

## LA ESTRATEGIA DE UTILIZAR UN TRABAJO PRÁCTICO DE APLICACIÓN COMO HERRAMIENTA DE MOTIVACION ES SÓLO UN PASO PARA LA INNOVACIÓN PEDAGÓGICA

*VILLABRILLE, PAULA; ROLNY, NADIA; ORTIZ, CRISTIAN, RIVAS; PATRICIA; GIRÓN, PAULA; UNCAL, GUIDO; DE LUCA, SEBASTIAN; COSTA, LORENZA*

Curso de Análisis Químico, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Calles 60 y 119, B1904AAN La Plata, República Argentina.

[pvillabrille@agro.unlp.edu.ar](mailto:pvillabrille@agro.unlp.edu.ar)

[lorenzacosta@agro.unlp.edu.ar](mailto:lorenzacosta@agro.unlp.edu.ar)

### RESUMEN

En el curso de Análisis Químico de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales se estudian métodos de análisis químico cuantitativo. Para comprender el fundamento de los métodos instrumentales, los docentes debemos transmitir conceptos “abstractos” que permitan relacionar lo que ocurre a nivel molecular con la propiedad que medimos. Análisis Químico se convierte así en una materia alejada de la realidad. Esta dificultad en el proceso de enseñanza-aprendizaje la percibimos en el trabajo práctico Espectrofotometría de Absorción, en el que los alumnos mostraban escasa participación en clase evidenciando dificultad para comprender y operar conceptos abstractos. Nuestra hipótesis fue que los alumnos no se involucraban debido a que la herramienta utilizada como objeto de estudio (permanganato de potasio) era ajena al ámbito agronómico y forestal. Se modificó el trabajo práctico llevándolo a una aplicación concreta: Determinación del contenido de fósforo en un fertilizante. Los resultados obtenidos a partir del cambio nos llevaron a reflexionar sobre otros aspectos que afectan al proceso de enseñanza aprendizaje. Concluimos que más allá de la innovación pedagógica realizada los factores que afectan el aprendizaje significativo son: 1- falta de conceptos previos, 2- escaso tiempo disponible para realizar trabajos prácticos complejos, 3- baja disponibilidad de equipos instrumentales.

**Palabras clave:** innovación, aprendizaje significativo, motivación, espectrofotometría de absorción, trabajo práctico.

## INTRODUCCIÓN

El curso de Análisis Químico es una materia de segundo año, obligatoria para las dos carreras que se dictan en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF) de la UNLP (Ingeniería Agronómica e Ingeniería Forestal). Se trata de una materia en la que más del 80 % de las actividades que realizan los alumnos son trabajos de laboratorio individuales, dado que uno de los objetivos fundamentales es que los alumnos adquieran habilidades para desempeñarse en un laboratorio de análisis básico, actividad que forma parte de las incumbencias de un profesional egresado de la FCAyF.

Los contenidos teóricos que se desarrollan durante el curso son métodos de análisis químico, aquéllos se organizan en dos partes. En la primera de ellas se estudian los métodos volumétricos y gravimétricos, y en la segunda los métodos instrumentales. Durante la primera etapa se realizan actividades prácticas utilizando como herramientas de aprendizaje muestras de interés para el campo agronómico y forestal. Por ejemplo, para el aprendizaje de los métodos volumétricos se plantea analizar la acidez de muestras provenientes de las actividades agroindustriales (leche, vinagre, vino), la dureza de una muestra de agua, el contenido de materia orgánica en una muestra de suelo, entre otros.

Sin embargo, cuando se avanza con los métodos instrumentales, se presenta otro panorama “enseñanza-aprendizaje” en el aula. Se debe enfrentar el problema de transmitirles a los alumnos conceptos abstractos a fin de poder comprender el fundamento y funcionamiento de muchos de los métodos instrumentales, tales como métodos espectroscópicos, cromatográficos, potenciométricos, etc. Los docentes nos encontramos con el desafío de relacionar lo que no puede verse (lo que ocurre a nivel molecular) con las propiedades observables de la materia (el parámetro que se mide en un equipo), lo que se ha definido hace tiempo como una de las grandes dificultades del aprendizaje de la química (Gómez Crespo, 1996). Es aquí donde Análisis Químico, pasa a ser, desde la perspectiva del alumno, una “química” y como tal se convierte en una materia completamente alejada de la realidad (Llorens, 1991). Cuando lo que se enseña está muy alejado de las expectativas de los alumnos más difícil resulta lograr un aprendizaje significativo y lo que se aprende parece inútil y se olvida fácilmente.

Esta dificultad en el proceso de enseñanza-aprendizaje fue percibida durante el desarrollo del primer método instrumental del curso: Espectrofotometría de Absorción, se denotaba cierta dificultad en los alumnos para comprender y operar conceptos abstractos. Esto se ponía en evidencia a través de la escasa participación en clase y el bajo rendimiento frente a la resolución de problemas que fueran más allá de los ejercicios de aplicación.

El trabajo práctico que se utilizaba en el curso para abordar el tema de espectrofotometría de absorción estaba diseñado siguiendo los lineamientos clásicos que se encuentran en los libros de Química Analítica. Se empleaba una solución de permanganato de potasio para obtener el espectro correspondiente, seleccionar la longitud de onda de trabajo adecuada y finalmente realizar la verificación de la ley de Lambert-Beer. Era un trabajo práctico sencillo que se utilizaba para reforzar los conceptos teóricos. Sin embargo, los docentes observaban muy poca conexión de los alumnos con las actividades que se realizaban durante el trabajo práctico y falta de interés en el tema. No se lograba despertar la

curiosidad de los alumnos, como sí ocurría con los trabajos prácticos de volumetría. Frente a esto, algunos docentes del curso, Ingenieros Forestales o Agrónomos, plantearon la hipótesis de que los alumnos no presentaban un aprendizaje significativo de Espectrofotometría de Absorción debido a que la herramienta utilizada como objeto de estudio (el permanganato de potasio) era ajena al ámbito agronómico y forestal.

El origen o surgimiento de una innovación alude a la detección de un problema en la práctica cotidiana cuya percepción produce preocupación en el/los docentes y los moviliza tras su resolución. La situación problemática puede abarcar la disconformidad, total o parcial, con uno o más de los siguientes componentes didácticos: “los propósitos, los contenidos, las estrategias, los recursos, el rol que cumple el docente, el rol del alumno y, en especial, el sistema de relaciones entre estos componentes” (Lucarelli, 2004). La innovación en la clase universitaria es comprendida por Aiello *et al.* (2004) como la construcción de nuevas estrategias pedagógicas, como decisiones profesionales genuinas y con intenciones de mejoramiento y transformación de la calidad educativa. Prácticas que se gestan en oposición a rutinas instituidas que se diferencian de las innovaciones implantadas desde el sistema.

La mayoría de los modelos actuales para la enseñanza de la ciencia plantean que la característica necesaria para despertar el interés de los alumnos es el grado aplicabilidad y utilidad que tienen tanto los contenidos como las actividades experimentales que se llevan al aula (Campanario y Moya, 1999). En base a esta idea, el equipo docente del curso decide realizar una *innovación pedagógica*, cambiar el trabajo práctico de Espectrofotometría de Absorción llevándolo a una aplicación concreta de interés agronómico-forestal: **Determinación del contenido de fósforo en un fertilizante.**

En el presente trabajo se muestran los resultados obtenidos a partir de la *innovación pedagógica* en la experiencia áulica, se contrastan con la hipótesis planteada y se discuten los múltiples factores que pudieron influir en aquéllos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

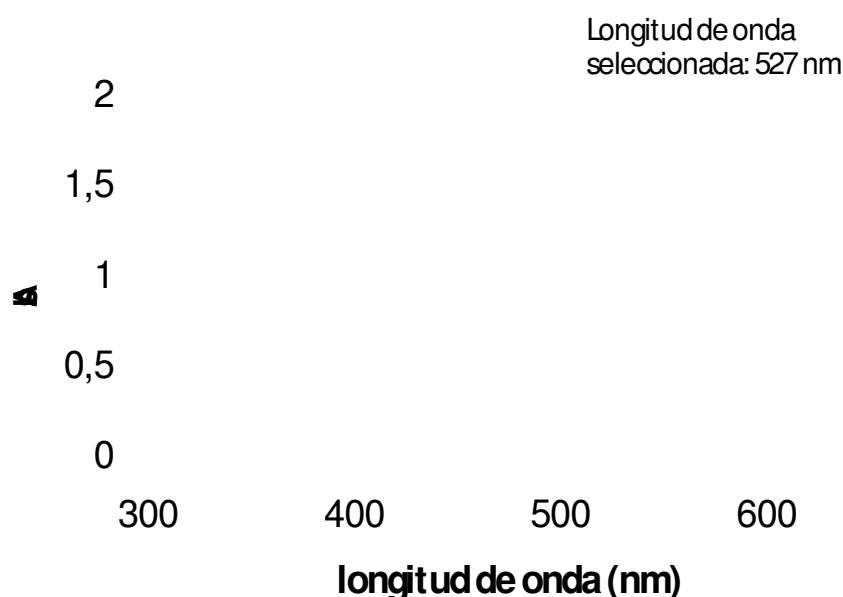
### 1- Guías utilizadas durante el Trabajo Práctico de Espectrofotometría de Absorción

Las actividades de laboratorio que se realizan en el curso de Análisis Químico, utilizan como soporte didáctico una guía de trabajos prácticos elaborada por los docentes. El formato general de las mismas consiste en una introducción, donde se describen los principales conceptos teóricos relacionados con el trabajo de laboratorio, y el detalle de las actividades que se realizarán durante el trabajo experimental.

A continuación se presentan las dos versiones resumidas de las actividades de laboratorio que se detallan en las guías de trabajo práctico utilizadas para desarrollar el tema de Espectrofotometría de Absorción en el curso. Se denominará *Innovación pedagógica* a la nueva versión utilizada a partir del año 2009 - Guía 2-.

**Guía 1- Actividad de Laboratorio: A) Obtención del espectro de absorción de la solución de permanganato de potasio. B) Verificación del cumplimiento de la ley de Lambert-Beer y determinación de la concentración de una muestra desconocida de  $\text{KMnO}_4$ .**

A) Obtención del espectro de absorción de la solución de permanganato de potasio: colocar aproximadamente 3 ml de agua destilada en la cubeta blanco y una cantidad similar de  $\text{KMnO}_4$  en la cubeta muestra. Colocar la cubeta blanco en el portacubetas. Medir el espectro del  $\text{KMnO}_4$  entre 375 nm y 625 nm. En un papel milimetrado graficar el espectro del  $\text{KMnO}_4$  colocando en el eje de ordenadas las absorbancias y en las abscisas las longitudes de onda. Se obtendrá una curva similar a la que se muestra en la Figura 1.



*Figura 1: Espectro de absorción de una solución 0.001 N de permanganato de potasio. La flecha señala la longitud de onda seleccionada.*

**B) Verificación del cumplimiento de la ley de Lambert-Beer y determinación de la concentración de una muestra desconocida de  $\text{KMnO}_4$ .**

**Procedimiento:** a partir de una solución madre de  $\text{KMnO}_4$  0.0050M, preparar 250 ml de soluciones de concentración 0.0001M, 0.0002M, 0.0003M, 0.0004M y 0.0005M. Seleccionar la longitud de onda de trabajo a partir del espectro obtenido en la sección anterior y medir las absorbancias de las soluciones patrón.

**Curva de calibración:** Si el sistema cumple con la ley de Lambert-Beer, en la gráfica de absorbancia vs. concentración se obtendrá una recta como la mostrada en la Figura 2. Medir en las mismas condiciones la muestra desconocida de  $\text{KMnO}_4$ .

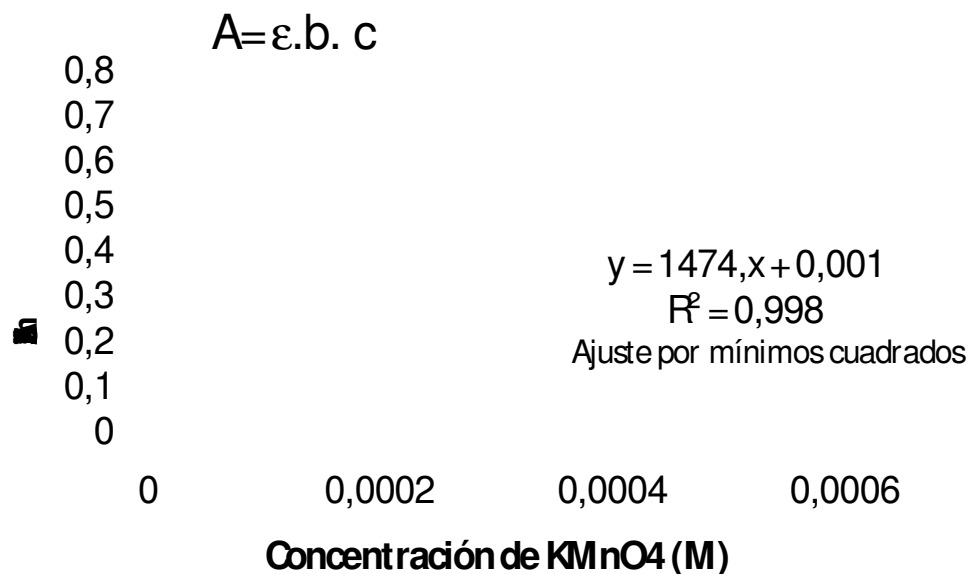


Figura 2. Curva de calibración para el permanganato de potasio.

## Guía 2- Actividad de Laboratorio: Determinación del contenido de fósforo en una muestra de fertilizante (*Innovación Pedagógica*)

### Introducción:

El fósforo es un elemento esencial tanto en animales como en vegetales. Puede hallarse en los seres vivos en forma orgánica, o inorgánica (como ortofosfato). Este anión a diferencia del nitrato y sulfato, no es reducido al ser absorbido en las raíces de las plantas, sino que permanece en la forma oxidada formando ésteres, en numerosos compuestos orgánicos. Así, por ejemplo, el fósforo se encuentra en los ácidos nucleicos, fosfolípidos de membrana, fosfoproteínas y forma parte de una molécula central del metabolismo energético como el adenosin trifosfato (ATP). En animales, posee una función fundamental en el desarrollo del tejido óseo, pudiendo el contenido de este elemento ascender a 1% (m/m). Los niveles de P en plantas suelen ubicarse en valores cercanos a 0.2% (m/m). En ciertos casos, durante el desarrollo de los cultivos, las necesidades de P deben ser satisfechas mediante el agregado de fertilizantes. Algunos compuestos comúnmente utilizados para la fertilización fosforada incluyen al fosfato mono-amónico (dihidrógeno fosfato de amonio) y fosfato di-amónico (monohidrógeno fosfato de amonio).

**Fundamento del método:** La determinación de P en soluciones en las que este elemento se encuentra como ortofosfato, puede realizarse en forma espectrofotométrica, previa formación de un complejo coloreado con el molibdato de amonio, en medio ácido ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

(Reactivo A) y en presencia de reductores como el cloruro estannoso (Reactivo B). Este método posee un nivel de detección muy bajo, pudiendo realizarse determinaciones en muestras que contiene hasta 7 g de P por litro.

### **Determinación del espectro de absorción para seleccionar la longitud de onda apropiada para la cuantificación de fósforo**

**Procedimiento:** Colocar en un matraz aforado de 100 ml, 1 ml de solución patrón de fósforo y enrasar con agua destilada. En un segundo matraz, completar los 100 ml sólo con agua destilada (solución blanco). Transferir el contenido de los matraces a 2 erlenmeyers y agregar en cada uno 4 ml de reactivo A y posteriormente 3 gotas de reactivo B. Agitar y esperar 10 minutos hasta que la reacción de formación del azul de molibdeno haya sido completa. Medir el espectro de absorción entre 370 nm y 1000 nm. Graficar la absorbancia vs longitud de onda y seleccionar la longitud de onda que será apropiada para la posterior cuantificación de la muestra problema.

### **Realización de la curva de calibración (verificación del cumplimiento de la Ley de Lambert-Beer) y cuantificación de la muestra problema**

Una vez seleccionada la longitud de onda siguiendo el procedimiento anterior, puede procederse a determinar la concentración de fósforo en la muestra problema. Para esto resulta necesario, en primer lugar, realizar una curva de calibración. Esta permitirá por un lado, verificar que bajo las condiciones de trabajo exista linealidad entre la absorbancia y la concentración de P, conforme establece la ley de Lambert-Beer. Por otra parte, resultará necesaria para poder determinar a qué concentración de P equivale la absorbancia medida en la muestra problema.

**Procedimiento:** Colocar en matraces aforados de 100 ml 0; 1; 2; 3 y 5 ml de solución patrón de P y enrasar con agua destilada. Calcular la concentración resultante. Transferir el contenido de los matraces a erlenmeyers previamente rotulados. Agregar 4 ml de reactivo A y posteriormente 3 gotas de reactivo B. Esperar 10 minutos, hasta que la reacción de formación del azul de molibdeno haya sido completa. Realizar las lecturas de las soluciones patrón a la longitud de onda seleccionada en el inciso anterior. Anotar los valores de absorbancia correspondientes a cada concentración de P y graficar la absorbancia en función de la concentración de P en ppm. Si los datos experimentales muestran un apropiado cumplimiento de la ley de Lambert-Beer en las condiciones de trabajo, puede entonces procederse a analizar la muestra problema. Para esto se toma una alícuota apropiada de una solución del fertilizante, se coloca en un matraz de 100 ml y se enrasa con agua destilada. Posteriormente, se procede al desarrollo de color como se realizó con las soluciones patrón de P. Se lee la absorbancia y a partir de este valor, utilizando la curva de calibración se determina la concentración de P del fertilizante.

## 2- Análisis cuantitativo

Se analizaron las respuestas relacionadas al tema espectrofotometría de absorción en las evaluaciones parciales. Se analizaron los parciales correspondientes a los dos cuatrimestres de los años 2007, 2008, 2009 y 2010 (corresponden a ocho grupos de alumnos). La innovación pedagógica fue implementada en el año 2009, por lo tanto la muestra de parciales contiene cuatro grupos de alumnos que realizaron el trabajo práctico de espectrofotometría de absorción utilizando el permanganato de potasio (2007 y 2008) y cuatro grupos de alumnos que realizaron el trabajo práctico correspondiente a la innovación pedagógica, “Determinación de fósforo en un fertilizante” (2009 y 2010).

Según el grado de comprensión del concepto, total, parcial o insuficiente, se clasificaron las categorías de corrección en B (bien), R (regular) y M (mal), respectivamente. Se calcularon los porcentajes de respuestas calificadas en las categorías B, R y M. Los resultados obtenidos se representan en un gráfico de barras correspondientes a cada cuatrimestre y período bianual.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis de las respuestas de los alumnos sobre espectrofotometría en los exámenes parciales, Figura 3. Las barras azules corresponden a los porcentajes de cada categoría definida para las respuestas obtenidas durante el primer cuatrimestre mientras que las barras bordó corresponden a los porcentajes correspondientes para el segundo cuatrimestre. Las barras punteadas corresponden a los porcentajes obtenidos en el período bianual anterior a la innovación pedagógica (2007-2008) y las barras lisas corresponden al período bianual posterior (2009-2010).

%

*Figura 3. Frecuencia de respuestas B, R y M antes y después de la innovación pedagógica.*

Los resultados mostraron que no hubo cambios significativos como consecuencia de la innovación pedagógica propuesta.

Se observó una tendencia a mayor porcentaje de respuestas R y M cuando comparamos primer cuatrimestre y segundo cuatrimestre, resultado que no se modifica como consecuencia de la innovación pedagógica aplicada. Podemos explicar esta diferencia entre primer y segundo cuatrimestre en base al hecho de que en el segundo cuatrimestre hay mayor porcentaje de alumnos con dificultades en las ciencias básicas, son alumnos recursantes de varias materias pertenecientes al departamento de Ciencias Exactas.

En general, se observó que el número de respuestas B fue relativamente elevado, mayor al 50%, antes y después de dicha innovación, en ambos cuatrimestres. El porcentaje de respuestas R y M no se modificó significativamente como consecuencia de la innovación pedagógica, manteniéndose entre 10 y 20 % para R y entre 15 y 25 % para M. Este resultado sugiere que independientemente de la naturaleza de la muestra seleccionada para el desarrollo del trabajo práctico de espectrofotometría de absorción, los alumnos lograron la comprensión de los contenidos, basándonos en las respuestas en los parciales.

Sin embargo, esto no garantizó un aprendizaje significativo, dado que más allá de los resultados de los parciales los docentes en el aula siguen percibiendo una escasa participación de los alumnos y falta de motivación a pesar del “fósforo en el fertilizante”. Esto sugiere que gran parte del aprendizaje que representa ese 50% de respuestas calificadas como B obedece al aprendizaje repetitivo y mecánico, todo lo opuesto al objetivo buscado que es el aprendizaje significativo.

Los resultados del análisis realizado no se toman como un fracaso de la innovación implementada ya que han inducido a la reflexión continua de nuestras prácticas docentes. Consecuentemente se intenta determinar qué factores han influido y de qué manera se puede repensar el rol de los trabajos de laboratorios en el curso.

**Otros factores que pueden incidir en el resultado obtenido:**

1- La organización curricular permite que los alumnos puedan cursar en simultáneo matemática, física y análisis químico. Esto ocasiona que los alumnos posean muy pocos conocimientos previos sobre los cuales se pueda trabajar para hacer significativo el aprendizaje de la espectrofotometría de absorción.

2- La carga horaria de la materia es de sólo 2 horas semanales para la realización de actividades prácticas, lo que determina que el tiempo disponible para la realización del trabajo práctico es escaso.

3- Los trabajos prácticos de los métodos instrumentales son mayoritariamente demostrativos. Esto se debe a que no se cuenta con el número de equipos necesarios para realizar las mediciones individualmente. En general se trabaja en grupos de 15-20 alumnos por equipo (espectrofotómetro).

Los tres puntos planteados intervienen negativamente en la innovación pedagógica planteada, veamos el efecto de cada punto:



1- Los alumnos no tienen firmes conocimientos previos de matemática por lo que gran parte del tiempo que dura el trabajo práctico se utiliza en la explicación de la curva de calibración. Si los alumnos no tienen conocimientos previos de física, no tienen conocimientos básicos sobre qué es la luz, qué significa luz monocromática y policromática, la energía de una onda electromagnética, etc. Sobre esta base es difícil explicar la interacción onda-partícula, el funcionamiento de las redes de difracción y de los filtros, la necesidad de transformar compuestos incoloros en coloreados para poder medir en el visible, entre otros conceptos.

2- El trabajo práctico planteado como innovación pedagógica requiere un tiempo considerable para completarlo, ya que se necesita realizar la curva de calibración, una reacción previa y finalmente las medidas. Dos horas resultan insuficientes para comprender todo lo que se debe hacer sumado al fundamento de la espectrofotometría de absorción. Se debe tener en cuenta que los alumnos de agronomía no están familiarizados en 2do. año con las diluciones, curva de calibración y reacciones químicas, a pesar de tener en el primer año Química General e Inorgánica y Química Orgánica. El curso de Análisis Químico es el primero en el que los alumnos tienen trabajos prácticos de laboratorio individuales.

3- La complejidad del práctico y la falta de material para implementar una modalidad individual o al menos de pocos alumnos hacen que la mayoría no se involucre en la realización del trabajo práctico.

Es un hecho que debemos enseñar Química Analítica a los alumnos de la FCAyF, es decir, que la cultura académica de los alumnos es muy lejana a la cultura académica de la disciplina, lo que hace indispensable que como docentes realicemos una transposición didáctica sobre todo cuando nuestros alumnos carecen de conceptos previos. Esto lleva a simplificar pedagógicamente los contenidos de la disciplina sin minimizar el contenido científico (Milicic *et al.*, 2008). Resulta complejo llevar esta tarea a la práctica. Se han desarrollado muchas líneas de investigación que se centran en buscar propuestas de metodologías y técnicas de enseñanza que ayuden a los estudiantes y a los docentes a superar esas dificultades. El aprendizaje significativo de Ausubel representa el marco referencial más utilizado en la enseñanza de las ciencias. Entre las estrategias didácticas utilizadas en la búsqueda del aprendizaje significativo, según Gil (1993) el trabajo de laboratorio "brinda a los alumnos la posibilidad de explorar, manipular, sugerir hipótesis, cometer errores y reconocerlos, así aprender de ellos" ya que se trata de una instancia en la que se observan fenómenos, se recolectan y analizan datos y con todo ello se trata de relacionar conceptos teóricos con los resultados prácticos. Con la finalidad de facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje el laboratorio en el ciclo básico universitario de carreras que no son de las "llamadas duras" (por ejemplo, Ciencias Agrarias y Forestales), tiene la finalidad de ayudar a los alumnos a comprender contenidos y metodologías propias del trabajo científico, con la intención de lograr aprendizajes significativos. En las actividades de laboratorio siempre están presentes los contenidos procedimentales, cuyo objetivo fundamental es que el alumno aprenda no sólo los contenidos cognitivos (o declarativos) sino también los metacognitivos (métodos y destrezas que permiten acceder al conocimiento declarativo).

En línea con estos pensamientos, en el curso de Análisis Químico se realizan actividades de laboratorio con el objetivo de lograr aprendizaje significativo por parte de los alumnos. Ahora bien, el aprendizaje significativo es opuesto al aprendizaje repetitivo, producto de la memorización mecánica (Ausubel *et al.*, 1983). El aprendizaje es significativo cuando la persona es capaz de relacionar las informaciones y el significado del contenido sobre el que trabaja, los vincula con sus conocimientos, significados y experiencias previas y por ello los comprende. Para lograr esto se requiere en principio una activa participación de quienes aprenden y por otra parte cuatro condiciones básicas desde la enseñanza: 1- el contenido que se enseña debe tener un orden lógico y se debe presentar estructurado, no debe ser confuso ni desordenado, 2- los alumnos deben lograr relacionar el contenido que se enseña con los conocimientos previos, integrarlos a su marco de comprensión; 3- lo que se enseña se debe relacionar con los intereses de quienes aprenden; 4- los alumnos deben poder transferir lo que se aprende.

Todos los factores que se han mencionado como influyentes en la falta de efecto de la innovación pedagógica, afectan negativamente a la búsqueda de un aprendizaje significativo. Claramente la falta de conocimientos previos hace que la enseñanza de espectrofotometría de Absorción carezca de la posibilidad de contar aún con las condiciones básicas desde la enseñanza para lograr el aprendizaje significativo.

¿Cómo superar esto? ¿La integración interdisciplinar será el siguiente paso para que la mejora de nuestra práctica docente se traduzca en un mejor desempeño académico de los alumnos?

### REFLEXIONES FINALES

Los resultados de la innovación implementada para la enseñanza de espectrofotometría de absorción en la clase de Análisis Químico de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales no han sido los esperados.

Hemos comprendido que a pesar de los esfuerzos bien intencionados a fin de superar el problema detectado en el aula, el escenario es más complejo aún. Debemos seguir avanzando de manera continua sobre este primer paso para lograr un aporte significativo al proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula.

Por otro lado, queda evidenciado en este trabajo, la existencia de una distancia entre lo que el docente cree que enseña y lo que interpreta el estudiante como signifiante para fortalecer su desempeño, tal como lo sostienen Malva *et al.* (2008).

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aiello, B.G., Monetti, E.M., Santos La Rosa, M. (2004). La innovación en la clase universitaria. Supuestos epistemológicos. <http://www.fchst.unlpam.edu.ar/iciels/179.pdf>  
Fecha de último acceso: 12/07/2012

Ausubel, D.P., Novak, J.D., Hanesian, H. (1983) *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: 2° Ed.Trillas.

Campanario, J.M. y Moya, A. (1999) Cómo enseñar ciencias Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las ciencias*, 17(2): 179-192.

Gil, D. (1993). Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2): 197-212.

Gómez Crespo, M.A. (1996). Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química.

*Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7: 37-44.

Llorens Molina, J.A. (1991). *Comenzando a aprender química. Ideas para el diseño curricular*. Madrid: Visor.

Lucarelli, E. (2004). Prácticas Innovadoras en la Formación del Docente Universitario. *Educação*, 3 (54): 503-524.

Malva, A., Castellaro, M. (2008). La Innovación en el aula universitaria: Contenidos y Actividades Integradas. [http://www.unam.edu.ar/2008/educacion/trabajos/Eje\\_3/136-alberto\\_m.pdf](http://www.unam.edu.ar/2008/educacion/trabajos/Eje_3/136-alberto_m.pdf) Fecha último acceso 16/07/2012.

Milicia, B., Utges, G., Salinas B., Sanjosé V. (2008). Transposición didáctica y dilemas de los profesores en la enseñanza de Física para no Físicos. *Investigaciones en enseñanza de Ciencias*. V13, (1): 7-33.