

Monitoreo del mejoramiento de la enseñanza experimental de la química analítica

Mantovani, Víctor E.*; Rodil, Beatriz; Basail, Claudia.; Goicoechea, Héctor C.; Hernández, Silvia R.; De Zan, Mercedes; Robles, Juan C.; Cámara, María S.

* Química Analítica I. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral. Ciudad Universitaria. CC 242 (3000) Santa Fe. Argentina. Tel/Fax (54)(342) 4575205. E-mail: vmantova@fbc.unl.edu.ar

RESUMEN: Se modificaron los trabajos experimentales de Química Analítica I y se definieron claramente los criterios analíticos que los estudiantes deben conocer y aplicar para el logro de calidad en el trabajo experimental de laboratorio. Estos criterios son: "Conocimiento de los pasos del proceso analítico total", "Conocimiento conceptual", "Elección del método", "Toma y preparación de la muestra", "Preparación de reactivos y soluciones", "Desarrollo del procedimiento analítico", "Tratamiento de datos y expresión de resultados" y "Evaluación de la precisión y exactitud dentro del rango considerado como aceptable". Siendo evaluados por tres indicadores, I: "De la planificación del trabajo en el laboratorio", II: "De las operaciones en el laboratorio" y III: "De la expresión del resultado final", para determinar si las innovaciones significaban realmente un adelanto. Con instrumentos de observación adecuados se evalúa a cada alumno, obteniendo un porcentaje para cada indicador y por alumno.

Palabras claves: química analítica - enseñanza experimental - criterios e indicadores.

SUMMARY: Monitoring improvements upon Analytical Chemistry experimental teaching. Mantovani, Víctor E.*; Rodil, Beatriz; Basail, Claudia.; Goicoechea, Héctor C.; Hernández, Silvia R.; De Zan, Mercedes; Robles, Juan C.; Cámara, María S. The experimental classes in Analytical Chemistry I were modified; and the analytical criteria students should know and apply to achieve quality in experimental laboratory work were clearly defined. These criteria are: "Knowing the total analytical process step by step", "Conceptual knowledge", "Selecting a method", "Obtaining and preparing samples", "Preparing reagents and solutions", "The analytical process development", "Processing data and stating results", and "Evaluation of precision and accuracy within the so considered acceptable range".

These criteria were evaluated by three indicators in order to determine whether innovations are an improvement upon our work: I "Planning laboratory work", II "Operations", and III "Expressing". As each student is evaluated by means of appropriate observing instruments, a percentage for each indicator and student is being achieved.

Key words: analytical chemistry - experimental teaching criteria and indicators.

Introducción

La química analítica juega un rol muy significativo en todos los aspectos de la vida moderna, por ejemplo, desde la medición de contaminantes traza en el medio ambiente a la caracterización de materiales complejos.

Considerándola como ciencia de las mediciones químicas requiere de determinados pasos con el propósito de obtener información analítica. Como es bien conocido, estos pasos son: definición del problema / muestreo / pretratamiento de muestra / separación / calibración / detección-determinación / evaluación estadística / información.

La discusión de la enseñanza de grado de la química analítica está centrada en el contenido de la

currícula (1, 2) y, especialmente, en la metodología de la enseñanza experimental. Poner énfasis en cubrir tantas técnicas y métodos como sea posible, crea serias dificultades para el docente y el estudiante, ya que la proliferación de métodos y sus variantes hace imposible a los estudiantes volverse versados en todos ellos. Además, los rápidos cambios en ciertas áreas pueden hacer al conocimiento adquirido hoy, obsoleto en pocos años.

En general, los profesores de química analítica son muy creativos en diseñar nuevos métodos de enseñanza. Sin embargo, determinar si la nueva aproximación redundará en un mejor aprendizaje es a menudo difícil, por lo cual se necesitan evaluaciones razonablemente buenas para establecer si las

innovaciones en la enseñanza significan realmente un adelanto.

El objetivo central de nuestra investigación es generar y usar indicadores, que permitan monitorear la evolución del proceso de la enseñanza experimental de la química analítica, al realizar modificaciones en los trabajos de laboratorio de alumnos (3). Estas modificaciones, que tienden a asegurar una buena formación analítica básica en los estudiantes -en su primer contacto universitario con esta disciplina-, se realizan por medio de la participación individual y grupal para adquirir los criterios de trabajo en laboratorio.

En primer lugar se apuntó a desestructurar los trabajos prácticos al avanzar en el cuatrimestre, llegando al final del mismo a resolver una muestra problema real en forma individual. Además, un aspecto de esta enseñanza es que los alumnos comprendan los fundamentos de la ciencia analítica y, simultáneamente, cómo las "producciones científicas" se vinculan con los contextos en los que surge el conocimiento analítico.

Los propósitos que la orientan son:

- generar con criterios flexibles, capaces de usar los datos e informaciones que se disponen para tomar decisiones o para realizar un salto cualitativo hacia nuevas tecnologías / metodologías analíticas.
- brindar a los alumnos las herramientas necesarias para un buen desempeño profesional, a partir del desarrollo del "criterio analítico" en el trabajo en laboratorio y la correcta aplicación del control de calidad en el proceso analítico, buscando la comprensión de que las decisiones que se tomen afectarán a la sociedad a la que pertenece el profesional y a la cual brinda su servicio; campo donde se debe reflejar criterio, ética y responsabilidad (4, 5).

Metodología

Fase 1: Actividades para la preparación de la experiencia.

Se estudiaron trabajos presentados en revistas, congresos y workshops, relativos a la currícula de la química analítica y a la metodología de la enseñanza, con el fin de analizar y reflexionar sobre experiencias ya realizadas (1, 2, 6, 7).

Se realizaron entrevistas a catorce docentes y profesionales, que se desempeñan en distintas áreas de la bioquímica y biotecnología, en laboratorios

unipersonales, especializados, de alta complejidad, de instituciones públicas, privadas e industriales, a los fines de confirmar y/o modificar criterios e instrumentos según las necesidades explicadas por los mismos. El motivo por el cual se consideró de mucha importancia la realización de esta actividad, reside en tener un claro conocimiento de los puntos y temas que el estudiante necesita estudiar y experimentar con relación a la tendencia actual en el área profesional.

Fase 2: Identificación de indicadores, criterios e instrumentos.

Teniendo en cuenta los objetivos y propósitos enunciados se seleccionaron tres ejes de trabajo que comprenden:

- **Planificación del análisis:** el criterio que la sustenta es comprender y desarrollar el trabajo como "Proceso".
- **Realización del análisis en el Laboratorio:** el criterio para su realización debe permitir tomar las decisiones adecuadas para lograr las propiedades analíticas supremas "representatividad y exactitud".
- **Expresión de resultados:** el criterio, aquí, es valorar la estadística y su correcto uso para mostrar la exactitud y precisión logradas.

Estos ejes son monitoreados respectivamente por los siguientes indicadores:

Indicador I

"De la planificación del trabajo en el laboratorio".
Que evalúa el logro del criterio N° 1: "Conocimiento de los pasos del proceso analítico total".

Indicador II

"De las operaciones en el laboratorio".
Evalúa el logro de los criterios N° 2: "Conocimiento conceptual", N° 3: "Elección del método", N° 4: "Toma y preparación de la muestra", N° 5: "Preparación de reactivos y soluciones" y N° 6: "Desarrollo del procedimiento analítico".

Indicador III

"De la expresión del resultado final".
Comprende los criterios N° 7: "Tratamiento de datos y expresión de resultados" y N° 8: "Evaluación de la precisión y exactitud dentro del rango considerado como aceptable".

Los criterios se cuantificaron a través de valores estimados por medio de los cinco instrumentos siguientes:

a- Coloquio individual/grupal: Se detectaron los conceptos logrados y se infirieron los que no lo están y por qué motivo.

b- Cuaderno de laboratorio: Se observó si el alumno documenta el trabajo en el Laboratorio incluyendo: procedimientos, observaciones, datos que emerjan del desarrollo del proceso analítico ejecutado, etc., asegurando así, con una comunicación efectiva, un resultado rastreado.

c- Desarrollo en el laboratorio: Se observó si el estudiante adquirió el pensamiento crítico, habilidades manuales, independencia e integra-

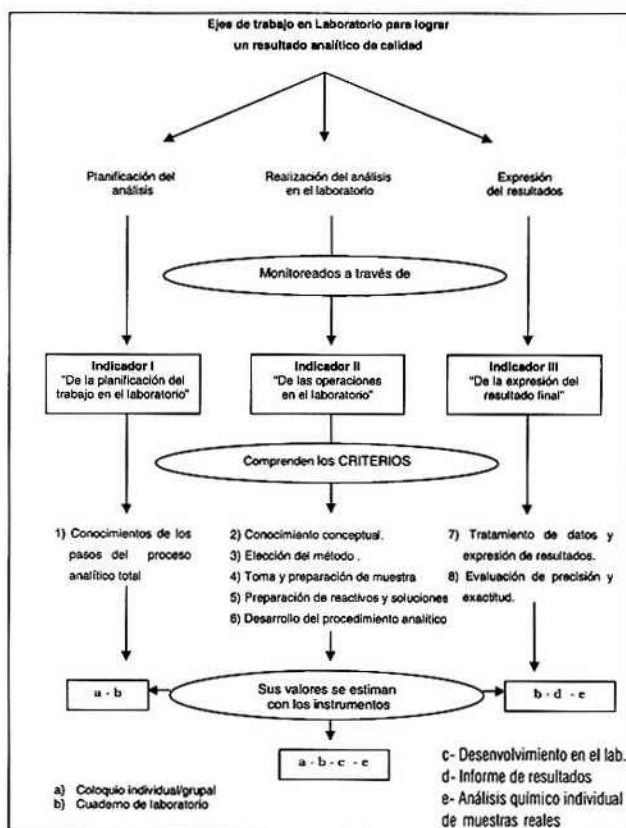
ción para el trabajo grupal. Este instrumento es la llave que permitió realimentar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

d- Informe de resultados: Se observó si los datos fueron tratados con criterios estadísticos y si la exactitud y precisión del resultado estuvieron dentro de límites aceptables. Así como la habilidad para elaborar un informe concreto, claro y completo.

e- Análisis químico individual en muestras reales: La programación y ejecución que cada estudiante efectuó, permitió evaluar si logró un aprendizaje significativo para resolver un problema analítico.

Esta fase de la metodología se resume en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Herramientas Metodológicas.



Fase 3: Trabajos previos al desarrollo de la experiencia.

Con el fin de optimizar el desarrollo de esta experiencia, se ejecutaron las siguientes actividades:

- Modificación de los trabajos experimentales, orientándolos al análisis sobre muestras reales, incluyendo el control de procesos en fermentadores a escala de laboratorio (8).

- Confección de una planilla individual de cada alumno. Durante el cursado, el desenvolvimiento del alumno en esta experiencia se observó y se siguió a través de la planilla individual, que los docentes fueron completando en cada trabajo práctico de laboratorio. Esta planilla fue diagramada teniendo en cuenta los criterios y las semanas de clase, donde consta el valor de cada indicador para cada alumno, según se muestra en la Cuadro 2.

- Entrenamiento de los docentes para el uso de los indicadores.

- Preparación y posterior realización de la evaluación final de laboratorio, donde el estudiante

efectúa la cuantificación de un componente de una muestra real, previa propuesta metodológica.

Fase 4: Desarrollo de la experiencia.

La experiencia se desarrolló en el segundo cuatrimestre del año 2001. Cursaron Química Analítica I los alumnos de la carrera de Bioquímica y Licenciatura de Biotecnología, finalizando como regulares ciento quince alumnos. Los estudiantes asistieron durante catorce semanas a: una clase teórica general, una clase de resolución de problemas y una clase de laboratorio. En ésta última el máximo era de dieciocho alumnos por grupo, constituyéndose ocho grupos en total.

Las observaciones en las clases de laboratorio, efectuadas semanalmente en cada grupo por los docentes responsables de los mismos, se realizaron por medio de los cinco instrumentos mencionados (a-b-c-d-e), para estimar los ocho criterios. A cada uno de éstos se le adjudicó un puntaje, establecido en forma relativa a su influencia en la calidad del proceso analítico total. Estos valores y su integración al proceso de observación se muestran agrupados en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Escala de dominio indicadores y criterios.

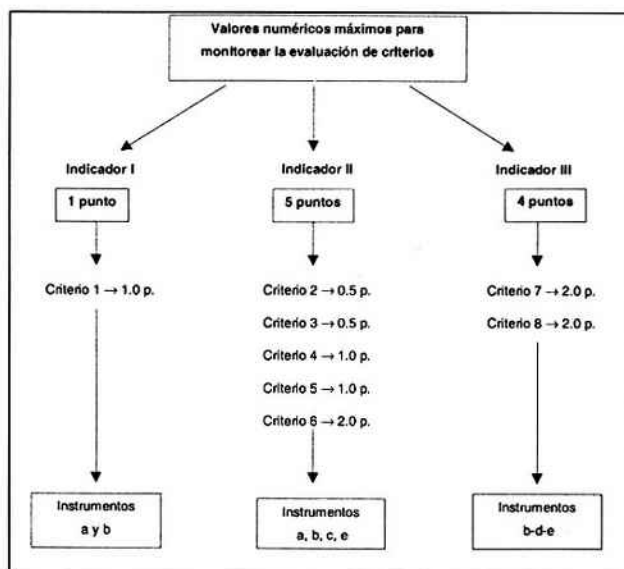


Tabla 1: Valores promedio de criterios e indicadores de un solo grupo de trabajos prácticos

Alumno	Indicador I (1 punto)	Indicador II (5 puntos)					Indicador III (4 puntos)	
	Criterio 1	Criterio 2	Criterios 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Criterio 8
	Conocimiento de los pasos del PAT.	Conocimiento conceptual	Elección del método	Toma y preparación la muestra	Preparación de reactivos y soluciones	Desarrollo del procedimiento analítico	Tratamiento de datos y exp. de resultados	Evaluación de la precisión y exactitud
Puntajes Máx.	1.0	0.5	0.5	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0
ALL.	0.6	0.3	0.3	1.0	1.0	1.7	2.0	2.0
BU.	0.5	0.3	0.3	0.7	0.7	1.5	1.0	1.0
CUS.	0.2	0.1	0.1	0.7	0.7	1.5	1.5	1.5
GAL.	0.5	0.3	0.3	0.7	0.7	1.5	1.5	1.5
GON.	0.7	0.3	0.3	1.0	1.0	2.0	1.7	1.7
GOR.	0.7	0.3	0.3	0.8	0.8	1.5	1.7	1.7
LAR.	0.6	0.3	0.3	0.7	0.7	1.7	1.7	1.7
MEI.	0.7	0.3	0.3	0.9	0.9	2.0	2.0	2.0
MUR.	0.8	0.4	0.4	0.7	0.7	2.0	2.0	2.0
OSEL.	0.5	0.3	0.3	1.0	1.0	1.7	1.7	1.7
PEY.	0.7	0.3	0.3	0.8	0.8	2.0	2.0	2.0
Prom. de cada Criterio	0.6	0.3	0.3	0.8	0.8	1.7	1.7	1.7
Ptos. por Indicador	0.6	0.3	0.3	3.9	0.8	3.4	0.8	3.4
Porc. por Indicador del Grupo (%)	60			78				85

Tabla 2: Promedio general de criterios e indicadores de los 115 alumnos regulares

	Indicador I (1 punto)	Indicador II (5 puntos)					Indicador III (4 puntos)	
	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Criterio 8
Alumno	Conocimiento de los pasos del PAT.	Conocimiento conceptual	Elección del método	Toma y preparación de la muestra	Preparación de reactivos y soluciones	Desarrollo del procedimiento analítico	Tratamiento de datos y exp. de resultados	Evaluación de la precisión y exactitud.
Puntajes Máx.	1.0	0.5	0.5	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0
Promedio de cada Criterio	0.7	0.4	0.4	0.9	0.9	1.7	1.5	1.5
Puntos por Indicador	0.7	4.3					3.0	
Porcentaje por Indicador del Grupo (%)	70	86					75	

Resultados y discusión

Durante el cursado se fue completando el Cuadro 2 para cada alumno, usando los valores que están establecidos en el Cuadro 3. Al final del cuatrimestre se obtuvo el valor de los indicadores sumando los promedios obtenidos para cada uno de los criterios monitoreados por dichos indicadores.

Los promedios de los criterios de cada alumno se volcaron en la Tabla 1 correspondiente a cada grupo de trabajos prácticos, con el fin de obtener los valores de los indicadores.

Finalmente en la Tabla 2 se reunieron los mismos valores para el total de los ciento quince alumnos que finalizaron el cursado.

Por disposiciones académicas de la facultad el valor establecido para promocionar la asignatura es del 60 %, se tomó también este valor como porcentaje aceptable en cada indicador como índice de un buen rendimiento en el aprendizaje experimental. Analizando los valores presentados en la Tabla 2, los resultados se pueden considerar satisfactorios. Esto se condice con las observaciones realizadas cuando los alumnos enfrentaron la resolución de muestras reales, expresadas tanto en la planificación, como la ejecución de metodologías analíticas y en la presentación del informe final de resultados, como lo muestra el valor promedio de los indicadores Ind. 1: 75 %; Ind. 2: 86 % e Ind. 3: 80 %, valores que son superiores al promedio general del cuatrimestre, según se muestra en la Tabla 2.

Conclusiones

La observación organizada, continua y con objetivos concretos, permite una mayor comunicación en la relación docente-alumno durante la etapa del cursado de la asignatura Química Analítica I. Este hecho permite una interacción efectiva que favorece la comprensión de conceptos y el desarrollo de criterios analíticos por parte del estudiante, y un conocimiento más profundo, por parte del docente, de las dificultades de aprendizaje que tiene el alumno.

Ante la necesidad de lograr una homogeneidad en la enseñanza y observación de los criterios señalados, se estableció también una mayor interacción en el grupo docente a cargo del desarrollo de la asignatura, provocando la lógica reflexión que motiva el crecimiento personal y la toma de conciencia de la responsabilidad docente.

La comprobación de la adquisición de los criterios, por parte de los alumnos, en los cuales se basaron los tres ejes de trabajo: 1) Planificación del análisis, 2) Realización del análisis en el laboratorio y 3) Expresión de resultados, estuvo avalado por los resultados que alcanzaron los alumnos en la realización del análisis químico individual de muestras reales, y por los valores obtenidos por los respectivos indicadores.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional del Litoral por el subsidio para el proyecto CAI+D 2000, número: 12/B 149. También agradecen a los docentes Julieta Barrandeguy, Mariana Yossen, Julieta Ferraro y a los pasantes Lucila Satuf, Gustavo Ribero, Fabiana Gutierrez, Jimena Figueroa, Vanina Franco, Carina Nocera, Gabriela Capello y Paola Juárez, por su participación activa para el desarrollo de este trabajo.

Bibliografía

- 1- Christian G. D., 2000. Report on Symposium on Teaching Aspects in Chemistry: Curriculum Developments in Analytical Chemistry. Pacificchem 2000, Honolulu. <http://ce.t.soka.ac.jp/cei/v2n1/pacificchemreport.html>
- 2- Workshops, 1996/1997. Curricular Developments in the Analytical Sciences. Supported by the NSF-National Science Foundation. Leesburg, VA y Atlanta, GA. Chair Ted Kuwana.
- 3- Rodil B., Hernández S., De Zan M. y Mantovani V., 1999. Indicadores para la evaluación de la acción docente en la enseñanza de la Química Analítica. FABICIB 3, 77-83.
- 4- Mantovani V., Rodil B., Cámara M. S., De Zan M., Robles J.C. y Goicoechea H., 2001. El desafío de la calidad: un mensaje pedagógico para el trabajo experimental en química analítica". Enviado para su publicación a la Revista "Enseñanza de las Ciencias", Barcelona. N° referencia 201015.
- 5- Walters J.P., 199. Role-Playing Analytical Chemistry Laboratories. Part 1: Structural and Pedagogical Ideas. Analytical Chemistry 63, 20: 977A-985A.
- 6- Thorpe T. y Ullman A., 1996. Preparing Analytical Chemists for Industry. Analytical Chemistry 68, 477A-480A.
- 7- Ullman A. y Boutilier Glenn, 2000. Teaching Analytical Chemistry: What Does Industry Need. Symposium Pacificchem 2000, Honolulu.
- 8- Goicoechea H., Eluk D., Kubescha M., Ferraro J., Rodil B., Miglietta H. y Mantovani V., 2000. Probiotics Production: An Interesting Example for the Undergraduate Analytical Chemistry Laboratory. Chem. Educator 5, 67-70.