul podremos visualizar la cantidad de respuestas acertadas y, en naranja, las incorrectas, ambas con sus correspondientes porcentajes asociados.

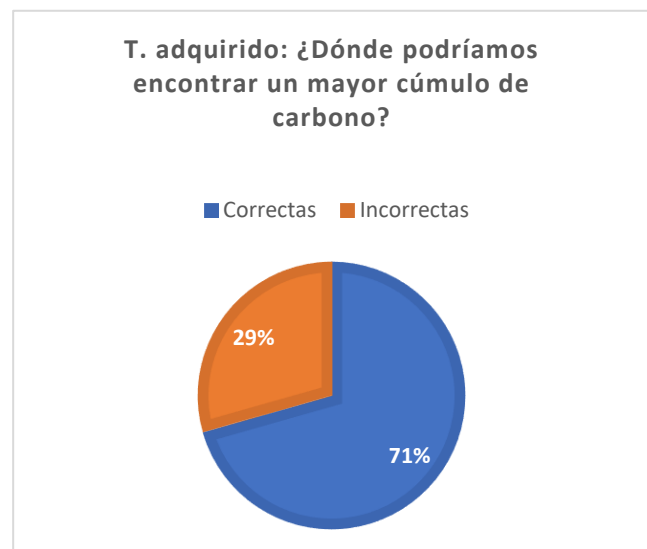
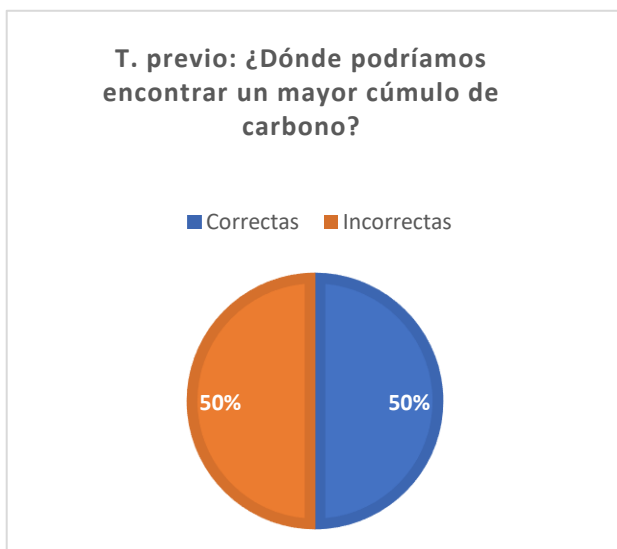
	Grupo control				
	Previo			Adquiridos	
	Respuestas			Respuestas	
	Correctas	Incorrectas		Correctas	Incorrectas
Pregunta 2	1	15	Pregunta 2	4	13
Pregunta 3	9	7	Pregunta 3	9	8
Pregunta 4	8	8	Pregunta 4	12	5
Pregunta 5	6	10	Pregunta 5	6	11
Pregunta 6	7	9	Pregunta 6	9	8
Pregunta 7	5	11	Pregunta 7	8	9
Pregunta 8	3	13	Pregunta 8	1	16
Pregunta 9	9	7	Pregunta 9	13	4
Pregunta 10	4	12	Pregunta 10	6	11
Pregunta 11	2	14	Pregunta 11	7	10
Pregunta 12	<i>16</i>	<i>0</i>	Pregunta 12	<i>17</i>	<i>0</i>
Pregunta 13	8	8	Pregunta 13	15	2
Pregunta 14	7	9	Pregunta 14	5	12
Pregunta 15	2	14	Pregunta 15	0	17
Pregunta 16	0	16	Pregunta 16	2	15
Pregunta 17	16	0	Pregunta 17	15	2
Pregunta 18	<i>16</i>	<i>0</i>	Pregunta 18	<i>17</i>	<i>0</i>
Pregunta 19	15	1	Pregunta 19	16	1
Pregunta 20	4	12	Pregunta 20	4	13
Pregunta 21	<i>15</i>	<i>1</i>	Pregunta 21	<i>17</i>	<i>0</i>

Tabla 4.- Datos obtenidos tras el análisis de los test de conocimientos previos y adquiridos del grupo control. Los valores resaltados en cursiva son aquellos en los que la respuesta del grupo fue prácticamente unánime e invariable.

	Grupo experimental				
	Previo			Adquiridos	
	Respuestas			Respuestas	
	Correctas	Incorrectas		Correctas	Incorrectas
Pregunta 2	4	14	Pregunta 2	10	9
Pregunta 3	17	1	Pregunta 3	14	5
Pregunta 4	13	5	Pregunta 4	13	6
Pregunta 5	8	10	Pregunta 5	15	4
Pregunta 6	9	9	Pregunta 6	17	2
Pregunta 7	10	8	Pregunta 7	19	0
Pregunta 8	5	13	Pregunta 8	14	5
Pregunta 9	7	11	Pregunta 9	15	4
Pregunta 10	7	11	Pregunta 10	9	10
Pregunta 11	4	14	Pregunta 11	10	9
Pregunta 12	16	2	Pregunta 12	18	1
Pregunta 13	11	7	Pregunta 13	19	0
Pregunta 14	6	12	Pregunta 14	13	6
Pregunta 15	0	18	Pregunta 15	12	7
Pregunta 16	0	18	Pregunta 16	4	15
Pregunta 17	18	0	Pregunta 17	19	0
Pregunta 18	18	0	Pregunta 18	19	0
Pregunta 19	16	2	Pregunta 19	17	2
Pregunta 20	6	12	Pregunta 20	14	5
Pregunta 21	18	0	Pregunta 21	19	0

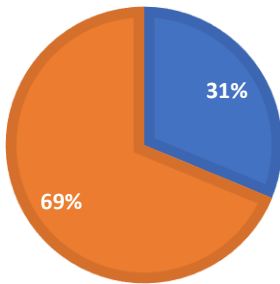
Tabla 5.- Datos obtenidos tras el análisis de los test de conocimientos previos y adquiridos del grupo experimental. Los valores resaltados en cursiva son aquellos en los que la respuesta del grupo fue prácticamente unánime e invariable.

5.1. Análisis de resultados para el grupo control.



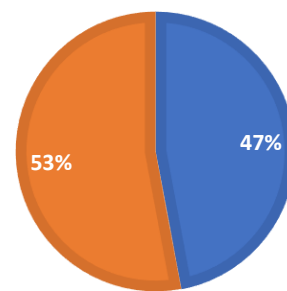
T. previo: ¿Crees que parte del carbono liberado a la atmósfera como exceso de CO2 puede perderse de algún modo?

■ Correctas ■ Incorrectas



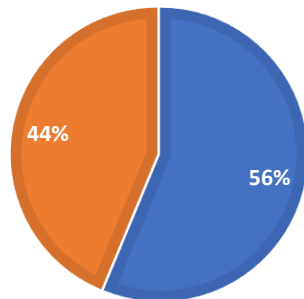
T. adquirido: ¿Crees que parte del carbono liberado a la atmósfera como exceso de CO2 puede perderse de algún modo?

■ Correctas ■ Incorrectas



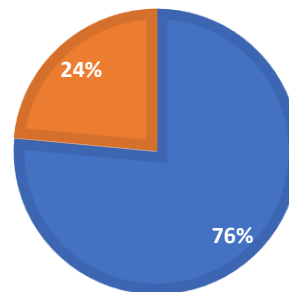
T. previo: ¿Qué diferencia hay entre un stock y un flujo en un ciclo biogeoquímico?

■ Correctas ■ Incorrectas



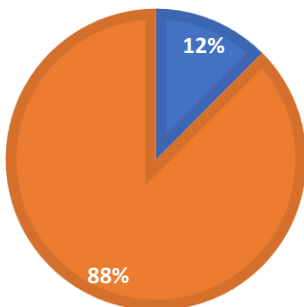
T. adquirido: ¿Qué diferencia hay entre un stock y un flujo en un ciclo biogeoquímico?

■ Correctas ■ Incorrectas



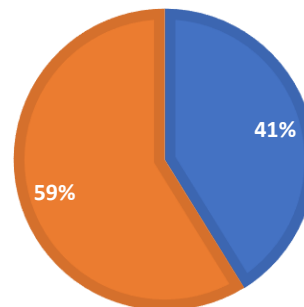
T. previo: ¿Cómo puede pasar el carbono gaseoso a la biosfera?

■ Correctas ■ Incorrectas



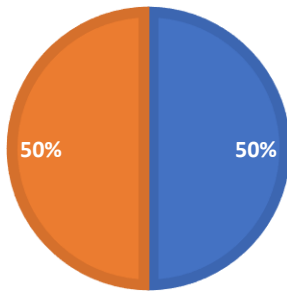
T. adquirido: ¿Cómo puede pasar el carbono gaseoso a la biosfera?

■ Correctas ■ Incorrectas



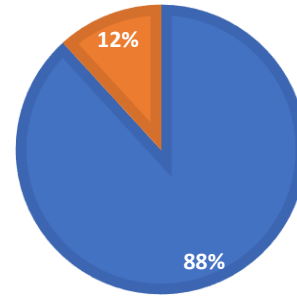
T. previo: La atmósfera está dividida en varias capas. ¿Cómo se llama la capa más cercana la superficie?

■ Correctas ■ Incorrectas



T. adquirido: La atmósfera está dividida en varias capas. ¿Cómo se llama la capa más cercana la superficie?

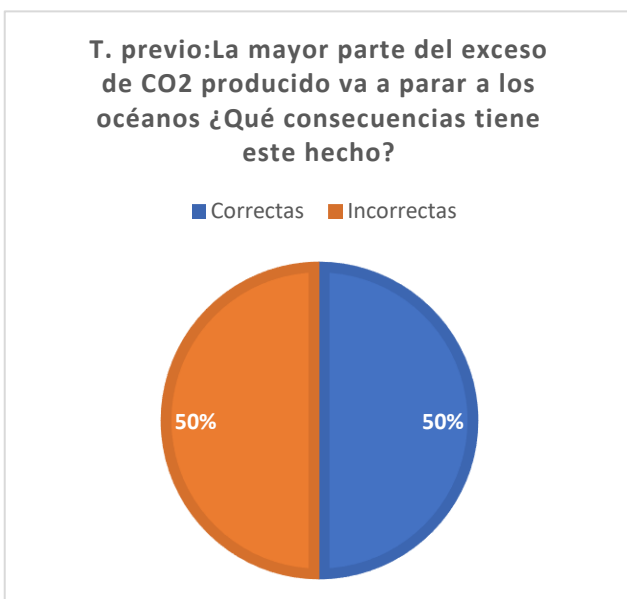
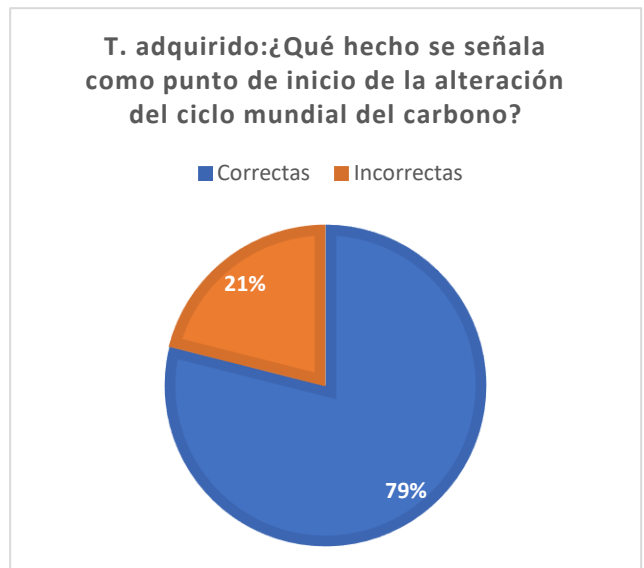
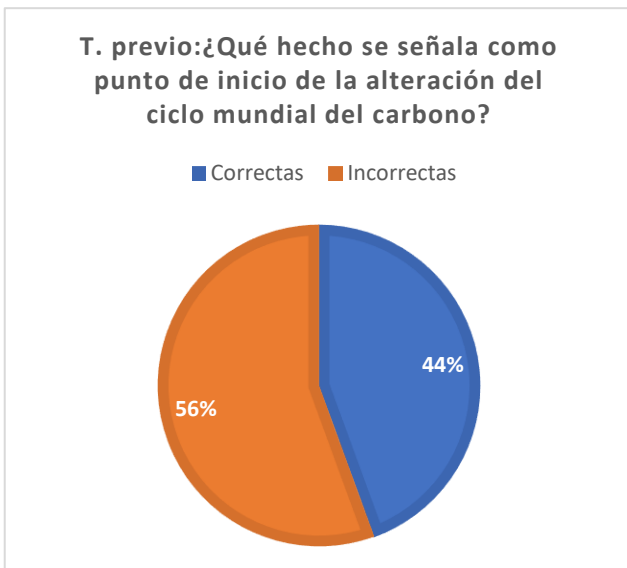
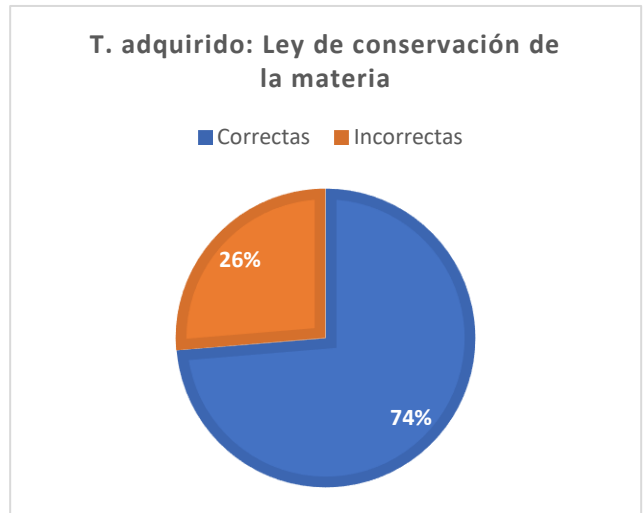
■ Correctas ■ Incorrectas



Tal y como podemos observar en los gráficos expuestos, en el grupo control se observa un aumento del porcentaje de respuestas correctas del orden del 20 % aunque, en algunos casos particulares como los de las dos últimas preguntas gráficamente representadas, puede este aumento llegar a cifras cercanas al 30 o 40%.

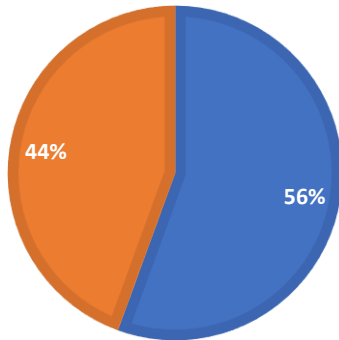
Sin embargo, este aumento notable tiene lugar en un número bastante escaso de preguntas y, además, siendo todas ellas de cierto carácter obvio o mecánico, limitándose a prácticamente reproducir algunos de los contenidos explicados en el aula o recogidos en el libro, como la ley de conservación de la materia (¿Crees que parte del carbono liberado a la atmósfera como exceso de CO₂ puede perderse de algún modo?), conceptos generales asociados a la idea de ciclo biogeoquímico (¿Qué diferencia hay entre un stock y un flujo en un ciclo biogeoquímico?) o de los propios compartimentos o procesos que permiten el flujo de la materia a lo largo del ciclo del carbono (¿Cómo puede pasar el carbono gaseoso a la biosfera?, La atmósfera está dividida en varias capas. ¿Cómo se llama la capa más cercana la superficie?). Por el contrario, no se pueden denotar mejorías importantes en el porcentaje de aciertos de aquellas preguntas que hacen referencia a cuestiones de índole medioambiental o a la relación existente entre las alteraciones antrópicas en el ciclo del carbono estudiado y sus consecuencias para el cambio climático global.

5.2. Análisis de los resultados para el grupo experimental.



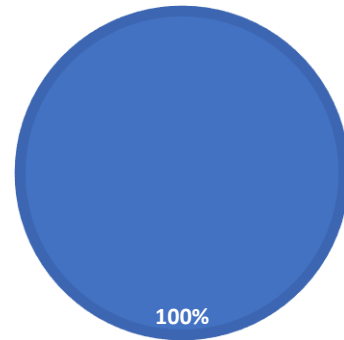
T. previo: ¿Crees que parte del carbono liberado a la atmósfera como exceso de CO2 puede perderse de algún modo?

■ Correctas ■ Incorrectas



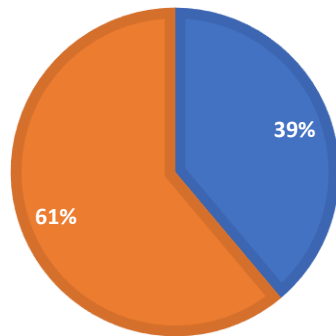
T. adquirido: ¿Crees que parte del carbono liberado a la atmósfera como exceso de CO2 puede perderse de algún modo?

■ Correctas ■ Incorrectas



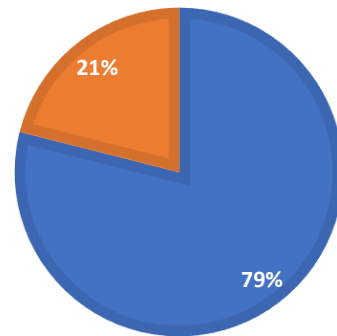
T. previo: ¿Qué diferencia hay entre un stock y un flujo en un ciclo biogeoquímico?

■ Correctas ■ Incorrectas



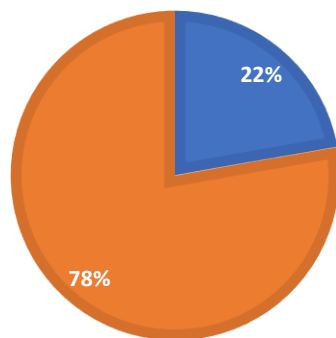
T. adquirido: ¿Qué diferencia hay entre un stock y un flujo en un ciclo biogeoquímico?

■ Correctas ■ Incorrectas



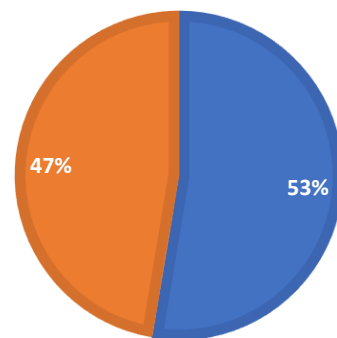
T. previo: ¿Cómo puede pasar el carbono gaseoso a la biosfera?

■ Correctas ■ Incorrectas



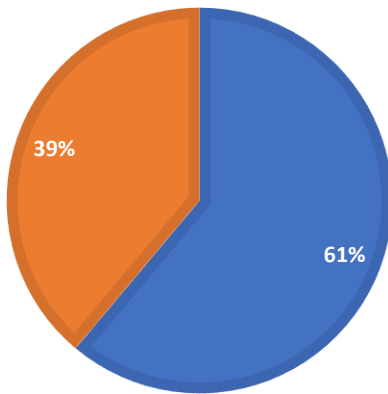
T. adquirido: ¿Cómo puede pasar el carbono gaseoso a la biosfera?

■ Correctas ■ Incorrectas



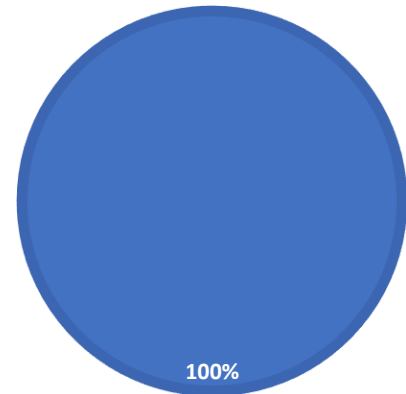
T. previo: La atmósfera está dividida en varias capas. ¿Cómo se llama la capa más cercana la superficie?

■ Correctas ■ Incorrectas



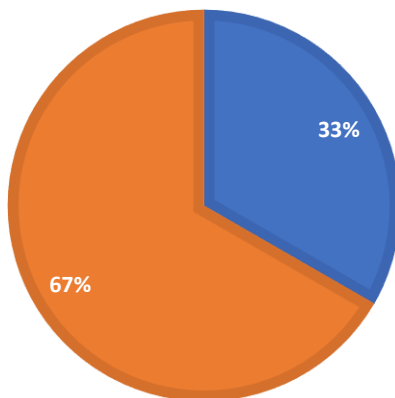
T. adquirido: La atmósfera está dividida en varias capas. ¿Cómo se llama la capa más cercana la superficie?

■ Correctas ■ Incorrectas



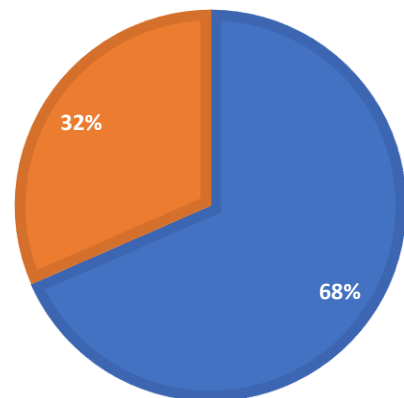
T. previo: ¿El efecto invernadero es un proceso natural?

■ Correctas ■ Incorrectas



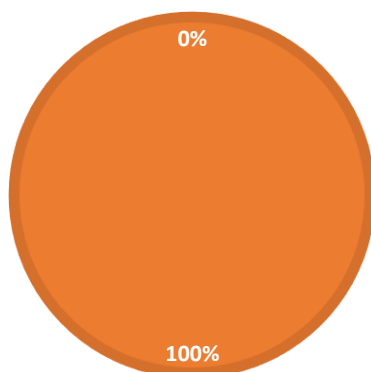
T. adquirido: ¿El efecto invernadero es un proceso natural?

■ Correctas ■ Incorrectas



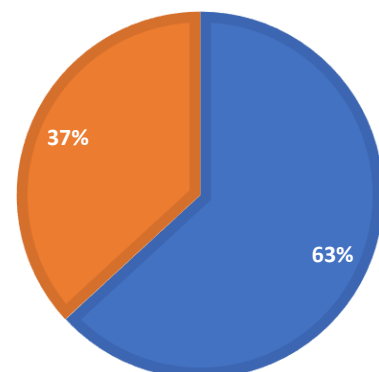
T. previo: ¿El efecto invernadero es positivo para la vida en nuestro planeta?

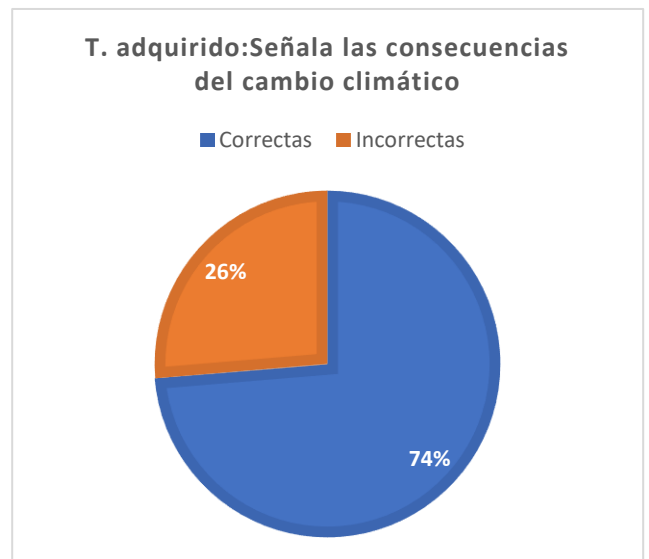
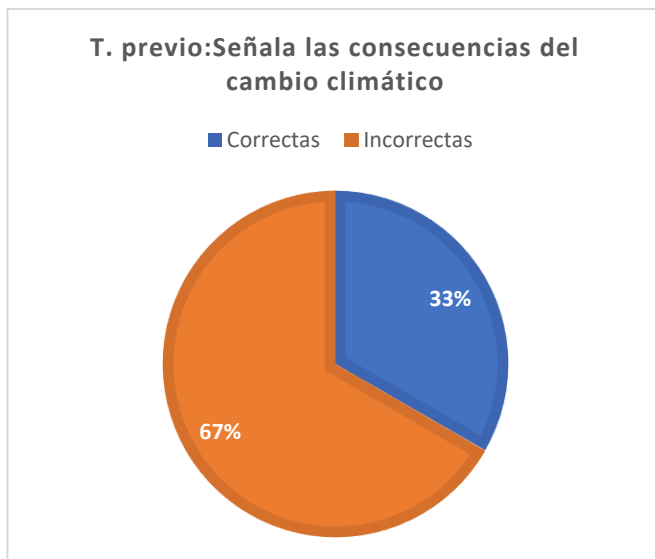
■ Correctas ■ Incorrectas



T. adquirido: ¿El efecto invernadero es positivo para la vida en nuestro planeta?

■ Correctas ■ Incorrectas





En el caso del grupo experimental observamos que, en contraposición a lo comentado previamente en relación a los resultados del grupo control, encontramos en éste una gran cantidad de preguntas en las que se ha podido constatar un aumento importante del porcentaje de respuestas correctas en los test de conocimientos adquiridos, al establecer comparaciones con su análogo en los conocimientos previos. Además, resulta también importante comentar que, dichos porcentajes de aumento de respuestas correctas son, en el caso del grupo experimental, notablemente superiores con respecto a al grupo control; siendo generalmente de orden superior al 35%, llegando en muchos casos a superar el 40%, o incluso el 63%, en el caso concreto de la cuestión que hace referencia al carácter positivo y necesario del efecto invernadero en la Tierra.

Además, en este caso encontramos que la mejora de las puntuaciones obtenidas tiene un carácter más general, incluyendo tanto aquellas cuestiones que hacen referencia de forma asilada al funcionamiento del ciclo del carbono (¿Qué diferencia hay entre un stock y un flujo en un ciclo biogeoquímico?, ¿Cómo puede pasar el carbono gaseoso a la biosfera?, La atmósfera está dividida en varias capas. ¿Cómo se llama la capa más cercana la superficie?) como aquellas otras que se refieren a este ciclo biogeoquímico en un contexto más amplio, estableciendo relaciones con algunas problemáticas medioambientales actuales y el cambio climático global (¿Qué hecho se señala como punto de inicio de la alteración del ciclo mundial del carbono?, La mayor parte del exceso de CO₂ producido va a parar a los océanos ¿Qué consecuencias tiene este hecho?, Señala las consecuencias del cambio climático).

Asimismo, cabe finalmente destacar los resultados obtenidos en tres cuestiones concretas: ¿El efecto invernadero es positivo para la vida en nuestro planeta? y ¿El efecto invernadero es un proceso natural? que, con aumentos porcentuales de respuestas correctas de 63 y 35% respectivamente (partiendo además el primero de un 0% de respuestas correctas en el test de conocimientos previos), evidencian una mejora globalizada de la comprensión propia del alumnado acerca del fenómeno de efecto invernadero, sus causas y las consecuencias positivas que tiene para la vida en el planeta su existencia, pudiéndose tornar negativas si se producen variantes agravadas del mismo, motivadas por las modificaciones de origen antrópicas en el flujo natural del ciclo del carbono; y ¿Crees que parte del carbono liberado a la atmósfera como exceso de CO₂ puede perderse de algún modo? que, partiendo de un porcentaje inicial de aciertos del 56% , se llegó a alcanzar el 100%, lo cual refleja que los alumnos y alumnas han logrado comprender exitosamente que el exceso de carbono emitido derivado de la actividad humana no se “pierde” sino que, por el contrario, es acumulado en alguno de los compartimentos del ciclo (atmósfera, hidrosfera, etc.) causando estragos en ellos y, por tanto, en el sistema climático global; creando además en ellos conciencia respecto a problemas de esta índole.

5.3. Análisis general.

En general, resulta obvio comentar, tras los análisis anteriormente expuestos, que el estudio del ciclo biogeoquímico del carbono de manera conjunta con contenidos referentes al cambio climático confiere una ventaja cuantitativa y cualitativa en el desarrollo de los conocimientos ambientales del alumnado en cuestión. Esto queda constatado a través de los resultados obtenidos en los test de comprobación de conocimientos adquiridos realizados por los alumnos y alumnas del grupo experimental, que han obtenido un mayor porcentaje de respuestas correctas en prácticamente todas las preguntas del cuestionario, siendo éstas además de índole diversa, lo que denota una mejor comprensión del sistema de funcionamiento del ciclo del carbono y su relación con el resto de fenómenos terrestres que, por ejemplo, modulan el clima del planeta; en contraposición a los resultados obtenidos por el grupo control, que afectan de manera menos significativa a un número notablemente inferior de preguntas y que, además, solo

reflejan la adquisición de los conocimientos más básicos ligados al funcionamiento del ciclo del carbono.

Cabe asimismo comentar los resultados propios de la sección específica del test que tenía como objetivo evaluar la satisfacción del alumnado acerca de las sesiones desarrolladas en el aula; de este modo, 17 de los 19 alumnos y alumnas manifestaron calificar la metodología empleada como innovadora, lo cual no es de extrañar puesto que más de la mitad manifestó asimismo no haber empleado nunca en el ámbito escolar un laboratorio interactivo digital ni un modelo tridimensional virtual, a pesar de que si desarrollaban con cierta asiduidad actividades de aprendizaje a modo de juegos. Asimismo, 17 de los 19 alumnos y alumnas explicitaron haber encontrado útiles estas herramientas innovadoras para la mejora de su propio proceso de aprendizaje y, todos ellos coincidieron en considerar más lúdica y motivadora la metodología empleada que otras de carácter más expositivo o tradicional.

Finalmente, resulta destacable que la mayoría del alumnado encuestado considera que puede llevar a cabo acciones que permitan mitigar de alguna forma el cambio climático, siendo en el grupo control las estrategias más comentadas el reciclaje, la reducción (emisión de gases, uso del agua, plásticos y materias primas, etc.), el uso del transporte público y la creación de conciencia social; mientras que, por el contrario, en el grupo experimental, además de las ya citadas, el alumnado plantea la reducción del consumo de luz, la transición a energías verdes de carácter renovable, la realización de voluntariados ambientales, la plantación de árboles, el boicot a las empresas altamente contaminantes y la realización de protestas sociales con el fin de fomentar cambios en la legislación vigente. Además encontramos en este grupo algunas propuestas más llamativas como la no utilización de desodorante en spray, que suponemos se trata de una medida derivada de la creencia de que el propelente contenido en los envases de éstos emplea compuestos CFC que podrían dañar la capa de ozono (aunque este hecho no es del todo cierto puesto que, desde la implantación del protocolo de Montreal en el territorio europeo en 1987, el uso de este tipo de gases contaminantes en el proceso de fabricación de aerosoles es ilegal), o la disminución de las barbacoas, que, aunque a ciencia cierta puede que no sea una medida ampliamente efectiva, sí denotan que el alumnado ha logrado comprender el impacto dañino que tienen ciertos procesos de combustión en la dinámica atmosférica del ecosistema.

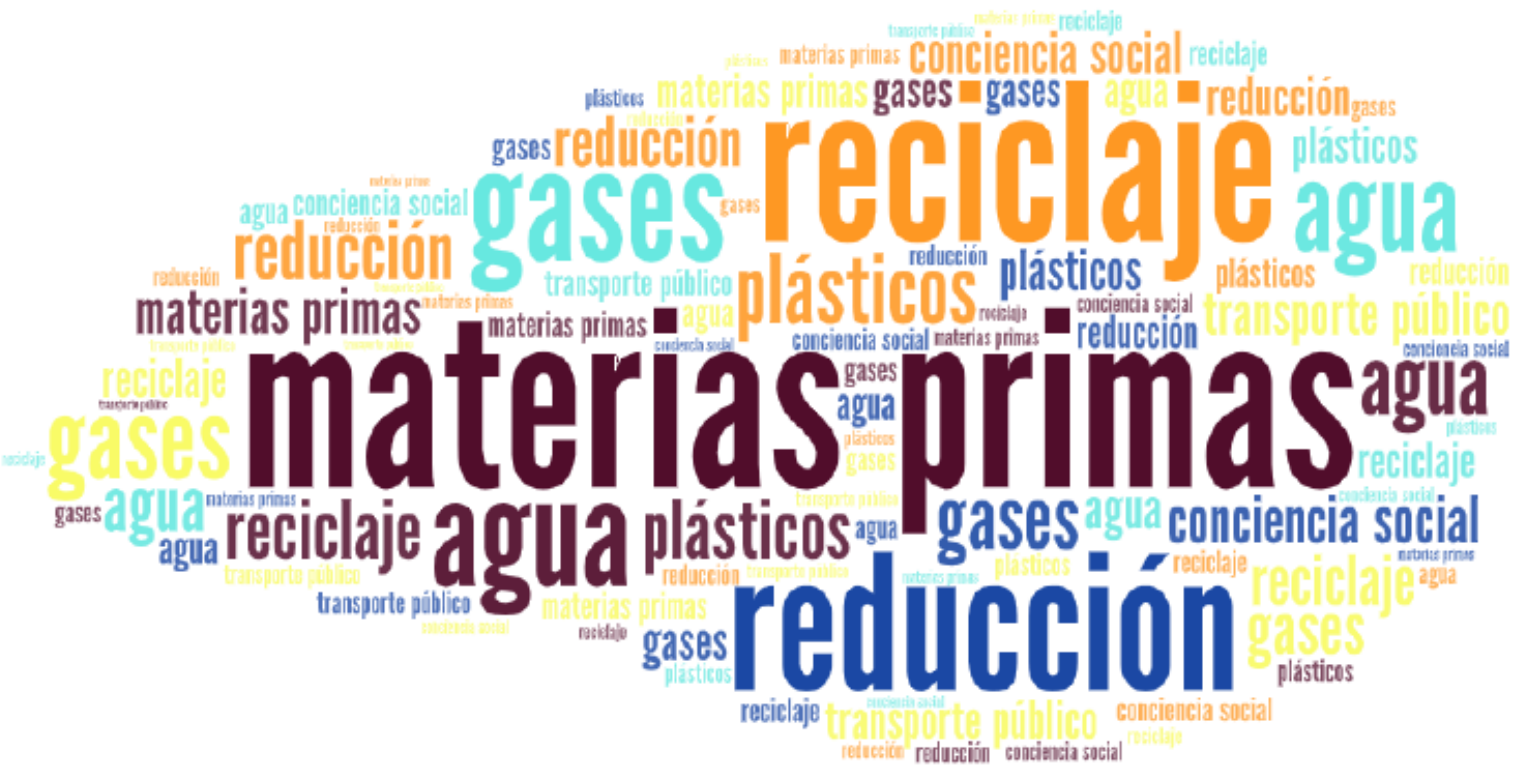


Imagen 13.-Nube de palabras creada empleando los conceptos enunciados por el grupo control como posibles acciones que permitan frenar el avance del cambio climático.



Imagen 14.-Nube de palabras creada empleando los conceptos enunciados por el grupo experimental como posibles acciones que permitan mitigar el cambio climático.

8. Conclusiones y propuestas de mejora.

A pesar de que, como hemos comentado en apartados anteriores, el tratamiento del cambio climático en el currículo de Educación Secundaria y Bachillerato es algo escaso, gran parte del alumnado encuestado ha manifestado haber tratado esta temática de manera algo más informal en numerosas asignaturas de diversa índole como Biología y Geología, Física y Química, Geografía e Historia, Historia y Geografía de Canarias o incluso Inglés y Francés. Por tanto, no sería una imprudencia suplir esta necesidad (de la cuál, como estos hechos evidencian, ya se ha percatado el profesorado) de cara a los documentos curriculares oficiales, estableciendo de este modo el tratamiento de la problemática del cambio climático en un mayor número de asignaturas, no únicamente aquellas de elección voluntaria o que forman parte de un itinerario de formación específico que, principalmente, suele ser el científico; excluyendo de este modo al alumnado general, a pesar de que el cambio climático es un problema medioambiental a escala global, que concierne por tanto a la totalidad de la población que a su vez debe tener los conocimientos necesarios para emprender acciones correctas que permitan la remediación o mitigación de dicho fenómeno. Además, la adquisición de dichos conocimientos no debe limitarse a las etapas superiores de la formación educativa sino que, por el contrario, consideramos que resultaría mucho más enriquecedor comenzar la instrucción del alumnado en temas de tipo medioambiental desde edades tempranas, permitiendo así una maduración más satisfactoria, de carácter secuencial y continuada, de los contenidos e ideas impartidos, que diera de este modo como resultado adultos con un conocimiento adecuadamente integrado sobre el cambio climático y las problemáticas actuales asociadas a éste, así como sus causas y sus consecuencias a corto y largo plazo; permitiendo finalmente la creación de ideas propias o la adopción de medidas y soluciones innovadoras que pudieran en un futuro determinar un cambio del devenir en la relación de la humanidad con el planeta.

Además, tal y como ha puesto de manifiesto este trabajo, el tratamiento de manera simultánea de los contenidos referentes al ciclo del carbono, en relación a la influencia de las variaciones antrópicas del mismo en el cambio climático global, repercute de forma positiva en la comprensión del alumnado de ambos fenómenos, permitiendo extraer mejores conclusiones acerca de el papel que pueden jugar sus propias acciones en el mantenimiento del equilibrio ecosistémico; por lo que, tampoco estaría de más implementar este tratamiento conjunto en el currículo de la asignatura de Biología y Geología.

Por otro lado, en lo referente a la puesta en práctica de la propuesta de intervención de este trabajo, cabe comentar que hubiese sido interesante poder obtener alguna sesión más para el desarrollo de esta temática, puesto que, en únicamente 4 sesiones resultó algo difícil mantener el equilibrio correcto entre impartir todos los contenidos que debía de desarrollar referentes al ciclo del carbono y el cambio climático, realizar ambos test para poder obtener resultados analizables y poder crear espacios para el debate, diálogo o la puesta en común de ideas que tan enriquecedora resulta al tratar temas de índole medioambiental., ya que algunos alumnos y alumnas manifestaron en los test que hubieran querido tratar con más profundidad, por ejemplo, las acciones que se pueden desarrollar tanto de manera individual como a escala social para lograr frenar el avance de esta problemática, dado que por cuestiones de tiempo no se pudo incidir demasiado en dichos contenidos. De haber contado con más tiempo podría además haber desarrollado alguna salida de campo a alguna localización estratégica de la isla en la que pudieran recogerse valores de variables indicadoras del cambio climático (zonas con alteraciones en la vegetación o en los caudales de manantiales debidas a cambios en los patrones climáticos), o por ejemplo, contar con la visita de algún experto al aula. Asimismo, hubiese sido interesante contar con la colaboración de otros departamentos del centro para establecer actividades de carácter interdisciplinar.

No obstante, y a modo de conclusión general, debemos comentar que este trabajo cumplió con sus objetivos, tanto generales como específicos, logrando impartir de manera simultánea contenidos referentes al cambio climático y su relación con el ciclo del carbono, obteniendo buenos resultados en la adquisición de éstos por parte del alumnado, empleando además para ello una metodología lúdica, motivadora e innovadora.

9. Agradecimientos.

Agradezco a la profesora María Candelaria Martín la propuesta del estudio del cambio climático y su relación con el ciclo de carbono desde la perspectiva educativa como trabajo fin de máster, dada la relevancia del mismo. También agradezco su labor a mis tutoras de prácticas externas Leyre González y Ana López, que no dudaron en asesorarme a la hora de confeccionar mis sesiones y modificar su propia programación para permitirme llevar a la práctica la propuesta de intervención de este trabajo. Asimismo, debo agradecer al Colegio Dominicas Santa Rosa de Lima por permitir mi estancia en él como docente en prácticas y brindarme los libros de texto necesarios para desarrollar parte del análisis de este trabajo y, finalmente, a todo su alumnado, que colaboró de manera activa con el desarrollo de los test y son a quien dedico este TFM, puesto que conocerlos y tener la oportunidad de trabajar con ellos ha logrado consolidar mi interés por la docencia.

10. Referencias bibliográficas.

Da Silva, H.C. y Boveloni, D. (2009). Los temas “Cambios climáticos” y “Calentamiento global” en los libros de texto: la falta de la mirada geológica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17(2), 190-195.

Díaz, N. y Jiménez, N. R. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9 (1), 54-70.

Domènech, A.M. y Márquez, C. (2010). ¿Qué tipo de argumentos utilizan los alumnos cuando toman decisiones ante un problema sociocientífico? *XXIV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Baeza (Jaén).

Domenèch-Casal, J. (2014). Contextos de indagación y controversias socio-científicas para la enseñanza del Cambio Climático. *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra*. 22.3: 287-296.

ECIR Editorial (2003), *Biología y Geología 4º ESO*.

Editorial Bruño (2003), *Biología y Geología 4º ESO*.

Editorial Edelvives (1995), *Biología y Geología 4º ESO*.

Editorial Santillana (2016), *Biología y Geología 4º ESO*.

Editorial Sm (2008), *Biología y Geología 4º ESO*.

Editorial Sm (2021), *Biología y Geología, 4º ESO*. Educamos.

Editorial Vicens Vives (1999), *Biología y Geología 4º ESO*.

España, E. y Prieto, T. (2009). Educar para la sostenibilidad: el contexto de los problemas socio-científicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6: 345-354.

Ferrer, J. C. (2022). Las corrientes marinas se están acelerando por el cambio climático, según un estudio. *El periódico de España, Medio ambiente*.

García Sancho, A. (2022). El pleno de Benidorm aprueba planes pioneros ante el Cambio Climático y en prevención de inundaciones. *Marina Baixa, Onda Cero*.

Heraldo de Aragón (2021). El cambio climático favorece el desarrollo de la leishmaniasis en Aragón. Consultado en: <https://www.heraldo.es/noticias/aragon/2022/04/24/el-cambio-climatico-favorece-el-desarrollo-de-la-leishmania-en-aragon-1569244.html>

Instituto Nacional de Estadística (2021), Datos demográficos San Cristóbal de La Laguna. Consultado en: <https://www.foro-ciudad.com/tenerife/san-cristobal-de-la-laguna/habitantes.html>

López, D. (2004). Problemática ambiental y educación: una reflexión desde la Geografía. *Didáctica Geográfica*, 6 (2ª época), 15-32.

Mata Bardallo, S., Rodríguez Domínguez S. (2019). El cambio climático en el aula, un nuevo desafío. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 98: 28-34.

Meira Cartea, P. A., Arto Blanco, M., Heras Hernández, F., Iglesias da Cunha, L., Lorenzo Castiñeiras, J. J., Montero Souto, P. (2013). La respuesta de la sociedad ante el cambio climático. Madrid: Fundación MAPFRE. Consultado en:

http://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es_es/images/sociedad-espanola-cambioclimatico-2013_tcm164-25740.pdf

National Centers of Environmental Information (2020). Ocean Heat Content Rises: OHC reaches its highest level in recorded history. Consultado en:

<https://www.ncei.noaa.gov/news/ocean-heat-content-rises#:~:text=The%20ocean%20absorbs%20excess%20heat,attributed%20to%20greenhouse%20gas%20emissions.&text=Data%20for%20the%20analysis%20came%20from%20the%20World%20Ocean%20Database>

Organización de las Naciones Unidas (2020). ¿Qué es el cambio climático? *Acción por el clima* Consultado en: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>

Romero, S.(2022). El cambio climático hizo que los huracanes de 2020 fueran más lluviosos. *El Confidencial*. Consultado en: https://www.elconfidencial.com/medioambiente/clima/2022-04-25/cambio-climatico-huracanes-tormentas-lluvias_3412186/

Solbes, J. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo de pensamiento crítico (I): Introducción. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10 (1), 1-10.

Solomon, E., Berg, L., Martin, D. W. (2013). *Biología*.

World meteorological organization (2021). World Oceans Day: Life and Livelihoods. Consultado en: <https://public.wmo.int/en/media/news/world-oceans-day-life-and-livelihoods>