



CAMBIO CLIMÁTICO: UNA EXPERIENCIA DE INDAGACIÓN GUIADA

**Julia Torres,^{1,2} Anabela García,³ Lorena Martínez,²
Micaella Cipriani,¹ Vanesa Rostán,¹ Soledad
Machado,¹ Marcelo Queirolo,¹ Lucía Otero^{1,2}**

1 Centro de Educación Flexible, Facultad de Química, Udelar, Montevideo, Uruguay.

2 Área Química Inorgánica, Departamento Estrella Campos, Facultad de Química, Udelar, Montevideo, Uruguay.

3 Área de Ciencias del Colegio Stella Maris, Montevideo, Uruguay.

Resumen

En esta comunicación se describe una propuesta de desarrollo profesional docente en modalidad de taller, enfocada en el tema cambio climático y basada en la estrategia de indagación guiada. Mediante un enfoque de trabajo en equipo, los educadores participantes del taller crearon y desarrollaron nuevas propuestas didácticas sobre los contenidos seleccionados. De esta forma, lograron profundizar su conocimiento disciplinar general del tema a partir de la vivencia directa de los experimentos y al mismo tiempo desarrollaron habilidades científicas de diseño experimental, control de variables y evaluación de resultados. Los participantes del taller se sintieron altamente dispuestos a transferir la experiencia al aula y expresaron una mejora en su confianza frente al diseño de experiencias experimentales con materiales cotidianos. El seguimiento posterior muestra la aplicación de lo aprendido al aula.

Palabras clave: enseñanza por indagación; cambio climático; ciencias naturales

Breve marco teórico acerca de la estrategia basada en indagación

La enseñanza de la ciencia se ha volcado cada vez más hacia una estrategia educativa basada en la indagación ya que se ha demostrado que los estudiantes que aprenden mediante esta estrategia tienen mejores desempeños en ciencia, logran desarrollar mejores habilidades y muestran mejores actitudes hacia las disciplinas científicas, incluso a largo plazo, cuando se los compara con estudiantes que aprenden mediante las estrategias de enseñanza tradicionales (Gibson y Chase, 2002; Gormally et al., 2009; Igelsrud y Leonard, 1988; Marx et al., 2004). Se ha buscado en este contexto que los alumnos complementen la tradicional memorización de hechos y conceptos de disciplinas científicas con el desarrollo de capacidades que permiten a los alumnos responder las preguntas que ellos mismos se proponen y así desarrollar la habilidad de tomar decisiones basadas en el conocimiento científico de un mundo sobrecargado de información. Contrariamente a lo que ocurre en la enseñanza tradicional basada en enfoques mayormente expositivos y complementados con instancias experimentales estructuradas en las que se repiten procedimientos sin el necesario énfasis en la construcción de conocimiento o en el desarrollo de las habilidades (Johnstone y Al-Shuaili, 2001), la tendencia actual se centra en promover estrategias de aprendizaje activo centradas en el alumno como el aprendizaje mediante problemas o proyectos (Oguz-Unver y Arabacioglu, 2014; Schneider, Krajcik, Marx y Soloway, 2002), mediante la resolución de problemas de laboratorio (Soubiron, 2005), a través del estudio de la naturaleza de la ciencia (Lederman, 1992) o del aprendizaje mediante indagación (Gibson y Chase, 2002; Gormally et al., 2009; Marx et al., 2004). Aunque todas estas estrategias presentan numerosos puntos en común, la indagación apunta a adquirir conocimientos a partir de la observación directa y la generación de preguntas en base a los principios del conocimiento científico, mientras que en la resolución de problemas o en la realización de proyectos se emplean conocimientos previos que se profundizan mediante su aplicación concreta (Oguz-Unver y Arabacioglu, 2014).

En este enfoque de la educación en ciencia basada en indagación, los alumnos parten de una instancia de pregunta u observación de un objeto o fenómeno real disparador y luego experimentan con él para desarrollar sus propias ideas mediante un aprendizaje logrado durante la experimentación directa, en la que construyen su conocimiento del mundo que los rodea. La estrategia consiste en utilizar las habilidades empleadas por los científicos, es decir las capacidades para

hacerse preguntas, obtener y analizar datos, razonar y comparar observaciones en forma crítica, etc. De esta manera, los alumnos van discutiendo los resultados y elaborando conclusiones en equipo mientras aprenden en forma activa. Así, toman un papel central en el proceso formulando preguntas y elaborando posibles respuestas. Las explicaciones formales de los conceptos surgen naturalmente al final de cada actividad en lugar de al principio como sucede en una clase expositiva tradicional (Gormally et al., 2009; Gutiérrez, 2015; Igelsrud y Leonard, 1988; Sundberg y Moncada, 1994). Entonces, la enorme utilidad de esta estrategia radica en que al mismo tiempo que promueve la construcción del conocimiento, pone un gran énfasis en el desarrollo de competencias científicas. En nuestra sociedad actual en la que la información es ubicua y accesible, los alumnos deben sobre todo desarrollar la capacidad de alcanzar en forma autónoma el conocimiento y las competencias, así como las habilidades necesarias para la resolución de problemas de la vida diaria. Numerosos ejemplos disponibles muestran el éxito de este tipo de estrategias para mejorar el aprendizaje y desarrollar una conciencia más realista de las habilidades de laboratorio por parte de los alumnos (Gormally et al., 2009; Lott, 1983; Schneider et al., 2002; Shymansky, Hedges y Woodworth, 1990; Von Secker y Lissitz, 1999; Weinstein, Boulanger y Walberg, 1982).

Ahora bien, en una concepción estratégica inmersa en la educación formal que prioriza los contenidos, se ha propuesto la indagación guiada en la que el docente instructor dirige el trabajo para focalizarlo sobre uno o más conceptos específicos a partir de una pregunta básica o una observación que el propio educador instala en el aula (Colburn, 2000; Uno y Bybee, 1994). En la indagación abierta, el docente solamente proporciona los materiales y los alumnos crean la pregunta y los procedimientos para resolverlo, mientras que en la indagación guiada es el docente el que centra la atención en una determinada pregunta y a su vez guía a los alumnos en sus acciones. De esta forma, la experiencia evoluciona desde el formato abierto tipo feria científica a una actividad igualmente constructiva pero que se enfoca directamente con los ejes temáticos que el docente y la *currícula* plantean como objetivos de enseñanza (Colburn, 2000). En la indagación guiada el docente tiene una labor central ya que luego de proponer la pregunta inicial ayuda a los alumnos a elegir las variables, a planificar y controlar los procedimientos y a encontrar las conclusiones. Esta ayuda se realiza en forma indirecta mediante cuestionamiento y apoyo constante, pero dejando que el alumno tome las decisiones en todo momento. La guía debe cuestionar de forma de mantener un nivel de desafío intelectual constante pero también debe

ser alentadora de forma de mantener en el alumno una actitud positiva que evite la frustración ante una situación que le es difícil de resolver (Igelsrud y Leonard, 1988). En este enfoque guiado, la estrategia de enseñanza se aleja de la similitud con el trabajo abierto y complejo de un científico que elige y dirige el foco de investigación hacia temas que permitan la creación del conocimiento, pero mantiene el foco en las tareas de observación, modelado, control de variables y desarrollo de experimentos (Chinn y Malhotra, 2002). El delicado equilibrio entre ser la guía que incentive y oriente a los alumnos en sus investigaciones y el instructor estricto que transforma la actividad en un camino hacia una única respuesta estructurada y una única manera “correcta” de hacer las cosas en el laboratorio es muy difícil de lograr. Por eso el papel del docente instructor resulta fundamental en las estrategias basadas en indagación guiada.

De acuerdo a las investigaciones realizadas, una de las razones por las que la indagación no se ha desarrollado más en las aulas desde un punto de vista práctico es que los docentes se sienten poco preparados para realizar la instrucción necesaria (Colburn, 2000). Por ello, es necesario establecer una agenda para desarrollar enfoques de indagación centrados en los docentes y sus concepciones y conocimiento de forma de crear puentes entre la teoría y la práctica. En particular resulta necesario trabajar sobre las concepciones de los docentes acerca de la indagación, la base de conocimiento acerca de la implementación de la estrategia, las prácticas docentes y la enseñanza de la ciencia a partir de actividades predesarrolladas que incluyan instrucción, conocimiento conceptual y relación explícita con la naturaleza de la ciencia involucrada. Debido a que la eficacia de un cambio de estrategia sólo puede centrarse en el esfuerzo docente, sus pareceres deben ser incluidos en la implementación de un *currículum* basado en indagación (Kyle, 1994). En este sentido es necesario trasladar los esfuerzos realizados en el entendimiento del aprendizaje del alumno hacia el entendimiento de la enseñanza. Cómo enseñar en las condiciones del mundo real de forma de lograr un aprendizaje significativo es un tema mucho menos explorado y comprendido (Fink, 2013). Por ello, la investigación acerca de los roles de los docentes en la implementación de la indagación en el aula, así como la discusión profunda por parte del colectivo docente puede tener un gran impacto sobre la educación en ciencia en la medida en que esas acciones se reflejen de forma realista en el trabajo con los alumnos a gran escala (Keys y Bryan, 2001).

El cambio climático como tema motivador

Las actividades de indagación que se proponen en el aula, en especial si se trabaja sobre una estrategia guiada, deben estar centradas en un determinado tema asociado a los objetivos de enseñanza que el docente plantea para el trabajo en el año. Para que las acciones sean eficaces se ha comprobado que se deben seguir algunas recomendaciones que incluyen el orientar las actividades hacia temas concretos y relacionados con conceptos observables de la vida cotidiana. Asimismo, se debe centrar las actividades en preguntas que los estudiantes puedan responder mediante sus propios medios (lo que se relaciona con el hecho de elegir temas concretos y para los que dispongan de información de diferentes fuentes), enfatizar las actividades que permitan emplear materiales o situaciones que sean familiares a los alumnos y para los que posean el conocimiento y habilidades suficientes como para llegar al éxito (Colburn 2000). La elección de temas centrados en la vida cotidiana como puede ser el cambio climático promueve fuertemente la motivación de los alumnos y modifica la percepción de la disciplina hacia una actitud más positiva y activa en el aprendizaje (Barke, Harsch & Schmid, 2012).

Además de las razones mencionadas, el cambio climático es un tema de estudio presente en la *currícula* (ANEP, 2008) y para el que se ha encontrado que los alumnos de todas las edades manifiestan tener preconceptos muy arraigados y para el que emplean falacias al tratar de explicar sus causas. El conocimiento de estos aspectos resulta muy relevante para los docentes a la hora de plantear actividades asociadas a objetivos de aprendizaje en este tema que involucren un cambio conceptual. El “cambio climático” es una expresión en general muy conocida y de la que los alumnos y la mayor parte de los adultos creen saber mucho debido a que han escuchado hablar frecuentemente del tema en los medios y en general en su vida cotidiana. Se ha comprobado sin embargo que resulta habitual la confusión entre clima y tiempo atmosférico que lleva a pensar que eventos puntuales como un verano de altas temperatura o incluso un día de temperatura elevada significan cambios globales del clima. Además, los alumnos en general desconocen de qué forma puede influirse en forma individual o colectiva para enlentecer el cambio climático que creen imposible de modificar (Papadimitriou, 2004).

Es decir que, si bien la mayoría ha oído hablar del fenómeno, no siempre se logra desarrollar la consciencia de que el aumento de gases de efecto invernadero disminuye la cantidad de energía térmica que la Tierra puede disipar por

calor, aumentando la temperatura global muy lentamente. Este efecto causado por el hombre se suma a un efecto natural (gases producidos por los volcanes, por ejemplo) que es el responsable de mantener una adecuada temperatura en la Tierra. La mayor parte de los alumnos confunden también el calentamiento global con la disminución de la concentración de ozono en las capas superiores de la atmósfera en cuanto a los mecanismos que los causan. En efecto, muchos piensan que el llamado agujero de ozono contribuye también al calentamiento global debido a que deja pasar una mayor cantidad de la luz del sol, aumentando la temperatura (Papadimitriou, 2004). Si bien la ausencia de ozono aumenta la radiación ultravioleta que llega a la Tierra, esos rayos son de una energía tal que contribuyen muy poco al calentamiento de la atmósfera. La confusión, que radica en la falta de conocimiento científico acerca de lo que sucede en cada caso, resulta muy persistente y difícil de erradicar. Otra concepción errónea que aparece muy frecuentemente es la de pensar que la contaminación y el daño ambiental en general contribuyen al calentamiento global. La investigación ha mostrado que estos preconceptos no sólo están presentes en los alumnos sino también en los educadores (Dove, 1996; Groves y Pugh, 1999), lo que enfatiza la necesidad de profundizar el cambio conceptual a nivel docente en este sentido.

La investigación ya realizada muestra que la educación en cambio climático empleando diferentes enfoques pedagógicos para la observación y aprendizaje de la naturaleza del fenómeno, sus signos, causas, consecuencias y formas de remediación opera un cambio en las ideas de los alumnos en distintas dimensiones. En este sentido, ha sido posible identificar qué tipo de actividades educativas mejoran las concepciones de los alumnos. En primer lugar, el estudio de aspectos locales en relación al fenómeno aumenta la atención y facilita el aprendizaje. Además, la construcción de opiniones realizada de la forma en la que lo hacen los científicos asegura el interés, a pesar de la dificultad de las actividades. La manipulación de instrumentos científicos es una fuente adicional de motivación. El uso de representaciones gráficas sobre efecto invernadero mejora la comprensión y la retención en la memoria del fenómeno. Finalmente, la realización de acciones directas alienta los sentimientos de empoderamiento en relación a la capacidad de hacer una diferencia como colectivo (Pruneau, Gravel, Bourque y Langis, 2003).

Programa ECBI.Uy

El grupo que lleva a cabo esta propuesta se nuclea en un programa que tiene como objetivo fortalecer la educación científica en el sistema educativo del Uruguay, mediante la implementación de la Educación en Ciencia Basada en Indagación (ECBI) en todos los niveles educativos. Está formado por un grupo de docentes de la Facultad de Química, pertenecientes al grupo Química d+, junto con diferentes actores de la Universidad (diferentes disciplinas científicas), CES, CEIP (IFS) y CFE (Instituciones de Formación Docente). Este programa tiene el objetivo de aunar esfuerzos para promover el desarrollo profesional de los actuales educadores de diferentes instituciones, mediante la realización de talleres y la generación de recursos didácticos, creando actividades basadas en los contenidos de los programas oficiales, diseñando nuevos materiales y realizando una labor de apoyo y seguimiento a las acciones de los educadores (<http://www.qdm.fq.edu.uy/ecbi/>). Como objetivo a mediano plazo plantea colaborar en el desarrollo de un cambio estratégico en la educación en ciencia en los diferentes niveles educativos.

Objetivos planteados y pregunta que busca responder este trabajo

En esta comunicación se comparte una experiencia de taller de desarrollo profesional docente para maestros y profesores de disciplinas científicas realizada sobre el tema cambio climático. Los objetivos de la actividad fueron:

- a. explorar la prevalencia de algunos de los preconceptos comúnmente encontrados en los docentes sobre el tema cambio climático
- b. desarrollar un taller de dos días basado en la estrategia de indagación guiada sobre el tema cambio climático
- c. recoger los resultados logrados en cuanto a la adquisición de conocimientos, desarrollo de nuevas habilidades de laboratorio y de diseño de actividades experimentales, así como en cuanto a la disposición para la aplicación efectiva en el aula de lo trabajado
- d. valorar las implicancias de los resultados para proyectar acciones futuras

Teniendo en cuenta estos objetivos, la pregunta central planteada es:

¿Resulta el enfoque empleado eficiente para promover un aprendizaje que genere la motivación suficiente como para lograr que efectivamente lo aprendido en el taller se transfiera al aula? La implicancia central de esta pregunta radica en

el convencimiento de que cualquier acción que se realice será realmente transformadora sólo si los docentes logran llevarla con éxito al aula.

Metodología

Aspectos generales

El taller se realizó los días 22 y 23 de febrero de 2018 en jornadas completas. Los 20 docentes participantes (15 maestros y 5 profesores de asignaturas científicas de enseñanza media) asistieron en forma voluntaria en base a la convocatoria realizada por las redes sociales. El desarrollo del taller contó con cinco guías, algunos con extensa formación disciplinar científica y otros con gran conocimiento y experiencia pedagógica.

Encuesta inicial

En un formato de opción múltiple se pidió a los docentes que respondieran una breve encuesta de conocimiento acerca de cambio climático al inicio de la primera jornada. Los resultados fueron tratados rápidamente de manera que pudieron ser discutidos con todos los asistentes ya en la primera jornada. En particular, se exploró el conocimiento científico y las percepciones generales sobre cambio climático y sus causas y consecuencias, así como la experiencia anterior en el trabajo en el aula centrado en este tema. Esta encuesta inicial incluyó preguntas acerca de los preconceptos más comunes que se han encontrado en trabajos anteriores sobre el tema cambio climático (Papadimitriou, 2004), de forma de explorar esta posibilidad en los docentes que asistieron al taller. Se preguntó en particular acerca de las razones del efecto invernadero y del aumento del nivel del mar asociado al cambio climático.

Descripción del taller

El enfoque de todo el taller fue altamente experimental y los guías adoptaron en todo momento la estrategia de indagación guiada. El objetivo del trabajo realizado en la primera jornada fue mostrar en forma práctica la estrategia de indagación haciendo hincapié en el rol del guía de las investigaciones y en la construcción del conocimiento vivida por los participantes del taller. Para ello se utilizó como ejemplo la vivencia de una actividad científica experimental guiada

basada en circuitos eléctricos con una consigna a cumplir por parte de los equipos que implicó la transmisión de un mensaje secreto. Los participantes buscaron diversas formas de transmitir el mensaje empleando los circuitos y explorando diferentes formas de conexión (serie, paralelo) hasta lograr el objetivo. Con la guía de los talleristas que fueron planteando distintas interrogantes los equipos elaboraron hipótesis de funcionamiento, armaron los dispositivos y construyeron un modelo de funcionamiento que les permitió llegar a cumplir la consigna. Los diferentes equipos lograron construir dispositivos funcionales variados y se realizó una instancia de puesta en común para compartir las conclusiones alcanzadas. El objetivo de este ejercicio fue mostrar en forma práctica la estrategia de indagación haciendo hincapié en el rol del guía de las investigaciones y en la construcción del conocimiento vivida por los participantes del taller.

En la segunda parte de la primera jornada se realizó una segunda actividad en la que ya se comenzó a desarrollar las capacidades de diseño de actividades experimentales por parte de los participantes del taller. La consigna en este caso fue diseñar actividades de indagación guiada para trabajar en clase el tema corrientes marinas y su dependencia con parámetros como la temperatura o la salinidad del agua. Los equipos diseñaron diferentes actividades experimentales sobre el tema y luego mediante una puesta en común se discutieron los aspectos más relevantes del proceso de diseño, las dificultades encontradas, la necesidad de probar y rediseñar las experiencias antes de llevarlas al aula, la conveniencia de trabajar con materiales cotidianos que los alumnos puedan tener disponibles en el salón de clase, etc.

Al final del primer día planificaron las actividades siguientes de forma de definir el trabajo a realizar en torno al tema cambio climático. Para ello se definió con el conjunto del grupo, una lista de los contenidos y competencias que a juicio de todos resultó central para tratar este tema. Se centró el trabajo sobre todo en los contenidos de ciencias naturales.

Durante el segundo día se propuso nuevamente la creación de actividades de indagación guiada en base a la experiencia del día anterior, pero centrando las propuestas en los contenidos y competencias asociados a cambio climático ya acordados al final de la primera jornada. En este caso, cada equipo recibió una consigna diferente relacionada con un grupo de contenidos diferente y aplicó lo vivido en la jornada anterior en el diseño de una secuencia de trabajo experimental. Los contenidos elegidos y las actividades diseñadas por los participantes se discuten más adelante.

Encuesta final

En la encuesta final se evaluó el aprendizaje de los participantes y su percepción acerca de la posible proyección de lo aprendido hacia el aula. En este caso se trabajó sobre una encuesta abierta. Debido al carácter abierto de las preguntas realizadas, el tratamiento de datos se realizó mediante un panel que clasificó en forma independiente las respuestas obtenidas y empleando una aplicación web para la creación de una nube de palabras. Se consideraron como resultados comunes las coincidencias encontradas por el panel y en acuerdo con los resultados de las palabras más frecuentes (Mc Naught, 2010).

Proyección y seguimiento posterior

Más allá de los experimentos diseñados durante el taller por cada equipo, al finalizar las jornadas de trabajo, se compartió con los participantes una unidad temática que contiene un conjunto de experimentos prediseñados para trabajar cambio climático en el aula. La unidad está enfocada a niños de 5° o 6° año escolar (ANEP, 2008), pero resulta perfectamente adaptable a otros niveles. Esta guía permite proyectar lo aprendido al aula con más facilidad porque ofrece un recordatorio de muchas de las actividades diseñadas durante el taller y más e incluye fichas didácticas de trabajo, notas pedagógicas y repaso de conceptos científicos. Se encuentra disponible en:

<http://www.qdm.fq.edu.uy/ecbi/ecbiuy-cambioclimatico.pdf>

Por otra parte, y de forma de ir más allá del momento del taller y explorar la efectividad real del taller, se está realizando un seguimiento posterior a los participantes del taller.

Resultados y discusión final

Encuesta de conocimiento inicial

Los resultados de la evaluación general de conocimiento muestran que la totalidad de los participantes considera tener conocimientos previos adecuados acerca del cambio climático. Sin embargo, un 50 % de los participantes considera que se le presentan dificultades a la hora de explicar sus causas. De acuerdo a las respuestas obtenidas acerca de la percepción general del tema, un 72% lo asocia únicamente a un fenómeno artificial mientras que el resto a un efecto

tanto natural como artificial. Respecto a la práctica docente que incluya experiencia en el tema cambio climático, un 33 % de los participantes manifiesta que nunca había trabajado el tema en el aula, un 56 % que lo había trabajado anteriormente aunque con un enfoque puramente teórico, mientras que sólo el 11 % contesta que lo ha trabajado en forma profunda, incluyendo alguna actividad experimental.

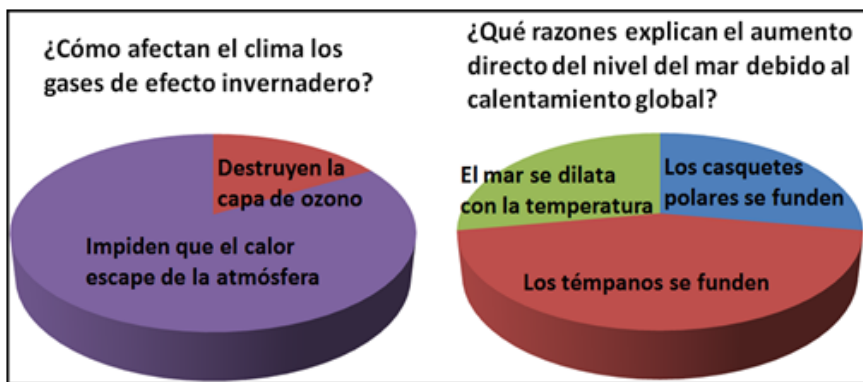


Figura 1. Resultados de la encuesta inicial en cuanto a las razones de base científica que explican los fenómenos descritos.

Los resultados principales de la encuesta de conocimiento inicial centrada en los aspectos más científicos del tema cambio climático se muestran en la figura 1. En primer lugar, un 83% coincide correctamente en que la causa principal del cambio climático se asocia a la generación de los gases de efecto invernadero. Resulta interesante la comprobación de uno de los preconceptos mencionados en trabajos anteriores sobre el tema (Papadimitriou, 2004): el debilitamiento de la capa de ozono se asocia erróneamente al calentamiento global (17 % de los participantes contesta que los gases de efecto invernadero afectan la capa de ozono). Asimismo, surge la concepción también equivocada de que el nivel del mar aumenta directamente debido a la fusión de los témpanos (44 % señala la fusión de los témpanos como causa del aumento del nivel del mar).

Contenidos seleccionados

Durante la discusión en grupo para la selección de los contenidos realizada al final de la primera jornada, y como parte de la discusión grupal, surgieron tam-

bién algunos preconceptos clásicos como la vinculación del tema cambio climático con el cuidado general del medio ambiente, incluyendo la contaminación. En base a la discusión del grupo con los guías del taller se fueron reenfocando las ideas para lograr una selección de consenso acerca de los contenidos a trabajar y su posible agrupación para el diseño de actividades. En la tabla 1 se muestran los contenidos seleccionados por la totalidad del grupo que a su vez fueron clasificados en cuatro grupos de contenidos en los que se centrarían las actividades a diseñar para el tema cambio climático.

Tabla 1

Resultados de la selección de contenidos a trabajar dentro del tema cambio climático y resumen de las actividades diseñadas.

Grupos de contenidos seleccionados	Resumen de la actividad diseñada
Clima, cambio climático, efecto invernadero, transformaciones de energía. Composición de la atmósfera y gases de efecto invernadero	Demostración experimental del efecto invernadero. Estudio de la influencia del dióxido de carbono
Transformaciones de energía. Consecuencias del calentamiento global, fusión de los hielos continentales y aumento del nivel del mar	Medida del aumento del nivel del agua que acompaña la fusión del hielo y efecto sobre las costas en base a su inclinación. Comprobación del no aumento del nivel del agua al fundir hielo ya sumergido en ella.
Transformaciones de energía. Consecuencias del calentamiento global, fusión de los témpanos, dilatación del agua por efecto de la temperatura y aumento del nivel del mar	Demostración de la dilatación del agua con el aumento de la temperatura. Estudio de la influencia del color de los materiales en la reflexión de la luz.
Acciones posibles para disminuir el cambio climático, ahorro y uso de energías renovables para bajar el nivel de gases de efecto invernadero, conciencia de ecoc Ciudadano	Estudio del efecto de los materiales aislantes frente al cambio de temperatura. Construcción de un modelo de vivienda aislada.

Desarrollo de las actividades

Cada equipo recibió la consigna de trabajar en el diseño de una secuencia de actividades en relación a uno de los grupos de contenidos elegidos en la etapa anterior del taller (Tabla 1). En la figura 2 se pueden ver algunos detalles de las propuestas experimentales. Los docentes también prepararon en cada caso una secuencia de trabajo y planificaron completamente las acciones incluyendo el nivel educativo apuntado, las preguntas de indagación a realizar, la forma de trabajo, la secuencia particular, las proyecciones del trabajo, etc. Se trató de una jornada completa de diseño en la que lo que más se destacó fue el entusiasmo por hacer posible la creación de una actividad funcional y efectiva. En todos los casos surgieron problemas de diseño que resultaron en todos los casos desafiantes y muy formativos. Mediante la guía de los talleristas que iban haciendo preguntas, los participantes proponían ideas para mejorar los diseños experimentales y así llegar a obtener lo que querían en cada experimento. El control de las variables y la concientización de qué variables son relevantes en cada caso fue surgiendo en forma natural en cada equipo de trabajo. Sobre el final del segundo día de trabajo cada equipo mostró lo logrado al resto del grupo y cada actividad fue discutida por todos en profundidad.



Figura 2. Ejemplo de proceso de diseño realizado durante el taller. A la izquierda, uno de los primeros intentos de diseño de dispositivo para comprobar el efecto invernadero. A la derecha, modelo gráfico que resume el diseño final propuesto y ya probado.

Encuesta final

El resultado de la construcción de una nube de palabras con lo que los participantes consideraron aprendido en la encuesta final abierta se muestra en la figura 3. Se observa la palabra estrategia como central acompañada de indagación. Asimismo, resultan muy frecuentes las palabras contenido, conceptos, conocimiento y disciplinar. Este hecho se comprueba también cuando un panel de docentes agrupa las respuestas en forma resumida y resulta una constante la consideración de que el aprendizaje logrado en el taller se centró en dos grandes aspectos: 1) el aprendizaje vivencial de la aplicación de la estrategia de enseñanza basada en indagación que fue muy bien valorada por los participantes destacándose el enfoque empleado y su potencialidad, y 2) el aprendizaje disciplinar con la revisión de preconcepciones y el desarrollo de nuevo conocimiento acerca de las causas de los distintos fenómenos involucrados, implicando un cambio conceptual y aumentando la percepción de confianza de los docentes en el tema.

En cuanto a la proyección hacia la aplicación posterior en el trabajo en el aula, resulta interesante observar que, si bien los participantes mencionan la aplicación directa de actividades realizadas en el taller o presentes en la unidad temática disponible, la gran mayoría se centra en la adaptación de sus clases a lo aprendido en cuanto a estrategias en la enseñanza de la ciencia. Esto implica en principio un cambio de percepción respecto a la clase de ciencias en la que se mencionan acciones como incorporar preguntas disparadoras, ofrecer materiales de trabajo cotidianos que estén disponibles para los alumnos, crear espacios de construcción de aprendizaje, el manejo del error como base del aprendizaje, la incorporación de modelos experimentales que permitan salir de las clases expositivas teóricas, etc.



Figura 3. Nube de palabras acerca del aprendizaje que consideraron central los participantes

Algunos avances de la aplicación

Durante el año lectivo que ha comenzado luego del taller, algunos educadores ya nos han manifestado en el seguimiento posterior de sus planificaciones para el año que incluirán directamente las actividades trabajadas o diferentes aspectos de la estrategia de indagación. Algunos incluso ya han comenzado a aplicar lo trabajado en forma directa. En particular compartimos aquí los resultados obtenidos en una aplicación en el aula a alumnos de 5o y 6o año escolar.

En esta experiencia de aplicación y adaptación de la unidad de cambio climático mencionada y disponible en línea resultó muy interesante. En el caso de quinto año, la docente lo tomó como un trabajo de todo el año en el que fue intercalando otros temas del programa (ANEP, 2008: aguas continentales y oceánicas, corrientes, olas, mareas, glaciares, témpanos, vientos, radiación solar, estaciones) los que fue incorporando como actividades extra. Se evidenció en especial un desafío inicial respecto a los conceptos previos de los alumnos. Por ello, debió hacer énfasis especial (4 sesiones de trabajo) en el tema clima ya que los alumnos tuvieron dificultades iniciales en este sentido (conceptos de tiempo y clima y asociación paisaje y clima, latitud y biomas). Para lograr el objetivo, incentivó a los alumnos mediante preguntas a responder sobre diferentes pai-

sajes reconociendo los efectos a largo plazo del clima: ¿Cómo es la vegetación? ¿Es un lugar seco o húmedo? ¿Cómo es el suelo? ¿Es árido? ¿Qué temperatura habrá? ¿A qué altitud estará? ¿A qué latitud estará? Posteriormente, trabajó con los alumnos en la discusión de la siguiente frase: ¡Cómo no va a existir el cambio climático si ayer estaba soleado y hacía calor y hoy está nublado y frío! de manera de llegar a la conclusión colectiva de que estos datos pertenecen al estado del tiempo y no al clima que es un concepto mucho más permanente para cada lugar en la Tierra. En la aplicación de la misma unidad a sexto año, el desarrollo fue más rápido trabajando sobre conceptos ya adquiridos en quinto año, haciendo una pausa solamente para incluir el tema luz y energía y breves digresiones para profundizar dinámica de aguas, tectónica de placas, etc. Generando entonces a partir de la unidad de cambio climático un proyecto de trabajo de todo el año al que se incorporan otros conceptos entrelazados según el nivel del grupo se obtiene un producto enriquecido. La figura 4 comparte fotos representativas de la experiencia.

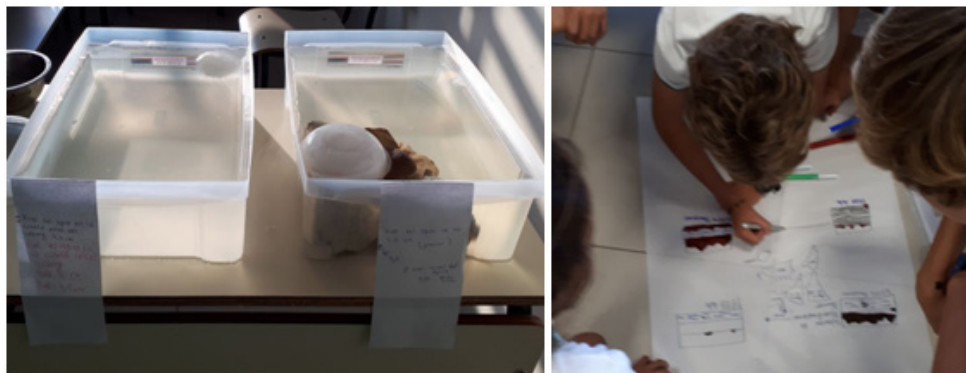


Figura 4. Algunas de las actividades realizadas por los niños en el aula en instancias posteriores al taller. A la izquierda, comparación del efecto sobre el nivel del mar de la fusión de los témpanos y de los hielos continentales. A la derecha, instancia de construcción de resultados en equipo acerca de fichas documentales de trabajo para ser expuesta al resto del grupo.

Implicancias y limitaciones

Cabe señalar que éste es un estudio acotado, realizado con educadores de diferentes niveles educativos que asistieron en forma voluntaria al taller. De todas maneras los resultados obtenidos fueron realmente excelentes en cuanto al diseño de actividades, la generación de confianza en los docentes y las implicancias principales. Los resultados señalan a la metodología empleada como un posible camino de motivación para los docentes a afrontar el diseño y la implementación de actividades experimentales abiertas que centren el conocimiento en el alumno y permitan un aprendizaje significativo y el desarrollo de habilidades científicas básicas de observación e interpretación para la vida.

Referencias Bibliográficas

- Barke, H., Harsch, G., & Schmid, S. (2012). *Essentials of chemical education*. Berlin: Springer.
- Chinn, C. A., Malhotra, B. A. (2002) Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-212
- Colburn, A. (2000). An Inquiry Primer. *Science scope* 23(6), 42-44
- Dove, J. (1996). Student teacher understanding of the greenhouse effect, ozone layer Depletion and acid rain. *Environmental Education Research* 2(1), 89-100
- Fink, L., D. (2013). *Creating Significant Learning Experiences: An Integrated Approach to Designing College Courses*. San Francisco: John Wiley & Sons
- Gibson, H. L., Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science education*, 86(5), 693-705
- Gormally, C., Brickman, P., Hallar, B., Armstrong, N. (2009). Effects of Inquiry-based Learning on Students' Science Literacy Skills and Confidence. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 3, art. 16
- Groves, F., Pugh, A. (1999). Elementary pre-service teacher perception of the greenhouse effect. *Journal of Science Education and Technology* 8(1), 75-81.
- Keys, C., W., Bryan, L., A. (2001) Co-constructing inquiry-based science with teachers: Essential research for lasting reform. *Journal of research in science teaching* 38, (6), 631-64
- Igelsrud, D., Leonard, W. H. (1988) What Research Says about Biology Laboratory Instruction. *American Biology Teacher*, 50(5), 303-306
- Johnstone, A. H., Al-Shuaili, A. (2001) Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, 5, 1-10

- Lederman, N. G. (1992) Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359
- Lott, G. W. (1983) The effect of inquiry teaching and advance organizers upon student outcomes in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(5), 437-451
- Marx, R. M., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E., Geier, R., Tal, R. T. (2004) Inquiry-based science in the middle grades: Assessment of learning in urban systemic reform. *Journal of research in Science Teaching*, 41(10), 1063-1080
- Oguz-Unver, A., Arabacioglu, S. (2014) A comparison of inquiry-based learning (IBL), problem-based learning (PBL) and project-based learning (PJBL) in science education. *Academia Journal of Educational Research*, 2(7), 120-128
- Papadimitriou, V. (2004) Prospective primary teachers' understanding of climate change, greenhouse effect, and ozone layer depletion. *Journal of Science Education and Technology* 13(2), 299-307
- Programa Escolar, ANEP, 2008, disponible en http://www.ceip.edu.uy/documentos/normativa/programaescolar/ProgramaEscolar_14-6.pdf
- Pruneau, D., Gravel, H., Bourque, W., Langis, J. (2003) Experimentation with a socio-constructivist process for climate change education. *Environmental Education Research* 9(4), 429-446
- Schneider, R. M., Krajcik, J., Marx, R. W., Soloway, E. (2002) Performance of students in project-based science classrooms on a national measure of science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(5), 410-422
- Shymansky, J. A., Hedges, L. V., & Woodworth, G. (1990). A reassessment of the effects of inquiry-based science curricula of the 60's on student performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 127-144
- Soubiron, E. (2005). La aplicación de las Situaciones Problemáticas Experimentables (SPE) como estrategia didáctica en el aprendizaje de la Química. Obtenido de <http://www.uruguayeduca.edu.uy/sites/default/files/2017-05/quimicalibro.pdf> el 19/5/2018
- Sundberg, M. D., Moncada, G. J. (1994) Creating effective investigative laboratories for undergraduates. *Bioscience*, 44(10), 698-704
- Uno, G. E., Bybee, R. W., (1994). Understanding the dimensions of biological literacy. *Bioscience*, 44(8), 553-557
- Von Secker, C. E., Lissitz, R. W. (1990). Estimating the Impact of Instructional Practices on Student Achievement in Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1110-1126
- Weinstein, T., , H., J. (1982). Boulanger, F. D., Walberg Science curriculum effects in high school: A quantitative synthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 19(6), 511-522