

## 11. Adquisición de conceptos a partir de los laboratorios de química: un enfoque sostenible

Marcela Rodríguez; Silvia Lucero; Viviana Brusadin

**Resumen:** El objetivo de esta investigación fue analizar los contenidos teóricos, las destrezas y actitudes positivas adquiridos por los alumnos en el desarrollo de los trabajos prácticos de laboratorio de la cátedra química general, de la Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional, comparando dos formas diferentes de diseño y desarrollo de dichos prácticos, uno siguiendo la metodología de Pequeñas Investigaciones Guiadas pero además contextualizado en problemáticas ambientales propias de Mendoza, como es el caso de la contaminación del agua. El otro tipo de diseño es el de la manera “tradicional”, entendiendo por tradicional, el laboratorio tipo receta de cocina que consiste en una simple transmisión-recepción de conocimientos y procedimientos ya elaborados. Como la materia se dicta a carreras de ingeniería con diferentes especialidades, una temática transversal a todas, es el concepto de Ciencia Sustentable, lo que justifica el diseño de los prácticos con ese contexto. El método utilizado para la investigación consistió en el análisis de los Informes de Laboratorio elaborados por los alumnos a partir del año 2012. Se realizaron las siguientes observaciones: al cambiar la metodología de trabajo, los alumnos inicialmente se desconcertaron ya que están acostumbrados a las prácticas tradicionales de laboratorio, pero al ser planteadas como Pequeñas Investigaciones Guiadas, finalmente participaron más y mejor en la adquisición de sus propios conocimientos, lograron una mayor motivación y un trabajo más reflexivo, potenciando su capacidad de investigación. Se logró además, analizando los Informes, detectar mejor los errores en la adquisición de conceptos teóricos. Las conclusiones en esta etapa de la investigación son que debe profundizarse el diseño y desarrollo de los trabajos prácticos para que sean más eficientes para el proceso enseñanza-aprendizaje de los alumnos, además es fundamental incorporar la Educación para la Sostenibilidad en la educación formal.

**Palabras claves:** aprendizaje, didáctica, laboratorios, química, Ciencia Sostenible.

## **Introducción**

Desde el año 2010 se están realizando dos tipos de investigaciones en la cátedra Química General de la UTN, Facultad Regional Mendoza. Por un lado, se investiga el modo de diseñar y desarrollar los prácticos de laboratorio y su influencia en la adquisición de conceptos por parte de los alumnos, debido a las dificultades observadas que presentan los alumnos en la comprensión de algunos conceptos y la necesidad de realizar experiencias de laboratorio que ayuden a lograr los objetivos de aprendizaje propuestos.

A partir de dichas investigaciones, se ha evolucionado en el enfoque de diseño y desarrollo de los prácticos de laboratorio, desde el tradicional práctico tipo “receta de cocina” al laboratorio tipo Pequeñas Investigaciones Guiadas.

Transversalmente, desde la misma época, se vienen realizando investigaciones desde la cátedra sobre la influencia que tiene la educación formal e informal en la resolución de los graves conflictos ambientales con que deben confrontarse estos alumnos del siglo XXI y el aporte que puede realizar la cátedra a dicha educación. En ese sentido, se han incorporado conceptos como Química Verde o Sustentable en la cátedra y técnicas de microescala en los laboratorios.

A nivel mundial, se está dando un notable paso adelante en el estudio y tratamiento científico de la situación de emergencia planetaria con el surgimiento de un nuevo campo de conocimiento, la Ciencia de la Sostenibilidad, en el que se integran contribuciones procedentes de los más diversos campos científicos, incluidos el de la llamada Química Verde y el de la Educación Química para la Sostenibilidad.

La cátedra quiere incorporar La Educación por un Futuro Sostenible, y una de las formas que considera viable es a través de sus actividades prácticas de laboratorios.

Sin embargo, el diseño y desarrollo de dichas prácticas no es sencillo, ya que no hay mucho material bibliográfico disponible para nivel universitario, especialmente las carreras de

ingeniería, los problemas complejos ambientales tienen muchas variables a analizar, además no es sencillo competir con prácticas tradicionales didácticas, sencillas, bonitas con una sola respuesta del tipo: funcionó o no funcionó el experimento tal cual se esperaba.

Por estas razones, no se pretende cambiar el enfoque de todas las prácticas, solamente aquellas en que el cambio es relevante.

Otra dificultad que se presenta, es que se necesita que el docente no solo maneje conceptos químicos, sino que además esté interiorizado en problemas ambientales.

A pesar de todas las dificultades mencionadas previamente, consideramos que como docentes debemos cambiar la forma cultural en que los alumnos se relacionan con la sostenibilidad.

Además si desarrollamos los prácticos bajo el enfoque de Investigaciones Guiadas estamos potenciando su capacidad de investigación y de resolución de problemas a los que se enfrentarán cuando sean ingenieros.

## **Marco teórico**

### **Ciencia de la Sostenibilidad**

Actualmente nos encontramos por una parte, con una creciente gravedad de problemas que amenazan con una degradación irreversible de las condiciones de vida en el planeta y, por otra, con un número también creciente de estudios y propuestas para hacer frente a dichos problemas.

Como parte de este proceso surgieron, entre otras cosas, las propuestas de Educación para el Desarrollo sostenible (eds) y se aprobó por la Asamblea General de Naciones Unidas el lanzamiento de la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible 2005-2014 (también denominada en su origen Educación por un Futuro Sostenible), con el propósito de implicar al conjunto de la población en la transición a la sostenibilidad, solicitando para ello el apoyo de todas las

áreas y todos los niveles educativos, tanto de la educación formal como de la no reglada.

Como las ciencias agrícolas y de la salud, la Ciencia de la Sostenibilidad es un campo definido por los problemas que aborda más que por las disciplinas que emplea. En particular, este campo pretende facilitar lo que el National Research Council [USA] ha denominado una ‘transición hacia la sostenibilidad’, mejorando la capacidad de la sociedad para utilizar la Tierra de forma que simultáneamente satisfaga las necesidades de una población que sigue creciendo aunque tiende a estabilizarse, proteja los ecosistemas del planeta que dan soporte a la vida, y reduzca drásticamente el hambre y la pobreza. Desde la cátedra se busca aportar y contribuir hacia dicha transición.

### **Laboratorios tipo Pequeñas Investigaciones Guiadas**

En este trabajo, utilizamos preferentemente como marco teórico, las investigaciones realizadas que proponen diseñar y desarrollar los trabajos prácticos de laboratorio, como Pequeñas Investigaciones Guiadas (Caamaño, 1992).

Dicha propuesta se contrapone contra el enfoque tradicional tipo **“receta de cocina”** que consiste en una simple transmisión – recepción de conceptos ya elaborados la cual ha revelado poco beneficio para los estudiantes y que no contribuye a que puedan comprender lo que es la actividad o investigación científica (Barberá y Valdéz, 1996).

“Es posible que ese tipo de enseñanza sea útil para aprender a seguir instrucciones o desarrollar habilidades técnicas, pero no se le debe sobrevalorar en cuanto a su alcance didáctico” (Flores, Caballero y Sahelices Moreira, 2009).

También utilizamos los planteamientos de Hodson (1994) sobre el rol del laboratorio en la enseñanza de las ciencias, que establece las distintas fases que debe tener un práctico de laboratorio para lograr un aprendizaje significativo.

### **Objetivos**

El objetivo principal de esta investigación es analizar las

producciones realizadas por los alumnos (informes) para verificar si se ha producido a partir del diseño y la implementación de los trabajos prácticos de laboratorios la convergencia de los siguientes aspectos:

- adquisición de aprendizajes significativos de los alumnos a partir de prácticos de laboratorios con esta nueva metodología tipo “investigaciones guiadas”.
- si se ha logrado desde la cátedra algún aporte al cambio cultural del modo en que los alumnos se relacionan con la problemática actual de la sostenibilidad.
- Si se ha fomentado en los alumnos el proceso de investigación.

### **Formulación y desarrollo de los trabajos prácticos**

En la cátedra se dictan durante el cursado seis prácticos de laboratorio. Cada práctico está relacionado con un tema de la materia y se realizan varias experiencias de laboratorio referidas a los conceptos teóricos que se pretende que los alumnos adquieran de dicho tema.

En el práctico N°1: propiedades físicas y métodos de separación, hay seis experiencias, una de ellas, titulada Experiencia N°3: Conductividad del agua, se la diseñó y desarrolló siguiendo esta combinación de los aspectos mencionados de Educación para el Desarrollo Sostenible y metodología por “pequeñas investigaciones guiadas”, el resto de las experiencias se desarrollaron de la forma “tradicional” sin tener en cuenta estos aspectos.

Para la Experiencia N°3 se tuvo en cuenta la problemática de la contaminación del agua en la provincia de Mendoza. La misma consistía en la determinación de la conductividad de diferentes muestras de agua proveniente de diferentes fuentes como: agua del Río Mendoza; agua del lago general San Martín; agua de pozo de la zona de Las Heras; agua de suministro de calderas; agua de red; agua destilada; agua de efluente industrial de la zona del Gran Mendoza.

Debían realizar mediciones de salinidad, determinar el Total de Sólidos Disueltos y a partir de dichas mediciones determinar si eran aguas con la conductividad y la salinidad esperable según su origen. Debían además investigar las posibles fuentes de contaminación de dichas aguas y responder a preguntas conceptuales relacionadas a dicha experiencia.

Los conceptos teóricos que se pretendía que incorporaran eran la clasificación entre sustancias puras y mezclas, concepto de electrolitos, sales generadoras de la dureza del agua, enlaces químicos, concentración y conductividad eléctrica. Se pretendía además que adquirieran destreza en la utilización y calibración de conductímetros.

En el práctico N°5: Equilibrio ácido base, hay 5 experiencias, la Experiencia N°1: cálculo del pH de diferentes muestras de agua y la Experiencia N°2: indicadores para determinar la acidez de ácido carbónico en el agua, se diseñaron y desarrollaron con los mismos paradigmas que la Experiencia N°3 del práctico N°1.

Se tuvo en cuenta la problemática de la contaminación del agua en la provincia de Mendoza. La experiencia consistía en la determinación del pH de las muestras de agua proveniente de las diferentes fuentes comentadas previamente.

Debían realizar mediciones de pH con un peachímetro y a partir de dichas mediciones determinar si eran aguas con el pH esperable según su origen. Debían además utilizar indicadores como naranja de metilo y fenolftaleína para determinar si la acidez que tenían las muestras era natural (por dióxido de carbono disuelto) o mineral, propias de un ácido fuerte, lo que indicaría contaminación industrial. Debían además investigar las posibles fuentes de contaminación de dichas aguas y responder a preguntas conceptuales relacionadas a dicha experiencia.

Los conceptos teóricos que se pretendía que incorporaran eran el concepto de pH y su importancia en los sistemas vivos, ácidos débiles y fuertes, indicadores. Se pretendía además

que adquirieran destreza en la utilización y calibración de peachímetros. Las demás experiencias del práctico N°5 se desarrollaron de la forma “tradicional”.

### **Método de la investigación**

Se analizaron las producciones (Informes de laboratorio) presentadas por los alumnos desde el año 2012.

El análisis se basó en comparar cómo presentaba el mismo alumno el informe de laboratorio según si la experiencia se había diseñado en forma “tradicional” o si se había diseñado y desarrollado teniendo cuenta la Educación para el Desarrollo Sostenible y el Método por Pequeñas Investigaciones Guiadas.

Cabe aclarar que los grupos de alumnos cuyas producciones fueron analizadas, son homogéneos, con iguales capacidades operativas y con similares resultados en evaluación diagnóstica (Lucero, S., Vitale, M, Iturralde, M. Valente, G. & Mazzitelli, C.,2007).

Se analizó cada informe correspondiente al Práctico N°1. Se compararon en forma cuali-cuantitativamente aspectos considerados relevantes entre las 4 experiencias desarrolladas en forma “tradicional” con la Experiencia N° 3 diseñada teniendo en cuenta la Educación para el Desarrollo Sostenible y el Método por Pequeñas Investigaciones Guiadas. La misma comparación se realizó para las producciones del Práctico N°5 entre las Experiencias N°1 y N°2 con las otras 3 experiencias.

El análisis que se realizó fue:

- a- si la medición y la técnica de determinación eran correctas.
- b- si obtuvieron conclusiones relevantes.
- c- si tuvieron errores conceptuales.
- d- si presentaron información adicional adecuada.
- e- si presentaron la bibliografía utilizada.

Las observaciones se muestran en la siguiente tabla:

	Experiencias “tradicionales”	Experiencias tipo “pequeñas investigaciones guiadas”
Medición y técnica de determinación	Correctas en un alto porcentaje	Correctas en un alto porcentaje
Conclusiones relevantes	Del tipo: funcionó o no la experiencia.  Las conclusiones eran predeterminadas.	Más amplias por ser el problema más complejo y con más variables a analizar. Las conclusiones no estaban predeterminadas.
Errores conceptuales	Pocos.	Los alumnos tuvieron que realizar una producción propia y de esta forma se pudieron detectar más errores conceptuales lo que permitió al docente analizarlos y detectar las dificultades.
Presentaron información adicional adecuada	No, no era requerida.	Si, presentaron información pertinente al tema.
Presentaron la bibliografía utilizada	No.	Pocos.

Según lo que se puede observar de la tabla, hay diferencias en cuanto al tipo de conclusiones obtenidas, lo que consideramos importante para nuestra investigación. Es lo que se trata de fomentar en los alumnos, se busca que realicen un análisis crítico sobre lo que han realizado en el laboratorio, que reflexionen sobre los resultados obtenidos para lograr un aprendizaje significativo.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es que debieron hacer una producción propia, no llenando “espacios en blanco” como en el laboratorio tradicional, lo que permitió detectar dificultades en la adquisición de conceptos teóricos.

Se observa una mayor presentación de información adicional pertinente, quizás obligados por el tipo de problema planteado. No presentaron la bibliografía utilizada, propia de la falta de entrenamiento en realizar investigaciones.

### **Observaciones adicionales**

Un observador externo que estuvo presente en el desarrollo de los prácticos realizó las siguientes observaciones adicionales:

- la realización de los prácticos frente a alumnos fue más “desordenada” y se necesitan más docentes por práctica para que apoyen a los alumnos en el desarrollo de los mismos.
- Se produjo un mayor debate entre los grupos de alumnos para poder realizar las experiencias.
- presentaron más dificultad en las Experiencias N°1 y N°2 del Práctico N°5 ya que involucraba el concepto de ácido fuerte o ácido débil, que tiene una dificultad cognitiva mayor que el concepto involucrado en la Experiencia N°3.
- Poseían conocimientos previos cotidianos pero no jerarquizados referidos a problemas relacionados a la contaminación del agua en Mendoza.
- Mostraron interés en saber las causas de variación de pH de las muestras de agua.

### **Conclusiones**

El presente trabajo muestra las dificultades que presentan los alumnos en la comprensión de algunos conceptos y la necesidad de realizar experiencias de laboratorio que ayuden a lograr los objetivos de aprendizaje propuestos, con una visión sustentable.

Para el desarrollo de prácticos más relevantes es necesaria una minuciosa preparación de los docentes no sólo de los conceptos químicos involucrados sino también del contexto ambiental en el que se enseña, para poder orientar a los alumnos en estas Pequeñas Investigaciones Guiadas.

No hay en la bibliografía mucho material diseñado especialmente para carreras de ingeniería, tampoco para la Ciencia Ambiental, lo que implica un importante desafío para los docentes desarrollar este tipo de prácticos. Tampoco existe mucho material diseñado como Pequeñas Investigaciones Guiadas.

Los alumnos no están acostumbrados a este tipo de propuestas de trabajo, en las cuales deben organizarse y trabajar en grupo. Muchos logran una mayor motivación sin embargo necesitan más tiempo para realizar las experiencias, problema que se resuelve bastante bien aplicando técnicas de microescala.

Los laboratorios por investigaciones guiadas demandan un mayor esfuerzo por los estudiantes en la elaboración del informe final. Si el profesor logra implicar a los alumnos en la investigación, los resultados son altamente positivos, como es conseguir una mayor coherencia del esquema mental de lo investigado, facilidad para extraer conclusiones, entender mejor los trabajos prácticos. En definitiva, adquirir una serie de destrezas que está estudiado que no se alcanzará con una experimentación tipo receta.

Desde la cátedra consideramos que utilizar la problemática ambiental como es el caso de la contaminación del agua en una zona donde es tan crítico el problema, es muy útil en la formación de los alumnos como ingenieros.

Conviene insistir en que la Educación para la Sostenibilidad es un concepto muy reciente, que supone haber comprendido que el mundo no es tan ancho e ilimitado como habíamos creído (algo que ha constituido una sorpresa incluso para los expertos).

Además, este concepto es nuevo en otro sentido aún más profundo: se ha comprendido que la sostenibilidad exige planteamientos holísticos que tomen en consideración la totalidad de problemas que caracterizan la situación de emergencia planetaria porque están estrechamente interconectados y se potencian mutuamente.

## Bibliografía

- Barberá, O. & Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión [versión electrónica]. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3): 365- 379.
- Caamaño Ros, A. (1992). Los trabajos prácticos en ciencias experimentales: Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación [versión electrónica]. *Aula de innovación educativa*, 9: 61-68.
- Década por una Educación para la Sostenibilidad*. (s.f.). Recuperado el 2/05/2014, de <http://www.oei.es/decada>.
- Flores, J., Caballero Sahelices, M. & Moreira, M. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje [versión electrónica]. *Revista de Investigación*, 68 (33): 75- 112.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio [versión electrónica]. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3): 299-313.
- Insausti, M.J. (1997). Análisis de los trabajos prácticos de Química General en un primer curso de universidad [versión electrónica]. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(1): 123-130.
- Lucero, S., Vitale, M, Iturralde, M. Valente, G. & Mazzitelli, C. (2007, mayo). *¿Todos los estudiantes que llegan a la universidad han alcanzado el nivel de operaciones formales?* un estudio comparativo entre la firm - utn y facultad de ingeniería uncuyo. Ponencia presentada en las I Jornadas de Investigación Educativa, Mendoza, Argentina.
- Sawyer, C.N., McCarty, P.L. & Parkin, G.F. (2001). *Química para Ingeniería Ambiental*. (4a ed.) Colombia: Mc Graw Hill.
- Vílchez, A. & Gil, D. (2013, 25 de febrero). Ciencia de la sostenibilidad: Un nuevo campo de conocimientos al que la química y la educación química están contribuyendo. *Educación Química*, 24. Recuperado el 26/07/2014, de <http://www.oei.es/cienciayuniversidad/spip.php?article3928>.

\*\*\*