Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias
ISSN:
ISSN: 1697-011X
revista.eureka@uca.es
Universidad de Cádiz
España

Concepciones sobre el dióxido de carbono y su influencia en el cambio climático: intervención didáctica valorativa y experimental

Carriazo, José. G.
Molina, Manuel F.
Ordóñez, Oswaldo

Concepciones sobre el dióxido de carbono y su influencia en el cambio climático: intervención didáctica valorativa y experimental
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 21, núm. 1, pp. 150301-150317, 2024
Universidad de Cádiz
Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92075647009
DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i1.1503

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Educación científica y sostenibilidad

Concepciones sobre el dióxido de carbono y su influencia en el cambio climático: intervención didáctica valorativa y experimental

Conceptions about carbon dioxide and its influence on climate change: evaluative and experimental didactic intervention

José. G. Carriazo
Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Química. Bogotá, Colombia
jcarriazog@unal.edu.co
https://orcid.org/0000-0002-1740-5552
Manuel F. Molina
Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Química. Bogotá, Colombia
mfmolinac@unal.edu.co
https://orcid.org/0000-0001-8758-2637
Oswaldo Ordóñez
Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, Departamento de Geociencias, Medellín, Colombia
oordonezc@unal.edu.co
https://orcid.org/0000-0003-3472-6160

DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i1.1503

Recepción: 20 Marzo 2023
Revisado: 12 Julio 2023
Aprobación: 30 Julio 2023

Acceso abierto diamante

Resumen

El cambio climático es un tema de máxima importancia para la sociedad global y de interés particular para las ciencias naturales, frecuentemente abordado por los medios de comunicación y discutido en diferentes sectores de la población. El presente artículo muestra la exploración de las concepciones respecto al CO. y su influencia en el cambio climático, en un grupo de estudiantes universitarios de Química General. Para el estudio, se empleó un cuestionario tipo Likert como instrumento de pruebas inicial (pretest) y final (postest), intercaladas con una intervención didáctica basada en la experimentación con el uso de un kit para la generación, recolección e identificación de CO. y la posterior discusión de material audiovisual y bibliográfico especializado. Los resultados mostraron la existencia de preconcepciones, poco conocimiento científico del fenómeno y fuerte tendencia a pensar que el dióxido de carbono es el factor principal en los problemas de cambio climático y que el ser humano es el responsable de dicho fenómeno. La intervención didáctica fue motivante y favorable para mover las preconcepciones hacia un conocimiento científicamente más estructurado. Este estudio permite avanzar en la construcción de una propuesta de educación científica climática que realmente ayude a involucrar a la sociedad en la resolución de los problemas ambientales.

Palabras clave: Cambio climático, Dióxido de carbono, Concepciones alternativas, Intervención didáctica, Educación ambiental.

Abstract

Climate change is an extremely important issue for global society, and a special topic for natural sciences. This subject is frequently presented by communication media and discussed in different sectors of population. This article shows the exploration of the conceptions regarding CO. and its influence on climate change, in a group of university General Chemistry students. A Likert-type test was used as instrument for initial exploration (pretest) and final assessment (posttest), intercalated

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

by a didactic intervention based on experimental activities with a kit for generating, collecting, and identification of CO.. These experimental activities were accompanied with a subsequent discussion about specialized (bibliographic and audiovisual) study material. Results showed the existence of misconceptions, scarce scientific knowledge on the climatic phenomenon, and a strong trend for thinking that carbon dioxide is the main factor in the climate change problems. Furthermore, student responses revealed the tendency to believe that the human being is almost the unique element responsible of such phenomenon. The didactic intervention was favorable and motivating to remove the misconceptions and build a scientifically more structured knowledge. The present work allows advancing on the construction of a (scientific) climate educational proposal for helping the society and involving the people in the solving of environmental problems.

Keywords: Climate change, Alternative conceptions, Didactic intervention, Carbon dioxide, Environmental education.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Introducción

El cambio climático (CC), definido como "la variación del clima atribuida a la acción humana directa o indirecta, que altera la composición de la atmósfera y que se suma al cambio natural del clima por largos períodos de tiempo" (ONU, 1992; en Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, CMNUCC) es un tema relevante para la humanidad. El aprendizaje sobre CC es una forma efectiva de contribuir a la adquisición de conciencia sobre dicho fenómeno y a la mitigación de sus efectos (Höhle y Bengtsson, 2023), mediante acciones individuales, colectivas y gubernamentales (Goldberg et al., 2019). Sin embargo, para adelantar acciones desde la enseñanza de las ciencias, es importante partir del conocimiento previo del estudiante, sus ideas, percepciones y representaciones sobre CC. Estas concepciones han sido ampliamente estudiadas (Duit, 2009) y han mostrado ser resistentes al cambio ya que no son ideas separadas, sino estructuras formadas por exposición constante a la información (Chi, 2008).

El tema del CC ha sido divulgado mayoritariamente por políticos y medios de comunicación, y en menor medida por expertos científicos. Siendo un tema transversal, comprender su dimensión implica conocimientos desde la economía hasta la química, o de ingeniería hasta humanidades. Dependiendo de la inclinación de las discusiones, se pueden generar concepciones equivocadas sobre diversos aspectos, con explicaciones erradas y sin sustento sobre las percepciones (Roychoudhury et al., 2017): desde creer que la huella de carbono de una turbina eólica es cero, hasta considerar que la vida sería mejor eliminando todo el dióxido de carbono de la atmósfera.

Las concepciones erróneas sobre CC tienen relación con su enseñanza deficiente, que no aborda todo el problema y deja a los medios de comunicación la tarea de alfabetización científica (Domenech, 2014). En el tema del CC es frecuente la confusión de conceptos como clima, tiempo atmosférico, cambio climático, contaminación ambiental y calentamiento global (Fortner, 2001). Desconocer las causas y atribuir toda la responsabilidad a la existencia humana, aunado a la confusión de términos, lleva a ideas incoherentes y separadas sobre el CC, las cuales provienen más de sus experiencias personales que de un estudio serio (Svihla y Linn, 2012). De hecho, en literatura científica se ha considerado que, si bien las actividades antropogénicas pueden contribuir al cambio climático de nuestro planeta, otras causas tienen importantes efectos y requieren de una explicación en la naturaleza. Así, por ejemplo, existe evidencia histórica y arqueológica sobre la ocurrencia del cambio climático desde mucho antes de la revolución industrial (Svensmark, 2015). En tal sentido, se ha establecido que la radiación cósmica (partículas subatómicas y núcleos atómicos provenientes del sol o de supernovas) ioniza el aire y tiene una incidencia enorme en el cambio climático (Svensmark, 2015).

La fuerza de las concepciones al respecto viene también de las organizaciones mundiales, las cuales se han centrado sólo en el CO_2. Por ejemplo, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus iniciales en inglés) se lanzó en 1988 con el objetivo de estudiar la relación del cambio de temperatura con el aumento de CO_2 en el planeta, debido a la quema de combustibles fósiles. Esto llevó al concepto de calentamiento global antropogénico, dentro del cual las explicaciones sobre el CC pasan mayoritariamente por el CO_2 (Lüthi, 2008). Se considera que este gas se ha incrementado por encima de las 300 ppm, concentración que al parecer no se había superado antes, y no ha dejado de crecer hasta el momento. La relación entre el aumento en la concentración de CO_2 y la temperatura del planeta se planteó en la Conferencia de las Naciones Unidas en 1972, indicando que el CO_2 mediante efecto invernadero puede alterar el equilibrio climático. Para 1992 se celebró en Río de Janeiro la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, llamada también Cumbre de la Tierra, en la cual se indicó que el aumento de los gases de efecto invernadero provocaría un aumento de la temperatura de la tierra entre 1 y 2 °C. Finalmente, con el trabajo de Al Gore (vicepresidente de Los Estados Unidos de América durante el período 1993-2000) se promovió la relación casi directa entre aumento de la concentración de CO_2 y aumento de la temperatura del planeta. Con su trabajo, presentado casi a nivel

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

mundial por medio del documental "Una verdad incómoda" (Guggenheim, 2006), también se promovió la idea de que es incontrovertible que la actividad humana es la responsable del CC.

El panorama anterior muestra cómo el relato sobre el CC es una mezcla de mensajes que quizás no sean bien comprendidos. Esto nos lleva a reflexionar, desde la enseñanza de la química, sobre la necesidad de conocer las ideas de los estudiantes respecto al CO_2. Por lo tanto, es relevante indagar acerca de las concepciones sobre el CO_2 y su papel en el CC, discutir otros temas asociados y con ello contribuir en la construcción futura de programas de formación sobre el CC. Partiendo de la premisa de que el trabajo experimental es una gran motivación para aprender ciencias (Molina et al., 2013), en el presente estudio se desarrolló y utilizó un kit para la obtención e identificación de CO_2 de forma simple, para facilitar la experimentación directa de los estudiantes, generar un escenario de discusión y obtener información importante sobre las concepciones acerca del dióxido de carbono y su influencia en el CC. En este sentido, se realizó un trabajo directo con el CO_2, principal actor en las discusiones sobre el cambio climático (IPCC, 2014) y se obtuvo información relevante por parte de los estudiantes.

Metodología

Se trata de un diseño de investigación-acción (Bausela-Herreras, 2004; Elliot, 2000), donde se realiza una investigación de aula, a la vez que se desarrolla una intervención didáctica sobre el grupo de estudio. La intervención didáctica consistió en la aplicación de cuestionarios (antes y después de la realización de experimentos), el empleo de un kit experimental y la realización de análisis y discusión de material de estudio. Actualmente, es bien reconocido que las intervenciones didácticas favorecen la formación de actitudes positivas de los estudiantes hacia las ciencias (Aguilera y Perales-Palacios, 2020). En concreto, al grupo se le aplicó un cuestionario de prueba inicial (pretest, Anexo 1, 1 semana), luego se asignó un kit (por cada dos estudiantes y se explicó su funcionamiento) para realizar experimentos de obtención y captura de CO_2 (1 semana). Adicionalmente, se asignó la tarea de observar un documental y leer un artículo sobre el tema (descritos en el numeral 3 de la sección Resultados y discusión). Al respecto, es bien reconocido que la educación ambiental, en general, requiere más diálogo y reflexión debido a su complejidad e importancia en la época contemporánea, recurriendo en ocasiones al uso de recursos mediáticos como documentales y películas (Gomes-Czekalski y Matos-Uhmann, 2022). Posteriormente, se socializó el uso de los kits (resultados observados) y se discutió el tema del cambio climático. Finalmente se volvió a aplicar la misma prueba escrita (cuestionario final o postest) a la misma población de estudiantes, con el objetivo de observar el posible cambio en sus respuestas, si lo hubiera.

Participantes

Participaron de la propuesta un total de 423 estudiantes de varios grupos de primer curso de Química General universitaria (Asignatura: Principios de Química), 225 mujeres y 198 hombres, con edades entre los 17-20 años. Los grupos estuvieron conformados por estudiantes de las carreras de Farmacia, Biología e Ingenierías Agrícola y Química, inscritos entre el primer semestre de 2020 y el primero de 2022, en la Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá. La intervención se realizó dentro del tema "Gases". El curso en general comprende diversas temáticas de química fundamental y en el momento de la realización del presente trabajo, se habían desarrollado el 50 % de los contenidos.

Instrumento

El instrumento de valoración lo constituyó una prueba, elaborada con seis preguntas formuladas mediante escala tipo Likert, basadas en afirmaciones. Como opciones de respuesta se consideraron: TA, totalmente de acuerdo; A, de acuerdo; I, Indeciso; D, en desacuerdo y TD, totalmente en desacuerdo. El cuestionario fue previamente revisado por 2 expertos en didáctica de las ciencias y validado mediante aplicación en un grupo de 10 estudiantes (prueba piloto), con el fin de observar el desempeño de la prueba

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

y valorar su consistencia interna antes de ser aplicada en la población real (Molina et al., 2011). La estructuración detallada de la prueba se puede observar en el Anexo 1.

Resultados y discusión

De acuerdo con la aplicación de la intervención didáctica, para dar una discusión integrada se presentará en primera instancia la prueba inicial, luego el uso del kit y sus materiales, a continuación la discusión sobre el CC y finalmente la prueba posterior (el postest), cuyos resultados darán cuenta del impacto de dicha intervención.

Aplicación de la prueba inicial (pretest) sobre concepciones

En el Anexo 1 aparecen las preguntas y los porcentajes de respuesta para cada opción. Todas son afirmaciones (cuestionario tipo Likert) que pudieron ser aceptadas o rechazadas, dependiendo de las concepciones de cada estudiante. Las opciones de respuesta "totalmente de acuerdo", "de acuerdo" e "indeciso", se consideraron como manifestaciones de aceptación sobre la afirmación planteada. La opción "indeciso" se incluye como una respuesta de aceptación toda vez que se considera que el individuo evaluado no es capaz de rechazar dicha afirmación, lo cual sugiere que no posee una estructura conceptual clara y firme que soporte lo contrario.

La afirmación 1 del cuestionario establece "El dióxido de carbono es un gas venenoso". Sobre dicha afirmación, inicialmente el 61,94 % (conformado por 12,77 % totalmente de acuerdo, 30,73 % de acuerdo y 18,44 % que no desmiente esta afirmación) admite el carácter "venenoso" del CO_2, confirmando inicialmente el desconocimiento sobre la naturaleza de este gas. Este valor es alto y demuestra la falta de información científica sobre el papel del CO_2 en la vida, ignorando que este gas participa en el proceso de fotosíntesis, punto inicial de la cadena alimenticia, y que el planeta requiere en cierta medida del efecto invernadero para que la vida exista (control climático). El CO_2 no es venenoso, se produce metabólicamente en la respiración aeróbica (ciclo de Krebs), forma parte del aire (en concentraciones bajas) y también se consume en bebidas carbonatadas. Sin embargo, por tener mayor densidad que el oxígeno (en condiciones ambientales de temperatura y presión), el CO_2 desplaza el O_2 y la superación de ciertos límites de concentración de CO_2 (30000 ppm) conduce a problemas respiratorios (Berenguer y Bernal, 2000) con riesgos inmediatos. Es más, la exposición prolongada (durante horas o días) a niveles relativamente elevados de CO_2 (entre 1000 y 5000 ppm), conduce a efectos adversos en la salud humana (Jacobson et al., 2019). Lo importante es mantener un balance apropiado de este gas en el ambiente.

El cuestionario inicial (pretest) fue diligenciado en su totalidad por la población en estudio, antes del uso de los kits. Los resultados de las preguntas restantes se discutirán más adelante. A continuación, se describirá la actividad desarrollada con el uso de kits, con el objetivo de correlacionarla inmediatamente con las respuestas que dieron los estudiantes a la afirmación 1 del pretest.

Actividad con el kit de CO.

El empleo de kits para realizar experimentos sencillos en el aula de clases ha dado buenos resultados, mejorando las actitudes hacia el aprendizaje de la química (Molina et al., 2016). La Figura 1 muestra una fotografía del kit utilizado en la intervención didáctica del presente trabajo. Estos materiales se colocaron dentro de una caja plástica pequeña para ser transportados y entregados a los participantes (una caja por cada dos estudiantes).

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Figura 1
Kit experimental para la obtención y captura de CO_2

El kit está compuesto por los siguientes materiales: un tubo de ensayo con desprendimiento lateral, tapón de caucho, una manguera para gases, un pitillo (tubo delgado y pequeño para sorber líquidos), vinagre, bicarbonato de sodio, disoluciones de fenolftaleína al 1 % y de NaOH 0,1 M. Adicionalmente, dos tubos plásticos (de 5 mL) con tapa y dos copas plásticas de 30 mL cada una.

Procedimiento de uso del kit

Se colocan, aproximadamente, 5 mL de vinagre dentro del tubo con desprendimiento lateral, luego se envuelve una pequeña cantidad de bicarbonato de sodio en un trozo de servilleta y se ajusta la servilleta dentro del tubo (sin que haga contacto con el vinagre) con la ayuda del tapón. Seguido, se conecta la manguera al desprendimiento del tubo y se introduce el otro extremo de la manguera en un tubo plástico (o en una copa plástica) que contiene agua, hasta la mitad, con 2 gotas de fenolftaleína y 2 gotas de NaOH 0,1 M adicionados desde los goteros. Se permite que la reacción proceda agitando suavemente el tubo con desprendimiento lateral para que el trozo de servilleta entre en contacto con el vinagre, evitando ocasionar derrames. Debe controlarse el flujo de gas que burbujea dentro del tubo plástico o la copa, para evitar derrames. Cada estudiante debe observar con atención el proceso ocurrido, describirlo y formular hipótesis que expliquen los fenómenos involucrados.

Preguntas adicionales al procedimiento

Las siguientes preguntas (para resolver en un tiempo máximo de dos semanas) tienen como objetivos orientar el razonamiento de los estudiantes hacia la comprensión de los fenómenos químicos involucrados en los experimentos y vincular el conocimiento escolar adquirido en la asignatura, con el contexto experimental y teórico de la intervención didáctica realizada. 1. Describa las características del vinagre comercial. 2. Plantee la ecuación para la reacción química entre el vinagre y el bicarbonato de sodio. 3. Prediga el volumen de CO_2 que se recolectará a 20 °C y 560 mmHg (presión atmosférica de la ciudad de Bogotá) partiendo de 0,20 g de bicarbonato de sodio y un exceso de vinagre. 4. Señale la información que conoce sobre el dióxido de carbono (CO_2). 5. Investigue la importancia del dióxido de carbono en el control de la temperatura del planeta. 6. Explique el experimento anterior a partir de la ecuación del punto 2 e incluya otras si es necesario. 7. Tome una copa plástica de 30 mL y deposite allí 3 mL de agua (puede medirlos con una jeringa), a continuación 2 gotas de fenolftaleína y 1-2 gotas de NaOH 0,1 M con los goteros. Luego, utilice un pitillo y haga burbujear aire exhalado a través de su boca, dentro de la disolución contenida en la copa (véase la nota del anexo 2). Explique lo ocurrido y relaciónelo con el experimento anterior. 8. Reflexione sobre lo que le pasaría al planeta si se le sustrajera la totalidad del CO_2. 9. Realice los comentarios que considere pertinentes sobre la actividad realizada.

Con la actividad anterior, cada grupo (2-3 estudiantes) realizó un informe corto (documento escrito) de sus respuestas y observaciones sobre el uso del kit de CO_2. Del análisis de los informes, se pueden resaltar las siguientes ideas:

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

• El experimento realizado fue considerado sencillo y del agrado de los estudiantes. Resaltaron el cambio de color de la fenolftaleína luego de burbujear aire exhalado en la disolución de NaOH, lo cual verificó que producimos CO_2, el mismo que se generó mediante la reacción de bicarbonato de sodio con vinagre.

• La consulta de los estudiantes sobre naturaleza e importancia del CO_2 fue de gran interés. La mayoría manifestó haber pensado que el CO_2 era un gas venenoso y que se debía erradicar completamente de la atmósfera para mejorar el clima.

• Se observó la valoración del CO_2 para la fotosíntesis, de su papel en la formación de glucosa y otras sustancias en las plantas y del papel de los árboles en el equilibrio de CO_2 en el ambiente.

• El efecto invernadero se describió más allá de sus efectos negativos en el CC y se reconoció también como fenómeno promotor del ambiente propicio para la vida en el planeta.

• Se resaltó la necesidad de reflexionar sobre los conocimientos acerca del CC, de dónde se están obteniendo y cómo procesar críticamente la información de los medios de comunicación.

• El experimento realizado motivó la búsqueda de información sobre el CO_2 y su participación en el CC.

Materiales utilizados para la socialización de ideas sobre el CC

La lectura del material escrito y el análisis del video se hicieron en casa, en un tiempo máximo de dos semanas. Al finalizar la segunda semana se realizó la socialización

a) Documental "El misterio de las nubes" (Mortensen, 2008). Aborda y explora la hipótesis del científico danés Henrik Svensmark, quien trabajó en resolver el misterio del papel de las nubes bajas en el clima. Su hipótesis consiste en que el clima es el resultado de las nubes, no lo contrario, y que en la formación de las nubes participan los rayos cósmicos, provenientes del sol y del universo en general, incidiendo de manera determinante en el CC. Aunque él y sus colaboradores realizaron un trabajo científico, se evidencia la dificultad de aceptación que tienen aquellas ideas sobre el CC que no sean referidas al papel del CO_2 y a la actividad humana.

Enlace para ver el documental: http s://odysee.com/@ManuelFredyMolina:a/Nubes,-rayos-c%C3%B3smicos-y-Cambio-Clim%C3%A1tico-:1

b) Lectura del articulo: Páez García, A. (2010). Y después del CO_2 ¿qué?: Una revisión de la construcción social del cambio climático. *Revista MAD. Revista del Magíster en Análisis Sistémico Aplicado a la Sociedad*, (22), 1-30.

Este articulo muestra la controversia entre el discurso del calentamiento global antropogénico (es decir, por causas humanas) y las causas naturales como la actividad solar, las mareas, la actividad volcánica, el albedo o los aerosoles. El documento sintetiza cómo el discurso centrado en el CO_2 ha ganado terreno y se ha apalancado en el ecologismo de "salvemos la Tierra", para pasar de ser una hipótesis científica a una verdad incontrovertible so pena de ser descalificado y colocado como inmoral si alguien osare cuestionarla.

Los estudiantes revisaron estos materiales (documental y artículo) y fueron evaluados, mediante una prueba rápida (quiz), sobre la información allí contenida. A continuación, se discutió la información estudiada para aclarar dudas y colocar en contexto los datos proveídos por el material de estudio. En el caso del documental fue necesario discutir la naturaleza de los rayos cósmicos, su origen y su efecto en la atmósfera; el movimiento galáctico del sistema solar, su duración y posiciones en los brazos espirales. En el caso del artículo, fue necesario resaltar las anomalías en la temperatura antes de la "era industrial" e incluso dentro de este siglo. Con lo anterior, los estudiantes manifestaron que efectivamente tenían concepciones equivocadas acerca del cambio climático; por ejemplo, considerar el CO_2 como un gas peligroso, o pensar que si no se culpaba al hombre sobre el CC habría descuido del ambiente global. Muchos manifestaron ignorar otras causas que contribuyeran al CC, como los ciclos solares, o afirmaron no tener información de las controversias sobre el tema o del manejo político que se le ha dado.

Aplicación de la prueba posterior (postest) sobre concepciones

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

En adelante se revisará cada pregunta considerando simultáneamente los resultados del pretest y del postest (Anexo 1).

Pregunta 1. "El dióxido de carbono es un gas venenoso"

Como se señaló antes, inicialmente 61,94 % (TA + A + I) de los participantes admitió que el CO_2 es un gas venenoso (resultados del pretest). Este valor pasó, en las respuestas del postest, a 10,64 % (TA + A + I), mostrando un cambio de 51,30 % (Anexo 1). Este resultado indica una reducción muy importante (51,30 %), poniendo en evidencia un avance ostensible en la comprensión del tema y la importancia de la intervención didáctica en el esfuerzo de erradicar concepciones alternativas formadas a partir de ideas científicamente erradas. Sin embargo, aún permanece un 10,64 % de la población en estudio que considera válida esa afirmación, revelando la dificultad para remover estas preconcepciones firmemente consolidadas. Efectos similares se han visto en otras investigaciones, en las que las preconcepciones o ideas erróneas permanecen en cierto porcentaje de participantes aún después de la instrucción (Roychoudhury., et al, 2017).

Pregunta 2. "Eliminando todo el CO_2 del ambiente tendríamos un planeta sin cambio climático"

Los resultados del pretest indicaron que el 32,15 % (TA + A + I) de los encuestados inicialmente admitió esta afirmación; pero posterior a la intervención didáctica (resultados del postest) sólo el 2,13 % consideró acertada esta afirmación (Anexo 1). La aceptación de la afirmación impuesta en la pregunta 2, implica considerar el CO_2 como único factor determinante del CC. Pero, las diferentes publicaciones científicas respecto a las anomalías históricas en los cambios de temperatura (como los aumentos de temperatura en épocas anteriores) y el conocimiento de que hay otros gases de efecto invernadero, como el metano y el N_2O, dejan sin validez esta afirmación. Con este resultado, nuevamente se observó la dificultad para eliminar en su totalidad una concepción errada y construir una idea correcta sobre el CC.

Los estudiantes mostraron, a través de sus comentarios, cierto conocimiento alrededor del efecto del metano, pero no del N_2O que está asociado con los fertilizantes nitrogenados y también es producido por algunos microorganismos. También comentaron sobre la relación entre la capa de ozono y la entrada de más rayos solares, cuestión que ya ha sido estudiada y reconocida como una concepción equivocada sobre el tema (Summers et al., 2001). También se observó que los estudiantes reconocían que la información sobre el metano provino, en su caso, de los medios de comunicación. Flood (2011) resalta que, las ONGs internacionales, los medios de comunicación y las agencias públicas han generado cierta histeria alrededor del metano producido en los basureros o por los animales de granja, como gas de efecto invernadero. En este sentido, la agencia australiana Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) consignó en su página web: "Un kilogramo de metano liberado hoy en el aire, por ejemplo, provocará un calentamiento atmosférico 20 veces mayor durante el próximo siglo, que un kilogramo de dióxido de carbono" (http://www.cmar.csiro.au/e-print/open/gh_faq.htm). Flood (2011) demuestra en su trabajo que esto en realidad es 7,3 veces, no 20. De esta manera, es frecuente que muchos medios y políticos transmitan información sin el análisis apropiado, generando las concepciones erróneas que se encuentran en muchos ciudadanos, por lo que es necesaria la participación crítica y cuidadosa de los educadores en ciencias.

Pregunta 3. "El cambio climático es un efecto sobre el planeta que se debe casi exclusivamente al ser humano"

El alto porcentaje de participantes que inicialmente aprueban esta afirmación, 84,63 %, es quizás un reflejo de la tendencia marcada de la humanidad a sentirse culpable por los problemas de cambio climático. Este valor se reduce a 34,74 % (resultados del postest), significando un cambio de 49,89 %. Este último valor de aprobación final sigue siendo alto, indicando que las diferentes actividades educativas que se realizaron fueron valiosas para construir ideas más acertadas, pero aun así las personas se resisten a descargar conscientemente la responsabilidad del CC. Este resultado podría estar relacionado con la formación de una estructura cognitiva basada en preconcepciones "noticiosas" muy alarmantes y apocalípticas. De hecho, en la actualidad se considera que la información excesiva sobre los problemas del CC constituye una amenaza psicosocial en todo el mundo (término denominado ecoansiedad), toda vez que tiene efectos importantes sobre la salud mental (Coffey et al., 2021). De manera particular, en las

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

discusiones con los estudiantes se observó que la idea de que "las actividades humanas, especialmente la combustión de carbón y petróleo, están aumentando el CO_2 atmosférico, que a su vez está aumentando la temperatura del planeta" (Páez García, 2010), está muy arraigada en la población estudiada. Una posible explicación a esta preconcepción está relacionada con que, los medios de comunicación hacen una conexión exclusiva y directa entre la producción de CO_2, el calentamiento global y los efectos climáticos, y en la base de la producción de CO_2 están los combustibles fósiles (Tommasino y Foladori, 2001).

Gracias a las actividades realizadas y a las discusiones, las opiniones de los estudiantes cambiaron hacia considerar otros factores. Esto permite adquirir una visión más holística, superior a la que apunta a un solo factor como causa del cambio climático: el ser humano. Durante la discusión se aclaró que la intención no era someter las distintas tendencias teóricas a evaluación o llegar a una verdad absoluta, sino considerar las diferentes explicaciones, científicamente sustentadas, diferentes a la hipótesis del cambio climático antropogénico.

Pregunta 4."El CO_2 genera un efecto mucho mayor en el cambio climático que otros factores como el sol"

Esta afirmación fue validada por el 75,65 % de los estudiantes evaluados en la prueba inicial, confirmando la fuerte tendencia a colocar el CO_2 como el factor principal en los problemas de CC. En la prueba final, esta tendencia se reduce al 23,88 %, confirmando la eficacia de la intervención didáctica, pero también revelando la necesidad de implementar estrategias pedagógicas efectivas, para proveer información científica e imparcial que supere la información superficial de otras fuentes. Una vez más se observó un porcentaje de participantes muy importante (23,88 %) con renuencia al cambio conceptual, verificándose con ello la dificultad de remover este tipo de preconcepciones. Se debe resaltar que la mayoría de las estudiantes, durante la discusión, reconocieron que ignoraban que el sol tuviese efectos en el CC, pero luego de ver el documental consideraron la información como argumentada y consistente. La actividad solar ha sido muy estudiada y se prevén efectos incluso de enfriamiento para el año 2060 ± 11 (Abdussamatov, 2013). En este orden de ideas, Idso et al. (2009) afirman que:

"El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) continúa menospreciando la evidencia abrumadora de que, en escalas de tiempo tan largas como décadas y siglos, el sol y efectos atmosféricos asociados con las nubes son responsables en buena medida del cambio climático del pasado. Por lo tanto, es muy probable que el Sol haya sido también una causa importante del calentamiento en el siglo veinte, con una contribución menor de los gases de efecto invernadero antropogénicos. Además, el IPCC ignora, o trata imperfectamente, otros aspectos científicos que merecen discusión y explicación" (p. 1)

La intensificación informativa alrededor del CO_2 lleva a que el problema del CC no sea concebido de manera holística, sino parcial y sesgadamente. Quizá si el problema se tratase integrando todos los factores que afectan el clima, con el apoyo histórico de lo que ha sido el clima antes de la era industrial y reduciendo el papel protagónico impuesto a las actividades humanas, se podría pasar de los sentimientos de culpa, impotencia y desesperanza a asumir posiciones más proactivas y determinantes. En efecto, se ha demostrado que no es suficiente el conocimiento para lograr la acción en el cuidado del ambiente, sino que se debe trabajar también en las actitudes, hacer que sean positivas y de apropiación (Jensen, 2002).

Pregunta 5. "El cambio climático y el calentamiento global son sinónimos"

La pregunta 5 busca explorar la capacidad de diferenciación de los participantes sobre los dos términos en mención. Inicialmente, se detectó la confusión de los términos en un alto porcentaje: 56,73 % (pretest) consideró inicialmente que estos términos son iguales. Luego de la intervención didáctica, el 30,26 % (postest) de la población en estudio mantiene fija esta idea, lo cual es importante y preocupante porque confirma la dificultad para apropiarse de los términos con el significado correcto. Estas ideas confusas quizás tengan su origen en las experiencias con el entorno, sobre todo con los medios de exposición por pantallas (Cubero, 2012). El uso indiscriminado de términos y el "bombardeo" frecuente de mensajes ambientales con intereses políticos presupone un posible condicionamiento discreto con arraigo de ideas y tendencias, sin importar la coherencia o la rigurosidad conceptual. El término "cambio climático" tiene

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

referencia de uso desde por lo menos 1975 (Broecker, 1975) y se utilizó en muchas de las publicaciones sobre el tema. Sin embargo, en 1988 el término "calentamiento global" se hizo popular luego de que el científico de la Nasa Hames Hansen fue al congreso de los Estados Unidos y llamó la atención sobre la relación existente entre gases de efecto invernadero (GEI) y el calentamiento ambiental observado (U.S.A. senate, 1988). Sin embargo, ya que el calentamiento global no ha presentado la misma tendencia desde entonces y que el efecto de la temperatura no es lo único que trae el proceso de cambio climático, sino también cuestiones como los cambios en los niveles de precipitaciones o del nivel del mar, es más adecuado hablar de cambio climático global o simplemente cambio climático. Según Jones y Podpadec (2023), es necesaria una comprensión precisa del cambio CC en los jóvenes, ya que los conceptos erróneos pueden generar "ansiedad climática" con incertidumbre y confusión.

Pregunta 6. "Los medios de comunicación enseñan que el cambio climático es exclusivo al aumento del CO_2 en la atmósfera"

La última pregunta trató de indagar acerca del origen real de las concepciones sobre el tema. Se encontró que el 78,95 % (TA+A+I) muestra aceptación por la idea que expresa la afirmación, con anterioridad a la intervención pedagógica. Luego de la intervención, el porcentaje de aceptación subió a 82,50 %, con una contribución importante en los participantes que estuvieron totalmente de acuerdo (de 19,38 a 28,37 %) y de acuerdo (de 42,79 a 47,75 %). El alto porcentaje inicial confirma que el grupo en estudio ya tenía una percepción elaborada con respecto al origen del discurso sobre CC basado en el CO_2.

Stamm et al. (2000) afirman que, los medios de comunicación tienen poco o ningún efecto en resolver problemas ambientales, más bien contribuyen a generar concepciones equivocadas. Cuando las causas de un problema no se entienden bien, no se pueden ver las soluciones o establecer relaciones entre variables para dimensionar una posible solución. Así, aunque los medios de comunicación constituyen un puente entre el conocimiento científico dado por los expertos y la sociedad, ayudando a divulgar, crear conexiones e influir, en este tema de CC parecen no haber ayudado a entender la problemática, sino que quizás han contribuido a generar confusión. Esto podría deberse a varias razones: una de ellas, es que el tema es tratado generalmente apuntando al miedo y al sensacionalismo, con dimensiones catastróficas; otra es que el tema ha sido usurpado por políticos (con influencia sobre los medios de comunicación), quienes han visto en ello una fuente de beneficio electoral constante y un escenario de discusión populista. Actualmente es reconocido que, la afiliación política y el pensamiento ideológico ejercen fuerte influencia sobre las creencias y concepciones sobre CC (De Beukelaer et al., 2023; Benegal y Scruggs, 2018).

Algunas implicaciones educativas

Los resultados revelan la necesidad de informar adecuadamente a los ciudadanos sobre el CC, más allá de lo mediático y político, y confirman que debe ser la academia quien lidere el debate. Indican la necesidad de emprender procesos de formación académica sobre este tema, para que los estudiantes de las diferentes profesiones adquieran el capital científico que les permita entender los problemas del CC. Se requiere una visión integradora desde diferentes áreas, ya que el CC impacta a toda la sociedad y es de interés para todos los sectores. Típicamente este tema no está incluido en los currículos, por ello, se sugiere que sea debidamente incorporado, como asignatura o como eje transversal, con temáticas bien elaboradas, discutidas desde la controversia científica y desarrolladas sistemáticamente en diversas carreras universitarias. En esta vía, Tasquier et al. (2014) también propusieron incorporar el CC como propuesta educativa integradora de las ciencias físicas y sociales, con el objetivo de promover la comprensión profunda de los conceptos básicos sobre CC.

Por otra parte, el trabajo experimental con kits ha ayudado a mejorar las actitudes hacia la ciencia, lo cual es relevante ya que las actitudes positivas favorecen el aprendizaje, mientras que las negativas representan un obstáculo para ello. Dicha limitación pone en riesgo la comprensión y la solución global a grandes problemas como la contaminación y el CC, que dependen de que los ciudadanos asuman posiciones realmente proactivas y científicamente fundamentadas, con impacto en la vida diaria (Molina et al., 2011). Superar las actitudes negativas es un punto de partida importante para lograr aprendizajes significativos en

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

los campos de la ciencia. Al respecto, el kit experimental utilizado permitió motivar a los participantes sobre la necesidad de comprender los fenómenos químicos relacionados con el CO_2 dentro del contexto del CC. Sobre ello, se recibieron comentarios positivos enfocados al carácter motivante e ilustrativo de los experimentos.

El uso de material didáctico que conduzca a la controversia académica, a confrontar el relato popularmente dominante y a tratar temas científica, social y políticamente integrados, es muy útil para la enseñanza de las ciencias contextualizada y enfocada a la vida cotidiana, planteando retos y desafíos que lleven a los estudiantes a participar activamente en la toma de decisiones (Levinson et al., 2017). Confrontar las ideas sobre predominancia del CC antropogénico lleva a que los participantes descubran que el problema no es simple y no se resuelve con señalar al CO_2 como eje de todos los males planetarios y al hombre como el generador de éstos. Conocer las variables que afectan el clima del planeta involucra conocimientos de astronomía, geología, física, química, biología y otras ciencias, lo que demuestra que no es algo aislado, sino que comprende todo el conocimiento humano y también al hombre como participante. En este sentido, la frase "salvar la Tierra" dejaría de ser parte de una retórica populista y vacía, para pasar a conformar la red conceptual científica fundamental que todos los ciudadanos deberían tener. Además, esta controversia respecto al cambio climático ayuda a encontrar certezas y soluciones realistas que tengan la participación general del público (Páez García, 2010).

Además, la exposición excesiva a los problemas ambientales, sin la discusión adecuada, en el medio escolar puede conducir a sentimientos de impotencia que actúan como desmotivadores, provocando lo que se denomina una "parálisis de acción", es decir una insensibilidad hacia el tema (Kefford, 2006). En cierta medida este efecto se observó en los participantes, ya que algunos manifestaron sentirse resignados frente a los "peligros" del CO_2 en el planeta. La falta de acción se intensifica toda vez que los medios de comunicación y los discursos políticos utilizan el catastrofismo como forma de llamar la atención. Por tanto, se necesita un enfoque pedagógico que proporcione conocimientos sobre el cambio climático, basados en la acción y no en el miedo (Jones y Podpadec, 2023). Boyes et al. (2009), encontraron que los estudiantes australianos manifestaron estar dispuestos a llevar a cabo algunas acciones, como gastar menos energía o emplear transporte público en vez del particular, pero con poca voluntad, buscando no afectar su comodidad personal. El discurso mediático actual respecto al CC parece no estar dirigido a transformaciones actitudinales y axiológicas del público, para que culmine en acción, sino que muy probablemente se ha convertido en pieza clave del andamiaje demagógico que simplemente apunta a vociferar lo que la gente quiere escuchar.

Conclusiones

Evidentemente, el cambio climático (CC) es un tema de gran interés en el contexto de la enseñanza de las ciencias. Los resultados del presente trabajo ponen de manifiesto las dificultades conceptuales y el esfuerzo que se requiere para erradicar o mover preconcepciones en el pensamiento de estudiantes universitarios que reciben formación básica en química, indicando que para el público generalizado podría ser más difícil. El cuestionario tipo Likert empleado en el presente trabajo para indagar las concepciones de un grupo de participantes en estudio, confirmó que la mayoría de dicha población tiene la tendencia a pensar que el CO_2 es el factor principal en los problemas de CC y que el ser humano es mayoritariamente el responsable de dicho fenómeno. Según la indagación, complementada posteriormente con actividades de discusión, dichas creencias muy probablemente tienen su origen en la información poco profunda que proviene de los medios de comunicación y de la retórica del ámbito político. Se detectaron ideas preconcebidas en los estudiantes, con poca claridad sobre el fenómeno, poco conocimiento químico y físico, información parcializada y confusión de términos claves y específicos para entender el fenómeno de CC. La implementación de la intervención didáctica, basada en el uso de un kit experimental para la producción e identificación de CO_2 resultó ser una estrategia motivadora para iniciar la exploración de diferentes explicaciones científicas relacionadas con el papel de CO_2 en el CC y la participación de otros factores decisivos. El acompañamiento de dicha estrategia con la revisión cuidadosa de material de estudio

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

(video y lectura especializada), con posterior discusión, permitió superar en buena medida las preconcepciones existentes, permitiendo a los estudiantes un mayor alcance conceptual científicamente fundamentado. Finalmente, los resultados del presente trabajo revelan la necesidad de incorporar formalmente la temática de CC como núcleo de estudio en los ciclos de fundamentación de las carreras universitarias.

Además de incorporar la temática de CC y de calentamiento global en las aulas universitarias, es relevante iniciar la divulgación de trabajos que dimensionen porcentualmente el efecto que sobre el clima tienen: el Sol, el entorno planetario y la dinámica terrestre, la biomasa, la geología y el efecto del hombre en el clima. Debe destacarse que en la historia de la Tierra (en especial, en los últimos 1000 millones de años), el clima ha variado de calor a frio, independiente de nuestra presencia en el planeta.

Materiales suplementarios

Anexo 1 (pdf)
Anexo 2 (pdf)

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Colombia (Facultad de Ciencias), sede Bogotá, por el apoyo logístico en la realización de este trabajo (Proyecto Hermes 58365).

Referencias

Abdussamatov, H. I. (2013). Grand minimum of the total solar irradiance leads to the little ice age. *Journal of Geology & Geosciences, 2*(2), 113, 1-10. 10.4172/2329-6755.1000113.

Aguilera, D. y Perales-Palacios, F. J. (2020). What effects do didactic interventions have on students' attitudes towards science? A meta-analysis. *Research in Science Education, 50*(2), 573–597.

Bausela-Herreras, E. (2004). La docencia a través de la investigación-acción. *Revista Iberoamericana de Educación, 35*(1), 1-9. https://doi.org/10.35362/rie3512871.

Benegal, S. D., Scruggs, L. A. (2018). Correcting misinformation about climate change: The impact of partisanship in an experimental setting. *Climatic Change, 148*(1-2), 61–80.

Berenguer, M. J. y Bernal F., (2000). *NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España, Madrid, p.p. 1-6.

Boyes, E., Skamp, K. y Stanisstreet, M. (2009). Australian secondary students' views about global warming: Beliefs about actions, and willingness to act. *Research in Science Education, 39*(5), 661–680.

Broecker, W. S. (1975). "Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming?" *Science, 189*(4201), 460-463.

Chi, M. T. H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In: S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of research on conceptual change*, Routledge (Taylor & Francis), pp. 61- 82.

Coffey, Y., Bhullar, N., Durkin, J., Islam, M. S. y Usher, K. (2021). Understanding eco-anxiety: A systematic scoping review of current literature and identified knowledge gaps. *The Journal of Climate Change and Health, 3*, 1-6. https://doi.org/10.1016/j.joclim.2021.100047.

Cubero, J., Costillo, E., Calderón, M. A., & Ruiz, C. (2012). Análisis del origen de concepciones alternativas entre los conceptos de aparato y sistema en anatomía y fisiología. *Revista de Educación en Biología, 15*(1), 32-42.

De Beukelaer, S., Vehar, N., Rollwage, M. et al. (2023). Changing minds about climate change: a pervasive role for domain-general metacognition. *Humanities and Social Science Communications*, 10, 1-10. https://doi.org/10.1057/s41599-023-01528-x.

Domènech-Casal, J. (2014). Contextos de indagación y controversias socio-científicas para la enseñanza del Cambio Climático. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra, 22*(3), 267–276.

Duit, R. (2009). *Bibliography STCSE: Students' and teachers' conceptions and science education*. University of Kiel, Kiel, Germany.

Elliot, J. (2000). La investigación-acción en educación. Morata, edición 4, p.p. 23-27.

Flood, W. (2011). The methane misconceptions. *Energy & environment, 22*(3), 233-239.

Fortner, R. W. (2001). Climate change in school: Where does it fit and how ready are we? *Canadian Journal of Environmental Education, 6*(1), 18-31.

Goldberg, M. H., van der Linden, S., Maibach, E. y Leiserowitz, A. (2019). Discussing global warming leads to greater acceptance of climate science. *PNAS, 116*(30), 14804-14805.

Gomes Czekalski, R., y Matos Uhmann, R. I. (2022). As concepções de educação ambiental no panorama dos recursos midiáticos. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (52), 137-152.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Guggenheim, D. (Director). (2006). *An inconvenient truth* [Una verdad incómoda] [Película]. Paramount Classics Productions.

Höhle, J. V. y Bengtsson, S. L. (2023). A didactic toolkit for climate change educators: lessons from constructive journalism for emotionally sensitive and democratic content design. *Environmental Education Research*. 10.1080/13504622.2023.2182746.

Idso, C. y Singer, S. F. (2009). *Climate change reconsidered*. The Heartland Institute, Arlington Heights, Illinois – U.S.A., p.p. 1-855.

Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, (2014). Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland.

Jacobson, T. A., Kler, J. S., Hernke, M. T., Braun, R. K., Meyer, K. C. y Funk, W. E. (2019). Direct human health risks of increased atmospheric carbon dioxide. *Nature Suatainability, 2*(8), 691-701.

Jensen, B. (2002). Knowledge, action and pro-environmental behaviour. *Environmental Education Research, 8*(3), 325–334.

Jones, V. y Podpadec, T. (2023). Young people, climate change and fast fashion futures. *Environmental Education Research*. 10.1080/13504622.2023.2181269.

Kefford, R. F. (2006). Medical heat for climate change. *The Medical Journal of Australia, 184*(11), 582. https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.2006.tb00385.x.

Levinson, R., Knippels, M. C., van Dam, F., Kyza, E., Christodoulou, A., Chang-Rundgren, S. N., Grace, M. et al. (2017). *Aprendizaje por indagación de controversias sociocientíficas: conectando la educación científica formal e informal con la sociedad*. PARRISE (Promoting Attainment of Responsible Research and Innovation in Science Education) project, Madrid, España.

Lüthi, D., Le Floch, M., Bereiter, B., Blunier, T., Barnola, J.-M., Siegenthaler, U., Raynaud, D., Jouzel, J., Fischer, H., Kawamura, K., Stocker, T. F. (2008). High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000-800,000 years before present. *Nature*, 453(7193), 379-382.

Molina, M. F., Carriazo, J. G., y Casas, J. (2013). Estudio transversal de las actitudes hacia la ciencia en estudiantes de grados quinto a undécimo. Adaptación y aplicación de un instrumento para valorar actitudes. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (33), 103-122.

Molina, M. F., Carriazo, J. G. y Farias, D. M. (2011). Actitudes hacia la química de estudiantes de diferentes carreras universitarias en Colombia. *Quimica Nova, 34*(9), 1672-1677.

Molina, M. F., Palomeque, L. A., y Carriazo, J. G. (2016). Experiencias en la enseñanza de la química con el uso de kits de laboratorio. *Entre ciencia e ingeniería, 10*(20), 76-81.

Mortensen, L. (Director). (2008). *The Cloud Mystery* [El misterio de las nubes][Película]. Lars Mortensen Productions.

Páez García, A. (2010). Y después del CO. ¿qué?: Una revisión de la construcción social del cambio climático. *Revista Mad. Revista del Magíster en Análisis Sistémico Aplicado a la Sociedad,* (22), 1-30.

Roychoudhury, A., Shepardson, D. P., y Hirsch, A. S. (2017). System thinking and teaching in the context of climate system and climate change. In: D. P Shepardson, A. Roychoudhury, A. S. Hirsch (Eds.), *Teaching and learning about climate change*. New York, Routledge (Taylor & Francis), pp. 29-42.

Stamm, K. R., Clark, F., y Eblacas, P. R. (2000). Mass communication and public understanding of environmental problems: the case of global warming. *Public understanding of science, 9*(3), 219-237.

Summers, M., Kruger, C., y Childs, A. (2001). Understanding the science of environmental issues: Development of a subject knowledge guide for primary teacher education. *International Journal of Science Education, 23*(1), 33-53.

Svensmark, H. (2015). Cosmic rays, clouds and climate. *Europhysics News, 46*(2), 26-29.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Svihla, V. y Linn, (2012). Design-based Approach to Fostering Understanding of Global Climate Change. *International Journal of Science Education, 34*(5), 651-676.

Tasquier, G., Pongiglione, F., Levrini, O. (2014). Climate change: an educational proposal integrating the physical and social sciences. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 116*, 820 – 825.

Tommasino, H., y Foladori, G. (2001). (In)ertezas sobre la crisis ambiental. *Ambiente & Sociedade*, (8), 49-68.

United Nations (1992). United Nations framework convention on climate change: Text. Geneva: United Nations Environment Programme (UNEP)/ World Meteorological Organization (WMO).

U.S.A. senate (1988). Committee on Energy and Natural Resources, "Greenhouse Effect and Global Climate Change, part 2" 100th Cong., 1st sess., 23 June 1988, p. 44.

Información adicional

Para citar este artículo: Carriazo J. G., Molina M. F. y Ordóñez O. (2024) Concepciones sobre el dióxido de carbono y su influencia en el cambio climático: intervención didáctica valorativa y experimental. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 21*(1), 1503. doi: http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i1.1503

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto