

Análisis fisicoquímico de agua subterránea como una actividad teórico-práctica en la enseñanza de la química

Diana María Farías Camero*
Manuel Fredy Molina Caballero*
Adriana Cecilia Sarmiento Rodríguez**

Artículo recibido: 5-3-2006 y probado: 2-5-2007

Underground water physicochemical analysis as chemistry teaching theoretical practical activity

■ **Resumen:** Con el propósito de realizar una actividad que integre la teoría y la práctica en un curso de química de Educación Secundaria se abordó en este trabajo la resolución de un problema local relacionado con el estudio del agua de un pozo que abastece el sistema sanitario en el Colegio Unidad Pedagógica, y que no genera confianza en la comunidad debido a su color amarillo intenso. Usando el tema del agua como eje transversal se diseñó el programa del año escolar para los cursos décimo y undécimo, llevando a cabo un análisis fisicoquímico del agua en el componente práctico del curso y tratando los aspectos conceptuales químicos relacionados provenientes de la discusión de los resultados del laboratorio en el componente teórico.

Los resultados de la experiencia mostraron que la metodología aplicada (trabajo por descubrimiento) es una alternativa interesante que permite un acercamiento real a los contenidos de la disciplina, potencializando intereses en los jóvenes y ampliando la mirada que sobre la química se ha construido.

Palabras claves: enseñanza de la química, actividad teórico-práctica, análisis fisicoquímico de agua, trabajo por descubrimiento.

■ **Summary:** This work approach a local problem related with the use of the subterranean water that supplies the sanitary devices in the Colegio Unidad Pedagógica. The yellow colored water generates distrust among the school community, and is the main reason not to use it. With the water as a transversal subject, in the chemistry courses of 10th and 11th grades the students, guided by the teacher, analyzed the physicochemical properties of the subterranean water in the practical classes, while they studied the chemical concepts related in the theoretical sessions.

The results of this experience showed this methodology like an interesting way to appropriate concepts, improve the students vision of chemistry from the concepts that themselves built.

Key words: chemistry teaching, practice work, water physicochemical analysis.

* Grupo de Docencia de la Química, profesores del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia. dmfarisc@unal.edu.co; mfmolinac@unal.edu.co

** Profesora del Área de Ciencias Naturales del Colegio Unidad Pedagógica.

Introducción

La enseñanza en los niveles de secundaria ha sido replanteada en nuestro país; las modificaciones realizadas en la educación nacional se encuentran descritas en la Ley General de Educación, Ley 115 de 1994, donde se especifican los fines de la educación media y la formación del educando (Sánchez, 1994). No obstante las políticas e intenciones en la planeación, la enseñanza de las ciencias a adolescentes no es tarea fácil, más cuando los intereses de los jóvenes se orientan a áreas diferentes; también, al revisar las formas de abordar el conocimiento científico, los teóricos y los pedagogos han empezado a plantearse preguntas que ponen al grupo de maestros encargados de dicha labor a revisar minuciosamente su quehacer.

Los procesos de admisión a la educación superior, muestran que el número de estudiantes inscritos a programas más “atractivos” y los inscritos a programas de ciencias puras es bastante desventajosa para estas últimas, y que es una problemática mundial como lo expresaron con preocupación los ministros responsables de las ciencias que participaron en la mesa redonda sobre “Las ciencias fundamentales: la ciencia como motor del desarrollo”, celebrada los días 13 y 14 de octubre de 2005 durante la 33.^a Reunión de la Conferencia General de la Unesco (*El Tiempo*, 22-10-2005). A nivel nacional, por ejemplo, se presentan en la tabla 1, algunos datos del primer y segundo semestre de 2006, para la sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia.

Carrera	Periodo	Primer semestre de 2006		Segundo semestre de 2006	
		Inscritos	Admitidos	Inscritos	Admitidos
Medicina		8.941	137	3.697	139
Ingeniería Mecatrónica		1.340	52	474	51
Derecho		2.888	83	1.097	89
Biología		823	71	369	71
Química		373	52	187	55

Fuente: www.unal.edu.co/admisiones.

Tabla 1. Datos de los procesos de admisión 2006.

La investigación en didáctica de las ciencias ha identificado diversas dificultades en los procesos de aprendizaje en las ciencias naturales entre las que se pueden mencionar la estructura lógica de los contenidos conceptuales, el nivel de exigencia formal de los mismos y la influencia de los conceptos previos y preconcepciones del estudiante. Estas dificultades han impulsado líneas de

investigación que llevan a la formulación de metodologías de enseñanza sustentadas por diversos modelos didácticos, entre ellos el aprendizaje por descubrimiento (Gil, 1983), la enseñanza basada en el uso de problemas o la investigación dirigida (Campanario y Moya, 1999).

La búsqueda de proyectos pedagógicos que replanteen la participación de estudiantes y maestros en el proceso

enseñanza-aprendizaje, ha abierto espacios para propuestas innovadoras que, como en el caso del Colegio Unidad Pedagógica, da nuevas posibilidades de trabajo colectivo, cambios de comportamiento y facilidad en el aprendizaje, partiendo para este caso particular de cuatro objetivos fundamentales (Carrasquilla, 1995).

1. Formación ética: entender como proceso de la vida cotidiana el hecho de que existe un deber ser normativo en el plano de lo individual y social que nos debe conducir hacia un comportamiento más armónico y equilibrado.
2. Formación en el conocimiento: como proceso de descubrimiento y construcción de herramientas que permitan acercarse al mundo con el fin de tratar de entenderlo, comprenderlo y explicarlo, sobre la base de un sólido criterio ético.
3. Preparación para el trabajo: una clara formación ética y un desarrollo del conocimiento deben permitir una vinculación clara en el proceso productivo del país en su versión de trabajo intelectual o su versión de trabajo manual.
4. Preparación para la participación: una clara formación ética, un desarrollo del conocimiento y la preparación para el trabajo deben permitir una vinculación activa en el proceso político del país.

Enmarcados en estos objetivos se construyen en el colegio, los programas al interior de las disciplinas, de manera que la enseñanza específicamente de la química en este contexto se puede adelantar de una forma flexible siguiendo recorridos poco rígidos debido a la

falta de programas centralizados en los contenidos, en comparación a otros espacios escolares que no gozan de esa posibilidad y esto los hace cerrados e inscritos a programas. La dinámica de la clase permite una interacción más amplia entre los estudiantes y el maestro. Los cursos de química siempre han contemplado los lineamientos curriculares correspondientes a las ciencias naturales y a la educación ambiental, como puntos de apoyo y de orientación general, que invitan a entender el currículo como un conjunto de criterios, planes de estudio, programas, metodologías y procesos que contribuyen a la formación integral y a la construcción de la identidad cultural, nacional y local, y que también reconocen la importancia de espacios como el laboratorio en la construcción del conocimiento; por esta razón se ha buscado que los estudiantes diseñen algunas de las experiencias, empleando una o muchas preguntas como punto de partida (Ministerio de Educación Nacional, 1998).

Al iniciar el año escolar 2006 se buscó un tema que permitiera abordar los conceptos básicos, relacionado con la vida cotidiana en el colegio, en el que pudieran participar estudiantes de décimo y undécimo grado, que fuera importante para toda la comunidad y que se convirtiera en un punto de encuentro con otras disciplinas, pero que sobre todo facilitara a los estudiantes la socialización, la humanización, la adquisición de nuevas gramáticas, el reconocimiento de un legado cultural y la apropiación de los conceptos químicos correspondientes a esta etapa de formación, que son las finalidades de la escuela.

Parte del agua empleada cotidianamente en el Colegio Unidad Pedagógica proviene de una fuente subterránea profunda; esta agua es empleada en el servicio sanitario, pero el color amarillento que tiene produce reacciones de todo tipo en la comunidad. Se le ha atribuido resequead en la piel, mal olor y algunos jóvenes han llegado a plantear que es peligrosa, lo que sí es apreciable es la mancha que produce en la cerámica sanitaria y en el material del laboratorio (véase figura 1). Basándonos en esta situación, empezamos a discutir sobre el agua. No seríamos el primer grupo que encuentra en este recurso una posibilidad enorme de trabajo, al interior del laboratorio, en el avance conceptual, en lo social, político, económico, ambiental, etc. Vale la pena citar de los tantos ejercicios que de forma similar se han realizado en otros esquemas académicos, con poblaciones diferentes y con variedad de recursos, el desarrollado en Evergreen State College, que incluye en sus programas para estudiantes de primer año de ciencias físicas, un curso esencial sobre el agua (Tabbutt, 2000), que no tiene definidos completamente los temas y

las metodologías, brindando esto una posibilidad al estudiante para proponer sus actividades y conocimientos a aprender; adicionalmente, cita las características particulares del lugar que determinarán la dinámica del estudio y la participación de los estudiantes en él. Otro proyecto desarrollado en el Departamento de Ciencias Químicas de la Universidad de Trieste (Italia), es el conocido como TAP (grifo), que en seis pasos lleva a cabo un trabajo analítico sobre el agua a la vez que se convierte en una actividad en el aula de clase; las conclusiones evidencian mayor interés y entusiasmo del grupo, incluido el maestro o instructor, reconociéndose más tranquilidad en las relaciones interpersonales y en la manera como opinan y proponen soluciones a los problemas planteados (Adami, 2006).

En el anexo 1 se presentan, de manera resumida, las posibilidades de trabajo interdisciplinario en torno al tema del agua y desde el aspecto químico, los conceptos y procesos que se pueden trabajar, permitiendo relacionar algunos temas con otros y ampliando la mirada que se da a la disciplina en estos niveles de formación.



Figura 1. Manchas dejadas por el agua en el material de laboratorio y en la cerámica sanitaria.

A lo largo de este ejercicio se abarcarán dos momentos que aunque parecieran independientes, confluyen y se encuentran; uno será el correspondiente al aspecto pedagógico y el otro, el aspecto netamente químico; la posibilidad de trabajar el análisis de una sustancia química con un grupo de estudiantes, pone estos dos aspectos en paralelo con una serie de uniones fuertes y favorables para la enseñanza de las ciencias en los niveles de secundaria.

Metodología

Participantes

El ejercicio fue realizado en el Colegio Unidad Pedagógica (km 5 vía Suba-Cota) con 18 estudiantes de grado undécimo y 17 de grado décimo. Los jóvenes de undécimo habían trabajado conceptos y temas propios de química inorgánica en grado décimo, acompañados de algunas prácticas para apoyar el proceso; los de grado décimo venían de un trabajo de tres años en biología y en sexto grado habían trabajado en ciencias, con un grupo interdisciplinario de maestros.

Muestreo

El agua del pozo es extraída y distribuida a lo largo del terreno, llegando a diferentes puntos en donde es empleada para el servicio sanitario. Al notar diferencia en el color, cuando se revisó, se decidió trabajar con muestras de cada lugar representativo del colegio, entre ellos: a) el módulo de maternal; b) el módulo de kínder a segundo; c) el módulo de tercero a sexto; d) el módulo de séptimo a undécimo; e) la casa de la administración; f) del laboratorio, dos muestras: una de la llave de la mesa g) y otra del lavaplatos; h) el agua del botellón que se

tiene para el consumo; y por acuerdo, i) el agua de un vallado, que se encuentra en el extremo norte del colegio, a donde se vierten residuos de viveros vecinos y desechos adicionales de otros predios, esta agua recorre un trayecto largo hasta encontrarse con el río Bogotá cerca al municipio de Cota, y en ella se observa un color negro y fuertes olores, razón por la que siempre ha generado inquietud en toda la comunidad. Las muestras se tomaron inmediatamente antes de cada medida, por lo cual no fueron necesarios la refrigeración ni el almacenamiento para evitar alteraciones ambientales o de contaminación por manipulación, de acuerdo con lo establecido en las normas para el análisis de aguas (Icontec, 1994)

Análisis fisicoquímico de las muestras

En cada una de las muestras se realizaron las siguientes determinaciones:

1. Alcalinidad por titulación con HCl, en función de la concentración de iones carbonato y bicarbonato.
2. pH, empleando papel indicador universal y posteriormente por el método potenciométrico, con electrodo Ag/AgCl calibrado con las correspondientes soluciones *buffer*.
3. Conductividad eléctrica con un conductímetro Vernier conectado a interfase Labpro, y adicionalmente un sistema cualitativo formado por 10 bombillos de 1,2 V, que al entrar en contacto con el medio se prendían en forma proporcional a la cantidad de iones en solución.
4. Cuantificación de cloruros, por el método de precipitación de Mohr (Ayres, 1970).
5. Cuantificación colorimétrica de hierro, por formación del complejo

hierro-ortofenantrolina, previa reducción del hierro a estado ferroso con hidroquinona. Medidas de absorbancia en un espectrofotómetro Vernier conectado a una interfase Labpro a 565 nm, para el blanco, para cuatro soluciones patrón y para cada una de las muestras (Harris, 2001).

Desarrollo de actividades

Se propuso un curso de química para los estudiantes de grado décimo y undécimo, cuyo eje sería el tema del agua. Se aplicó una metodología de trabajo por descubrimiento, en donde el aspecto práctico es el generador de las discusiones y de la construcción del fundamento conceptual, diseñando una serie progresiva de actividades que pueden ser enmarcadas en el modelo de programas guía de actividades (Gil, 1987) al poseer tres tiempos bien definidos:

1. Actividades de iniciación: sensibilización del tema, explicitación de las ideas que posean los alumnos, etc.
2. Actividades de desarrollo: introducción de conceptos científicos, manejo reiterado de dichos conceptos, detección de errores, emisión y fundamentación de hipótesis, conexión entre partes distintas de la asignatura, elaboración de diseños experimentales, etc.
3. Actividades de acabado: elaboración de síntesis, esquemas, reflexiones y balance de actividades, etc.

Resultados y discusión

De las actividades de iniciación

En la fase de iniciación se partió del hecho fundamental de reconocer la actividad y plantear preguntas referentes a él, para luego empezar a discutir con cada uno de los grupos. En las activi-

dades que involucraron el empleo de medios informáticos se dio inicio a un foro virtual dedicado al agua (www.collegiounidadpedagogica.edu.co/, menú inferior: discusión sobre el agua) donde la discusión tuvo como punto de partida con la lectura del capítulo 1 del libro *El agua* de la colección La Ciencia para Todos (Guerrero, 1998), por considerarse un texto de carácter científico sin hacerse demasiado complejo para los niveles de formación del grupo participante; este capítulo planteó muchos interrogantes sobre esta sustancia, entre ellos los tipos de hielo, la condensación y el ángulo de enlace.

En esta fase de iniciación es muy importante la adquisición de información para tener mayores argumentos al plantear hipótesis y formas de resolver el problema planteado. Al comenzar, y sujetos a la proliferación de sitios web con información básica sobre cualquier tema, se recurre con frecuencia a ellas, pero a medida que se progresa en el ejercicio se empiezan a buscar páginas especializadas en el tratamiento de aguas, en conceptos químicos y en problemas medio ambientales. Se publican los decretos que reglamentan el agua, los comunicados del Ministerio del Medio Ambiente y de las entidades encargadas de regular el recurso, los libros de química con el fin de divulgar conceptos científicos; pero en este caso no se usan textos escolares propios de nuestras escuelas, ya que inmerso en la propuesta de la Unidad se encuentra la importancia del acceso a información científica y técnica de mejor calidad y no el texto escolar, en el que todo está resuelto y que se convierte en el saber y conocimiento absoluto, ratificado por el uso que de él hace el maestro

o la maestra. En la Unidad, los libros usados corresponden a los de primeros semestres de formación universitaria en química y disciplinas afines.

De las actividades de desarrollo

Correspondieron a una fase dos y se realizaron en tres frentes que se ejecutaron paralelamente: componente conceptual (estudio de los conceptos químicos propiamente curriculares), componente experimental (trabajo en el laboratorio

analizando las muestras de agua reco- gidas en el colegio y proponiendo un sistema para su tratamiento y posible uso al interior del plantel) y componente extradisciplinar (que siguió alimentando el foro y que contemplaba básicamente el enfoque ambiental-social); en la medida en que se avanzó, las clases se trasladaron principalmente al laboratorio que se convirtió en el espacio geográfico del curso. Las actividades realizadas en la fase 2 se detallan en la tabla 2.

Actividad	Descripción	Componente
Muestreo en los diferentes sitios del colegio.	Observación de la fuente de agua, muestreo según normativa, etiquetado de las muestras.	Experimental
Propiedades de la materia.	Elaboración de mapa conceptual.	Conceptual
Medición de propiedades físicas del agua común .	Medidas simples de tiempos de fusión y de evaporación, densidad y calor absorbido del agua durante el calentamiento hasta ebullición.	Experimental
Electronegatividad, enlace químico, polaridad.	Mapa conceptual.	Conceptual
Abastecimiento de agua en las ciudades.	Comparación de facturas, cálculos de consumo y de costos.	Extradisciplinar
Visita a la planta Francisco Wiesner de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.	Comprensión de los procesos de tratamiento y potabilización del agua.	Conceptual, extradisciplinar
Solubilidad, formación de soluciones electrolíticas y conductividad eléctrica.	Solubilidad cualitativa, mapa conceptual.	Conceptual
Medida del pH del agua, de las muestras y de otras sustancias comunes.	Uso del potenciómetro, papel indicador, indicadores en solución.	Experimental
Estequiometría de partículas, concepto de mol.	Aplicado al cálculo de la concentración de las soluciones de la práctica anterior.	Conceptual
Lectura de artículos científicos de carácter divulgativo referentes al tema del agua.	En el periodo de vacaciones con lo que siguió la discusión en el foro.	Extradisciplinar
Medida de la conductividad al agua común, a las muestras y otras sustancias de uso común.	Uso del conductímetro.	Experimental
Determinación de iones cloruro y de iones hierro (II) .	Con la correspondiente discusión de resultados y publicación de los mismos en el foro.	Experimental, conceptual
Realización de la prueba de jarras.	Introdujo conceptos como coagulate, floculación.	Experimental, conceptual
Construcción de un filtro purificador (véase figura 2).	Basado en bibliografía (Jacobsen, 2004), se varió la composición hasta obtener la limpieza del color en el agua.	Experimental
Construcción de un sistema de alimentación directa del agua en el filtro.	Actividad realizada por iniciativa de los estudiantes.	Experimental
Medida del pH, alcalinidad, conductividad, cloruros y hierro en el agua filtrada.	Uso del potenciómetro, titulación de cloruros.	Experimental
Documentación del proceso.	Se redactaron los protocolos para los estudiantes de futuros cursos.	Experimental

Tabla 2. Programa guía de actividades para abordar el tema del agua en un curso de química.



Figura 2. Construcción del filtro seleccionado.

Análisis fisicoquímico de las muestras

En los análisis del pH, alcalinidad, conductividad, hierro y cloruros de cada una de las nueve muestras tomadas de diferentes puntos de distribución en el Colegio, se toman como referencia para la discusión de los valores máximos

admisibles para agua potable definidos en el Decreto 475 de 1998, “Normas organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la calidad del agua potable” (Ministerio del Medio Ambiente, 1998), que es la norma vigente para el agua potable a nivel nacional.

Muestra	Alcalinidad total mg/L	pH	Conductividad $\mu\text{S/cm}$	Cl^- mg/L	Fe^{2+} mg/L
1	162,9	6,56	1006,40	61,32	0,26
2	154,8	6,57	1006,40	40,88	0,31
3	149,6	6,61	1005,40	51,16	0,26
4	161,4	6,59	994,74	40,88	0,39
5	154,4	6,62	1005,40	51,10	0,29
6	160,5	6,75	998,52	70,00	0,31
7	152,6	6,50	994,28	51,10	0,32
8	96,4	6,82	171,49	20,44	0,23
9	128,4	6,14	1011,40	204,20	0,5
Decreto 475 de 1998	100 CaCO_3	6,5-9,0	50-1000	250	0,3

Tabla 3. Resultados de las propiedades medidas a cada muestra y valores permitidos por el Decreto 475 de 1998.

El agua del pozo que se encuentra en los predios del Colegio Unidad Pedagógica, es un agua natural con concentraciones altas de iones disueltos, que sin embargo no exceden los límites contemplados en la ley, pero que determinan su valor de conductividad muy cercano al

admisible. La alcalinidad asociada a la concentración de carbonatos y bicarbonatos en el agua muestra concentración de carbonato de calcio igual a cero, pero la titulación de bicarbonatos da resultados superiores al valor admitido, sin embargo no elevan el pH por encima de 7,

al igual que presenta concentraciones de hierro altas que son poco probables en aguas alcalinas. Vale la pena anotar que frente a una prueba cualitativa con jabón, asociada a la dureza del agua, se observó espuma en proporciones similares al ensayo con el agua tratada y envasada en botella, por lo que no se consideró que se trate de agua dura, hecho que se ratifica con el dato de alcalinidad en términos de carbonato de calcio.

En la construcción de los filtros limpiadores se probaron nueve composiciones variables, que se presentan véase

tabla 4. Luego de realizar las pruebas de filtración y por la comparación cualitativa del color en las muestras filtradas, la muestra en la que se hizo más evidente la pérdida del color, fue la obtenida en el filtro de prueba 4 y se adoptó esta composición como la definitiva; en los filtros de prueba se incluyó carbón mineral, con el fin de aumentar la longitud de la columna de filtración que se menciona en la referencia pero del cual no aparece la cantidad a utilizar aparecen cuantificados en la construcción recomendada.

Filtro	Carbón activado (g)	Arena (g)	Carbón mineral (g)	Grava (g)
1	100	400	100	200
2	110	500	110	300
3	120	600	120	400
5	140	800	140	600
6	150	900	150	700
7	160	1000	160	100
8	170	1100	170	100
9	180	1200	180	100
Literatura	140	800		600

Tabla 4. Composición de los filtros de prueba y el encontrado en la bibliografía.

El filtro de mayor tamaño fue construido, manteniendo las proporciones de la composición seleccionada (véase figura 5) y se empezaron a realizar los ensayos correspondientes a la velocidad de paso en el filtro. Se tomó tiempo y volumen de agua filtrada, haciéndose evidente un flujo lento, por lo que fue necesario revisar el orden en el empaquetamiento del filtro; sin embargo, luego de empaquetar en diferente orden tres filtros de prueba y observar las muestras filtradas se mantuvo el orden y la composición definida inicialmente, al no mejorar estas condiciones el flujo.



Figura 5. Filtro construido.

Finalmente se tomaron muestras del agua filtrada procedente del lavaplatos del laboratorio, por ser el sitio que suministrara el agua para llevar al filtro.

Se volvió a medir pH, alcalinidad, conductividad, concentración de cloruros y de hierro. Estos resultados se registran en la tabla 5.

Muestra lavaplatos laboratorio	pH	Alcalinidad mg/L	Conductividad $\mu\text{S/cm}$	Cl^- mg/L	Fe^{2+} mg/L
Filtrada	6,62	137,2	936	48,3	0,13
Inicial	6,50	152,6	994,28	51,10	0,32
Decreto 475 de 1998	6,5-9,0	100 CaCO_3	50-1000	250	0,3

Tabla 5. Resultados de las mediciones en el agua filtrada y comparación con los datos iniciales.

Luego de la filtración, la concentración de hierro disminuyó y de inmediato se asoció que era el causante del color amarillento del agua. El pH y la concentración de los iones prácticamente se mantuvieron, y sufrieron variaciones mínimas que no afectaron su potabilidad. En cuanto a la conductividad, se presentó una disminución, pero aún mantiene un valor alto debido a la presencia de los demás iones; esto demuestra que el agua no podría ser empleada en el caso de necesitarse agua con bajo contenido de iones en solución.

En caso de querer hacer uso de esta agua para el consumo humano, es necesario realizar todos los análisis microbiológicos pertinentes y basados en las leyes colombianas, así como realizar las determinaciones periódicas de todos los aspectos evaluados.

Basados en los resultados del análisis, los estudiantes llegaron a conclusiones importantes desde el punto de vista conceptual, partiendo del reconocimiento del agua como un excelente disolvente, como que el agua químicamente pura solo se tiene en el laboratorio mediante mecanismos de purificación como la

desmineralización y el tratamiento con compuestos fuertemente oxidantes (Bueno, Navarro y Valencia, 2002), que el recorrido del agua en el ciclo hidrológico es fundamental en el transporte de nutrientes a los vegetales, en la composición de citoplasma celular, y en términos generales el recurso que garantiza la vida en el planeta (esto tras la revisión y asociación con los conceptos de cursos previos de biología) y reforzando algunos conceptos como: osmosis, difusión, vacuolas, nutrientes y fotosíntesis. De esta forma fue posible entender que la conductividad alta tiene relación directa con la composición del suelo que determina las concentraciones de iones disueltos (García, 2002)

De las actividades de acabado

Finalmente, en la etapa de actividades de acabado se presentaron los resultados a la comunidad educativa con sesiones propias para cada grupo escolar según edad, se habló sobre el agua en un encuentro al que se llamó la Semana del Agua, con conferencias, videos y experiencias, se presentaron los resultados del análisis del agua, cerrando las

actividades con una conferencia sobre el tratamiento de aguas residuales y la importancia del consumo moderado en términos de favorabilidad para todos los habitantes. Se concluyó el Foro Virtual con algunas noticias mundiales sobre el recurso, fotos de lo realizado y los resultados del análisis. A continuación se hacen unos comentarios generales de la metodología desarrollada y al final se amplían las actividades de acabado iniciadas aquí.

Comentarios generales del desarrollo metodológico

Dentro de los conceptos implicados en la resolución del problema, los más importantes están asociados a las propiedades físicas (micro y macroscópicas) del agua, entre ellos, puentes de hidrógeno, estabilidad del enlace, diagrama de fases, tensión superficial y solubilidad. Otros son los inherentes al desarrollo práctico como preparación de soluciones y dilución, medidas de conductividad, absorbancia y transmitancia, neutralización y precipitación.

La dinámica de la clase de química cambia cuando buena parte de su desarrollo tiene lugar en el laboratorio, cuyo espacio en la escuela debe generarse y adecuarse, algunos elementos pueden adaptarse a las necesidades del proyecto y del grupo de estudiantes. Pero lo importante es que la teoría esté acompañada de la práctica permanente, situación que hubiera cambiado radicalmente la concepción sobre disciplinas como física, química y biología en la formación básica en el colegio y su relación con nuestro cotidiano, que parece no percibirse cuando su enseñanza se limita a las fórmulas y ecuaciones escri-

tas en el tablero. Situaciones como: “El gabinete científico de nuestro salón estaba ya muy bien equipado. Pero nunca llegamos a utilizar por nosotros mismos ninguno de sus aparatos. El director era el único que podía utilizarlos para hacer algunas experiencias que no eran sino demostraciones y que se desvanecieron en nosotros con la verborrea que las acompañaba. Por desgracia, nunca llegué a hacer un experimento por mi cuenta y de ahí, evidentemente, viene todo el mal”, reflejan la necesidad de involucrar en el quehacer del maestro de ciencias, en este caso el maestro de química, la práctica como herramienta vital de aprendizaje, pero no aquella en la que solo él maneja los materiales y conoce el procedimiento; o aquella en la que se repiten los pasos de una receta o en la que el grupo participa, aprende a manejar el material, los reactivos y plantea variaciones, hipótesis o alternativas a lo que hasta ese momento es el dominio conceptual del maestro.

No es lo mismo hablar de temperatura que usar el termómetro para medirla, o hablar de fusión en los cambios de estado a realizar el seguimiento de la fusión de un cubo de hielo, las observaciones y mejor aún, las conversaciones informales generadas durante un tiempo de dos horas de estar atento al cubo. La formalización del lenguaje químico se ratifica a lo largo de un ejercicio como éste, las probetas, pipetas y buretas dejan de ser “los tubitos de vidrio”, para encontrar en cada una de ellas una utilidad específica. Los términos al interior de los grupos se hacen más científicos, se adquiere vocabulario propio y se dinamiza su uso. En las discusiones empiezan a hacerse frecuentes términos

como, soluto, solvente, solución, ion, anión, catión, flujo de electrones, que sin duda son conceptos poco conocidos por gran parte de los estudiantes en dichos grados, o mejor, que sólo se conocen cuando se escriben en las notas; pero cuando en el cotidiano se empiezan a preparar soluciones, se determinan masas, se mide volumen, se disuelve, se titula, en este momento el avance empieza a ser significativo. Esta es, entonces, una comprobación de lo importante que resultan las actividades prácticas en la enseñanza de la química, tal como lo manifiesta Seré (2002) señalando que no es algo novedoso (el uso del trabajo práctico) y que Francis Bacon (1561-1626) era el precursor de esta idea cuando señalaba que no es suficiente observar al león para conocerlo. Hace falta además “torcerle la cola al león”. El laboratorio es el espacio donde los conocimientos conceptuales promueven la construcción de conocimientos prácticos desde la realidad para los aprendizajes eficaces de los estudiantes.

Al cerrar el año escolar, se socializó el proceso con los estudiantes; de forma general, todo el grupo coincide en afirmar que se aprende más cuando de la mano del avance teórico va la práctica y mejor aún cuando ésta tiene relación directa con lo que se ve y se percibe (véase anexo 2). Los estudiantes de undécimo compararon los dos años de trabajo en química, reconociendo una diferencia marcada con la metodología implementada en el proyecto en la que reconocen la importancia de tener un tema como eje central del trabajo y en torno a éste realizar todas las prácticas, considerando que se logra mayor profundidad en el manejo de conceptos y

hay secuencialidad en las actividades prácticas. De otro lado, los estudiantes de décimo manifestaron su intención de continuar con el tema al considerarlo muy importante.

Los contenidos conceptuales de ambos niveles fueron abordados, en el caso específico de undécimo, se trabajó química orgánica, a partir de sus contenidos básicos y aprovechando el tema del agua para hablar de los ciclos biogeoquímicos y la transformación bioquímica. En cuanto a grado décimo, los ejercicios prácticos modificaron parcialmente el orden en el que se aproxima al conocimiento químico, dinámica que permite relacionar conocimientos que aparentemente no muestran conexión. Es preciso señalar, que gran parte de los estudiantes de los grupos mencionados muestran un marcado interés hacia las ciencias humanas, por lo cual el proyecto del agua les pareció sumamente importante por la relación directa entre las ciencias naturales y el desarrollo social, aspecto que fundamenta los enfoques basados en ciencia, tecnología y sociedad donde se pretende conseguir un mayor acercamiento de los futuros ciudadanos a la ciencia, a la vez que se intenta favorecer el aprendizaje de la misma, enfatizando las aplicaciones de la ciencia a la sociedad, el conocimiento de las implicaciones de la ciencia en la sociedad, los peligros inherentes a determinadas líneas de investigación científica, etc., o en términos generales buscando una mayor alfabetización científica de los ciudadanos (Campanario, 2006).

La socialización ante la comunidad académica involucró un público cercano a las 500 personas, con las que se compartieron los resultados de la experiencia y si bien no la totalidad de

ellos cambió su mirada sobre el agua del pozo, algunos empezaron a hacer uso del recurso con mayor tranquilidad. Los jóvenes de grado décimo y undécimo hablaron en un lenguaje absolutamente sencillo (buena expresión ante un público y disertación con autoridad, como la que tiene alguien que conoce y maneja los conceptos de un tema) a sus compañeros sobre el pH, sobre el agua, sobre sus propiedades, sobre el agua del pozo y sobre la importancia de este recurso en los seres vivos.

Para lograr mayores y mejores resultados es necesario mantener el ejercicio, modificando, los aspectos que se consideren, de manera que luego de realizar actividades como la semana del agua por varios años, el agua tenga una mirada más amplia de todos los miembros de la Unidad y se logre incentivar el trabajo conjunto de más disciplinas, y mostrar la presencia de la química y su importancia en la vida cotidiana. Es fundamental buscar e introducir otros temas transversales que permitan que el ejercicio del maestro se modifique permanentemente sin descuidar los objetivos de la disciplina, a la par que se hace del trabajo en química un espacio de construcción permanente, dinámico y práctico en donde los jóvenes encuentran posibilidades de participación.

Conclusiones

El agua del pozo que se encuentra en los predios del Colegio Unidad Pedagógica, es un agua natural con concentraciones altas de iones disueltos, que determinan su valor de conductividad cercano al establecido en la normatividad. El color del agua se debe mayoritariamente a la concentración de hierro, que puede ser

removida mediante el uso de un filtro que permite obtener un agua sin color, óptima para el uso en el laboratorio y en el servicio sanitario, sin mayor tratamiento químico. En caso de querer hacer uso de esta agua para el consumo humano, es necesario realizar todos los análisis microbiológicos pertinentes.

El tema del agua se convierte en una posibilidad enorme de trabajo en el aula de clase en los niveles de Media Vocacional, que permite un acercamiento real a los contenidos de la disciplina, potencializando intereses en los jóvenes y ampliando la mirada que sobre la química se ha construido.

El trabajo práctico es sin duda una herramienta necesaria para la enseñanza de las ciencias, aun cuando los manejos teóricos no sean muy profundos, ya que plantea interrogantes, hace más dinámico el trabajo y la búsqueda de soluciones a problemas, genera interacciones maestro-estudiantes más retroactivas y no solamente basadas en el contenido conceptual y permite la integración de estudiantes de diferentes niveles con maestros de distintas disciplinas alrededor de un tema común.

El uso de equipos especializados, trae la tecnología a la escuela, para lo cual es fundamental contar con el apoyo permanente de las universidades y sus docentes a fin de lograr que la educación sea un proceso continuo y se consiga conectar la formación básica con la superior, de manera que los intereses generados en la escuela se fortalezcan en la universidad. Además, se abre un espacio de discusión entre los maestros de la escuela y los investigadores.

Los foros virtuales se convierten en herramientas importantes para que la

discusión sobre un tema no tenga como único escenario el salón de clase y pueda trasladarse a espacios extracurriculares, y a un grupo más grande de personas interesadas en participar; adicionalmente favorece la comunicación y empieza a promover la escritura clara y organizada en jóvenes que muy pronto estarán inmersos en programas de educación superior.

Es fundamental que se logre un trabajo interdisciplinario, en temas que como éste nos convoca a todos. El ejercicio debe ser cada vez más ambicioso y acercar a los maestros de otras disciplinas a este tipo de proyectos, en un proceso de cooperación y de interacción en el que no todos saben todo, pero se puede aprender mucho de manera colectiva. ▲

Bibliografía

- Adami, G. (2006). A New Project-Based Lab for Undergraduate Environmental and Analytical Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 83(2), 253-256.
- Ayres, G. (1970). *Análisis químico cuantitativo*. Madrid: Editorial Harla.
- Bueno, L.; Navarro, Y.; Valencia, J. (2002). La química del agua. En: *El agua como eje temático de las ciencias naturales*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, pp. 147-193.
- Campanario, J.; Moya, A. (1999) ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192.
- Campanario, J. M. (2006). *La enseñanza de las ciencias en preguntas y respuestas*. Madrid: Universidad de Alcalá. Consultado en: <http://www2.uah.es/jmc/webens/INDEX.html>
- Carrasquilla, J. (1995). Nota del Rector a toda la comunidad del Colegio Unidad Pedagógica. Bogotá.
- García, M. (2002). El agua en la biología. En: *El agua como eje temático de las ciencias naturales*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, pp. 59-93.
- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1, 26-33.
- _____. (1987). Los programas guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la escuela*, 3, 3-12.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (Icontec) (1994). NTC 813 (segunda versión). *Normas oficiales para la calidad del agua*. Bogotá.
- Guerrero, M. (1998). *El agua*. Colección La Ciencia para Todos. México: Fondo de Cultura Económica.
- Harris, D. (2001). *Chemical Analysis*. EE. UU.: Freeman and Company.
- Jacobsen, E. (2004). Classroom Activity: 60. *Journal of Chemical Education*, 81(2), 224A-224B.
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (1998). *Ciencias naturales y educación ambiental*. Lineamientos curricula-

res. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.

Ministerio del Medio Ambiente. *Decreto 475 del 10 de marzo de 1998.*

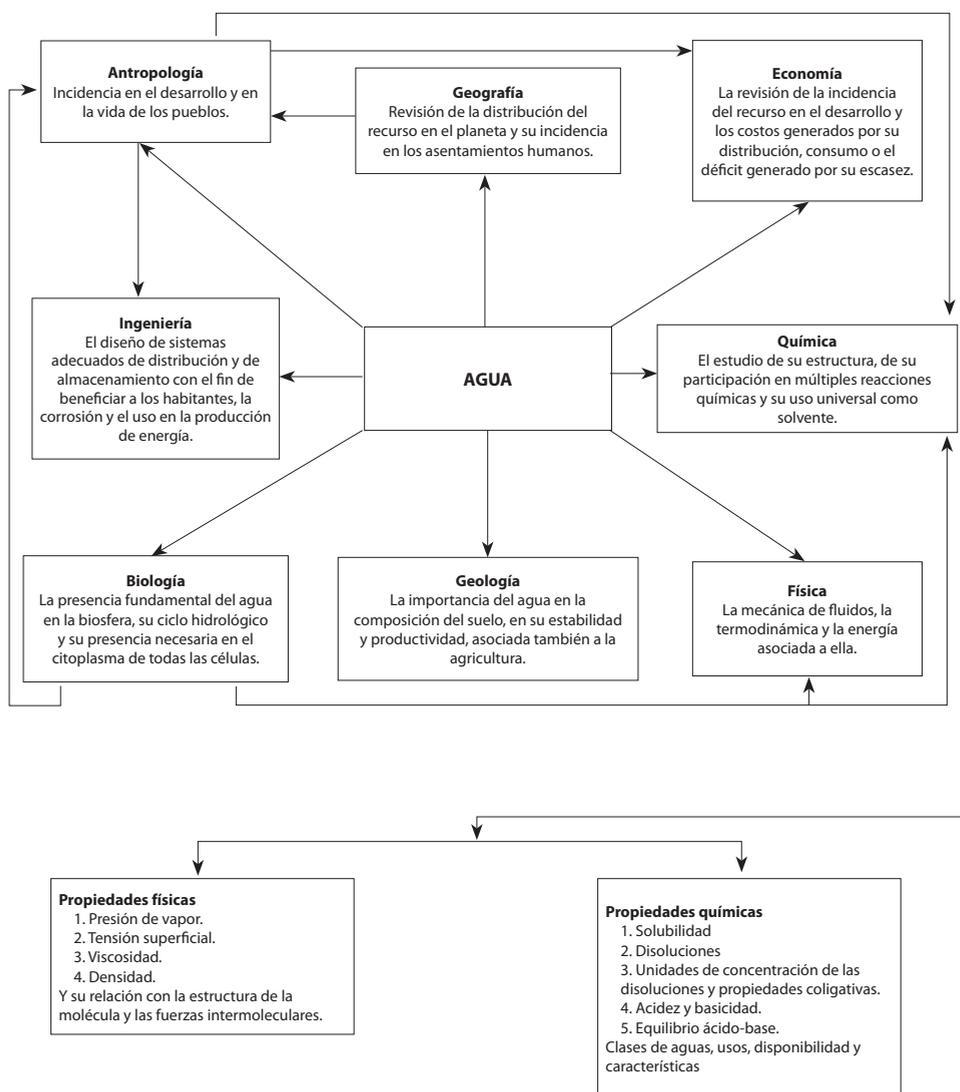
Preocupación por el poco interés que tienen los jóvenes por las ciencias fundamentales. (22 de octubre de 2005). *El tiempo*, sección de educación.

Sánchez, R. (1994). *Introducción a la Ley General de Educación*. Bogotá: Instituto para el Desarrollo de la Democracia.

Tabbutt, F. (2000). Water: A Powerful Theme for an Interdisciplinary Course. *Journal of Chemical Education*, 77(12), 1594-1601.

Anexo 1

Algunas posibilidades interdisciplinarias y químicas del trabajo con el tema del agua



Anexo 2

Información primaria de los estudiantes de grados 10.º y 11.º

1. Estudiante de 10.º
El trabajo del agua fue satisfactorio, pues por lo menos nosotros entendimos muchas cosas que el resto de la población escolar no entiende; a pesar de la información suministrada en la Semana del Agua, algunos siguen temiendo a la amarillenta agua del lavamanos. Creo que tener la oportunidad de estudiar el agua nos hizo comprender cosas que no son del todo claras para la gente, como el abuso de las industrias que venden agua embotellada y la potabilidad del agua del acueducto de Bogotá, entre otras.
2. Estudiante de 11.º
Creo que la teoría y la práctica en el área de química son un complemento, ya que hay cosas que se aprenden en cada una. Me parece que el balance de los dos aspectos estuvo bien, ya que igualmente cada tiempo en el laboratorio debe ser complementado con un informe y una discusión en el salón que involucra la teoría. El uso de un solo tema en el desarrollo de las prácticas de laboratorio permite ampliar más y profundizar en los conceptos, además se convierte en un proyecto como los que trabajábamos en primaria.
3. Estudiante de 10.º
Durante el presente año iniciamos el trabajo en química, que personalmente no resultó del todo novedoso pues en sexto tuvimos un acercamiento al tema. Creo que en todos los aspectos, el trabajo ha resultado totalmente enriquecedor. En el ámbito teórico se me han aclarado muchas dudas acerca de la organización química de los elementos y de su interacción, así como también me ha aportado muchos otros elementos para comprender muchas de las cosas que suceden y nos rodean en nuestro diario vivir. De la misma manera, este trabajo teórico se ha visto perfectamente complementado por el trabajo práctico en el laboratorio, que permitió afianzar conocimientos vistos en clase.
Por otro lado, hay que decir que el trabajo con respecto al agua ha resultado muy provechoso. No solo me ayudó a poner en práctica conocimientos, así como a adquirir otros, sino que también me hizo cambiar mi perspectiva acerca del agua del colegio.