

# El calefón solar como tópico generativo: una propuesta de aprendizaje activo para el abordaje de la problemática energética

Solar water heater as a generative topic: a proposal for active learning to tackle the energy problem

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Juan Castillo<sup>1,2,3</sup>, Carlos Alessandretti<sup>2</sup> y Marcos Martín<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, CP 4400, Salta. Argentina.

<sup>2</sup>Instituto Superior del Profesorado de Salta N°6005, Av. Entre Ríos 1851, CP 4400, Salta. Argentina.

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones en Energía no Convencional, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, CP 4400, Salta. Argentina.

E-mail: castillojmc@gmail.com

## Resumen

En este trabajo se describe un proceso de investigación acción que aborda la problemática ambiental y energética en la enseñanza de la física, buscando al mismo tiempo opciones superadoras a la enseñanza tradicional, intentando ubicar a los estudiantes en un rol activo. Se propuso para este abordaje una secuencia de actividades en torno al diseño, construcción y mejora de calefones solares que se llevó a cabo en colegios secundarios de Payogasta, Campo Quijano y La Silleta (Provincia de Salta). El calefón solar puede considerarse un "tópico generativo" en el sentido propuesto por M. Stone Wiske dentro del marco de la *enseñanza para la comprensión*, presentándose auténtico, accesible e interesante para los alumnos y fascinante para los docentes. La implementación de las actividades propició un ambiente enriquecedor para el aprendizaje comprensivo, inspirando nuevas propuestas que se encuentran actualmente en desarrollo.

**Palabras clave:** Energía y ambiente; Calefón solar; Enseñanza para la comprensión; Innovación en la enseñanza; Aprendizaje activo.

## Abstract

The paper describes a research action teaching exercise that included renewable energies uses as an environmental issues in physics teaching. Another goal was to overcome traditional teaching placing the students in a active role. A sequence of activities was proposed to design, construct and improve solar water heaters in secondary schools of Payogasta, Campo Quijano and La Silleta (Province of Salta). Solar heater is a "generative topic" in the sense proposed by M. Stone Wiske in her *teaching for understanding* theory. It must be authentic, accessible, very interesting for students and fascinating for teachers. The action research exercise generated a positive environment for teaching and learning and planned new proposals that are being explored.

**Keywords:** Energy and environment; Solar water heater; Teaching for understanding; Innovation in education; Action research.

## I. INTRODUCCIÓN

Existe un acuerdo generalizado respecto a que la enseñanza de las ciencias naturales, en todos los niveles, debe abordar de manera urgente la problemática ambiental en toda su amplitud y diversidad, abarcando los distintos modos en que los seres humanos afectamos los equilibrios naturales de nuestro planeta. También existe un amplio consenso en que la enseñanza de la física en el nivel secundario debe asumir, como un objetivo central, que los estudiantes adquieran un concepto significativo sobre la energía, no solamente desde el abordaje tradicional de la energía mecánica o la termodinámica, sino también, y principalmente, desde una mirada más amplia, que aborde la energía como un recurso, considerando los diferentes modos de obtención y consumo y las problemáticas que se derivan de ello: la necesidad de transformación de la matriz energética desde las energías de origen fósil a las energías renovables, la necesidad de hacer más eficiente su consumo y transporte, etc. (Consejo Federal de Educación, 2012). Sin embargo, consideramos que en la enseñanza de la física no se está haciendo suficiente hincapié en la

vinculación entre ambos aspectos, nos referimos a la relación directa que existe entre el consumo energético y uno de los problemas ambientales de mayor complejidad y profundidad que enfrenta la humanidad en este siglo: el incremento del efecto invernadero atmosférico y sus consecuencias climáticas, con derivaciones que los especialistas no pueden predecir completamente, pero que en cualquiera de los casos, son alarmantes.

Por otro lado, la enseñanza de la física también se plantea la necesidad de innovar y superar los enfoques tradicionales, caracterizados por ubicar a los alumnos en un rol pasivo, como meros receptores de saberes preelaborados, para dar lugar a enfoques que ubiquen a los alumnos en un rol más activo, que les permita lograr un aprendizaje comprensivo y significativo y adquirir capacidades y habilidades asociadas con el proceso de producción del conocimiento científico y con la resolución de problemas reales: hacerse preguntas, proponer hipótesis y experimentos, idear soluciones prácticas y creativas a problemas reales, trabajar y compartir ideas en equipo, argumentar e intercambiar puntos de vista, etcétera.

Desde el año 2015, un grupo de docentes y alumnos del Profesorado de Física del Instituto Superior del Profesorado de Salta n° 6005, comenzamos a reunirnos en un taller vocacional denominado *Física en chancletas* con el objetivo de indagar sobre las posibilidades de llevar la experimentación a las aulas de física. En el marco de este taller, entre otros proyectos, comenzamos a trabajar en una propuesta didáctica para el nivel secundario que permitiera abordar la problemática energética de manera significativa, al mismo tiempo que brindara una opción innovadora de aprendizaje activo, a través del diseño y construcción de colectores para el aprovechamiento de la energía solar por parte de los alumnos de este nivel. La propuesta fue llevada a cabo en situación real de clases en nivel secundario por algunos docentes del taller a finales del año 2016 y se está replicando durante el año 2017, con variantes superadoras que surgieron a partir de las experiencias del año anterior, en dos proyectos específicos que se encuentran en curso en instituciones de nivel secundario de la provincia de Salta.

Con base en lo expuesto, este proceso tiene dos objetivos: lograr que los alumnos adquieran un concepto significativo sobre la energía, su uso y el impacto en el ambiente; y la comprensión de conceptos físicos involucrados.

## II. ENCUADRE TEÓRICO–DIDÁCTICO

El presente trabajo describe y analiza el proceso de implementación de diferentes propuestas didácticas relacionadas con el calefón solar, desde una interpretación acorde con el enfoque pedagógico de la enseñanza para la comprensión (EpC); mientras que el proceso mismo de implementación y modificación sucesiva de estas propuestas puede ubicarse dentro de una línea metodológica de Investigación–Acción.

La EpC puede pensarse como una forma del constructivismo, en la cual se entiende que el estudiante desarrolla la comprensión cuando puede actuar y pensar con flexibilidad a partir de lo que sabe (Perkins, 1999). Esta postura, propone superar la idea establecida de la comprensión como una representación mental, como algo que se “capta”, a cambio de una postura centrada en los desempeños.

Dentro de este marco, se plantean tres preguntas fundamentales: ¿Qué es lo que realmente quiero que los estudiantes comprendan? ¿Cómo sé que comprenden? ¿Cómo saben ellos que comprenden? No hay respuestas sencillas a estas preguntas, pero en el libro *Enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica*, Martha Stone Wiske (1999) plantea una estructura posible para organizar el proceso de enseñanza a través de cuatro elementos: tópicos generativos, metas de comprensión, desempeños de comprensión y evaluación diagnóstica continua.

Los tópicos generativos son aquellos temas que deberían: (1) estar conectados con múltiples ideas importantes no sólo de la materia en cuestión sino también de las demás materias; (2) ser auténticos, accesibles e interesantes para los estudiantes; (3) ser fascinantes e inspiradores para los docentes, y (4) ser abordables desde una variedad de ángulos diversos y a través de una serie de materiales curriculares y de las tecnologías disponibles (Stone Wiske y otros, 2006).

En nuestra propuesta se considera que el proceso de diseño, construcción y mejora de calefones solares puede presentar estas características. Verónica Javi (2013) propone el calefón como tópico generativo en una experiencia de educación no formal y en la escuela secundaria en la asignatura Tecnología de la Energía.

Las metas de comprensión afirman explícitamente lo que se espera que los alumnos lleguen a comprender. Con la implementación del calefón solar como tópico generativo se plantean como metas: incorporar de manera comprensiva la problemática energética y su relación con la problemática ambiental, y se espera además que el alumno logre un aprendizaje significativo y comprensivo de conceptos físicos: fluidos, energía, transferencia de calor.

Los desempeños de comprensión son aquellas actividades que van más allá de la mera memorización y la rutina, y son posiblemente el punto central de este encuadre didáctico, porque es a través de los

desempeños donde el alumno expresa lo que comprende hasta el momento, para poder, a través de estos mismos desempeños, profundizar su comprensión y llevarla más lejos (Perkins, 1999). Es posible además que se desarrollen distintos desempeños de comprensión para un mismo tópico. En nuestra propuesta se espera que los alumnos, a través de todo el proceso de trabajo alrededor del calefón solar, logren superar su espacio rutinario de receptores de saberes para tomar las riendas de la situación y desarrollar sus propios desempeños de manera flexible con el rol del docente como facilitador, más que el de informador o examinador.

La EpC tiene un carácter gradual y la evaluación diagnóstica continua da cuenta de ello cada vez que uno está constantemente comparando su desempeño actual con el anterior y con aquel al que se quiere llegar según las metas planteadas. Hay que destacar que en esta evaluación toma parte tanto el estudiante como el docente, y que es una postura distinta a una clásica evaluación de saberes. Para el trabajo propuesto, en el cual los estudiantes deben participar de manera activa, se plantea una evaluación que considere sus desempeños durante todo proceso, a lo que se sumará una presentación final grupal en la cual los propios alumnos deberían ser capaces de describir ese mismo proceso, desde el diseño inicial a la puesta a prueba final, de manera reflexiva y mostrando además un manejo apropiado de los conceptos y saberes específicos involucrados.

Por otro lado, la línea metodológica de Investigación–Acción que guía este proceso es entendida como un desarrollo que se inicia a partir de una propuesta innovadora que atienda determinada problemática de la enseñanza, esta propuesta se lleva a cabo en la práctica directa y, a partir de los resultados y la reflexión posterior, se proponen mejoras o nuevas actividades que amplíen o superen a las anteriores:

*La Investigación–Acción propicia un camino evolutivo ascendente que lleve a mejorar la práctica docente a través de situaciones en las que el docente negocie, dialogue, comparta, reflexione, retroceda, ajuste y retorne al ritmo de la enseñanza contextualizada en una cierta y real comunidad educativa. (Chaile M. O., 2007)*

Asimismo, en este contexto se entiende que la investigación va ligada directamente a la propia práctica del docente, quien debe abandonar el papel de mero transmisor de conocimientos científicos ya elaborados, y pasar a ser un profesor investigador, reflexivo, crítico e innovador de su práctica educativa (García Carmona, 2009).

### **III. PRIMERA PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN (2016)**

La primera propuesta fue pensada para ser llevada a cabo en un 4° año del secundario (alumnos de 16 o 17 años), que es el único año del ciclo orientado donde los colegios secundarios salteños tienen el espacio Física, independientemente de su orientación.

En esta primera instancia, la implementación de la propuesta se llevó a cabo de manera simultánea en dos cursos de dos instituciones públicas diferentes de localidades cercanas a la ciudad de Salta: el Colegio N°5086 de Campo Quijano y el Colegio N°5149 de La Silleta. En ambos casos, se consideró necesario que los alumnos encararan esta actividad con conocimientos previos sobre energía, fluidos (densidad, presión, principio de Arquímedes) y transferencia del calor; por lo tanto, en los meses previos a la implementación de la actividad, se habían desarrollado y evaluado las unidades que incluían los conceptos básicos de estos temas. Además, en las semanas previas, mediante lecturas y videos de tipo documental, se instaló la reflexión sobre la problemática energética y la cuestión ambiental, en particular, el problema de las emisiones de CO<sub>2</sub> a partir de la combustión de combustibles fósiles para obtención de energía y su consecuencia en el incremento del efecto invernadero y el calentamiento de la atmósfera y los océanos. En general, la presentación de esta problemática despertó interés en los alumnos, y dejó planteada la necesidad de aprovechar las fuentes limpias y renovables para la obtención de energía utilizable.



**Figura 1.** Grupo de alumnos de Campo Quijano.

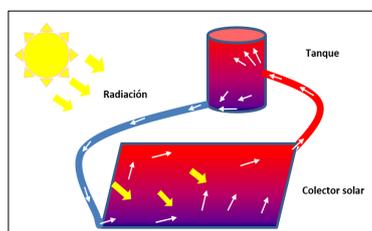
En su implementación concreta, la actividad se organizó para ser trabajada en equipos de hasta 8 alumnos, contando cada grupo con los materiales necesarios para la construcción de un colector solar: planchas de *Telgopor* (poliestireno expandido) de 1 m<sup>2</sup> para la carcasa, mangueras negras de ½'', conectores para mangueras, plástico transparente, etc. En todos los casos, materiales accesibles y de bajo costo, que pudieran ser manipulados y trabajados en un aula común y con herramientas y accesorios sencillos (trinchetas, pegamentos, esmalte negro y pinceles, etc.). En el arranque, se brindó por parte del docente una orientación básica para la elaboración del dispositivo, explicando algunos principios básicos sobre su funcionamiento. De todos modos, cada grupo debería tomar algunas decisiones propias respecto al diseño y construcción, como la distribución y conexión de las mangueras, la superficie útil del colector, etcétera.

El calefón solar, está constituido, en general, por un tanque que almacena agua y el colector solar encargado de calentarla. Para esto utiliza como fuente de energía el Sol, quien transmite calor por radiación hacia el interior del colector solar, atravesando previamente el plástico transparente que lo cubre y genera efecto invernadero; calentando así las mangueras y las chapas, ambas de color negro, lo cual permite una mayor absorción de la energía. Al calentarse la red de mangueras, éstas transmiten calor desde su exterior hacia el agua por conducción, a partir de allí se inicia el circuito que determina el movimiento del agua, fundado en la transmisión de calor por convección; depositando de esta manera agua caliente en el sector superior del tanque, de donde es extraída y aprovechada.

La eficiencia  $\eta$  del colector puede pensarse como el porcentaje de la radiación solar ingresada al colector que fue utilizada de manera efectiva para elevar la temperatura del agua del tanque. Es decir:

$$\eta = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía ingresada}} = \frac{m \cdot C_p \cdot \Delta T}{I \cdot A \cdot \Delta t} \quad (1)$$

Donde:  $m$ : masa de agua;  $C_p$ : calor específico del agua (4186 J/kg.°C);  $\Delta T$ : Variación total de temperatura del agua;  $I$ : Promedio de intensidad de radiación solar (aprox. 900 W/m<sup>2</sup>);  $A$ : Área del colector solar; y  $\Delta t$ : Intervalo de tiempo de exposición.



**Figura 2.** Esquema de Calefón Solar.

La actividad, que había sido planificada para ser desarrollada en tres semanas (6 clases de 80 minutos), incluyendo una puesta a prueba final de los dispositivos, medición de su eficiencia y presentación de un informe final de cada equipo donde se describiera el proceso completo, no pudo ser completada en su totalidad. Se llegó a construir los colectores, pero la poca cantidad de tanques de almacenamiento, la escasez de días soleados y la aparición de otros problemas imprevistos que no

podieron solucionarse a tiempo: roturas en el *Telgopor*, pérdidas de agua en uniones mal conectadas, dificultades con la circulación del agua, etc., hizo que no todos los grupos pudieran completar la etapa de puesta a prueba y mediciones antes de la finalización del ciclo lectivo. Sin embargo, en algunos casos, si bien no se lograron mediciones completas para estimar la eficiencia, sí se hicieron medidas efectivas y continuas de la temperatura del agua del tanque de almacenamiento (al menos durante 4 horas, en general con tiempo seminublado) lográndose medir un aumento de temperatura promedio de aproximadamente 20° C en 20 litros de agua. Lo cual arroja una eficiencia aproximada es de 0,13.



**Figura 3.** Alumnos de La Silleta.

#### **IV. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS SOBRE LA PRIMERA IMPLEMENTACIÓN**

La propuesta fue gestada e impulsada inicialmente por dos metas centrales: un abordaje significativo de la problemática energética y una aproximación a la comprensión, de parte de los alumnos, de los conceptos físicos involucrados en el dispositivo. De todos modos, al momento de la implementación, fuimos conscientes de que la dinámica y las exigencias propias de este tipo de actividades harían muy difícil evaluar la propuesta en términos absolutos en relación al alcance o no de estos objetivos. Más bien, la intención fue poner a prueba la propuesta en un sentido amplio, sin una hipótesis cerrada, dejando que los resultados de la implementación real indicaran el camino a seguir y las opciones de mejora.

Finalizada la implementación, junto con el ciclo lectivo 2016, nos quedamos con la convicción de que la actividad había resultado muy enriquecedora como experiencia didáctica, tanto para los estudiantes como para los docentes involucrados. La reflexión y el análisis posterior generaron nuevas preguntas, ideas, inquietudes, objetivos y propuestas de mejora y superación, y nos dejaron el convencimiento de que fue un primer paso, plausible de muchas mejoras, pero bien direccionado hacia esos objetivos de fondo que mencionamos. Resumimos a continuación algunos elementos destacados.

Absolutamente todos los alumnos se involucraron de manera activa con la propuesta. Esto no ocurrió de manera inmediata, tuvieron que transcurrir un par de clases hasta que los equipos lograran organizarse en la actividad y encontrar el sentido de su trabajo; hasta aquí, la actividad requirió del esfuerzo del docente para encaminar y orientar las tareas, pero llegado este momento, todos los grupos, dentro de las diferencias esperables en sus ritmos y estilos de trabajo, alcanzaron un grado de autonomía y fluidez en el desarrollo de la actividad que resultó sorprendente para los propios docentes, que se transformaron en espectadores de una escena poco habitual para un aula del secundario: alumnos que no querían que finalizara la clase de física porque querían seguir trabajando.

En general, en cada equipo apareció algún líder natural, o un par de ellos, que tomaban la iniciativa e impulsaban a sus compañeros. Incluso, en algunos grupos, quienes tomaron este rol fueron estudiantes que no se destacaban habitualmente en las clases formales de la materia y, que en esta oportunidad, donde se ponían en juego otro tipo de capacidades como la creatividad o la habilidad para resolver problemas prácticos, lograron destacarse y adquirir un rol protagónico.

Ningún grupo presentó situaciones conflictivas, como disoluciones o quejas por la falta de trabajo de algún compañero, problemas que son comunes en los trabajos en equipo en situación de clase.

El desempeño de los alumnos en las actividades de diseño, construcción, puesta a prueba y mediciones, hizo necesario que se retomaran y resignificaran los conceptos físicos involucrados en el funcionamiento del dispositivo (en muchos casos, recién aquí se comenzaron a comprender...). Diversos

términos abstractos, como radiación y absorción, conducción y aislación, convección, flujo, efecto invernadero, presión, calor, temperatura, etc., comenzaron a ser asimilados de manera natural por los propios alumnos al evidenciarse de manera tangible y concreta en el dispositivo y en su funcionamiento; hubo una apropiación gradual de estos conceptos, que comenzaron a formar parte de sus preguntas, conversaciones y explicaciones.

En una de las instituciones se produjo casualmente un hecho significativo: un grupo de alumnos de 7° año de una escuela primaria vecina, junto con sus docentes, llegaron de visita al colegio como parte de un proyecto de articulación. El docente a cargo del curso de secundario propuso a los equipos que dieran una breve exposición a los visitantes sobre la actividad que estaban desarrollando y algunos alumnos de cada grupo tomaron la iniciativa, elaborando con términos sencillos explicaciones claras y correctas sobre los principios básicos de funcionamiento del dispositivo, dando lugar a preguntas de los alumnos de primaria y remarcando además la importancia ambiental de la actividad que estaban llevando a cabo.



**Figura 4.** Alumnos de secundaria explicando a alumnos de primaria (Campo Quijano).

La evidencia a través de las mediciones de temperatura, o más aún, a través de los sentidos (tocando el agua), de que el dispositivo efectivamente funcionaba y calentaba el agua “gratis”, fue un hecho realmente significativo y motivador para los alumnos. Tocar y sentir la diferencia de temperatura entre la manguera de salida y la de ingreso de agua, o entre la parte superior y la inferior del tanque de almacenamiento (aunque esto, en definitiva, implicaba pérdida de calor en el sistema), resultó mucho más efectivo que cualquier lectura, gráfico o explicación sobre la transferencia de calor.

El tiempo resultó escaso para desarrollar la actividad. Solo dos grupos lograron llegar a la instancia de presentación de un informe incluyendo mediciones. Algunos grupos no llegaron a comprobar el funcionamiento efectivo del dispositivo, por diferentes problemas que no pudieron ser resueltos a tiempo.

Surgieron inquietudes y demandas concretas de parte de los alumnos: “¿Por qué no calentamos el agua así en nuestras casas? ¿Se puede instalar este calefón en mi casa? ¿Cómo se hace para “sacar” el agua caliente para utilizarla?”. En general, no quedaron satisfechos con la respuesta de que sólo había sido una instancia experimental.

## V. OTRAS PROPUESTAS (2017)

En los primeros meses del año 2017, un grupo de estudiantes y docentes del taller *Física en chancletas*, retomó como línea de trabajo la optimización y mejora de la propuesta de los calefones solares como actividad didáctica. El primer objetivo fue el diseño de un prototipo de colector solar más efectivo y resistente que el de carcasa de *Telgopor* desarrollado el año anterior, aunque manteniendo la idea de un diseño simple, de bajo costo y construcción accesible para alumnos de secundario. Luego de ensayar diferentes opciones, se eligió un diseño muy similar al anterior, pero con una carcasa ensamblada a partir de una tarima de madera (*pallet*) y una chapa de acero lisa, pintada de negro, cumpliendo la función de placa colectora y de superficie de apoyo de las mangueras. El dispositivo completo se cubrió con un plástico de invernadero y se aisló con *Telgopor* en la parte trasera y con espuma de poliuretano en juntas y aberturas. En esta oportunidad, se decidió realizar una conexión similar a una conexión domiciliaria, con un tanque superior haciendo las veces de tanque de suministro que otorga presión al sistema y al tanque inferior que debe funcionar como colector del agua caliente.



**Figura 5.** Estudiantes del ISPS N°6005 en una jornada del taller *Física en chancletas*.

Con este nuevo dispositivo se llegaron a efectuar algunas mediciones, durante junio de este año, llegando en una oportunidad, durante aproximadamente 6 horas de exposición en una jornada soleada, a elevar la temperatura de 20 litros de agua desde 11°C a 57°C (eficiencia aproximada 0,2). Con la conexión con dos tanques, no se lograron aún mediciones confiables, por falta de tiempo y condiciones climáticas adecuadas.

Este nuevo dispositivo, presentaba una respuesta a las inquietudes surgidas de la experiencia con alumnos de colegios secundarios del año anterior: En principio, este colector resultaría factible de instalar en un techo para abastecer de agua caliente a un domicilio por estar construido con materiales más resistentes, aunque su construcción requeriría en esta oportunidad un proceso de trabajo más largo y con mayor nivel de dificultad que el colector de *Telgopor*. Esto obligaba a replantear, en cuanto a tiempos y modos de implementación, las actividades didácticas escolares que tuvieran como fin la construcción de un dispositivo como éste.

Al mismo tiempo que en el taller *Física en chancletas* se trabajaba en el diseño y experimentación del nuevo dispositivo, fueron surgiendo dos proyectos diferentes para llevar este nuevo diseño con nuevas propuestas a las aulas de secundario, en los cuales estaban involucrados estudiantes y docentes que participan del taller experimental.

Una de las propuestas surgió de los estudiantes de 2° año del Profesorado de Física vinculados al taller experimental. En el marco de la materia Práctica Docente II, dentro del proyecto *Pedagogías viajeras*, comenzaron a desarrollar una propuesta de taller sobre construcción de calefones solares para ser implementada en un viaje que realizarían, como parte de ese proyecto, a la escuela de Educación Técnica N° 3151 con orientación rural, de la localidad de Payogasta, perteneciente al departamento de Cachi (Valle Calchaquí, Salta). El objetivo inicial de este tipo de propuestas es que los alumnos del profesorado tengan sus primeras experiencias en el rol de educadores, adquiriendo un papel activo en expediciones educativas solidarias que los lleven a destinos poco habituales y que les permitan experimentar vivencias pedagógicas y personales que contribuyan a su formación, generando en ellos la iniciativa de ser protagonistas de sus propias prácticas (Carrizo, 2011).

Este viaje de formación se llevó a cabo durante Junio de este año con el acompañamiento de docentes de la carrera y, en este caso, se sumó como segundo objetivo la propuesta del taller de construcción de colectores solares, en el cual los estudiantes del profesorado cumplieron el rol de orientadores de los alumnos del colegio secundario de Payogasta. De manera complementaria, los estudiantes diseñaron para esta ocasión una secuencia de muestras experimentales interactivas para trabajar con los alumnos locales; cada uno de estos dispositivos o experimentos tenían como objetivo evidenciar y facilitar la comprensión de algunos de los fenómenos físicos involucrados en el funcionamiento del calefón solar. La radiación, el efecto invernadero, la conducción y la convección, en lugar de ser explicados de un modo tradicional, fueron presentados mediante experimentos simples que seguían una metodología de indagación y que ponían en evidencia estos fenómenos mediante observaciones y mediciones directas: por ejemplo, observando como el agua caliente coloreada subía mientras el agua fría bajaba en un sistema de recipientes interconectados; o midiendo la diferencia de temperatura que alcanzaba el agua dentro de una lata negra por sobre el agua dentro de una lata plateada, sometidas ambas a la misma radiación.



**Figura 6.** Alumnos del profesorado exponiendo en Payogasta.

La parte central de la actividad desarrollada en Payogasta consistió en la construcción completa de un colector solar y su posterior conexión. Para organizar esta actividad, se conformaron grupos de trabajo orientados por estudiantes del profesorado y cada grupo abordó una de las partes de la construcción: desmantelamiento y adaptación de tarima de madera, recorte y pintado de chapa, cortado y conexión de mangueras, etc., para luego finalizar con el ensamblado y puesta a prueba del dispositivo.



**Figura 7.** Trabajo conjunto entre alumnos del profesorado y del colegio de Payogasta.

La actividad se desarrolló durante dos jornadas de trabajo y contó con una participación activa y comprometida de los estudiantes del secundario de Payogasta. El dispositivo construido quedó en el mismo colegio para ser sometido a pruebas, y los estudiantes y docentes locales tomaron la iniciativa de comenzar el diseño y construcción de un calefón solar propio para instalar en el albergue del colegio. El proyecto *Pedagogías viajeras* se completará este año con la visita a otro colegio de la misma zona para compartir y replicar una actividad similar, con la idea también de volver a Payogasta a orientar y acompañar a los alumnos en la implementación de su propio proyecto.

La otra propuesta se encuentra en su etapa inicial en el mismo colegio de la localidad de La Silleta donde se trabajó el año anterior. En esta oportunidad, la actividad toma la forma de un proyecto más amplio, ya que se trabajará de manera articulada entre alumnos de 4° y 5° año del colegio (los de 5° año son los mismos alumnos que trabajaron con los calefones de *Telgopor* el año anterior), como parte de una propuesta conjunta de los espacios curriculares de Física (4°), Energías Renovables (5°) y Proyecto Ambiental (5°), los dos últimos, espacios específicos de la orientación agroambiental del colegio. El proyecto, que está pensado para ser desarrollado durante la segunda mitad del año escolar, tiene como meta final, además del diseño, construcción y puesta a prueba de calefones solares de bajo costo, la extensión a la comunidad local de esta propuesta mediante talleres abiertos conducidos y orientados por los propios alumnos. Además de las mismas metas sobre la enseñanza planteadas desde el origen de este proceso, se plantea en este caso una meta más ambiciosa, que es la de llegar a la comunidad con una propuesta accesible que puede mejorar la calidad de vida de la población local (que en su gran mayoría no cuenta con suministro domiciliario de gas natural), al mismo tiempo que aporta una respuesta a la problemática energética y ambiental mediante una acción directa.

Siguiendo el proceso de investigación–acción que se viene desarrollando en torno al calefón solar, este último proyecto incorporará las experiencias previas que resultaron positivas e intentará mejorar las que no lo fueron: se trabajará sobre la idea de un calefón de bajo costo pero construido con materiales duraderos, de manera que el resultado sea un dispositivo útil para la instalación domiciliar; se otorgará un tiempo más extenso para que el proceso pueda desarrollarse de manera completa; se incorporarán los contenidos y conceptos específicos necesarios, durante la implementación del proyecto, y no antes, aplicando en lo posible, metodologías experimentales de indagación similares a las trabajadas en Payogasta; y además, se sumará la instancia de extensión mediante talleres a la comunidad, no solo como un objetivo social, sino también pedagógico, asumiendo que el desempeño de enseñar o explicar a otros, profundiza necesariamente los niveles de comprensión.

## VI. CONCLUSIONES GENERALES

El proceso que se describe en este trabajo tuvo su inicio en la propuesta de la actividad alrededor del calefón solar como una respuesta concreta a dos aspectos, que consideramos no resueltos, de la enseñanza de la física y de las ciencias: la problemática energética y su relación con la problemática ambiental, y la necesidad de superar el enfoque tradicional de la enseñanza como simple transmisión de saberes científicos preelaborados. Una vez que esta propuesta comenzó a implementarse, se fueron abriendo otros caminos que nos llevaban a lugares que no estaban en las metas iniciales, pero que de todos modos optamos por transitar. El proceso, que aún está en pleno desarrollo, se fue tornando mucho más amplio y diverso de lo planeado; por lo tanto, las conclusiones que enumeramos, también resultan amplias, diversas y parciales.

El desarrollo de esta iniciativa y de todo el proceso de investigación–acción que fuimos describiendo, no hubiese sido posible de llevar a cabo por un docente aislado. En nuestro caso, el taller experimental *Física en chancletas* del Profesorado de Física funcionó como “caldo de cultivo” de muchas de las propuestas e ideas que guiaron el proceso; pero también el proyecto *Pedagogías viajeras* fue el resultado de un trabajo en equipo entre docentes y alumnos del profesorado, al igual que el proyecto actualmente en curso en la Silleta, que se organizó como un trabajo en conjunto entre docentes de 4° y 5° año.

Creemos firmemente que para lograr instancias de innovación y mejora en la calidad de la educación, en ciencias o en cualquier ámbito, es necesario generar y promover espacios que nos reúnan a los docentes de diferentes niveles, sumando también a los docentes en formación, detrás de propuestas y proyectos concretos que nos den la oportunidad de tener un rol activo y creativo en la mejora de la enseñanza.

En el encuadre teórico planteamos la posibilidad de considerar la actividad del calefón solar como un *tópico generativo*, que en el marco de la EpC es aplicable a aquellos temas que ofrecen un centro fértil para la enseñanza para la comprensión. Según Stone Wiske (1999), un tópico cumplirá con esta condición cuando logre ser central para el dominio de la disciplina, accesible e interesante para los alumnos, cuando excite las pasiones intelectuales del docente y se pueda conectar con otros tópicos dentro o fuera de la disciplina. La experiencia de este proceso nos permite afirmar que el calefón solar, no solamente pensado como dispositivo concreto, sino también como proyecto de trabajo e investigación, puede ser considerado un tópico generativo, ya que logra generar una conexión profunda entre diversos temas centrales de la física (energía, transmisión del calor, fluidos, presión, astronomía, etc.) y de otras disciplinas (la química, la biología, y hasta cuestiones sociales y económicas se relacionan al tratar los aspectos energéticos y ambientales), y logra también despertar la motivación y el compromiso reflexivo de alumnos y docentes hacia una meta que se percibe como significativa y trascendente.

El marco de la EpC plantea también que los *desempeños de comprensión* son una instancia central del proceso de aprendizaje, porque es en esta instancia donde la comprensión de manifiesta y profundiza. Encontramos que durante el desarrollo de las actividades del calefón solar: el diseño, la construcción, la puesta a prueba, las mediciones, la elaboración del informe, fueron cumpliendo el rol de desempeños de comprensión cada vez más profundos, llevando a los alumnos a resignificar y profundizar de manera gradual su nivel de comprensión. Cada una de estas etapas, requirieron de una participación activa de los estudiantes, tanto en el trabajo práctico y manual concreto como en el compromiso intelectual y comprensivo necesario para tomar decisiones propias y en equipo, evaluar resultados, elaborar hipótesis, resolver problemas reales, argumentar, etc. Particularmente, la construcción y puesta a prueba del calefón, resultó para ellos una instancia muy significativa: poder formar parte de manera directa en la construcción y comprobar finalmente los resultados a partir de lo que ellos mismos habían desarrollado, fue claramente una instancia generadora de entusiasmo y compromiso. Por último, pudimos percibir que se puso en juego durante el proceso un desempeño de comprensión aún más profundo que los mencionados: explicar –con sus propias palabras y con el vocabulario científico adquirido durante el desarrollo de la experiencia– a

jóvenes estudiantes y a profesores el funcionamiento del equipo y las transformaciones de la energía. Los estudiantes de profesorado que participaron en las actividades de integración con alumnos de secundaria, orientando los talleres de construcción de los calefones solares y presentando los dispositivos experimentales que mostraban los principios básicos de su funcionamiento, vivieron esta experiencia como una instancia muy enriquecedora para su formación, y comprobaron que explicar y enseñar (¿cómo conectamos las mangueras?, ¿por qué pintamos la chapa de negro?, ¿por qué un plástico debe envolver al colector?, ¿En qué ubicación colocamos el tanque de almacenamiento?, ¿por qué es importante dejar de quemar combustibles fósiles?, etc.), los llevó a un nivel necesariamente más profundo de comprensión de todos los conocimientos que estaban en juego. Creemos entonces que, si los alumnos de secundario pasan por la experiencia de tener que explicar a otros, en una presentación, una muestra o una capacitación para la comunidad, lograrán también ellos acceder a una comprensión más profunda y significativa del tema en cuestión.

Finalmente, regresando a la raíz de nuestro planteo inicial sobre la necesidad de abordar en la enseñanza la problemática energética ligada con la problemática ambiental, la experiencia de este proceso, que se encuentra aún en pleno desarrollo, nos muestra que, propuestas que involucren a los alumnos (también a los docentes, a las instituciones y, en lo posible, a la comunidad) de manera activa en proyectos o actividades concretas vinculadas con el aprovechamiento de las energías renovables o limpias (o cualquier otro tipo de actividad relacionada a la cuestión ambiental), pueden resultar un camino efectivo para lograr una aproximación a la comprensión de estas problemáticas esenciales que requieren de un abordaje urgente de la sociedad a escala global y local.

En este mismo sentido se expresa UNESCO-PNUMA en el documento “Objetivos de la Educación Ambiental” (Campos Olgún, 2006) al afirmar: “*La experimentación, a través de la participación en situaciones ambientales reales y simuladas, produce mayor impacto y, por lo tanto, un aprendizaje más duradero de los conceptos y valores ambientales*”.

Las experiencias propias como docentes preocupados por llevar al aula estas cuestiones, nos han mostrado que otros modos habituales para su abordaje, como lecturas o videos documentales, o incluso las visitas a muestras o exposiciones de trabajos relacionados con el tema, despiertan en general el interés de los alumnos; pero cuando se indaga un poco más a través de debates, cuestionarios o charlas posteriores con los estudiantes, se hace evidente que estas cuestiones siguen siendo percibidas por ellos como problemas ajenos y lejanos a nosotros, o en el mejor de los casos, como problemas que nos atañen, pero que los deben resolver “otros”.

Si bien no tenemos elementos concretos para establecer una conclusión al respecto, ya que solo nos basamos en percepciones, muchas veces desordenadas, que aparecen durante un proceso que nos involucra también de manera activa y que, insistimos, se encuentra aún en desarrollo, tenemos elementos para sostener que en esta oportunidad el proceso de trabajo en el diseño, construcción y prueba de los calefones solares, llevó a los alumnos (y también a los docentes) a involucrarse a un nivel más profundo y comprensivo con la problemática. El planteo surgido de los propios alumnos que ya hemos mencionado: “*¿Por qué no calentamos así el agua en nuestras casas?*”, evidencia que el problema dejó de ser ajeno y lejano. Sostenemos también que este tipo de propuestas, principalmente cuando se trata de un trabajo en equipo, con un objetivo significativo y concreto, que se presenta al mismo tiempo como un desafío, pero posible de abordar y alcanzar, promueve que los estudiantes se involucren y comprometan con el desempeño y las metas, logrando las condiciones necesarias para un aprendizaje comprensivo (Perkins, 1999), aún en temas profundos y complejos como la problemática energética, la problemática ambiental y la relación entre ambas.

## REFERENCIAS

Campos Olgún S. (2006). *Ciencias. Antología. Primer Taller de Actualización sobre los Programas de Estudio 2006. Reforma de la Educación Secundaria*. México: Secretaría de Educación Pública.

Carrizo, E. y Arocena, M. (2011). *Pedagogías Viajeras: narrativas de formación docente*. Salta: Hanne.

Chaile M. O. (2007). Proyecto PICTO UNSa N°36724 *Consolidación de una red Multidisciplinar de Enseñanza de la Ciencias para profundizar el desarrollo, la aplicación y el seguimiento de materiales innovadores en los niveles EGB3/Polimodal, superior universitario y en la educación no formal, buscando la mejora de la enseñanza*. Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica. Argentina.

Consejo Federal de Educación. (2012). Núcleos de Aprendizaje Prioritarios para la enseñanza de las Ciencias Naturales. Ciclo Orientado de la Educación Secundaria. Res. 180/12

García Carmona, A. (2009). Investigación en didáctica de la Física: Tendencias actuales e incidencia en la formación del profesorado. *Lat. Am. Journal of Physics Education*, 3(2).

Javi, V. (2013). Una propuesta de educación energética como acción investigativa del docente. En Chaile M. O. y otros, *Red multidisciplinar de Enseñanza de las Ciencias. Desarrollo, aplicación y seguimiento de materiales multimedia en el sistema educativo y en la educación no formal*. Salta: UNSa.

Perkins, D. (1999). ¿Qué es la comprensión? En Stone Wiske M., *La enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica*. Buenos Aires: Paidós.

Stone Wiske, M. (1999). *La enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica*. Buenos Aires: Paidós.

Stone Wiske, M., Rennebohm, F. K. y Breit, L. (2006). *Enseñar para la comprensión con nuevas tecnologías*. Buenos Aires: Paidós.