

El calefón solar: desde el tópico generativo al cambio cultural

Solar water heater: from generative topic to cultural change

Carlos Alessandretti¹, Mariela Capaldo¹, Elizabeth Carrizo¹, Marcos Martín¹ y Daniel Vitulli¹

¹Instituto Superior del Profesorado de Salta, Av. Entre Ríos 1851, CP 4400, Salta, Argentina.

E-mail: alessandrettic@gmail.com

Resumen

Se describen en este trabajo diversas experiencias sobre proyectos educativos de extensión comunitaria, que tienen como denominador común la construcción de calefones solares y otros dispositivos para el aprovechamiento de la energía solar. El proceso, que se inicia en colegios secundarios con el objetivo de mejorar las estrategias de enseñanza en este nivel y concientizar sobre la problemática energética y ambiental, deriva en proyectos complementarios sumando instituciones, docentes, estudiantes y nuevas metas. La experiencia integral es interpretada y analizada desde la metodología de la investigación-acción, sumando el enfoque pedagógico del aprendizaje para la comprensión.

Palabras clave: Energía solar; Innovación en la enseñanza; Investigación en acción.

Abstract

Various experiences on community outreach educational projects are described in this paper, which have as a common denominator the construction of solar water heaters and other devices for the use of solar energy. The process, which begins in secondary schools with the aim of improving teaching strategies at this level and raising awareness about energy and environmental problems, leads to complementary projects adding institutions, teachers, students and new goals. The comprehensive experience is interpreted and analyzed from the action research methodology, adding the pedagogical approach of teaching for understanding.

Keywords: Solar energy; Innovation in education; Action research.

I. INTRODUCCIÓN

Cuatro años atrás, en el marco de la REF XX de Concordia, presentábamos un trabajo que describía una experiencia en torno al diseño y construcción de calefones solares en el contexto de proyectos educativos, con posibilidades de extensión a la comunidad (Castillo, Alessandretti, Martín, 2017). En el tiempo transcurrido desde entonces, el proceso fue siguiendo su curso por diversos caminos; algunos no nos llevaron demasiado lejos, pero otros, que seguimos transitando actualmente, nos han conducido a destinos interesantes, muchas veces imprevistos, que nos alientan a seguir avanzando hacia donde el proceso mismo nos lleve.

Los objetivos centrales que motorizaban el inicio de nuestro trabajo, allá por el año 2016, siguen en pie y continúan siendo nuestra base de referencia. Por un lado, consideramos que la educación en general debe involucrarse de manera concreta y urgente con el problema ambiental más profundo y complejo que enfrenta la humanidad en este siglo: el aumento continuo y desmedido de las emisiones de carbono que ponen en riesgo todos los equilibrios naturales de nuestro planeta; y sostenemos, además, que la enseñanza de la física en particular, debe tener un rol central en esta avanzada, ya que la raíz del problema está en la energía (concepto que necesariamente se define en el ámbito de la física) y el uso que hacemos de ella como recurso. Por otro lado, sostenemos también la necesidad de innovar en la enseñanza de las ciencias, buscando estrategias que sitúen a los estudiantes, y también a los docentes, en un rol

activo, donde se pongan en juego capacidades y emociones que nos involucren de manera más comprometida, significativa y comprensiva con el aprendizaje y la enseñanza.

Más allá de estos lineamientos básicos que seguimos transitando, la actitud que asumimos desde el comienzo de seguir explorando las derivaciones que se nos presentaron, nos llevó a un proceso más complejo, con nuevos caminos y metas, y mayor diversidad de enfoques para su análisis: La experiencia de llevar el trabajo con los calefones solares al formato de proyectos interdisciplinarios con extensión a la comunidad, nos aporta uno de los enfoques de análisis posibles. Otro enfoque nos permite abordar el proceso mismo de trabajo como experiencia dinámica de investigación-acción, que fue reuniendo a docentes y estudiantes de distintas instituciones y distintos niveles educativos, así como a habitantes y actores sociales de las comunidades involucradas. Finalmente, el proceso fue originando, de manera muy gradual e incipiente, algunas situaciones que merecen nuestra atención: en determinados contextos y familias, el calefón solar comenzó a percibirse y valorarse como un elemento que permite una mejora de la calidad de vida, de una manera simple y accesible. Creemos que a partir de este hecho surge un plano de análisis aún más profundo que involucra aspectos culturales y sociales, que exceden a los enfoques educativos, pero que vale la pena comenzar a indagar y profundizar.

Este trabajo intenta dejar líneas de análisis con relación a los objetivos y enfoques mencionados, partiendo desde el relato de nuestra experiencia y reflexionando sobre las posibilidades que podrían abrirse en este proceso.

II. ENCUADRE TEÓRICO

La experiencia que se describe en este trabajo es un proceso diverso y complejo que, si bien permite ser abordado desde múltiples enfoques, puede dividirse en dos ejes principales para su análisis. Por un lado, el eje centrado en la enseñanza, con la mirada puesta en los estudiantes de nivel secundario y superior, y de qué manera este proceso modifica y profundiza sus aprendizajes. De manera paralela, la experiencia transita un camino que va más allá de la enseñanza institucional para entrar en el territorio de lo social y cultural, con el rasgo distintivo de ser un proceso colaborativo y en permanente evolución. El primer eje lo abordaremos principalmente desde el enfoque pedagógico de la enseñanza para la comprensión, estableciendo también algunas relaciones con la línea del aprendizaje basado en proyectos; mientras que, al proceso mismo y sus derivaciones, lo interpretamos desde la línea metodológica de la investigación-acción.

La enseñanza para la comprensión entiende que el estudiante desarrolla la comprensión cuando puede actuar y pensar con flexibilidad a partir de lo que sabe (Perkins, 1999). Esta línea pedagógica pone énfasis en los desempeños de comprensión, actividades que deben percibirse por el estudiante como desafiantes, pero al mismo tiempo posibles de abordar. Involucrándose en estos desempeños es como el alumno logra expresar lo que comprende y profundizar, aún más, su nivel de comprensión. Aquellos temas o actividades que estimulen este tipo de desempeños son denominados tópicos generativos. Según Stone Wiske (1999), un tópico puede considerarse generativo cuando, además de conectarse de manera específica con la disciplina que aborda, resulta accesible e interesante para los alumnos, excita las pasiones intelectuales del docente y se conecta con otros tópicos dentro o fuera de su disciplina particular. Tal como lo propusimos en nuestro trabajo anterior, seguimos sosteniendo que el calefón solar, no entendido como el dispositivo mismo sino como una temática o eje de una unidad, posee las características de un tópico generativo que permite, a la vez, un aprendizaje significativo de la física involucrada y una mirada crítica y reflexiva sobre la problemática energética y ambiental.

En las experiencias que describimos en esta oportunidad, el calefón solar y otros dispositivos relacionados con el uso de la energía solar (deshidratadores y cocinas solares), fueron tomando forma de proyectos con la meta de la extensión comunitaria. Consideramos que se suma aquí un nuevo marco de análisis desde el aprendizaje basado en proyectos (ABP), que remonta sus orígenes a los trabajos de John Dewey (1859-1952) y William Kilpatrick (1871-1965), quien estableció una primera sistematización del método y resaltaba la importancia de la vivencia directa en educación, sosteniendo que los jóvenes “no pueden aprender a ser inteligentemente críticos de situaciones vivas estudiando situaciones muertas... hay que vivir estas situaciones” (Kilpatrick, p.36 1946, citado por Furman, 2020). En las últimas décadas, ante la incapacidad de la enseñanza tradicional de ofrecer un sentido a lo que se aprende o de aportar capacidades para la vida y el mundo del trabajo, el ABP fue cobrando un nuevo impulso, intentando ubicar a los estudiantes en el centro de la escena y favorecer el desarrollo de capacidades vinculadas al trabajo en equipo, la organización y la resolución de problemas reales, entre otros.

Por último, analizando la experiencia relatada en este trabajo de manera integral, que se inicia a partir del intento de un docente aislado de lograr aprendizajes significativos sobre la energía y su vínculo con el ambiente, pero que, con el paso del tiempo, se ramifica en una multiplicidad de procesos colaborativos y dinámicos que involucran una diversidad de actores y objetivos, nos situamos en el marco de análisis de la investigación-acción (i-a). Desde esta mirada, la investigación no tiene como objetivo principal la producción de conocimientos, como en la investigación

tradicional, sino la mejora de la práctica educativa. Es una forma de explorar una situación social, en nuestro caso educativa, con la finalidad de mejorarla, en la que se implican como “indagadores” los implicados en la realidad investigada. La perspectiva de la *i-a* nos permite seguir analizando este proceso en todas sus ramificaciones, dado que su valor educativo va más allá de las fronteras de la mejora de la educación a partir del cambio de prácticas y nos permite aprender gracias al análisis reflexivo de las consecuencias que genera, no solo en estudiantes y docentes, sino también en los demás sectores implicados (Suarez Pasos, 2002).

Los indagadores implicados somos, en este caso, un grupo de docentes y estudiantes del profesorado de Física de Salta, que desde 2016 nos reunimos en un equipo de trabajo con modalidad de taller experimental que denominamos *Física en chanquetas* y que tomamos la experiencia del calefón solar como una línea de trabajo, entre otras, para mejorar las prácticas de la enseñanza de la Física. Aunque en su devenir, la experiencia del calefón solar fue sumando a más docentes y estudiantes, instituciones, comunidades y personas, y se fueron sumando también nuevos objetivos. Consideramos que, aún en esta complejidad, el proceso se puede seguir analizando bajo la idea central de modificar una situación determinada a partir de la acción y la práctica misma, considerando que, la situación abordada, puede ir más allá del ámbito educativo e institucional.

III. PROYECTOS INICIALES Y EXTENSIÓN COMUNITARIA

Luego de las primeras experiencias de trabajo con los calefones solares en nivel secundario (2016 – 2017), relatadas en nuestro trabajo anterior, el proceso se fue desarrollando en dos líneas de acción que se complementaron y retroalimentaron entre sí. Mientras se continuaba con el trabajo en los mismos colegios secundarios de las localidades cercanas a la ciudad de Salta donde se inició la experiencia (Colegio n.º 5149 de La Silleta y Colegio n.º 5086 de Campo Quijano), se comenzó a gestar un proyecto con base en el Profesorado de Física del Instituto Superior N.º 6005 de la ciudad de Salta, junto con el taller experimental *Física en chanquetas*, que tenía como fin difundir la construcción e instalación de calefones solares en una zona rural cercana a los valles calchaquíes de la provincia de Salta, con foco en la localidad de Tonco, lindera al Parque Nacional Los Cardones; trabajando, en este caso, en interacción con el Colegio Secundario n.º 5226 de esta misma localidad. Algunos docentes y estudiantes del profesorado estuvimos involucrados en los dos proyectos de manera simultánea, lo que nos permitió ir conectando y transfiriendo experiencias valiosas entre ambos. Desde el taller experimental *Física en chanquetas* se trabajó inicialmente en la optimización del diseño del dispositivo que denominamos calefón solar artesanal, construido con materiales accesibles: una tarima, chapa común, mangueras negras, conectores y plástico de invernadero, que funcionaban como el conjunto colector de la energía solar, conectando el sistema a un tanque de almacenamiento del agua caliente, aislado térmicamente con membrana, y a otro tanque de suministro. A partir de pruebas y mediciones que se llevaron a cabo en prototipos experimentales, fuimos constatando que podíamos lograr una eficiencia aceptable simplificando aún más los primeros diseños utilizados y reduciendo los costos de manera significativa, por ejemplo, disminuyendo la cantidad de mangueras, conectores y bridas, o reduciendo el uso de materiales de costo excesivo; también fuimos encontrando modalidades de construcción e instalación más eficientes, que resultarían accesibles para un estudiante, utilizando herramientas y procedimientos a su alcance. Estos aprendizajes nos permitieron organizar de manera más efectiva los proyectos de trabajo que se siguieron llevando a cabo con estudiantes de 4.º año (15 y 16 años de edad) en los colegios mencionados. De manera recíproca, la experiencia adquirida durante los primeros años de trabajo en talleres con los estudiantes secundarios, nos permitió tener una estimación de los tiempos reales de trabajo y sumar ideas para organizar los talleres comunitarios que se realizarían en la localidad de Tonco.

Los resultados alentadores que fuimos obteniendo en la primera parte del proceso, con relación al desempeño de los estudiantes y al funcionamiento del propio calefón solar, nos motivaron a intentar un paso más allá; surgiendo así la meta de lograr la instalación de estos dispositivos en viviendas familiares de las localidades donde se trabajaran estos proyectos. Y es en esta etapa en la que nos fuimos encontrando con varios escollos en el camino y, en ocasiones, con caminos sin salida. Durante los años 2018 y 2019, la construcción e instalación de calefones solares se planteó como un proyecto interdisciplinario institucional en los colegios secundarios de La Silleta y Campo Quijano; en el primer caso, incluyendo fondos para compra de materiales y con el objetivo concreto de lograr la extensión a la comunidad. El proceso fue positivo en cuanto a los resultados educativos y se cumplieron buena parte de las metas planteadas: se completaron las etapas de diseño, construcción y pruebas de los dispositivos con un rol activo de los propios estudiantes; se diversificaron las propuestas con el agregado de deshidratadores y cocinas solares; se organizaron presentaciones grupales áulicas en las que los alumnos relataron su proceso de trabajo; se organizaron muestras educativas abiertas a la comunidad en las que se mostraron los proyectos y en las cuales apareció la concientización sobre la cuestión ambiental y su relación con el consumo energético; pero, en ninguno de los casos, durante esos dos años, se alcanzó la meta de la instalación de los calefones en viviendas familiares de estas localidades.

En nuestro análisis posterior, encontramos una diversidad de situaciones que nos impidieron llegar a una instalación efectiva. Podríamos agruparlas en dos tipos de dificultades: de organización y técnicas. Las dificultades de organización las relacionamos principalmente con los espacios y los tiempos. Las instituciones en las que se abordó el proyecto no tenían una infraestructura adecuada para estos procesos: los únicos espacios disponibles eran las propias aulas y patios, donde se trabajaba con las herramientas llevadas por los alumnos y docentes; las dificultades de organización de los espacios también repercutieron en los tiempos, ya que, aun sumando las horas de clase de dos espacios curriculares durante un trimestre completo, siempre resultaron escasos. En La Silleta, el proyecto contemplaba la implementación de un taller de construcción e instalación de calefones solares abierto a la comunidad, orientado por los propios alumnos, que se completaría con la instalación de un calefón en una vivienda seleccionada, pero nunca se llegó ni siquiera a organizar ese taller. El denominador común fue que, a fin de año, los colectores con sus tanques, que habían sido probados de manera efectiva en los patios del colegio y habían sido presentados en las muestras, quedaban arrumbados en los rincones o en casas de alumnos que se los llevaban para instalar, lo cual nunca ocurría...

Nuestro análisis también nos llevó a concluir que no se trataba solo de una cuestión de tiempos y espacios, la experiencia sumada en este proceso y en el trabajo de pruebas experimentales que fuimos desarrollando en el taller Física en chanquetas, nos fue mostrando que la instalación de un calefón solar para su funcionamiento efectivo en una vivienda, presentaba una diversidad de dificultades de un nivel más complejo que las que se debían sortear durante la construcción o incluso en la instalación de prueba: los tanques reciclados que se utilizaban para almacenamiento de agua caliente debían ser adaptados mediante sellados y conexiones que frecuentemente derivaban en pérdidas de agua; la conexión del dispositivo con el suministro de agua de la viviendas y derivaciones a los baños, requería de instalaciones de "plomaría" improvisadas que nunca resultaban simples de resolver; la ubicación del colector y tanque de almacenamiento requería espacios con acceso de luz solar y estructuras de soporte que agregaban siempre otro elemento de complejidad. A medida que nos fuimos enfrentando con estas dificultades, se nos fue haciendo evidente que nos habíamos planteado un objetivo que excedía las posibilidades de trabajo de los alumnos de secundario o de un par de docentes aislados. En los últimos intentos para evitar una frustración, seleccionamos un par de viviendas en La Silleta para realizar la instalación de los calefones y nos movilizamos hacia allí los docentes y estudiantes que trabajamos en el proyecto para intentar hacer efectiva la instalación; pero descubrimos que debía existir un elemento más para concretar este objetivo: la colaboración y buena predisposición de las familias que recibirían el dispositivo. No sucedió en esta oportunidad, solo aparecieron nuevos lugares para que quedaran arrumbados los colectores.

IV. DIFUSIÓN EN LOS VALLES CALCHAQUÍES

Desde mediados de 2018, paralelamente a la secuencia relatada, se fueron iniciando una serie de acciones con eje en la localidad de Tonco, motorizadas desde el Profesorado de Física, que tenían como objetivo difundir el trabajo sobre los calefones solares entre docentes y estudiantes del colegio secundario de la localidad, sumando a los habitantes de la comunidad. La zona de Tonco (3.200 m.s.n.m.) se caracteriza por sus condiciones ambientales de altura, con predominancia del clima seco, alta radiación solar y escasez de vegetación apta para leña, a lo que se suma la falta de conexión eléctrica de red (existen paneles fotovoltaicos domiciliarios que permiten una iluminación básica y el uso de artefactos de baja potencia), el aislamiento de centros urbanos y la falta de transporte. Todas condiciones que hacen difícil el acceso a algún tipo de energía convencional (electricidad, gas envasado, leña, etc.) para calentar agua o ambientes. Estas condiciones y, por otro lado, el vínculo que habíamos logrado con la dirección del colegio, nos hicieron considerar que era un sitio apropiado para iniciar el proyecto de difusión, con la meta de dejar, al menos, un calefón instalado y funcionando que serviría de modelo para futuras instalaciones. En una primera instancia, se organizó un taller abierto a la comunidad sobre la construcción de colectores solares, organizado y orientado por estudiantes del profesorado, que contó con una participación activa y significativa de habitantes de la comunidad y estudiantes del colegio local. En este taller, se logró la construcción de un número importante de colectores, contruidos con tarimas y materiales que las familias de Tonco habían conseguido para la ocasión. Durante las mismas jornadas de trabajo, se llevó a cabo la instalación de un calefón solar de manera completa en una vivienda cercana al colegio secundario del lugar, en la que habitaba la familia de un alumno llamado Leonel. Esta instalación, que trajo aparejada la resolución de diversos problemas, se logró con el trabajo colaborativo entre docentes y estudiantes del profesorado, junto con estudiantes y pobladores de la comunidad. Fue la primera instalación efectiva de un prototipo de calefón solar como el que veníamos diseñando y experimentando desde hacía más de un año, y se transformaría en nuestro principal elemento de experimentación para poner a prueba nuestros interrogantes de base: ¿podría funcionar de manera efectiva este tipo de calefón en un contexto de uso real?, o dicho de otro modo: ¿lo usarían los integrantes de la familia de Leonel?; ¿podría ocurrir que otras familias logren instalar en sus viviendas los colectores contruidos en el taller comunitario, tomando como modelo esta instalación?

Las respuestas a estas preguntas no aparecieron de manera contundente e inmediata, ya que luego de estas acciones no regresamos a Tonco por varios meses, pero con el paso del tiempo fuimos constatando que el calefón solar estaba teniendo uso efectivo en la casa de Leonel. Aunque fuimos constatando también que el proceso de transferencia para que se lograra la instalación de los calefones en las demás viviendas no estaba ocurriendo del modo en que lo esperábamos: más colectores estaban quedando arrumbados, pero esta vez en Tonco.

Desde la postura que fuimos adoptando en el proceso, de seguir los nuevos caminos que se nos presentaban y abandonar aquellos que parecían no llevarnos a ningún lado, nos vimos en la necesidad de buscar una alternativa si queríamos alcanzar una difusión verdadera del calefón solar artesanal. Se hacía evidente que la inserción social de un “dispositivo extraño”, que venía a satisfacer una necesidad que se estaba instalando junto con el proyecto, no ocurriría de modo espontáneo. En cierto modo, estábamos intentando introducir un nuevo elemento cultural en esta comunidad, era de esperar que una acción a esa escala requeriría de tiempo y de trabajo. A esto se sumaba que la instalación misma del calefón en la casa de Leonel, no había dejado la idea de que este proceso fuese algo simple; de hecho, no lo había sido. Se hacía evidente la necesidad de seguir acompañando el proceso con presencia y apoyo efectivo si queríamos conseguir que se instalaran los demás colectores. La alternativa superadora que se planteó para alcanzar esta meta fue la gestación y realización de un taller de capacitación destinado a docentes secundarios de Física y espacios afines (Tecnología, Energías Renovables, etc.), que trabajaban en diversos colegios secundarios, de características rurales, de la zona cercana a los valles Calchaquíes en la cual habíamos comenzado nuestro proyecto.

Concebimos esta propuesta como una manera posible de alcanzar la meta de la difusión social y, al mismo tiempo, de volver a colocar el eje del proyecto en la enseñanza de la física. Si lográbamos llegar con la propuesta a las propias instituciones y docentes de la zona, podríamos aspirar a un acompañamiento local del proceso de instalación de los calefones, como también a difundir estrategias concretas para darle un sentido más profundo y significativo a la enseñanza de la física y al trabajo en proyectos interdisciplinarios. El taller de capacitación fue llamado *Cuando el Sol entra al aula* y se llevó a cabo durante tres encuentros en la primera mitad de 2019, con la participación de docentes que trabajaban en varias instituciones de la región cercana a Tonco. La capacitación abordaba cuestiones específicas y concretas: se construyeron e instalaron colectores a modo de muestra, se trabajaron los principios físicos relativos al proceso y posibles maneras de abordarlos en situación de enseñanza, se presentaron alternativas relacionadas con el uso de la energía solar, como los deshidratadores y cocinas solares, y se analizaron aspectos más generales relacionados con la enseñanza en proyectos y la problemática energética y ambiental, remarcando el potencial de extensión comunitaria que podría tener el calefón solar artesanal, que ya contaba con un antecedente concreto en la casa de Leonel. La experiencia de esa capacitación animó a un grupo de los docentes que estuvimos a cargo a diseñar un taller de características similares (*El calefón solar, un proyecto posible*) que pudimos presentar en la REF XXI de Rosario, del mismo año 2019, con la participación activa de docentes y estudiantes de diversas partes del país.

Si bien ambas instancias de difusión y capacitación fueron productivas y gratificantes desde muchos aspectos, y lograron difundir las experiencias propias para que pudieran transformarse en germen de nuevas experiencias superadoras; lo cierto es que, más allá de algunos intentos aislados e inconclusos de los que tuvimos noticia a fines de 2019, la propuesta, hasta donde tenemos información, aún no ha generado frutos en proyectos concretos que vayan en esa misma línea. Aunque es preciso recordar y considerar aquí que el año 2020 no fue el mejor momento para iniciar proyectos educativos con implicancia social.

V. EL “EFECTO BIGOTE”

Para fines de 2019, el proceso de trabajo con eje en los calefones solares había acumulado más de tres años, con muchos logros y aprendizajes, pero comenzaban a aparecer signos de agotamiento, en el proyecto mismo y en quienes trabajábamos en él. No surgían iniciativas concretas desde otras instituciones o docentes que acompañaran el proceso, no aparecían apoyos ni fondos para sostener nuevos proyectos y, más de un año después, el calefón experimental en la casa de Leonel había acumulado problemas no solucionados a tiempo, que lo habían llevado casi a la inutilización. El problema principal, de carácter técnico, que para entonces se había vuelto recurrente, era la pérdida de agua en los tanques de almacenamiento. Estos debían funcionar bajo una presión moderada (equivalente a la presión 1,5 a 2 metros de agua) y no lográbamos conseguir tanques reciclados adecuados a esa situación. Implementábamos un sistema de sellado de la tapa que funcionaba eventualmente, pero con el uso y el paso del tiempo tenía pérdidas importantes. Fue para esa época que, luego de varios intentos fallidos para superar la situación (por ejemplo, el uso de flotantes), probamos otro tipo de tanque con tapas selladas más pequeñas, resolviendo en este caso de un modo alternativo el sellado de las bridas que conectaban este tanque al sistema de mangueras. Esta variante fue puesta a prueba en nuestro taller experimental Física en chancletas y mostró resultados satisfactorios: pasado un tiempo razonable, las pérdidas de agua no aparecieron. Una vez más, lográbamos abrir un camino alternativo para seguir avanzando.

Mientras tanto, en Tonco, no todos los colectores habían quedado arrumbados. Uno de los construidos durante el taller comunitario de 2018 había sido instalado por un joven padre de familia, conocido en la comunidad como “Bigote” (figura 1). Había realizado la instalación en casa de sus suegros, donde habitaba con su mujer y cuatro hijos. Era una conexión precaria, con pérdidas importantes que tratamos de ayudar a solucionar en algunas visitas esporádicas. Pero ocurría algo novedoso en este caso que nos motivaba a retomar nuestras metas: Bigote había conectado por sí mismo su calefón, siguiendo el modelo básico de la casa de Leonel, y había mostrado una actitud de autonomía, intentando solucionar los problemas prácticos que se le presentaban. Se mostraba convencido de que su calefón funcionaba, porque lo había probado de primera mano, solo era cuestión de solucionar los problemas para que el agua caliente llegase al baño de la manera más directa y con la menor cantidad posible de pérdidas de agua y de calor. A inicios de 2020, Bigote tenía un quinto hijo y estaba estrenando casa propia sobre el camino de acceso a la comunidad. Su nueva casa tenía baño con ducha y un sitio reservado para el calefón. Para ese momento, ya no había proyecto institucional, avanzar con la difusión de los calefones se había vuelto casi una cruzada personal de un grupo de docentes y estudiantes del taller Física en chancletas. Pero estábamos convencidos de que el próximo paso debía ser colaborar en la instalación de un nuevo colector, con el nuevo sistema de tanque de almacenamiento, para Bigote y su familia. Con el apoyo de una fundación local que financió la compra de materiales realizamos un viaje a Tonco en marzo de 2020 y, trabajando en colaboración con el propio Bigote, logramos dejar una instalación completa que se transformaría en nuestro nuevo calefón experimental y en el reinicio de un trayecto que ya estábamos a punto de abandonar.

Al regreso de este viaje nos esperaba la pandemia, el aislamiento, el cierre de los establecimientos educativos, pero el calefón de Bigote quedó funcionando, sin pérdidas ni problemas considerables, y siendo utilizado por toda su familia durante todo el año 2020 y hasta la actualidad. Durante un par de visitas posteriores que pudimos hacer a la comunidad, comprobamos que Bigote se había transformado en un verdadero difusor del uso del calefón solar artesanal. El efecto más contundente de esta difusión fue que, en algunas viviendas de la comunidad, se estaba refaccionando, o construyendo, un baño con espacio para ducha, que recibiría el agua caliente del calefón solar. Algunas de estas familias estaban rescatando sus colectores arrumbados y requerían ahora apoyo para poder realizar su propia instalación: querían un calefón como el que tenía Bigote en su casa.

Durante el resto de año 2020 y la primera mitad de 2021 logramos realizar algunos viajes más a Tonco y otras dos comunidades de la zona retomando la difusión del calefón solar y ayudando en las instalaciones. También estos viajes se realizaron de manera independiente, al margen de los proyectos institucionales que le dieron origen, sostenidos en parte por colaboraciones de la misma fundación que volvió a aportar fondos para algunos materiales y, principalmente, por la convicción de los estudiantes y docentes que veníamos trabajando en esta causa desde el inicio, quienes sentíamos que se debía apuntalar este proceso que estaba volviendo a tomar fuerza a partir del “efecto Bigote”.

A mediados de 2021, la comunidad de Tonco cuenta con cuatro calefones solares artesanales instalados y funcionando en casas de familias, y uno más en proceso de instalación, a los que se suman otros dos dispositivos instalados en Potrero de Payogasta y Piul, comunidades de los valles Calchaquíes cercanas a Tonco. La mayoría de estas instalaciones fueron una consecuencia, directa o indirecta, del efecto producido a partir del calefón de la familia de Bigote; incluso, en uno de estos casos, la instalación fue llevada a cabo con el trabajo de la propia familia que habita en la vivienda con ayuda y asesoramiento de Bigote, quien comenzó a tomar, además de un rol activo, también una actitud colaborativa para la difusión de este nuevo dispositivo que, al menos en Tonco, ya no resulta tan extraño.

VI. ANÁLISIS DE LAS EXPERIENCIAS, CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Nos interesa en esta instancia retomar los enfoques planteados en la introducción y reflexionar sobre ellos a partir de las experiencias transitadas y a la luz de los marcos teóricos de referencia presentados. Con la mirada puesta en la enseñanza de la física en el nivel secundario, podemos afirmar que el interés y el compromiso de los alumnos de ese nivel durante el diseño, la construcción y la puesta a prueba de dispositivos se traducen posteriormente en comprensión, pensamiento crítico y, finalmente, mejoras en los rendimientos académicos. Las presentaciones grupales y muestras resultaron instancias más profundas, donde no solo se trata de hacer, sino de describir y explicar cómo y por qué de lo que se hizo. Ahí los conceptos reaparecen, se resignifican y se relacionan entre sí. Explicar cómo funciona un calefón, o un deshidratador solar, requiere comprender diversos procesos de transferencia de la energía y el calor, presión o dinámica de fluidos. Relatar el proceso de puesta a prueba requiere comprender el concepto de eficiencia y adquirir nociones sobre los pasos de una investigación. Y, además, hablar sobre el porqué de lo que estamos haciendo, lleva a una reflexión auténtica sobre la cuestión energética, que se conecta necesariamente con otros temas y disciplinas: los recursos energéticos, el cambio climático, la economía de consumo, etc. Los elementos de un tópico generativo se hacen presentes en este tipo de trabajos: aparece el interés real de los alumnos, la comprensión a través de los distintos desempeños y, también, las pasiones intelectuales de los docentes, aunque, en ocasiones, también aparezcan las frustraciones...

Los intentos de llevar este proceso a una escala de proyecto interdisciplinario con extensión a la comunidad, no dieron los resultados esperados en el nivel secundario. Quedó de manifiesto aquí una distancia demasiado amplia entre lo que se pretendía y las posibilidades con las que contábamos. Si bien, en el colegio secundario de La Silleta hubo recursos y acompañamiento desde la institución, el objetivo final de llegar a la comunidad terminó siendo infructuoso. Resultó evidente que se precisan otras estructuras académicas para poder trabajar a esta escala. Por ejemplo, sumar horas específicas para el trabajo en proyectos, además de las horas disciplinares, debería ser una necesidad de base si se pretenden lograr resultados reales; pero estas iniciativas solo quedaron como enunciados de los documentos oficiales (Secretaría de Innovación y Calidad Educativa, 2017) que, al menos en nuestra jurisdicción, nunca llegaron a plasmarse en la realidad. La posibilidad de continuidad del proyecto a través de los años, sería otra de los elementos que podrían favorecer el alcance real de las metas; aunque, para el nivel secundario, podríamos correr el riesgo, en estos casos, de estar “usando” a los alumnos como ejecutores para lograr el fin del proyecto, olvidándonos de que el fin central es su propio aprendizaje. Otro elemento necesario es lograr un verdadero trabajo en equipo, no solo con los estudiantes, sino también entre docentes. En La Silleta, el trabajo se sostuvo por el esfuerzo de dos docentes, que solo lográbamos tener interacciones ocasionales en medio de nuestras propias clases. Más allá de no lograr el objetivo final planteado, la organización de un trabajo en formato de proyectos logra que se pongan en juego y se fortalezcan algunas capacidades valiosas, como la resolución de problemas reales y prácticos, la organización y planificación en equipos y la persistencia ante los contratiempos, que se hicieron presentes en estas instancias.

Los elementos que estuvieron ausentes en el nivel secundario, dificultando la concreción de los objetivos finales, como la flexibilidad en tiempos y organización, la continuidad y el trabajo en equipo, pudimos alcanzarlos en el nivel superior; no precisamente por contar con apoyo institucional o estructuras académicas superadoras, sino porque un grupo de docentes y estudiantes del Profesorado de Física nos propusimos seguir esa línea de trabajo, rompiendo incluso con las estructuras académicas preexistentes e inventando otras nuevas. Es en este nivel y en esta etapa donde el proceso con eje en los calefones solares comienza a tomar una envergadura de investigación en la acción, con objetivos múltiples pero complementarios entre sí: enriquecer la formación de los estudiantes de profesorado mediante el trabajo en un proyecto real y motivador; investigar sobre las posibilidades de diseño de un dispositivo sencillo que pueda funcionar como un calefón solar de uso real; difundir el calefón solar como un elemento con potencial educativo y de transformación cultural. Para cada uno de estos objetivos, que se relacionaban con alguna circunstancia educativa o social que pretendíamos mejorar, las “hipótesis” planteadas fueron tomando forma en acciones: organización de talleres comunitarios y de capacitaciones para docentes, investigaciones experimentales sobre los dispositivos, organización de viajes para difundir e instalar el sistema en otras comunidades. Los resultados de estas acciones se transformaron en nuestros “datos experimentales”, que nos permitieron evaluar la posibilidad de continuar ese camino, modificarlo o abandonarlo, y también, nos abrieron nuevos caminos y objetivos, que no hubiesen surgido de otra manera que no fuese en la acción misma. Este proceso, en ocasiones complejo y desordenado, que se encuentra aún en pleno desarrollo, nos involucra a la vez como protagonistas y como indagadores de lo que ocurre, y puede encuadrarse en la descripción original del proceso de investigación-acción:

Es una práctica reflexiva social en la que no hay distinción entre la práctica sobre la que se investiga y el proceso de investigar sobre ella. Las prácticas sociales se consideran como "actos de investigación", como "teorías-en-la-acción" o "pruebas hipotéticas", que han de evaluarse en relación con su potencial para llevar a cabo cambios apropiados (Elliot, 2000)

Justamente, lo que nos motiva a seguir este camino emprendido y, en buena medida, también a relatar este trabajo, es haber conseguido cambios, que evaluamos como apropiados: introduciendo nuevas estrategias para abordar la enseñanza de la física en el secundario de manera significativa; enriqueciendo la formación de los futuros docentes de física mediante la experiencia en proyectos motivadores; fomentando la incorporación de la problemática ambiental en las aulas del secundario y en la formación de los profesores de Física o logrando el diseño de un calefón solar con potencial de uso efectivo para proyectos educativos.

Por último, queremos detenernos a reflexionar sobre una posibilidad de cambio aún más profunda. La evolución que fue alcanzando el proceso de difusión y de incorporación de los calefones solares en las viviendas familiares de la comunidad de Tonco, sobre todo a partir de lo que hemos denominado como “efecto Bigote”, nos permite pensar en el calefón solar artesanal a partir de su potencial de cambio cultural, si consideramos la posibilidad de que el uso del dispositivo pueda comenzar a difundirse entre los propios pobladores, sin la necesidad de nuestra intervención. Más allá de la evolución que pueda seguir este proceso, quienes trabajamos en esta experiencia estamos convencidos de que el calefón solar artesanal podría ser un aporte en diferentes aspectos: mejorando la calidad de vida en determinados contextos sociales y ambientales, incorporando una alternativa accesible para utilizar la energía solar en lugar de las energías convencionales contaminantes y, en otro plano, motivando a docentes y estudiantes a poner en acción ideas prácticas y creativas que aspiren, aunque sea en una pequeña medida, a mejorar la sociedad en la que vivimos.



FIGURA 1. Bigote, junto al calefón solar construido e instalado por él

REFERENCIAS

Castillo, J. M., Alessandretti, C. y Martín M. (2017). El calefón solar como tópico generativo: Una propuesta de aprendizaje activo para el abordaje de la problemática energética. *Revista de Enseñanza de la Física* 29(Extra), 361–371.

Elliott, J. (2000). *La investigación-acción en educación* (4.ª ed.). Madrid, España: Morata.

Furman, M. y Larsen, M. E. (2020). ¿Aprendizaje Basado en Proyectos: ¿cómo llevarlo a la práctica? Documento N°3. Proyecto Las preguntas educativas: ¿qué sabemos de educación? Buenos Aires, Argentina: CIAESA.

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, Argentina: Paidós.

Secretaría de Innovación y Calidad Educativa. (2017). *Marco de Organización de los Aprendizajes (MOA)*. Anexo Resolución CFE N.º 330/17

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

Suarez Pazos, M. (2002) Algunas reflexiones sobre la investigación acción colaborativa en la educación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 40-56.