

# Detección de alcaloides en plantas patagónicas: notas sobre la investigación como metodología de enseñanza en un curso de química orgánica

Nicolás Seoane,<sup>1</sup> Juan Ochoa,<sup>1</sup> Hernán Pastore,<sup>1</sup> María Elena Severino<sup>2</sup> y Julio Andrade Gamboa<sup>2</sup>

Nos dice Daniel Gil: “La propuesta de organizar el aprendizaje de los alumnos como una construcción de conocimientos responde a una investigación orientada, en dominios perfectamente conocidos por el ‘director de investigaciones’ (profesor) y en la que los resultados parciales, embrionarios, obtenidos por los alumnos, pueden ser reforzados, matizados o puestos en cuestión, mediante los obtenidos por la ‘comunidad científica’... Lo que llamamos orientación constructivista en la didáctica de las ciencias es una propuesta que considera la participación activa de los estudiantes en la construcción de conocimientos y no la simple reconstrucción personal de conocimientos previamente elaborados, proporcionados por el maestro o el libro de texto. Como afirma Hodson: ‘Los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más sobre la naturaleza de la ciencia cuando participan en investigaciones científicas, con tal de que haya suficientes oportunidades y apoyo para la reflexión.’”

## Abstract

Research is the most important aspect of an experimental matter and it is normally not noticed or even ignored by traditional teaching methods. In some occasions, the usual laboratory assignments do not constitute the most adequate track of discovery for the student.

The implementation of a real case investigation as a didactic proposal in a basic course of organic chemistry is discussed in this article. As a case of

discussion, the research done by a group of students is presented. The research is focused on the detection of the presence of non previously registered alkaloids in *Ovidia andina* (Thymelaceae), an endemic plant of the “andino-patagónico” forest region.

The enthusiasm shown by the students during the development of their research experiments was the overwhelming aspect observed during the implementation of the didactic proposal. The student’s research was done under a non strictly organized sequence of activities and coached by a collaborative teaching intervention.

It was observed that the didactic proposal contributes to the development of both the complex thinking and the self-learning autonomy.

Group assignments during the development of the experimental part and the oral exposition of the research during an open-debate plenary favored the visualization of knowledge as a social production value.

## Introducción

La enseñanza formal de la química supone como tarea la de mostrar su esencia a través de actividades prediseñadas, generando así una estructura que selecciona los conceptos en un determinado orden, que a menudo no sigue la secuencia histórica en que esos conceptos fueron elaborados. Dado que el carácter de la labor científica no siempre posee las bondades didácticas necesarias para un aprendizaje efectivo, los colegios y universidades imparten la enseñanza de la “Ciencia Química” creando la “Asignatura Química”, de manera que la “Asignatura” actúe como una recreación de la “Ciencia”.

La enseñanza tradicional, caracterizada por Bennett (1979), funciona típicamente sobre la motivación extrínseca de los alumnos, quienes desarrollan un papel más bien pasivo ante el profesor que es el distribuidor de conocimientos. Muchos estudiantes perciben de alguna forma que ciertos aspectos artificiales de la “Asignatura” le quitan su razón de ser. Está claro que la “Asignatura” no puede ser

<sup>1</sup> Estudiante de Licenciatura en Ciencias Biológicas. Centro Regional Universitario Bariloche. Universidad Nacional del Comahue. Quintral 1250 (8400), San Carlos de Bariloche. Argentina.

<sup>2</sup> Docente de Química Orgánica. Centro Regional Universitario Bariloche. Universidad Nacional del Comahue. Quintral 1250 (8400), San Carlos de Bariloche. Argentina.

Recibido: 28 de noviembre de 2005; aceptado: 8 de abril de 2007.

estrictamente igual a la “Ciencia”, ya que de esta forma los estudiantes estarían obligados a “protagonizar” todos los hechos relevantes de la Química, lo cual, obviamente, no es rigurosamente posible. Pero para ser estimulante y entendiendo que la “Asignatura” es la única forma que tienen los estudiantes de acceder a los conceptos de la química, ésta debe ser el mejor recorte posible de la “Ciencia”, con fines didácticos (Collazo, 2000).

En general, las modalidades convencionales de enseñanza le quitan el aspecto más saliente a una disciplina experimental, que es el de la investigación. La situación de investigación es el aspecto peor recreado en las propuestas didácticas tradicionalmente estructuradas (siempre *sensu* Bennett). En ocasiones, los trabajos de laboratorio tradicionales no suelen ser para el alumno caminos adecuados de descubrimiento. Landau y otros (1997) han expuesto algunas carencias de este tipo de actividades para el nivel universitario, propiciando el planteo de propuestas más abiertas y creativas. Existen muchas publicaciones con propuestas de trabajos de laboratorio menos estructurados. Salinas de Sandoval y Colombo de Cudmani (1992) por ejemplo, describen y analizan las formas en que pueden utilizarse los laboratorios y abordan la problemática desde perspectivas teóricas de la ciencia y el aprendizaje, proponiendo finalmente el uso de los trabajos prácticos en el laboratorio como investigaciones colectivas guiadas en torno de situaciones problemáticas.

De estas líneas de análisis se desprende también que existen distintos grados de estructuración en la enseñanza que determinan, o al menos se corresponden, con los distintos paradigmas en la enseñanza de las ciencias señalados por Gil Pérez (1983). Creemos junto con Gil Pérez, que es necesario y posible un nuevo paradigma que, integrando las aportaciones más significativas de la investigación educativa, acerque la enseñanza de las ciencias a la propia metodología científica.

Por último, la enseñanza de la ciencia debe tender a poseer un carácter interdisciplinario y ser motivadora para el alumno, de manera que se encuentre en relación con problemas que le interesen (Carretero, 1993), a la vez que responda a la necesidad existente de tomar conciencia del conocimiento como una construcción social que encarna determinados intereses y supuestos (Giroux, 1990).

Pero ¿es posible que un estudiante haga una verdadera investigación en química? ¿Puede este acercamiento ser muy ambicioso, poco pedagógico

e ir en desmedro del aprendizaje? Creemos que las respuestas a estos cuestionamientos es sí y no, respectivamente.

Este trabajo se propone como objetivos:

1. Compartir la experiencia didáctica de la cátedra de Química Orgánica del Centro Regional Universitario Bariloche (Universidad Nacional del Comahue), enmarcada en las necesidades y propuestas señaladas anteriormente para la enseñanza de las ciencias por varios autores (Landau y otros, 1997; Salinas de Sandoval y Colombo de Cudmani, 1992; Gil Pérez, 1983; Carretero, 1993; Giroux, 1990).
2. Mostrar el resultado de esta metodología de enseñanza mediante la exposición de un ejemplo de caso: una investigación realizada por un grupo de estudiantes a partir de una propuesta efectuada por ellos mismos sobre detección de alcaloides en plantas patagónicas.
3. Realizar algunas observaciones pedagógicas y didácticas sobre esta experiencia con la intención de que sirvan como elemento de discusión para una posterior sistematización o análisis exhaustivo de esta metodología de enseñanza.

### Metodología

En la cátedra de Química Orgánica del Centro Regional Universitario Bariloche (materia cuatrimestral del segundo año de la licenciatura en Ciencias Biológicas), el conjunto de trabajos de laboratorio se desarrolla en dos periodos: en el inicial se realizan actividades convencionales (con guía de trabajos prácticos) orientadas al aprendizaje de las técnicas usuales de separación, purificación (extracción, recristalización, sublimación, destilación, cromatografía), caracterización (física y química) e identificación de compuestos orgánicos. En el segundo periodo, los alumnos forman grupos de tres o cuatro integrantes y son invitados a realizar un proyecto experimental en un tema de su propia elección (en ocasiones y ante la falta de propuestas de algunos grupos, la cátedra propone los temas). La secuencia de actividades seguida para el proyecto grupal es:

1. Búsqueda y revisión bibliográfica.
2. Planificación del trabajo experimental (los alumnos también investigan los procedimientos experimentales adecuados a su proyecto).
3. Presentación de un pre-proyecto, evaluación de factibilidad con los docentes y aprobación del plan de trabajo.

4. Desarrollo experimental (aproximadamente seis sesiones de cuatro horas cada una en el laboratorio).
5. Exposición oral del trabajo ante todos los alumnos (los estudiantes deben exponer, ante las preguntas de sus pares o los docentes, los criterios técnicos y científicos empleados).

El trabajo elegido como ejemplo de caso se seleccionó por haber sido el más influyente en la propuesta metodológica de la cátedra, a la vez que el más completo. No sólo muestra con claridad la originalidad de los trabajos propuestos por los estudiantes, sino que arriba a resultados inéditos, fomenta el debate ético-político en torno a la problemática científica particular y ha sido utilizado como referencia para trabajos posteriores de la cátedra e inclusive ha significado un impacto en trabajos de otras cátedras e instituciones de educación media de la ciudad. Se presenta en la sección siguiente un resumen del trabajo original (el original, que no se expone completamente por razones de espacio, consta de 15 páginas y 31 referencias bibliográficas, y está disponible a solicitud de los interesados).

## Resultados

### *Observaciones generales*

Los proyectos experimentales se han desarrollado con libertad, de manera abierta (no estrictamente pautada) y han mostrado ser una herramienta didáctica muy efectiva en vista de que los estudiantes, sin excepción, exhiben una gran dedicación, motivada ésta en un interés real. Cada grupo de trabajo toma su proyecto como un verdadero desafío, tal como ocurre en la investigación científica profesional. Otro aspecto gratificante, es que, contrariamente a como suele ocurrir en actividades de laboratorio más convencionales, la obtención de un resultado negativo no suele ocasionar un sentimiento de frustración en el estudiante, quien admite que sólo se debería seguir intentando otros caminos (lógicamente en un trabajo previamente diseñado y probado, tal fracaso no suele ser igualmente interpretado, tanto por los docentes como por los alumnos).

En cada promoción de estudiantes y mediante procedimientos de laboratorio comunes, han surgido trabajos muy originales, tanto en los problemas planteados como en las metodologías empleadas para resolverlos y en sus resultados. Además, muchos han sido usados como fuente por otros estudian-

tes en ésta u otras cátedras. Algunos trabajos han sido utilizados como referencia metodológica por docentes de nivel medio para elaborar sus trabajos prácticos.

En la primera etapa del trabajo de investigación, el aporte del equipo docente consistió en realizar sugerencias bibliográficas, observaciones metodológicas y, tras sucesivas correcciones, eventualmente, aprobar el plan de trabajo. Posteriormente cada grupo de trabajo tuvo un docente de referencia que lo acompañó durante el proyecto experimental sin dar nunca respuestas acabadas, sino provocando la reflexión acerca de las situaciones problemáticas, favoreciendo asociaciones entre el problema experimental y los contenidos teóricos y prácticos de la cátedra, y planteando contradicciones para evidenciar errores conceptuales.

En la instancia de la exposición final, los estudiantes no sólo pusieron a prueba su arte oratorio, sino que además ejercitaron uno de los aspectos más importantes del discurso científico que es su carácter argumentativo (Gutiérrez Rodilla, 2005). El espacio funcionó también como un interesante foro de debate entre estudiantes y docentes sobre problemas científicos, criterios técnicos y metodológicos y, ocasionalmente, discusiones de carácter ético-político en torno al problema en cuestión.

## **Detección de alcaloides en plantas patagónicas como ejemplo de caso**

### *Introducción*

Desde tiempos remotos el hombre ha utilizado alcaloides como pociones mágicas, medicamentos y venenos. Sin embargo, sólo recientemente se han obtenido conocimientos precisos acerca de las estructuras químicas y la acción de muchos de estos compuestos. El término alcaloide fue propuesto por el farmacéutico Wilhem Meissner en 1819 y deriva de la palabra compuesta arábico-griega *al-kal-oid*, que literalmente significa “parecido al álcali” (Dostál, 2000). Los alcaloides son metabolitos secundarios nitrogenados, generalmente de carácter básico, fisiológicamente activos y que con frecuencia se biosintetizan a partir de aminoácidos.

La región de los bosques andino-patagónicos, con una alta diversidad de especies vegetales, ha sido poco estudiada en cuanto a información etnobotánica (Funes, 1999) y fitoquímica se refiere. La estepa patagónica, por abarcar zonas ganaderas, ha recibido mayor atención desde el punto de vista fitoquími-

co de las plantas que allí se desarrollan. Su etnobotánica, sin embargo, es muy poco conocida.

El objetivo de este trabajo es detectar la presencia de alcaloides en tallos y hojas de *Senecio filaginoides* y *Solanum eleagnifolium*, ambos habitantes de la estepa, y en *Ovidia andina*, que vive en los bosques andino-patagónicos. También se propone comprobar la eficacia del método utilizado, comparando los resultados obtenidos con una detección en *Conium maculatum*, especie que se utilizará como planta testigo por poseer gran cantidad de alcaloides en tallos y hojas.

Las descripciones y antecedentes (tabla 1) de las primeras especies mencionadas indican que hay registros de alcaloides en algunas especies del género *Senecio* y en los frutos de *S. eleagnifolium*. Con respecto a *O. andina*, no se han encontrado alcaloides en el género ni en la familia, mientras que en *C. maculatum* su presencia está hace tiempo ampliamente confirmada en toda la planta. Por esto las distintas especies elegidas representan diferentes niveles en el conocimiento sobre la presencia de alcaloides en cada una de ellas.

#### Procedimiento

El material vegetal, formado por hojas y tallos, se secó en estufa a 55°C durante 72 horas, luego se pulverizó. Las muestras secas y pulverizadas (20 g) se

trataron con 150 mL de metanol en Soxhlet. La extracción se realizó durante cuatro horas comenzando a contar el tiempo desde la ebullición del metanol. El solvente se recuperó mediante destilación simple y el extracto metanólico se dejó una semana bajo campana hasta lograr la completa evaporación del metanol. Se colocó el extracto en un tubo de ensayos y se agregaron 5 mL de HCl 1 N. La mezcla se agitó con una varilla de vidrio durante 10 minutos hasta lograr la disolución completa de los alcaloides, los cuales, dado su carácter básico, pasan a solución acuosa como sales. Se realizó entonces un filtrado al vacío y se centrifugó el filtrado en los casos en que se presentaron partículas en suspensión. El líquido filtrado se dividió en tres porciones de 1 mL y cada una se colocó en un pequeño tubo de ensayos rotulado.

Se prepararon los reactivos de precipitación de Mayer, Dragendorff y Bouchardat según Domínguez (1973) y Maldoni (1991). Se agregaron dos o tres gotas de los reactivos de precipitación en los tubos correspondientes y se registraron los resultados como abundante (+++), moderado (++) , escaso (+) y negativo (-) (Maldoni, 1991).

#### Resultados

El extracto metanólico una vez evaporado el solvente es espeso, oscuro y de consistencia pegajosa. La

Tabla 1. Descripción de las especies estudiadas.

Especie	<i>Senecio filaginoides</i> DC (Asteraceae)	<i>Solanum eleagnifolium</i> Cav. (Solanaceae)	<i>Ovidia andina</i> (Poepp.) Meissner in DC (Thymelaceae)	<i>Conium maculatum</i> Lineé (Apiaceae)
Datos relevantes para el trabajo y breve descripción	Es una hierba con flores de color blanco amarillento (Dimitri, 1974). Existen 300 especies del género en Argentina. Muchas contienen alcaloides del tipo de la pirrolizina, que actúan como tóxicos hepáticos de efecto acumulativo (Gallo, 1979). Los ejemplares se recolectaron en mesetas de la ciudad de Cutral-Có, provincia de Neuquén. Este sector se encuentra dentro de la provincia fitogeográfica patagónica, dominio andino-patagónico (Cabrera, 1971). <i>Nombre vulgar</i> : Senecio.	Se trata de una hierba perenne, plateada, de largos rizomas, agujiones amarillos, flores de color violeta y solitarias. El fruto es una baya amarilla rica en saponinas (Correa, 1988a) y solasodina, alcaloide usado en la manufactura de hormonas esteroideas (Boyd et al., 1984; Maiti et al., 1979). Los ejemplares fueron recolectados a la vera de caminos y en baldíos de la zona peri urbana de Cutral-Có, provincia de Neuquén. <i>Nombres vulgares</i> : meloncillo del campo, quillo, revienta caballos.	Arbusto de hasta 2 m de altura, hojas en los extremos de las ramas, flores blancas en inflorescencias umbeliformes y fruto baya (Dimitri, 1972). Se ha utilizado como purgante para ganado (Funes, 1999), medicina contra la sífilis (Murillo, 1889) y veneno para la pesca (Mösbach, 1992). Dentro del conocimiento de los autores no hay registro de alcaloides en la familia. Pertenece a un género monotípico, endémico del distrito valdiviano de los bosques andino-patagónicos (Correa, 1988b). Los ejemplares se recolectaron en Bariloche, provincia de Río Negro. <i>Nombres vulgares</i> : pillo-pillo, lloime, matarratones.	Hierba anual o bienal originaria de Europa (Cabrera y Zardini, 1978) con hojas alternas divididas y flores blancas en umbelas. En Patagonia aparece desde Neuquén a Santa Cruz (Correa, 1988b). El principio tóxico se debe a la conina, alcaloide que puede estar presente en 2% de hojas y frutos inmaduros. Posee otros alcaloides como coniceína, conhidrina y pseudoconhidrina (Valla, 1979). Los ejemplares se recolectaron en Bariloche. <i>Nombre vulgar</i> : cicuta.

solución acuosa ácida de este extracto sólido es café y se utilizó para las pruebas de detección, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 2.

Los reactivos de precipitación utilizados también pueden formar alternativamente precipitados complejos con proteínas, purinas, cumarinas y algunos polifenoles, por lo que la reacción positiva con un único reactivo no asegura la presencia de alcaloides. Por otro lado, la no formación de precipitado es indicativa de ausencia de alcaloides (Maldoni, 1991; Domínguez, 1973).

La coincidencia en los resultados obtenidos con los distintos reactivos, e inclusive la sola reacción de precipitación de Dragendorff han sido ampliamente utilizados para confirmar la presencia de alcaloides desde el desarrollo de estos reactivos hasta la actualidad y con diversos fines (Coe & Anderson, 1996; Sreevidya & Mehrotra, 2003; Hadi & Bremner, 2001), por lo que éste ha sido el criterio para confirmar la presencia de alcaloides.

Comparando los datos bibliográficos acerca del contenido de alcaloides en *C. maculatum* con los resultados de la detección para esta planta, se observa una alta correlación entre éstos, por lo que el método se considera efectivo.

Los resultados obtenidos para *S. eleagnifolium* permiten confirmar la presencia de alcaloides en hojas y tallos de esta planta. Para *S. flaginoides* los resultados son abundantes en todos los casos, por lo que se confirma también la presencia de alcaloides en la especie. Puede observarse en la tabla 2 el precipitado moderado para todos los reactivos en *O. andina*, por lo que afirmamos la presencia de alcaloides en esta especie.

### Discusión y conclusiones

Se detectó la presencia de alcaloides en tallos y hojas de *S. flaginoides*, *S. eleagnifolium* y *O. andina*. Debido a que no se han encontrado registros de alcaloides en el género *Ovidia* y tampoco en la familia Thymelaceae, consideramos que sería importante identificar y cuantificar los alcaloides presentes, así como también ahondar en la investigación de sus propiedades químicas, biológicas y farmacológicas.

La presencia de alcaloides en *O. andina* podría ser el fundamento fitoquímico a los usos etnobotánicos registrados como purgante, contra la sífilis y como neurotóxico para peces (Funes, 1999; Murillo, 1889; Mösbach, 1992). Además, este trabajo aporta datos quimiotaxonómicos que si se complementan con datos morfológicos y biogeográficos pueden

ayudar a entender la actual distribución de este género monotípico endémico, así como su relación con otros miembros de Thymelaceae.

Este trabajo, entonces, puede servir como un modelo accesorio sencillo en eventuales investigaciones donde, complementado con elementos de etnobotánica, genética y biogeografía, contribuya a la realización de estudios integrales e interdisciplinarios sobre el medio vegetal.

### Conclusiones del debate planteado durante la exposición del trabajo

En vista de la escasa información etnobotánica que existe en Patagonia, urge fomentar estudios que lleven a un mejor entendimiento de la relación “Hombre-Medio vegetal” que se da actualmente entre los habitantes rurales e indígenas de la región (Funes, 1999). Necesariamente, el aprovechamiento y explotación del patrimonio biológico y cultural de Patagonia debe desarrollarse con el compromiso de asegurar beneficios a los habitantes de la región y con su consentimiento. Así, una legislación que favorezca a los habitantes de las zonas explotadas, es necesaria e imprescindible, ya que estamos convencidos de que la sabiduría vegetal debe utilizarse con total respeto y en el marco de proyectos que permitan la conservación de la biodiversidad y de las identidades culturales de los distintos pueblos del mundo.

### Discusión

Sin dudas el aspecto más saliente durante la realización de la propuesta de cátedra fue el entusiasmo mostrado por los estudiantes en los proyectos experimentales. Esta motivación inicial permitió el abordaje de auténticas situaciones problemáticas, requiriendo por ende, la aplicación de conocimientos interdisciplinarios y funcionando como articuladoras de conocimiento (Sanjurjo, 2003). Se evidenció no sólo la aplicación de conocimientos técnicos y teóricos aprendidos en la cátedra, sino que ante los desafíos propuestos por la realidad del problema planteado, los estudiantes debieron ejercer una *inter-*

**Tabla 2.** Resultados de las detecciones con cada reactivo en las especies estudiadas.

	<i>C. maculatum</i>	<i>S. flaginoides</i>	<i>S. eleagnifolium</i>	<i>O. andina</i>
Mayer	+++	+++	+++	+
Dragendorff	+++	+++	+	+
Bouchardat	+++	+++	+	+

*vención creativa* (Sanjurjo, 2003) en el desarrollo del trabajo. Puede verse en el proyecto experimental tomado como ejemplo para este trabajo, cómo se construye primero un corpus teórico consistente en torno al tema específico, que al no pertenecer al programa de cátedra exige al estudiante emprender una de las actividades primordiales de la investigación científica, que es la búsqueda bibliográfica. Ésta puede ser compleja e incluir entrevistas con profesionales de otras especialidades, como en este caso, donde fue necesario profundizar en química orgánica, explorar técnicas de laboratorio nunca realizadas en la cátedra y manejar conceptos de otras áreas como botánica, etnobotánica, fitoquímica y biogeografía. Este enfoque consiguió una comprensión significativa del lugar que ocupa la química orgánica en las ciencias biológicas.

En general, para la realización de los proyectos experimentales la *intervención creativa* es un aspecto primordial en el desarrollo de la propuesta, ya que desde el comienzo los estudiantes deben elegir el tema y definirlo con claridad con el propósito de hacer un recorrido bibliográfico limitado en el tiempo y fructífero a la vez. Deben superar la incertidumbre inicial y estructurar el caos aparente en pos de ir construyendo significados, definiendo objetivos realizables y planificando su realización.

Ya en la parte experimental, la intervención creativa sigue siendo la piedra angular, en tanto debe elegirse entre múltiples recorridos experimentales, definir un punto de vista sobre el problema y, por último, aceptar e interpretar las diferentes soluciones que pueden aparecer en determinados problemas.

Posteriormente, los estudiantes interpretan resultados que muchas veces entran en conflicto entre sí, debiendo superar contradicciones con la emisión de juicios ponderados, siendo conscientes de las razones y evidencias en las que se apoyan sus conclusiones, así como también de sus supuestos.

En relación con el trabajo de detección de alcaloides, uno de los mayores esfuerzos se centró en definir el alcance de las conclusiones, ya que se necesitó una búsqueda bibliográfica exhaustiva y sucesivas repeticiones y evaluaciones de la técnica para afirmar la presencia de alcaloides en *O. andina*.

Entendemos, por tanto, que uno de los principales aportes de la propuesta didáctica es un desarrollo significativo del pensamiento complejo en los estudiantes (Resnick y Klopfer, 1996; Lipman, 1998), ya que éste es racional y creativo a la vez, supone el ejercicio del análisis de todos los puntos de vista

posibles, de la autoevaluación, de la autonomía, incluye al pensamiento crítico, por lo que admite el conflicto, es dialéctico (Sanjurjo, 2003).

En cuanto al trabajo docente, las características expuestas anteriormente muestran que se trata de una *intervención solidaria*, de acuerdo con el concepto desarrollado por Pérez Aguirre y otros (2002), en donde el objeto está en provocar en el otro un enriquecimiento de las posibilidades de reflexión y de las alternativas de acción acerca de una situación.

Tanto Pérez Aguirre y otros (2002) como Aebli (1991) han enfatizado en que uno de los objetivos más importantes de la enseñanza es lograr la autonomía del que aprende.

La observación de una progresiva disminución de la demanda docente por parte de los estudiantes durante los proyectos experimentales muestra que la dinámica de trabajo empleada promueve la autonomía del estudiante. Inclusive después de finalizar el curso se han continuado trabajos en el laboratorio o en otras cátedras por iniciativa y bajo planificación de los estudiantes.

Otro aspecto a mencionar es el del trabajo en grupo, el cual por lo general fue fructífero, permitiendo a los integrantes del grupo aprender a pensar y actuar junto con otros. Además se observó, como señala Pasel (1990), que las técnicas grupales permiten que el proceso enseñanza aprendizaje no se estereotipe en el docente, sino que se dinamice a través de la interacción grupal, en la que cada integrante es productor de ideas, normas y modos de acción para conducir, finalmente, a comprender el aprendizaje como una actividad social, en vez de individual (Vigotsky, 1985). En efecto, la práctica de las tareas de investigación permite vivenciar la construcción del conocimiento y reconocerlo como un producto social (Pasel, 1990), lo que se evidencia en el transcurso del proyecto experimental y en la generación de debate en torno al problema en estudio que se da naturalmente en la mayoría de los grupos. En los casos en los cuales existió debate, su inclusión en la exposición final resultó en interesantes discusiones que retroalimentaron la discusión original de los trabajos, generando nuevas preguntas científicas en muchos casos.

En el proyecto de detección de alcaloides, por caso, el debate planteado incluyó tópicos referentes a conservación, etnobotánica, economía, biodiversidad y antropología que potenciaron a su vez la visualización de los campos sobre los que podría

tener efecto el trabajo realizado, como son farmacología, quimiotaxonomía y, por ende, evolución.

En la opinión de Díaz (1997), quienes realizan la empresa científica son responsables de la administración de ese saber. Los debates realizados al culminar los proyectos experimentales contribuyen en este sentido a generar una conciencia del significado social del conocimiento. Esto puede verse en las conclusiones del debate planteado durante la exposición del trabajo sobre detección de alcaloides, en el cual participaron todos los estudiantes y docentes de la cátedra. Sin embargo, estamos de acuerdo con Candiotti de De Zan (2001) en que si queremos pensar una educación que no sea meramente “reproductiva” de las estructuras y prácticas vigentes, no alcanza con variar la perspectiva psicológica proponiendo como alternativa una concepción constructivista en lugar de modelos eficientistas; de lo que se trata es de desplazar la problemática situándola en un contexto que contemple la complejidad y la totalidad del proceso, de modo que no quede circunscrita a los resultados de la ciencia empírica.

Al demarcar un escenario deseado para el aprendizaje de la química, Chrispino (2000) señaló, entre otras cosas, que estando tan ocupados en identificar los puntos flacos de nuestros alumnos, perdemos la oportunidad de fortalecerlos en sus puntos fuertes. Creemos, finalmente, que la metodología propuesta contribuye significativamente en el logro de esto último, dando además un carácter de investigación educativa permanente a la práctica docente cotidiana.

### Conclusión

Para el caso de estudiantes que ya poseen experiencia de manejo en el laboratorio de química, una investigación “real” no sólo es posible de llevar a cabo, sino altamente recomendable. El proyecto de investigación estudiantil que se tomó como testigo muestra que se detectaron alcaloides en *Ovidia andina*, planta endémica de un distrito de los bosques andino-patagónicos para la cual no había registros en este sentido.

Los proyectos experimentales realizados por los estudiantes en forma abierta y acompañados de una intervención docente solidaria, acercan la enseñanza de la ciencia a la propia metodología científica, resultan motivadores, contribuyen al desarrollo del pensamiento complejo y a la generación de autonomía para aprender.

El trabajo en grupo durante la realización de los proyectos experimentales y la exposición final de éstos en un plenario abierto al debate, favorecen la visualización del conocimiento como producción social. ■

### Agradecimientos

A los dos revisores anónimos quienes contribuyeron significativamente para mejorar la calidad de este trabajo.

### Bibliografía

- Aebli, H, *Factores de la enseñanza que favorecen el aprendizaje autónomo*. Narcea, Madrid, 1991.
- Bennett, N, *Estilos de enseñanza y progreso de los alumnos*. Morata, Madrid, 1979.
- Boyd, JW; Murray, DS y Tyrl, RJ, Silverleaf Nightshade, *Solanum eleagnifolium*, Origin Distribution, and Relation to Man. *Economic Botany*, **38**(2) 210-217, 1984.
- Cabrera, AL y Zardini EM, *Manual de la flora de los alrededores de Buenos Aires*, ACME, Buenos Aires, 1978.
- Cabrera, AL, Fitogeografía de la República Argentina. *Bol. Soc. Arg. de Botánica* (XIV): n° 1-2. Buenos Aires, 1971.
- Candiotti de De Zan, ME, *La construcción social del conocimiento. Aportes para una concepción crítica del aprendizaje*. Santillana, Buenos Aires, 2001.
- Carretero, M, *Constructivismo y educación*. Editorial Luis Vives, Zaragoza, 1993.
- Chrispino, A, Cenários em Educação Química: Instrumentos necesarios, *Educación Química*, **11**(1), 2000.
- Coe, F & Anderson, G, Screening of medicinal plants used by the Garifuna of Eastern Nicaragua for bioactive compounds, *Journal of Ethnopharmacology*, **53**(1), 29-50, 1996.
- Collazo, SE, comunicación privada, 2000.
- Correa, MN, *Flora Patagónica VI*. Col. Cient. INTA (VIII), 536 p, 1988a.
- Correa, MN, *Flora Patagónica V*. Col. Cient. INTA (VIII), 381 p, 1988b.
- Díaz, E, *Los nuevos imperativos morales en la empresa económica posmoderna*. En: Díaz, E (ed.) *Metodología de las Ciencias Sociales*. Editorial Biblos, Buenos Aires, 1997.
- Dimitri, MJ, *La región de los Bosques Andino-Patagónicos. Sinopsis general*. Col. Cient. INTA (X), 381 p, 1972.
- Dimitri, MJ, *Pequeña flora ilustrada de los Parques*

- Nacionales Andino-Patagónicos*. Fot. Sep. Anales de Parques Nacionales (XIII) 1-122, Buenos Aires, 1974.
- Domínguez, X, *Métodos de investigación fitoquímica*, Limusa, México, 1973.
- Dostál, J, Two faces of alkaloids, *J. Chem. Educ.*, **77**(8) 993-998, 2000.
- Funes, F, *Estudio etnobotánico del Río Manso Inferior, Prov. de Río Negro*. Trabajo para optar al grado de Licenciatura en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Comahue, Centro Regional Universitario Bariloche, 127 p, 1999.
- Gallo, GG, *Plantas tóxicas para el ganado en el Cono Sur de América*, EUDEBA, Buenos Aires, 1979.
- Giroux, H, *Los profesores como intelectuales: hacia una pedagogía crítica del aprendizaje*. Paidós Ibérica, Barcelona, 1990.
- Gutiérrez Rodilla, B, *El lenguaje de las ciencias*. Gredos, Madrid, 2005.
- Hadi, S & Bremner, J, Initial Studies on Alkaloids from Lombok Medicinal Plants, *Molecules*, **6**, 117-129, 2001.
- Landau, L; Sileo, M y Lastres, L, Transformación de un trabajo adicional, *Educación Química*, **8**(4), 1997.
- Lipman, M, *Pensamiento complejo y educación*. Ediciones de la Torre, Madrid, 1998.
- Maiti, PC, Mookherjea, S, Mathew, R, y Dan, SS, Studies on Indian Solanum I. Alkaloid content and detection of Solasodine, *Economic Botany*, **33**(1) 75-77, 1979.
- Maldoni, B, Alkaloids: Isolation and Purification, *J. Chem. Ed.*, **68**(8) 700-703, 1991.
- Mösbach, G, *Botánica Indígena de Chile*. Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, 1992.
- Murillo, A, *Plantes medicinales du Chili*. Exposition Universelle de Paris, Paris, 1889.
- Nevling, NJ, Notes in the genus *Ovidia*. *Darwiniana*, **13**(1) 72-86, 1964.
- Pasel, S, *Aula Taller*. Aique, Buenos Aires, 1990.
- Pérez Aguirre, AM; Ramírez, P; Oviedo, R; Vai, D, Zorzoli, P; Lopardo, G; Acáj, C; Lagleize, C; Fourés, C y Pozas, D, *Didáctica de las prácticas escolares cotidianas (DIPEC). Preguntas a compartir con docentes de todos los niveles*. Manuscritos, Neuquén, 2002.
- Resnick, L y Klopfer, L, *Curriculum y cognición*. Aique, Buenos Aires, 1996.
- Salinas de Sandoval, J y Colombo de Cudmani, L, Los laboratorios de física de ciclos básicos universitarios instrumentados como procesos colectivos de investigación dirigida, *Revista de enseñanza de la física*, **7**(1), 1992.
- Sanjurjo, L, *Volver a pensar la clase*. En: Sanjurjo, L y Rodríguez, X, *Volver a pensar la clase: las formas básicas de enseñar*. Homo Sapiens, Rosario, 2003.
- Sreevidya, N & Mehrotra, S, Spectrophotometric method for estimation of alkaloids precipitable with Dragendorff's reagent in plant materials. *Journal of Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) International*, **86**(6) 1124-1127, 2003.
- Valla, JJ, *Botánica. Morfología de las plantas superiores*, Hemisferio Sur, Buenos Aires, 1979.
- Vigotsky, LS, *Pensamiento y lenguaje*. Pléyade, Buenos Aires, 1985.