



## El plan de muestreo como elemento integrador en la didáctica de la química

*Sample plan as integrator element in chemistry didactic*

Tania Carballeira Amarelo<sup>1</sup> y Bibiana Pacios Penelas<sup>2</sup>

### Resumen

La falta de contextualización, ausencia de relación con el entorno geográfico y productivo de las actividades propuestas son una de las debilidades en la didáctica de la química en la educación secundaria superior. Relacionando los distintos contenidos modulares mediante actividades interdisciplinares se favorece el aprendizaje constructivista en el alumnado y el empleo y manejo de fuentes bibliográficas de bases de datos sobre artículos de investigación y normativa legal provocan el aumento de motivación en el alumnado y la adquisición de aptitudes basadas en el saber hacer. Esta propuesta metodológica sobre la elaboración y ejecución de un plan de muestreo en el entorno del alumnado busca solventar las debilidades anteriormente planteadas y fomentar una didáctica encaminada hacia un aprendizaje significativo.

### Palabras clave

Didáctica de la química, interdisciplinariedad, contextualización, plan de muestreo.

### Abstract

The lack of contextualization, the absence of relation with the geographic and productive surroundings of the activities proposed are one of the weaknesses in chemistry didactic in the upper secondary education. Constructivist learning in the students is favoured by linking different modular contents setting up interdisciplinary activities, as well as the use and management of bibliographic sources of databases and articles of investigation and legal regulations cause an increase of motivation in the undergraduates and the acquisition of aptitudes based in the know-how. This methodological proposal on the preparation and execution of a plan of sampling in the surroundings of the students looks for a way of solving the weak points previously posed and boost a didactic directed to the significant learning.

### Keywords

Chemistry didactic, interdisciplinarity, contextualization, sample plan.

<sup>1</sup>Instituto de Educación Secundaria Moncho Valcarce, As Pontes, Galicia, España.

<sup>2</sup>Consellería de Cultura, Educación y Universidade, Xunta de Galicia.

## Introducción

El lenguaje de la química es una herramienta imprescindible para facilitar la comprensión del mundo en general y de todo lo que nos rodea en particular (de Quadros et al, 2011). Por ello, la perseverancia de los docentes de química en orientar su metodología hacia un enfoque CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) que permita un aprendizaje constructivista en el alumnado.

Tradicionalmente, la enseñanza de las ciencias ha estado enfocada fundamentalmente a la transmisión de conceptos (Martínez y Jiménez, 2012) sin perseverar en la capacidad argumentativa ni en el saber hacer, pero a día de hoy, existe el reclamo de un estilo docente más incitativo y centrado en el aprendiz porque se solicita, por parte de los estudiantes, poder apropiarse de los conocimientos y un saber enseñar por parte del docente (Míguez, 2010).

La documentación bibliográfica ha estado anteriormente más centrada en la transmisión de conocimientos que en la contextualización, pero la llegada de las nuevas tecnologías y con ellas el desarrollo de blogs ha permitido una mayor alfabetización científica. La implementación de páginas webs que incorporan experimentos científicos favorecen la didáctica hacia un enfoque CTS (Martínez y Jiménez, 2012).

La contextualización de la ciencia sigue siendo también un problema actual en la docencia de la educación secundaria, que se traduce en una de las dificultades con las que se encuentran los docentes de química en la educación secundaria superior. La contextualización resulta imprescindible para un aprendizaje constructivista y el conocimiento del entorno científico-industrial resulta un elemento motivador para la formación (Meroni et al, 2015). De igual modo, la interdisciplinariedad facilita el aprendizaje y es la didáctica basada en la adquisición de competencias la que parece aunar todos estos requisitos (de la Chaussée, 2009; de Quadros et al, 2011).

Hasta la historia reciente la docencia en la educación secundaria ha estado alejada de la investigación y teniendo en cuenta que para investigar es necesario recurrir a dos métodos, un método interior que favorezca el pensamiento crítico y la capacidad argumentativa, y un segundo método a posteriori para investigar (de la Chaussée, 2009), resulta evidente que docencia en química e investigación han de estar inevitablemente unidas. Los enfoques de enseñanza acorde con la investigación didáctica inciden en la necesidad de involucrar a los estudiantes en problemas y actividades que generen conocimiento y saber hacer (Cortés et al, 2016).

La explosión informática y el empoderamiento tecnológico a través del conocimiento, inciden sobre la educación y exigen contenidos más estructurados y sistematizados, así como estrategias educativas más diversificadas y eficaces. En Europa, los estudiantes que están inconformes con los planes de estudio del Espacio Europeo de Educación Superior, rechazan, entre otras cosas, el carácter que consideran profesionalizante e inflexible de la formación profesional (Rius, 2011). Con la mirada puesta ahora en la formación inicial y permanente de docentes de formación profesional y el desarrollo de sus competencias didácticas, cabe resaltar la escasa experiencia que muchos muestran fuera del ámbito educativo, lo que podría incidir directamente en su capacidad para transmitir al alumnado las competencias debidas si no se esfuerza en suplirlo.

## Fundamento

Teniendo en cuenta pues, que una de las amenazas más visible y persistente en la didáctica de la química en la educación secundaria superior es establecer nexos de unión entre los distintos contenidos modulares que permita al alumnado alcanzar un aprendizaje constructivista mediante la relación de los mismos con el entorno geográfico y productivo y el campo de la investigación, se propone el plan de muestreo como una posible solución a este problema, logrando con el planteamiento, desarrollo y ejecución del mismo integrar los diversos contenidos de gran parte de los módulos del ciclo superior que nos ocupa, en este caso, Ciclo Superior de laboratorio de Análisis y Control de Calidad. Así pues, tal y como se recoge en el currículo respectivo (Texto refundido del Decreto 221/2008 y Decreto 38/2010) esta propuesta permite alcanzar gran parte de las competencias establecidas y cumplir un importante número de los objetivos planteados como identificar y caracterizar los productos que se deban controlar, analizando la documentación específica asociada, para seleccionar el método de análisis más adecuado, seleccionar los materiales y los equipos necesarios, y relacionar sus características con el tipo de análisis que se vaya a realizar, describir el plan de muestreo y analizar las características que deban cumplir las muestras, para realizar su toma, analizar e interpretar los datos obtenidos, e identificar las técnicas de presentación de resultados, para evaluar su validez, reconocer programas informáticos de tratamiento de datos y de gestión en relación con el procesamiento de resultados analíticos, etc.

Por ello, esta investigación pretende diseñar e implementar una estrategia didáctica interdisciplinaria orientada al mundo laboral de un laboratorio químico analítico de aguas. Esta actividad, fundamentada en una concepción constructivista, busca promover aprendizajes significativos a partir de la reestructuración de las concepciones previas y del pensamiento del aprendiz sobre su propio aprendizaje (Míguez, 2010), aproximándolo además al entorno productivo.

## Metodología

El muestreo se define como una etapa del proceso analítico imprescindible para poder obtener una muestra que resulte fielmente representativa de la población objeto de estudio. Para ello, se hace necesario el diseño de un plan de muestreo, entendido como un procedimiento utilizado para seleccionar, tomar, conservar, transportar y preparar las muestras (Pérez, 2014; Pérez, 2016). Para poder abarcar el objetivo planteado del plan de muestreo como elemento integrador, la metodología propuesta, se esquematiza en cuatro ejes fundamentales que a continuación se exponen.

### *Desarrollo del plan de muestreo*

Se divide el alumnado de primer curso del Ciclo Superior de Laboratorio de Análisis y Control de Calidad en grupos de tres o cuatro personas y se les propone la realización del plan de muestreo de las aguas del Lago de As Pontes, cumpliendo así con el objetivo de la contextualización en el entorno geográfico y productivo. Esta etapa se desarrolla dentro del Módulo profesional de "Muestreo y preparación de la muestra" con objeto de que el alumno adquiera las competencias necesarias para poder organizar un plan de muestreo, justificar los procedimientos realizados y los recursos empleados en cada etapa secuencial.

El alumnado elabora en documento digital el plan de muestreo haciendo uso de diversa información web gráfica y bibliográfica, compuesta por libros impresos sobre técnicas de muestreo, tesis doctorales disponibles en formato abierto en la web y normativa legal en el campo que aplica (Bibliografía y webgrafía incorporada en el presente artículo: Aenor, 1997; Cámara et al., 2004; Mijares, 2013; Rodríguez, 2014; Schenone et al., 2014).

Esta sección permite al alumnado adquirir mediante aprendizaje interrogativo los conceptos relativos al muestreo y plan de muestreo, además de fomentar en él un espíritu crítico y autonomía en las propuestas ejecutadas. El manejo de normativa legal y documentación universitaria en el campo de la investigación acerca al alumnado, al mundo investigador y le permite adquirir un aprendizaje constructivista mediante la relación de la propuesta de análisis de caracterización del agua del Lago con los resultados requeridos en diversa normativa legal para su clasificación.

### **Realización de Pósteres para la presentación de comunicaciones**

El alumnado realiza a continuación un Póster en formato digital, siguiendo los requerimientos típicos de la elaboración de comunicaciones para asistencias a congresos o ferias a nivel de investigación, sobre el plan de muestreo propuesto y los contenidos y objetivos en él abordados. A continuación, los pósteres son expuestos en el centro y el alumnado de ciclo responde a las cuestiones que el resto del alumnado del centro considera sobre los pósteres expuestos y el trabajo realizado. (Figura 1).



**FIGURA 1.** Imagen de la exposición de pósteres en el centro educativo.

### **Selección de plan de muestreo y realización de toma de muestra y análisis in situ**

De los planes de muestreo planteados se procede a la selección de uno de ellos y el alumnado prepara el material, reactivos e instrumental necesarios para proceder en la siguiente jornada a la realización del muestreo descrito en el plan. Este procedimiento implica también la calibración de aquel instrumental que lo requiera (Waterproof testers XS PC 5, Quick Guide) y la correcta ejecución del plan de muestreo en cuanto a tipo de muestra, número de muestras, características de los envases empleados según el parámetro fisicoquímico o microbiológico a analizar; características en el transporte y almacenamiento, realización de medidas *in situ*, programación de los análisis llevados a cabo en el laboratorio según los requerimientos de conservación y almacenamiento, etc. (Pérez, 2014; Pérez, 2016).

Se muestran así diferentes imágenes de la toma de muestra. (Figura 2).



**FIGURA 2.** Imágenes de la toma de muestra y análisis *in situ*.

En esta sección el alumnado trabaja contenidos diversos modulares, afectando fundamentalmente a los módulos de “Análisis químicos”, “Ensayos microbiológicos” y “Ensayos fisicoquímicos” que pertenecen también al primer curso y que permite que la actividad propuesta actúe, por tanto, como elemento integrador de los diferentes contenidos curriculares por lo que se dice de ella una actividad interdisciplinar. Además, mediante la ejecución y desarrollo del plan de muestreo (Pérez V. D., 2014; Pérez V. D., 2016) el alumnado adquiere conocimientos y aptitudes basadas en el saber hacer, aspecto fundamental en la formación profesional que produce una motivación en el alumnado y un acercamiento importante al entorno laboral.

### ***Realización de análisis de laboratorio e interpretación de resultados***

Tras la toma de muestra, realización de análisis *in situ*, transporte y conservación de las mismas, el alumnado realiza en el laboratorio los análisis de los parámetros indicados en el plan de muestreo diseñado sobre las muestras integradas. En la Tabla 1 pueden observarse los valores medios obtenidos para cada uno de los parámetros y la desviación estándar de la medida y en la Tabla 2 la relación entre los anteriores y los resultados de aprendizaje y criterios de evaluación con los que se relacionan a nivel curricular para cada uno de los módulos (Texto refundido del Decreto 221/2008 y Decreto 38/2010).

**TABLA 1.** Valores medios y desviaciones de los parámetros obtenidos en el análisis de las muestras integradas\*.

Valores límite para establecer la calidad como agua de baño.

\* En total son seis los grupos de trabajo, de modo que los resultados expresados son obtenidos del promedio de los valores de las seis muestras integradas. Cada grupo de trabajo obtiene una única muestra integrada de un total de cuatro muestras tomadas en distintos puntos de forma simultánea.

Parámetro	Unidades	Promedio*	Desviación estándar*	Valores límite RD 1341/2007
In situ				
Temperatura (T <sup>a</sup> )	° C	15,0	0,4	
Salinidad	mg/L	126,1	0,4	
Conductividad	µS/cm	265,5	0,8	
pH		6,3	0,2	
Potencial redox	mV	29,8	6,4	
Sólidos totales disueltos (TDS)	mg/L	188,2	0,8	
En laboratorio				
Sólidos en suspensión totales (SST)	mg/L	10,0	0,0	
Sólidos en suspensión volátiles (SSV)	mg/L	2,0	0,0	
Alcalinidad	mgCaCO <sub>3</sub> /L	52,0	3,5	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO <sub>2</sub> /L	95,9	2,4	
Cloro total disuelto	mg/L	0,0	0,0	
Nitratos	mg/L	0,0	0,0	
Nitritos	mg/L	0,0	0,0	
Sulfatos	mg/L	0-200		
Fosfatos	mg/L	0,0	0,0	
Carbonatos	mg/L	0-70		
Coliformes totales	UFC/100 mL	232,5	21,9	
Escherichia coli	UFC/100 mL	76,0	21,9	500 (máx.)
Clostridium perfringens	UFC/100 mL	Ausencia		

**TABLA 2.** Relación entre los parámetros medidos y los resultados de aprendizaje tratados y criterios de evaluación evaluados por módulo a nivel curricular.

Parámetro	Unidades	Módulo	% Modular abarcado con “el plan de muestreo”
In situ			
Temperatura (T <sup>a</sup> )	° C	Fisicoquímicos	26
Salinidad	mg/L		
Conductividad	µS/cm		
pH			
Potencial redox	mV		
Sólidos totales disueltos (TDS)	mg/L		
En laboratorio			
Sólidos en suspensión totales (SST)	mg/L	Fisicoquímicos	26
Sólidos en suspensión volátiles (SSV)	mg/L		
Alcalinidad	mgCaCO <sub>3</sub> /L	Químicos	21
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO <sub>2</sub> /L		
Cloro total disuelto	mg/L		
Nitratos	mg/L		
Nitritos	mg/L		
Sulfatos	mg/L		
Fosfatos	mg/L		
Carbonatos	mg/L		
Coliformes totales	UFC/100 mL	microbiológicos	14
Escherichia coli	UFC/100 mL		
Clostridium perfringens	UFC/100 mL		

Para el módulo de Muestreo y preparación de la muestra que es dentro del cual se desarrolla fundamentalmente la presente actividad, esta permite abordar un 69% de los contenidos curriculares, facilitando la consecución de una parte muy importante de los objetivos planteados.

Tras la obtención de los datos, el alumnado procede a realizar el tratamiento de los mismos e interpretación de resultados. Además de cálculos estadísticos sencillos como el promedio y la desviación estándar de los datos obtenidos, previo a la elaboración del informe final, el alumnado efectúa una comparativa de los resultados obtenidos con los valores paramétricos indicados en la normativa legal. Se consulta la siguiente normativa legal:

- Directiva 91/271/CEE sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, actualmente en revisión, que permite observar al alumnado que los parámetros obtenidos para los valores de Sólidos en suspensión totales y Demanda Química de Oxígeno (Anexo I de la directiva) son muy inferiores a los requeridos para las aguas de vertido tras el tratamiento en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR), lo que permitiría decir que evidentemente no se trata de un agua residual sino natural.
- Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (Directiva Marco del Agua), según la cual el alumnado interpreta que el agua del lago de As Pontes es un agua artificial, continental, superficial, que posee muy buen estado químico dados los valores de pH, salinidad, transparencia... obtenidos y en general, un buen estado cuantitativo según lo establecido en el Anexo V de la citada normativa.
- Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. La interpretación de los resultados obtenidos para coliformes totales, E. Coli y pH en las muestras de agua analizadas, y teniendo en cuenta el valor paramétrico establecido en el Anexo I de la normativa, permite deducir que no serviría directamente como agua de consumo, tal y como cabía esperar, ya que no se emplea para este fin. No obstante, los valores obtenidos para el resto, los parámetros como conductividad, nitratos, cloro libre, sulfatos... sí permitirían clasificarla como tal.
- Real Decreto 1341/2007 sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño. Los valores paramétricos indicados en el Anexo I del presente Decreto son superiores a los obtenidos para E. Coli en las muestras de agua analizadas, además los valores obtenidos (al ser menores al máximo permitido —ver Tabla 1— que son 500 UFC/100 mL) permitirían clasificar esta agua como "Agua de calidad excelente para el baño", siendo este el uso requerido para la misma. El alumnado comprueba también que esta es la clasificación otorgada por el organismo Aguas de Galicia, que es el que se dedica al control y gestión de la misma según [Perfiles de las aguas de baño para las zonas de baño del ámbito territorial Galicia-Costa, P90215](#).

## Conclusiones

El plan de muestreo resulta una actividad que permite abordar contenidos de los diferentes módulos, siendo, pues, una actividad interdisciplinar; además la realización del mismo sobre aguas del entorno geográfico permite al alumnado adquirir un aprendizaje significativo y una mayor motivación. La realización de pósteres y consultas de bases de datos sobre artículos de investigación y tesis doctorales acerca al alumnado al mundo de la investigación, favoreciendo su sentido crítico y autonomía en la toma de decisiones, de igual modo que se fomentan también los mismos en la interpretación de los resultados obtenidos manejando diferente normativa legal.

Esta propuesta metodológica permite superar gran parte de las debilidades manifestadas en la educación secundaria superior en el ámbito de la química y conduce la concreción curricular hacia un enfoque CTS que permite un aprendizaje constructivista en el alumnado, actuando el docente como elemento director, pero el alumnado como elemento intérprete.

## Referencias

- Aenor. (1997). Recopilación de Normas UNE, Calidad del Agua, Medio Ambiente-Tomo 1. Madrid, España.
- Cámara, C., Fernández, P., Martín-Esteban, A., Pérez-Conde, C., y Vidal, M. (2004). Toma y tratamiento de muestras. Editorial Síntesis. Madrid, España.
- Cortés, Y., Montoro, A. B., Jiménez, M. R., y Gil, F. (2016). Perfiles de profesores de secundaria en formación inicial con relación a la química cotidiana. *Educación química*, 27, 143-153.
- de la Chaussée, M. E. (2009). Las estrategias argumentativas en la enseñanza y el aprendizaje de la química. *Educación química*, 20(2), 143-155. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30021-1](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30021-1).
- de Quadros, A. L., Carvalho, D., Silva, F. C., Pereira, F., Aleme, H. G., Tristao, J. C., ... Santos, L. J. (2011). The knowledge of chemistry in secondary education: difficulties from the teachers' viewpoint. *Educación química*, 22(3), 232-239. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30139-3](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30139-3).
- Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. (2000). *Diario Oficial de la Unión Europea*. <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj>.
- Directiva 91/271/CEE sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas. (1991). *Diario Oficial de la Unión Europea*. <http://data.europa.eu/eli/dir/1991/271/oj>.
- Martínez, R., y Jiménez, M. R. (2012). Análisis de blogs y libros para profesores sobre Química cotidiana: una mirada desde la problematización y la contextualización. *Educación química*, 23(3), 346-354. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30119-2](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30119-2).
- Meroni, G., Copello, M. I., y Paredes, J. (2015). Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria. *Educación química*, 26(4), 275-280. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.07.002>.



- Míguez, M. (2010). Una estrategia didáctica alternativa en aulas universitarias de química: potenciando el proceso motivacional por el aprendizaje. *Educación química*, 21(4), 278-286. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30096-X](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30096-X).
- Mijares, M. J. (2013). Procedimiento de actuación para la aplicación de la directiva marco del agua a los lagos artificiales creados por la rehabilitación de las explotaciones mineras a cielo abierto. Tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de A Coruña, Galicia, España. [https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/11702/Mijares%20Coto\\_MariaJose\\_TD\\_2013.pdf](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/11702/Mijares%20Coto_MariaJose_TD_2013.pdf)
- Pérez, V. D. (2014). *Muestreo y preparación de la muestra*. Editorial Síntesis. Madrid, España.
- Pérez, V. D. (2016). *Procedimientos de muestreo y preparación de la muestra*. Editorial Síntesis. Madrid, España.
- Real Decreto 1341/2007 sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño. (2007). *Boletín Oficial de España*. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/10/11/1341/con>
- Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. (2003). *Boletín Oficial de España*. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2003/02/07/140/con>
- Rius, P. (2011). La docencia de la Química: ¿una cuestión de actitudes? Actitudes del docente de licenciatura en Química. *Educación química*, 22(2), 123-133. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30124-1](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30124-1).
- Rodríguez, J. J. (2014). *Muestreo y preparación de la muestra*. Editorial Canopina. Barcelona, España.
- Schenone, N. F., Moscuza, H., Avigliano, E., Rosso, J. J., y Mabragaña, E. (2014). Plan estandarizado de muestreo de Calidad de agua superficial. Proyecto de Monitoreo de Calidad de Aguas, Provincia de Misiones, Argentina. <https://goo.su/XjTypgv>
- Texto refundido del Decreto 221/2008 y Decreto 38/2010, por el que se aprueba el título de Técnico Superior en Laboratorio de Análisis y de Control de Calidad. (Galicia, 2010). [https://www.edu.xunta.gal/fp/sites/fp/files/fp/Curr%C3%ADculos/LOE/Qu%C3%ADmica/cs\\_laboratorio\\_analise\\_control\\_calidade.pdf](https://www.edu.xunta.gal/fp/sites/fp/files/fp/Curr%C3%ADculos/LOE/Qu%C3%ADmica/cs_laboratorio_analise_control_calidade.pdf)
- Waterproof testers XS PC 5. (2020). *Quick Guide*, v 4.0, 10/20. <https://www.xsinstruments.com/api/storage/files/Manuali/XStester.pdf>