

Ciencia, educación y comunidad: una experiencia en una escuela de enseñanza media en la provincia de Tucumán

E Anibal Disalvo
CONICET, Universidad de Buenos Aires,
Academia Nacional de Ciencias Exactas Físicas y Naturales.

María de los Ángeles Frías
CONICET, Universidad Nacional de Tucumán.



‘Sentí mucha alegría por aprender cosas nuevas y hacer amigos’.

Esta frase, expresada por una alumna de la escuela San Andrés en la provincia de Tucumán al culminar las Jornadas de la Semana de la Ciencia, refleja con simplicidad y candidez el sentimiento que despierta el descubrir el mundo y compartirlo con sus compañeros.

En pocas palabras, constituye una magnífica síntesis entre el conocimiento y la comunicación. La alegría de encontrar cosas nuevas, la posibilidad de reconocer la comprensión del mundo y, a su vez, tener la capacidad de compartirlo es, inconscientemente, una actitud propia de la actividad científica.

La ciencia implica una ejecución práctica para transformar, siguiendo procesos y procedimientos establecidos, la percepción en conocimiento.

En la búsqueda de la verdad, hacer saber el experimento que se observó, cómo se lo puede entender a través de pautas, conocimientos previos o elaboraciones propias es compartir lo limitado de la interpretación inmediata presintiendo un conocimiento más elevado, más seguro.

De este modo, la ciencia no es un instrumento para vencer la ignorancia sino una actividad fundamental en la educación del ser humano.

La consolidación del conocimiento por medio del error conduce a generar vínculos entre individuos, entre comunidad e individuo y entre comunidades a través de las vías de comunicación.

Esta comunicación en el marco de la actividad científica encierra entonces actitudes y valores.

La comunicación del hallazgo se basa plenamente en la honestidad del individuo comunicador o grupo comunicador. Solo él o ellos han sido testigos de lo que pasó y está en ellos el transmitir total o parcial y exactamente, despojados de toda subjetividad e interpretación, los hechos.

Es en este contexto que debemos valorar la educación científica que encierra, entonces, un valor formativo imponderable para la persona.

La observación del mundo, la comunicación de lo observado e interpretar, dar una opinión, implica saber fundamentarla y aceptar que puede haber otras interpretaciones, soluciones compartidas o varias soluciones para un mismo problema.

Con la inserción de estas actitudes podría ser más directo solucionar muchos problemas aparentemente crónicos de nuestra sociedad que se traducen en conductas diarias. Solo basta ver la falta de prevención que existe en el manejo cotidiano de los elementos de la vida diaria (uso doméstico, vehículos, medio ambiente, alimentos, respeto por las indicaciones, desaprensión, imprudencia, etc). La educación desde esta base permite entonces apren-

der el valor de las reglas de convivencia que muchas veces se ven violadas desde los primeros años, aun en la propia escuela.

Si la ciencia como actividad creadora se incorpora al lenguaje y quehacer diario de los alumnos a través de su contacto y accionar con los docentes es relativamente inmediato incluir como tercer elemento a la familia y a la comunidad en su conjunto. Mucho más sencillo podría ser si el comienzo de la inserción de los estudiantes en la educación científica se hiciera a través de despertar el interés por problemas cotidianos de la comunidad. Así, su discusión y análisis les permitirá a los alumnos volcar su entusiasmo y hallazgos a los padres que, a su vez, podrían educarse en todas y cada una de las pautas que alentamos que cumpla la educación en ciencias.

Las Jornadas de la Semana de la Ciencia, organizadas por la SECYT y el CONICET y con el patrocinio de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, se propusieron acercar a los estudiantes a la ciencia y educar a través de ella. Para ello, era necesario llevar la ciencia a los estudiantes en su ámbito.

Con este propósito, la Academia congregó en la escuela de enseñanza media San Andrés (Tucumán) a profesores y alumnos del nivel EGB 3 y polimodal provenientes de San Miguel de Tucumán, la capital provincial, y de zonas aledañas como El Cavilar, Los Bulacio, Banda del Río Salí y Los Ralos.

Las Jornadas se llevaron a cabo durante la semana del 19 de junio de 2006 y tuvieron los siguientes objetivos:

1. Presentar una propuesta de desarrollo educativo a través de la *ciencia desde lo cotidiano*, es decir, frente a un problema concreto de la comunidad en su conjunto.
2. Establecer pautas para capacitar a la comunidad educativa de esa zona para encontrar vías de desarrollo de la curricula (hilos conductores) en *ciencias a partir de problemas concretos*.
3. Mostrar a los alumnos que la ciencia es una *actividad creativa, dinámica, entretenida y convocante*, al alcance de todos, exenta de condicionamientos intelectuales previos.

La ciencia desde lo cotidiano

La ciencia aparece, en general, como conocimiento erudito, acabado, solo reservado a mentes privilegiadas. Frente a los múltiples problemas cotidianos que enfrenta la comunidad, la ciencia, los científicos y las actividades académicas aparecen distantes e inaccesibles, poco relacionadas con la vida diaria.



Figura 1. Vista aérea de la cuenca del río Salí.

Por lo tanto, el primer paso para acercar la ciencia a los estudiantes y desmitificar su contenido fue desarrollar por parte de los profesores universitarios e investigadores responsables de la actividad ante la Academia estrategias para la identificación y búsqueda de *tópicos generativos*. Estos tópicos generativos pueden ser problemas de salud, económicos, del suelo, aire, agua relacionados a la productividad, salud, bienestar general y medio ambiente.

El propósito de desarrollar un tópico generativo no es encontrar una solución al problema planteado sino comprenderlo con relación a cómo se origina y mostrar la factibilidad de acciones operativas o cognitivas para evitarlo.

Desde el punto de vista educativo, los tópicos generativos tienen como objetivo impulsar el interés del estudio de la ciencia por los alumnos, una acción en equipo de la comunidad educativa y un acercamiento al conocimiento científico de la comunidad en general.

En el caso particular de la comunidad de la escuela San Andrés se tomó 'la contaminación del río Salí' como tópico generativo, en virtud de trabajos realizados con anterioridad por alumnos guiados por los profesores de la escuela Eduardo Roldán, Mercedes Cegada y Karina Pérez, con el entusiasta apoyo de la directora Viviana Ale. El río Salí es el principal río que atraviesa la provincia en toda su extensión y desde una vista aérea se observa el color turbio que presentan las aguas (figuras 1 y 2). Dado que el río Salí atraviesa el departamento Cruz Alta, lugar donde se ubica la escuela, los alumnos conviven a diario con el problema de la contaminación.

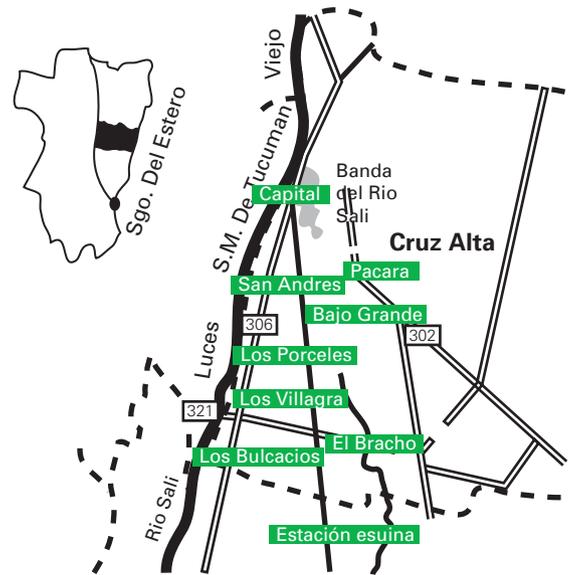


Figura 2. Ubicación de las escuelas participantes en las Jornadas.

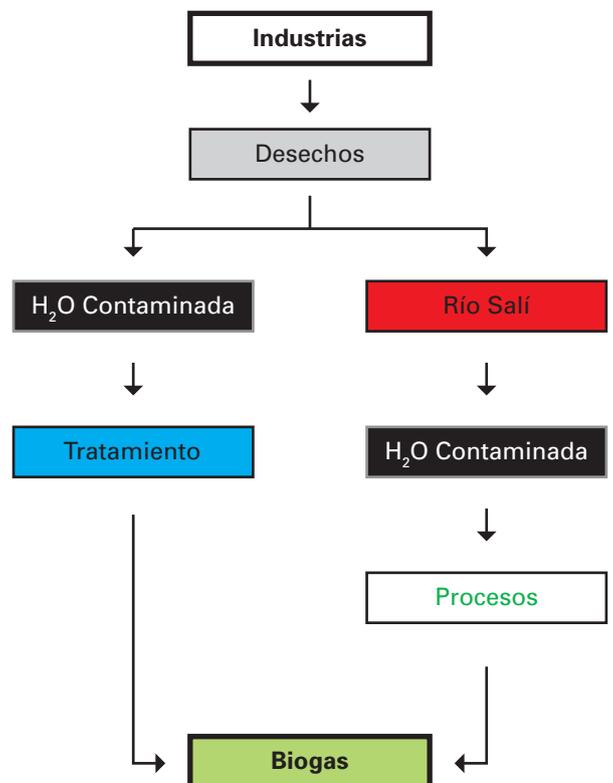


Figura 3. Ciclo del agua utilizada en las industrias de la zona (ingenios azucareros) que drenan sus desechos con agua en la cuenca del río. La rama derecha es la actual, en donde los contaminantes llegan al río. La rama izquierda es la propuesta para evitar la contaminación del río y aprovechar los efluentes industriales.

La propuesta se orientó a demostrar que sería factible *tratar las aguas de desecho de las industrias antes de que estas contaminen el río y que esa acción podría traer aparejado beneficios económicos locales y rentables como, por ejemplo, la producción de biogas y de agua para riego.*

El esquema de la figura 3 permite observar el ciclo del agua utilizado en las industrias de la zona (ingenios azucareros) que drenan sus desechos con agua en la cuenca del río.

La identificación de los hilos conductores

El primer acercamiento al problema planteado fue la observación de la muestra de trabajo (figura 4). Las características identificables en la muestra fueron su color, olor y la presencia de una gran cantidad de sedimento. Las muestras se colocaron en botellas de plástico resistente para su incubación.

La incubación de las muestras se realizó en un rango de temperatura de 20°C y 30°C, durante una semana. Transcurrido este tiempo las botellas se percibían rígidas debido a la acumulación de gas. Este experimento permitió suponer la presencia de bacterias que podrían generar gas, hecho comprobable acercando un fósforo a la boca de la botella.

La verificación de la producción de gas combustible dio lugar al diseño y construcción de un biodigestor (figura 5).

La posterior conexión del biodigestor a una cocina sirvió para comprobar la potencia del gas obtenido (figura 6).

Es de destacar que todos estos trabajos se estaban desarrollando antes de la realización de las Jornadas



Figura 4. Recolección de una muestra del río Salí.

con los alumnos de la escuela San Andrés, orientados por los profesores Roldán, Cegada, Pérez y Ale, dentro de un proyecto institucional interdisciplinario. Este marco de referencia y el avance de los trabajos fueron una base fundamental en la implementación de estas Jornadas en la zona de San Andrés.

Frente al desarrollo de estos trabajos, los profesores coordinadores a cargo de las Jornadas estimularon la identificación de los contenidos de química, física y biología implícitos en los pasos y procedimientos arriba descritos, con el propósito de generar un plan de trabajo didáctico y motivador. Estas propuestas permitieron planificar las actividades que se llevarían a cabo en las Jornadas y que se detallan más abajo.

La identificación del problema comunitario y la concientización de una posible solución permiten que la comunidad educativa (profesores y directi-

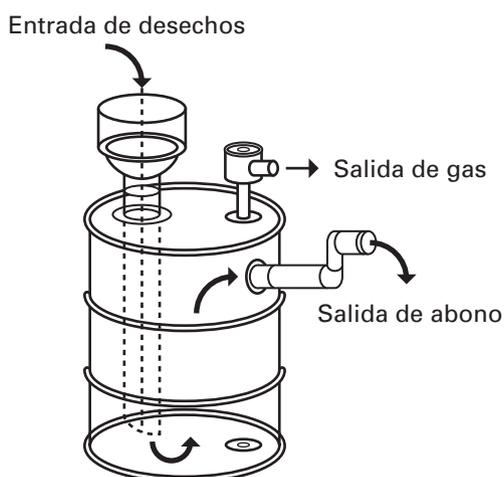


Figura 5. Esquema del diseño (izquierda) y el biodigestor (derecha).



Figura 6. Obtención de gas combustible de una muestra de río a través del biodigestor de la figura 5.

vos de la escuela) establezca *hilos conductores* en la resolución del problema planteado. Estos hilos conductores permitieron a los profesores lograr la multidireccionalidad en las clases áulicas, dejando de lado aquellas meramente expositivas. Además pudieron relacionar contenidos de la asignatura y no tratarlos como compartimentos estancos, así como también extenderlos hacia las ciencias humanísticas y sociales.

En efecto, la propuesta 'Contaminación de las aguas del río', como tópico generativo dentro de estas Jornadas indujo a un estudio de la cuenca de agua de la región, la distribución poblacional y sus condiciones sanitarias, las vías de comunicación, los recursos económicos y la localización de las industrias.

En lo que se refiere a las ciencias fisicoquímicas y naturales, las propiedades de las aguas permiten relacionar procesos físicos, químicos y biológicos con su correlato matemático en la implementación de estadísticas, determinaciones cuantitativas, ejemplificación de tendencias y efecto de variables.

Implementación de las Jornadas

Los temas seleccionados de química, física, biología y matemáticas buscaron lograr la interdisciplinariedad. Entre ellos podemos destacar: estados materiales; el agua, propiedades de acidez y basicidad, métodos de separación: filtración, decantación; suspensiones y soluciones; procesos fermentativos.

Los profesores concurrentes de las asignaturas física, química, matemática y biología formaron equipos de trabajo heterogéneos y elaboraron un proyecto áulico deduciendo los hilos conductores a partir del tópico generativo.

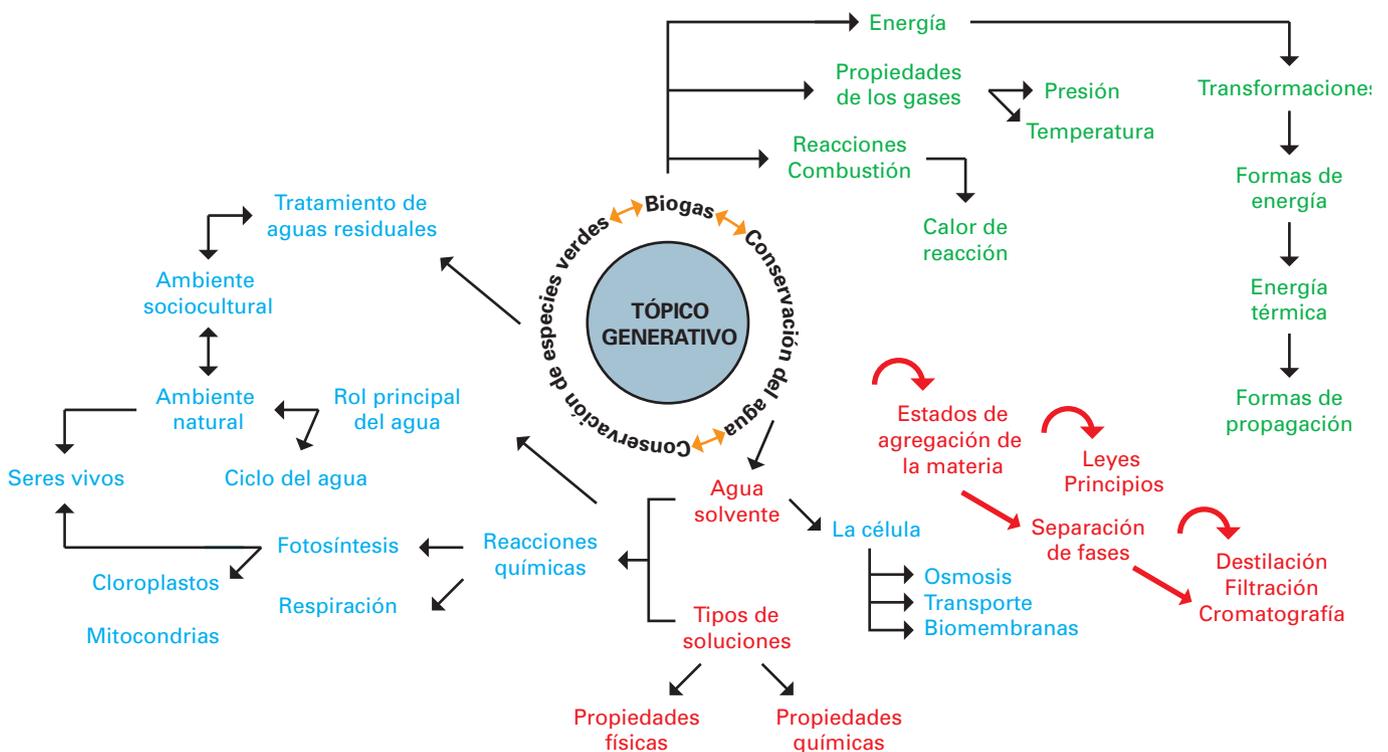


Figura 7. Verde: contenidos de física, rojo: contenidos de química y azul: contenidos de biología.

La figura 7 muestra una posible correlación y conectividad entre las disciplinas en la comunidad educativa, con los tópicos de interés comunitario y con el aporte de los científicos especialistas.

La presentación del protocolo de trabajo y su desarrollo por parte de los alumnos permitió que ellos pudieran constatar aspectos concretos de la química y aprender conceptos nuevos sobre calor y temperatura, calor de reacción, desprendimiento de gases, cambios de colores, cuantificación de acidez y basicidad, reacción de combustión, efecto de sales sobre los puntos de ebullición y fusión del agua, la relación con la presión osmótica y el volumen de las células y el criterio de separación por membranas.

El propósito de las Jornadas fue llevar a cabo un proceso de integración de profesores y alumnos en la *enseñanza de las ciencias*. En este sentido, el aporte de la Academia fue plantear actividades de ciencia en donde se posibilite la integración entre las disciplinas y favorecer así la planificación conjunta de proyectos áulicos. Para ello, la Academia junto con el Área de Ciencia y Tecnología para la Juventud de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación financiaron los costos materiales y el traslado de los profesores y alumnos a la escuela núcleo.

Detalle de las Jornadas

La primera jornada se inició con un taller de debate sobre 'Ciencia, Educación y Comunidad' donde estuvieron presentes todos los participantes.

Los alumnos y profesores de la escuela San Andrés presentaron el trabajo desarrollado sobre la contaminación de las aguas del río Salí y la obtención de agua potable y energía como un ejemplo de proyecto para estimular el interés por la ciencia a través de la comprensión y posible factibilidad de soluciones de problemas de la comunidad. Esta fue una actividad motivadora para que los profesores diseñaran experimentos que pudieran ayudar a verificar o a profundizar más el tema de la contaminación del agua.

Al finalizar la jornada, en una puesta en común cada grupo contó la propuesta que desarrollaría al día siguiente en la fase experimental, lo que resultó enriquecedor por la multidireccionalidad que se creó en el grupo de trabajo.

Paralelamente, los alumnos, coordinados con los profesores de lengua, realizaron un taller de lecto-comprensión de textos científicos, historia de la ciencia y metodología de las ciencias.

Los resultados del taller fueron expuestos en afiches con cuadros sinópticos relacionados con el material leído.

En la segunda jornada cada grupo de profesores trabajó con diez alumnos poniendo en práctica su propuesta áulica en temas tales como 'métodos de separación, filtración, decantación, centrifugación', 'reacción de combustión, tipos de reacción', 'sistemas materiales cambios de estado de agregación de la materia', 'ácido base' y 'pH acidez'.

En la tercera jornada, sus coordinadores, que eran también profesores de química, física y biología, realizaron frente a los alumnos experimentos de laboratorio abierto, es decir, sin un protocolo pautado de abordaje del trabajo. En esta oportunidad los profesores invitados participantes de las Jornadas actuaron como observadores.

Se trabajó con las ideas previas de los alumnos utilizando herramientas como 'ping pong' de preguntas y respuestas, crucigramas, mapas conceptuales, torbellino de ideas, entre otras.

En todos los grupos los profesores abordaron el tema de medidas de seguridad en el laboratorio y el reconocimiento y uso del material de laboratorio. Los experimentos desarrollados fueron sobre separación de fases (agua y aceite); separación de sólidos por imantación; separación de arena y agua, harina, azufre, limaduras de hierro, talco en agua; dispersión de la luz en suspensiones; filtración y decantación de sólidos en suspensión; densidad de líquidos; calor de reacción (hidróxido de sodio en agua); reacciones en solución (permanganato de potasio en agua oxigenada, ácido clorhídrico e hidróxido de sodio, cambio de colores); desprendimiento de gases (ácido acético sobre bicarbonato, granallas de zinc en ácido clorhídrico); formulación

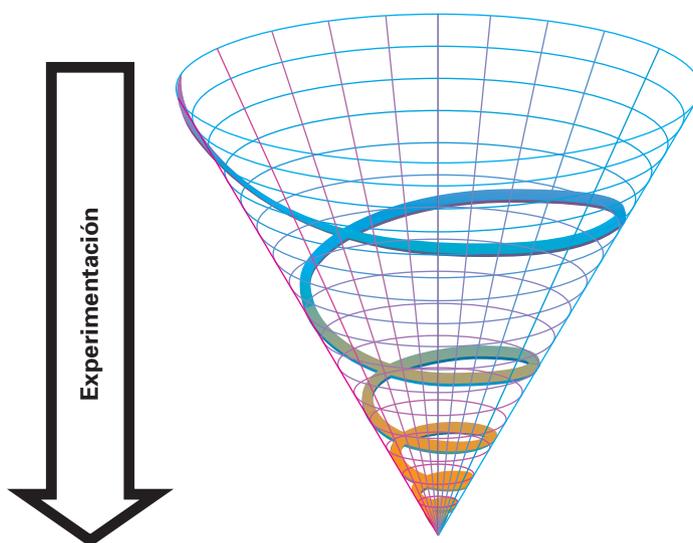


Figura 8. La construcción de un currículo en espiral permite llegar a la comprensión de un problema comunitario a través de la iteración de las diferentes disciplinas, en donde la experimentación es el eje estructurante.

de una reacción química; reacción de combustión de un gas (combustión completa e incompleta, el color de la llama, poder calórico); disolución del sulfato de cobre en agua (color, desaparición del color por acción del calor, eliminación de agua, regeneración del color por agregado de agua).

Muchos de los experimentos se planificaron y se llevaron a cabo como producto de la curiosidad de los alumnos que llevaron a los profesores y organizadores a abordar otros temas y a enfrentarse al desafío cognitivo. Por ejemplo, se discutieron los conceptos de sólidos, solución, cambios de estados, reacción química, propiedades coligativas en química y biología durante la realización de los siguientes experimentos:

Mezcla de agua y aceite: Agregado de hidróxido de sodio, desarrollo de calor en la fase acuosa, cambio en la fase aceite, floculación, saponificación.

Cambios de estado: Determinación de punto de fusión de la naftalina, sublimación de la naftalina.

Propiedades coligativas: Determinación del punto de ebullición del agua y su elevación por agregado de sal. Fusión del hielo con agregado de sal. Agregado de sal a células de cebolla (observación microscópica). Relación entre las tres observaciones.

Los docentes pidieron a los alumnos al inicio de los experimentos que anotaran y dibujaran todo lo que observaban. La elaboración de un informe de laboratorio fue el cierre de la jornada.

Durante la cuarta jornada se realizó un laboratorio abierto sobre la base de las inquietudes de los alumnos puestas de manifiesto en el día anterior. Los experimentos sirvieron para identificar reacciones exotérmicas, producción de gases, disolución de sólidos coloreados, orígenes del color en sales, determinación del punto de ebullición del agua y la influencia de los contaminantes en este.

Estas propuestas brindaron a los alumnos la posibilidad de realizar experimentos sin la necesidad de un protocolo en particular.



Figura 9. Algunos de los alumnos participantes en las Jornadas de la Semana de la Ciencia.

Un párrafo aparte merece el tema de la evaluación a docentes y alumnos, que se realizó a lo largo de todas las jornadas y significó un proceso formativo y continuo para ambos.

Con herramientas conocidas por los profesores como redes y mapas conceptuales y diagramas de flujo se intentó poner de manifiesto las posibles relaciones de los distintos temas tratados en las jornadas sin olvidar el tópico generativo y poniendo el énfasis en la interdisciplinariedad de los espacios curriculares de biología, química, física y matemáticas.

Los organizadores plantearon a los docentes el desafío de realizar dos abordajes uno desde la fisicoquímica a la biología y otro desde la biología a la fisicoquímica.

Conclusiones de las Jornadas

En esta propuesta de formación interdisciplinaria en las ciencias de la naturaleza se logró un altísimo grado de participación tanto de alumnos como de docentes preguntando y solicitando hacer nuevos experimentos en pos de la construcción de un currículo en espiral, tomando la experimentación como eje estructurante (figura 8).

En este proceso de aprendizaje, el análisis del problema comunitario permite introducir los conceptos básicos de la ciencia y llegar a las condiciones de nivel requeridas para que los temas puedan ser desarrollados posteriormente por especialistas y ser comprendidos y valorados por los oyentes.

La discusión y el análisis entre los profesores de los planes áulicos afianzaron la comunicación para acciones futuras y pudieron de esta manera reconocer fallas y debilidades en el ámbito experimental y en el marco conceptual, como así también el reconocer que el avance de la ciencia día a día los enfrenta a un desafío constante.

Las propuestas que realizaron los profesores evidenciaron su grado de fragmentación del conocimiento, un punto que merece especial atención en la enseñanza moderna de la ciencia y su falta de práctica en el laboratorio. Estos mostraron gran interés por la implementación de este tipo de actividades en sus clases pero también manifestaron temor para poder realizarlas en el ámbito en que se desempeñan ya que deben cumplir con la planificación presentada al inicio del ciclo lectivo. También aprender junto con sus alumnos les permitió divertirse, equivocarse y, lo más importante, reconocer que pueden aprender juntos.

Los alumnos valoraron las actitudes de los docentes y ese puente (el saber erudito) que los separaba ahora sirve para acercarlos, construyendo una relación en la que ambos pueden intercambiar opiniones, equivocarse, sorprenderse de algo nuevo y construir juntos.



De izquierda a derecha los profesores Karina Perez, Mercedes Cegada y Eduardo Roldan, precursores de la iniciativa del proyecto de Contaminación de Aguas, que dio lugar a estas Jornadas.

Nos enfrentamos a tiempos difíciles en el ámbito social y escolar, con alumnos con serios problemas tanto familiares como económicos y sociales. Es por ello que creemos que estas Jornadas dieron un marco de referencia adecuado para considerar la enseñanza de las ciencias de la naturaleza como motor en el proceso de enseñanza-aprendizaje, como vía para lograr el acercamiento de los alumnos a ese conocimiento, tantas veces pensado por ellos como inalcanzable.

CH

Los alumnos merecen un párrafo aparte: demostraron un alto grado de sociabilidad al relacionarse los de diferentes colegios, ya que en las Jornadas convergieron escuelas de la ciudad capital y de las zonas rurales. Aquí aparece para el docente una nueva herramienta en el proceso de enseñanza-aprendizaje: el compañerismo, la amistad. Ese momento en que los alumnos preguntan de todo y el docente se siente gratificado pues quizás con un simple experimento despierta la curiosidad y las ganas de conocer un poco más.

Lo social y lo educativo van de la mano y en la semana de realización de las Jornadas se desarrollaba paralelamente el campeonato mundial de fútbol. Sin embargo, la tradicional pasión por este deporte no interrumpió ni afectó mínimamente las actividades programadas. En ningún momento se detectaron problemas de conducta o interferencia alguna.

Las Jornadas promovieron la confrontación de ideas en el interior del grupo, permitieron a los docentes y alumnos expresar sus puntos de vista sobre un tema dado, diseñar experimentos para comprobarlos y poder comunicar los resultados. Se promovió la reelaboración de las ideas intuitivas y, para ello, se acudió tanto al trabajo experimental como a la resolución de problemas.



Anibal Disalvo

Doctor en Ciencias Químicas (orientación físico-química), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata.

Profesor asociado (DE) regular, Facultad de Farmacia y Bioquímica, UBA.

Investigador Principal del CONICET.

Miembro ad hoc, Comisión de Enseñanza de las Ciencias, Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

eadisal@yahoo.com.ar



María de los Ángeles Frías

Profesora en Química, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Tucumán.

Profesora de Nivel Medio, nivel EGB 3 y Polimodal. Espacio Curricular: Química y Físicoquímica.

Becaria CONICET. Realización de Tesis Doctoral en Biofísica con proyección al área educativa.

marafrias@hotmail.com

Lecturas sugeridas

CHARPAK G, LENA P, QUERE Y, 2006, *Los niños y la ciencia*, Siglo XXI, Buenos Aires.

GIUSSANI L, 2004, *El riesgo educativo*, Ciudad Nueva, Buenos Aires.

SHAPIN S, SCHAFFER S, 2005, *El Leviathan y la bomba de vacío*, Universidad Nacional de Quilmes, Quilmes.

STONE WISKE M, 2006, *Enseñar para la comprensión con nuevas tecnologías*, Paidós, Buenos Aires.