

Enseñanza experimental para la mejora del aprendizaje de las ciencias

Regina Martínez Flores

Benito Lacalle Pareja

Universidad CEU San Pablo, Madrid, España

Resumen

En la presente investigación docente, sobre la enseñanza de las ciencias, se aplicó el diseño metodológico de *pre-test / intervención educativa / post-test* en relación con la enseñanza de los grupos funcionales de la química orgánica con estudiantes de bachillerato. La intervención educativa, que consistió en prácticas en el laboratorio durante una hora, supuso una mejora en el aprendizaje del 52%, lo que se tradujo en un aumento de las notas medias de un 5.0 a un 7.6 sobre 10.0, corroborando así la aplicabilidad de esta técnica didáctica. Además, los estudiantes contestaron una encuesta donde valoraron positivamente la influencia de esta experiencia en su aprendizaje e interés hacia la química orgánica, así como en su motivación científica.

Palabras clave

Enseñanza de las ciencias, enseñanza de la química, laboratorio de ciencias, educación media superior, bachillerato, motivación científica.

Experimental teaching for the improvement of the learning of science

Abstract

In this teaching research, we applied a pre-test / educational intervention / post-test methodological design to teaching organic chemistry functional groups to senior High School students. The educational intervention, which consisted on laboratory practices lasting 1 h, resulted in a learning improvement of 52%, which supposed a rise in average score from 5.0 to 7.6 over 10.0, corroborating in this way the applicability of this didactic technique. Additionally, students carried out a survey where they evaluated the influence of this experience in their learning, interest on organic chemistry, and their scientific motivation as positive.

Keywords

Science teaching, chemistry learning, science laboratory, High School Senior, scientific motivation.

Recibido: 12/03/2019

Aceptado: 28/05/2020

Introducción

Considerando los resultados del informe PISA (Programme for International Student Assessment) del año 2018, España presenta los peores resultados en ciencias desde que arrancó la prueba en el año 2000, con una media de 483 puntos (13 menos que en 2013) y ubicándose por debajo de la media europea (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD, 2019). Otro informe, del Word Economic Forum (WEF) de 2017-2018, sitúa al sistema educativo español en el puesto 67 de 137 y lo rebaja al puesto 72 en el aspecto de la calidad en ciencias y matemáticas (WEF, s. f.). Estos datos demuestran el nivel mejorable, en el ámbito de las disciplinas científicas, incluida la química, del estudiantado español.

La enseñanza de la química, como la de otras disciplinas científicas, se ha caracterizado tradicionalmente por estrategias repetitivas basadas en la memorización, lo que provoca en los estudiantes una retención superficial y transitoria de los conocimientos. Este hecho, aunado a las dificultades intrínsecas de la química, derivadas de la comprensión de conceptos abstractos, produce importantes dificultades en los procesos de enseñanza y aprendizaje de esta disciplina para los estudiantes de educación secundaria y bachillerato.

La aplicación de una metodología tradicional en la enseñanza de la química fomenta también la equivocada consideración de que el conocimiento científico es útil únicamente a nivel académico, sin apenas implicación en la vida cotidiana (Torres, 2010). Estas ideas erróneas, tan extendidas en nuestra sociedad, ocasionan en el estudiantado un alejamiento y falta de interés hacia esta área del conocimiento y hacia la ciencia en general. Esto provoca una escisión entre ciencia y sociedad que dificulta enormemente la alfabetización científica de los futuros ciudadanos (Pozo y Gómez, 2009).

En pleno siglo XXI, el distanciamiento entre ciencia y sociedad carece de sentido, ya que nunca la sociedad se ha visto tan influida y modificada por el vertiginoso y revolucionario avance de las ciencias y la tecnología como ahora. Una posible causa de esta incoherencia es que se siguen aplicando metodologías de enseñanza de siglos anteriores a una sociedad que ha cambiado en los últimos años.

Es necesario, pues, un cambio en la enseñanza de las ciencias a fin de que el estudiante abandone un papel receptivo, cuando no pasivo, de memorización y repetición, y que pase a desempeñar un papel activo y protagonista en su educación científica. Se impone, por lo tanto, la aplicación de nuevas estrategias didácticas para la enseñanza de esta disciplina a partir del aprendizaje activo. De esta manera, se pretende involucrar al estudiante en la generación de su propio conocimiento, fomentando su autonomía y responsabilidad, para que el proceso de aprender sea más interesante y motivante. Una de las prácticas pedagógicas consistente con este aprendizaje activo es el aprendizaje dentro

del laboratorio que es necesario y que no está lo suficientemente extendido en la enseñanza de la química de bachillerato.

Existe unanimidad en la importancia de la realización de investigación experimental sobre la enseñanza de la ciencia en general y de la química en particular. Y es que la ciencia ha sido, es y será siempre, experimental; la observación y la experimentación son claves en la ciencia empírica. Además, el aprendizaje de los métodos deductivos implícitos en las metodologías científicas puede favorecer que los estudiantes sean protagonistas de su aprendizaje (Bacon, 2011).

Mediante la realización de prácticas en el laboratorio, el estudiante puede relacionar el aprendizaje de tipo conceptual con el procedimental, así como generar nuevo conocimiento, permitiéndole aprender e iniciarse en los métodos experimentales propios del trabajo científico. La experimentación científica se contempla generalmente en las leyes educativas, como se lee, por ejemplo, en la legislación española (Ley Orgánica de Educación, 2006).

El trabajo en el laboratorio permite, además, introducir un elemento emotivo en el aprendizaje de la química, constituyéndose así en una estrategia motivacional para el aprendizaje de esta disciplina. Despertar la curiosidad del estudiante por los fenómenos químicos que le rodean puede ser útil para recuperar el interés que algunos puedan haber perdido por la química, así como para motivar a quienes, pese a las dificultades que pueda representar la ciencia, siguen apostando por ella. Para aumentar la motivación del estudiante es importante que éste perciba la química como parte de su vida cotidiana, provocando así un interés que le suscite la necesidad de ampliar sus conocimientos en la disciplina. Lo anterior permite al estudiante nuevo conocimiento e integrarlo en su estructura cognitiva, lo que es consistente con un aprendizaje significativo (Ausubel, Novak y Hanesian, 1976; Ausubel, 2002).

Esta investigación se enfocó en la enseñanza de la química orgánica y, en particular, de los grupos funcionales. La química orgánica es también conocida como química de los compuestos del carbono y estudia la preparación, reactividad y estructuras de este tipo de compuestos. Un grupo funcional se define como la parte de la molécula o conjunto de átomos entrelazados de una determinada forma que es responsable de las propiedades de estos compuestos orgánicos. El conocimiento de los compuestos del carbono ha transformado nuestra vida desde el siglo XX, lo que ha mejorado nuestra salud y bienestar. Los medicamentos, vitaminas, fibras sintéticas, plásticos y combustibles son algunos ejemplos.

La enseñanza de los grupos funcionales, parte del temario elemental de la química orgánica, presenta unas dificultades específicas añadidas. A pesar de que el contenido de dichos grupos funcionales se encuentra reflejado en el Boletín Oficial del Estado español –BOE– (Real Decreto por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato,

2015), tanto en 1.^º como en 2.^º de bachillerato los estudiantes presentan importantes dificultades en el aprendizaje de esta disciplina y, muchos de ellos, llegan a su primer año universitario con importantes carencias en este tema (Katz, 1996; Morales y Salgado, 2017).

Partiendo de esta realidad, la presente investigación se basa en el uso de prácticas experimentales de laboratorio como estrategia de aprendizaje activo para la formación en el tema de grupos funcionales de la química orgánica. Se emplea un tiempo limitado para esto; con tan sólo una hora de clase experimental en el laboratorio de enseñanza, los resultados de aprendizaje pueden mejorarse significativamente.

Método

Tipo de investigación

La presente investigación se clasifica como investigación básica, puesto que la finalidad que persigue el estudio es generar conocimiento básico y comprobar la hipótesis por vía deductiva (Bisquerra, 2004). Concretamente, se trata de una investigación cuantitativa preexperimental sin grupo de control, ya que los sujetos de estudio pertenecen a grupos intactos, es decir, dichos grupos ya estaban formados antes del experimento; los sujetos no han sido emparejados ni asignados al azar (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Población y muestra

La muestra objeto de estudio está formada por un total de 46 estudiantes de bachillerato, 35 de ellos de segundo (76%) y los 11 restantes de primero (24%). Los estudiantes pertenecen a tres centros privados de la Comunidad de Madrid. El primero de éstos (*centro 1*) se corresponde con un grupo de 15 estudiantes de química de 2.^º de bachillerato; el segundo (*centro 2*) lo conforman 11 estudiantes de física y química de 1.^º de bachillerato y el tercero (*centro 3*) está formado por 20 estudiantes de química de 2.^º de bachillerato. Todos los estudiantes fueron debidamente informados acerca de que los resultados obtenidos en esta experiencia educativa formarían parte de esta investigación docente.

Objetivo

El fin principal de esta investigación educativa es estudiar la influencia del aprendizaje experimental en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los grupos funcionales de la química orgánica

con estudiantes de bachillerato. La presente investigación persigue también el propósito secundario de conocer la opinión de los estudiantes objeto de estudio sobre la influencia de la experiencia práctica realizada en su aprendizaje e interés por la disciplina, así como en su motivación científica.

Materiales didácticos, procedimientos e instrumentos para la investigación

En la preparación previa a la intervención educativa, en primer lugar, se realizó una selección del contenido a desarrollar, teniendo en cuenta que dicha intervención debía ajustarse a un tiempo máximo de una hora. De entre los grupos funcionales de la química orgánica fueron elegidas aquellas funcionalidades más representativas, considerando como heteroátomos (átomos diferentes al carbono y al hidrógeno) al oxígeno y al nitrógeno. De este modo, el contenido quedó acotado a un total de seis grupos funcionales: ácidos carboxílicos, cetonas, aldehídos, alcoholes, fenoles (funciones oxigenadas: contienen oxígeno) y aminas (funciones nitrogenadas: contienen nitrógeno). En la **figura 1** se muestra un resumen del material didáctico empleado para el estudio de las *estructuras* de estos grupos funcionales, que se encontraban visibles, en forma de fichas, en el laboratorio durante el desarrollo de las prácticas.

A continuación, se procedió a elegir el ensayo clínico de identificación de cada grupo funcional, es decir, al método experimental para identificar el grupo funcional presente en la estructura de un compuesto orgánico. De entre los ensayos específicos conocidos para cada grupo funcional, se eligieron aquellos más sorprendentes o llamativos a fin de captar el interés del estudiante.

Figura 1. Resumen del contenido de estructuras de grupos funcionales del estudio

Estructuras de los grupos funcionales en química orgánica					
Funciones oxigenadas			Funciones nitrogenadas		
			$R-NH_2$		
Ácidos carboxílicos	Cetonas	Aldehídos	$R-NH$	$R-N-R''$	
			Aminas		
Alcoholes	Fenoles				

Fuente: elaboración propia

Tabla 1. Resumen del contenido de reactividad de grupos funcionales del estudio en química orgánica

Nombre	Ensayo (reactivo)	Reactividad	Ensayo positivo (observación visual)
Ácidos carboxílicos	NaHCO ₃	$\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{OH} + \text{NaHCO}_3 \longrightarrow \text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}^-\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$	Desprendimiento de CO ₂
Cetonas	Reactivo de Brady	$\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}' + \text{O}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_2-\text{NH}-\text{NH}_2 \longrightarrow \text{O}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_2-\text{NH}-\text{N}=\text{C}(\text{R}')-\text{R}$	Precipitado color naranja
Aldehídos	Reactivo de Tollens	$\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{H} + \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ \xrightarrow{40-50^\circ\text{C}} \text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}^-\text{NH}_4^+ + \text{Ag}^0$	"Espejo de plata" (Ag ⁰)
Alcoholes		$\text{R}-\text{OH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \longrightarrow \text{R}-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5 + \text{HCl}$	Aroma afrutado (ésteres volátiles)
Fenoles	FeCl ₃	Complejos con Fe ³⁺	Coloración disolución
Aminas	Corriente HCl (g)	$\text{R}-\text{NH}_2 + \text{HCl} \longrightarrow \text{R}-\text{NH}_3^+\text{Cl}^- \downarrow$	Precipitado blanco

Fuente: elaboración propia

tado y despertar/fortalecer posibles motivaciones científicas. Asimismo, se eligieron algunos reactivos de la vida cotidiana, como el ácido cítrico obtenido directamente al exprimir un limón, fomentando de esta manera el aprendizaje significativo a partir de conocimientos previos (Ausubel et al., 1976; Ausubel, 2002). En la **tabla 1** se muestra el resumen del material didáctico utilizado para el estudio de la *reactividad* de dichos grupos funcionales, fichas de reactividad plastificadas de las que dispusieron los estudiantes en el laboratorio.

La metodología de investigación empleada se fundamentó en un proceso de *pre-test / intervención educativa / post-test*, pudiendo así evaluar la mejora en el aprendizaje que supuso dicha intervención. La intervención educativa consistió en prácticas de laboratorio de una hora de duración, en las que se llevaron a cabo un total de seis ensayos experimentales (véase **tabla 1**).

El instrumento para evaluar la influencia de las actividades de enseñanza-aprendizaje consistió en una misma prueba que realizó cada estudiante antes (*pre-test*) y después (*post-test*) de la intervención educativa. A partir de la comparación entre los resultados del *post-test* y el *pre-test* se calcularon los porcentajes de mejora en el aprendizaje. Esta prueba consta de un total de 10 preguntas, seis de las cuales (preguntas núms. 1-6) están relacionadas con el contenido de las *estructuras* de los grupos funcionales objeto de estudio y las cuatro restantes (preguntas núms. 7-10) están vinculadas al contenido de *reactividad* de los grupos funcionales; lo anterior permitió estudiar, en ambos contenidos

y por separado, la mejora en el aprendizaje. La prueba se evaluó sobre 10 puntos. Cada una de las 10 preguntas plantea cuatro opciones de respuesta, pudiendo ser una o varias las correctas. Por tanto, a la hora de corregir se establecieron tres calificaciones posibles, según el grado de acierto en las opciones multi-respuesta planteadas: 1 punto para un 100% de acierto, 0,5 puntos para el acierto incompleto y 0 puntos para el incorrecto.

Para evaluar la opinión de los estudiantes en relación con la influencia de la actividad práctica sobre su aprendizaje e interés por la química, así como sobre su motivación científica (objetivo secundario de esta investigación), se utilizó una *encuesta final* de nueve afirmaciones en las que los estudiantes marcaron una de las cinco opciones: “totalmente en desacuerdo (TD)”, “en desacuerdo (D)”, “no responde / indeciso (NR)”, “de acuerdo (A)” y “totalmente de acuerdo (TA)”. Esta encuesta también incluyó unas preguntas iniciales para saber si los estudiantes tenían experiencia previa en laboratorio y si habían estudiado la rama de química orgánica en algún curso a lo largo de su formación académica. A los estudiantes se les recalcó la importancia de responder con sinceridad a las afirmaciones planteadas, igualmente, se les informó del carácter totalmente confidencial de dicha información.

Resultados y discusión

Tras el tratamiento oportuno de las calificaciones obtenidas por los 46 estudiantes en las pruebas aplicadas antes (*pre-test*) y después (*post-test*) de la intervención educativa, se calcularon las medias de las calificaciones globales (preguntas núms. 1-10), así como las correspondientes a la parte de *estructuras* (preguntas núms. 1-6: 60% del global) y a la parte de *reactividad* (preguntas núms. 7-10: 40% del global; véanse los **cuadros 1, 3 y 5**). Las medias correspondientes a la parte de *estructuras* y a la parte de *reactividad* se presentan en las tablas normalizadas en una escala de 0 a 10 puntos. Para poder realizar más cómodamente la discusión de resultados, se calculó el porcentaje de mejora en el aprendizaje a partir de las calificaciones medias obtenidas antes y después de la intervención educativa (*pre-test* y *post-test*). Estos porcentajes se calcularon tanto para la parte de *estructuras* como para la de *reactividad*, así como para la calificación global (véanse los **cuadros 2, 4 y 6**). A continuación, se exponen los resultados obtenidos para cada uno de los tres centros que participaron en la experiencia.

Se muestran, primeramente, las calificaciones medias en el *pre-test* y en el *post-test*, obtenidas por el total de los 15 estudiantes de 2.^º de bachillerato, pertenecientes al *centro 1*, quienes fueron divididos de forma aleatoria en dos grupos de trabajo: 7 estudiantes en el *grupo 1* (47%) y 8 estudiantes en el *grupo 2* (53%; véase el **cuadro 1**).

Cuadro 1. Calificaciones medias en el centro 1

	Pre-test			Post-test		
	Global	Estructuras	Reactividad	Global	Estructuras	Reactividad
Grupo 1	5.9	7.7	3.2	7.5	8.2	6.4
Grupo 2	5.1	7.3	1.9	6.4	8.4	3.4
Global	5.5	7.5	2.5	7.0	8.3	5.0

Fuente: elaboración propia

Cuadro 2. Porcentajes de mejora en el aprendizaje en el centro 1

	Global	Estructuras	Reactividad
Grupo 1	27 %	6 %	100 %
Grupo 2	25 %	15 %	79 %
Global	27 %	11 %	100 %

Fuente: elaboración propia

En *centro 1* se muestra una mejora desigual entre el contenido de *estructuras* y *reactividad*. En *estructuras* los estudiantes partieron de un buen nivel, que se vio ligeramente mejorado. En *reactividad*, los estudiantes partieron de un nivel bajo que mejoró significativamente.

El hecho de obtener mayor porcentaje de mejora en el aprendizaje, partiendo de un conocimiento previo menor (*estructuras* vs. *reactividad*), podría justificarse por presentarse más espacio para la mejora en el caso del contenido de *reactividad* en comparación con el de *estructuras*.

A continuación, se muestran, en el **cuadro 3**, los resultados medios obtenidos en el *pre-test* y en el *post-test* de los 11 estudiantes de 1.^º de bachillerato del *centro 2*, quienes se organizaron en dos grupos de trabajo, de 7 estudiantes el primero (64%) y de 4 estudiantes el segundo (36%). En el **cuadro 4** se recogen los porcentajes de mejora en el aprendizaje, calculados a partir de los resultados del **cuadro 3**.

Los estudiantes del *centro 2* partían de un nivel muy bajo en *reactividad*, observándose un porcentaje de mejora mucho mayor en este bloque: una media sorprendente de 255 %. Si centramos la atención en los dos grupos de estudiantes de este centro (*grupo 1* y *grupo 2*), podremos comprobar cómo, partiendo de un nivel más bajo, es posible conseguir un mayor porcentaje de mejora en el aprendizaje; así se puede observar en el *grupo 1* que, partiendo de un conocimiento prácticamente nulo, alcanzó una mejora de aprendizaje del 483 %. Este hecho parece apoyar la hipótesis de que, a través del aprendizaje experimental, el estudiante es capaz de

Cuadro 3. Calificaciones medias en el centro 2

	Pre-test			Post-test		
	Global	Estructuras	Reactividad	Global	Estructuras	Reactividad
Grupo 1	4.0	5.8	1.2	7.9	8.6	7.0
Grupo 2	4.7	6.0	2.8	8.5	9.4	7.2
Global	4.4	5.9	2.0	8.2	9.0	7.1

Fuente: elaboración propia

Cuadro 4. Porcentajes de mejora en el aprendizaje en el centro 2

	Global	Estructuras	Reactividad
Grupo 1	98 %	48 %	483 %
Grupo 2	81 %	57 %	157 %
Global	86 %	53 %	255 %

Fuente: elaboración propia

generar nuevo conocimiento; faltó comprobar si este aprendizaje se mantiene en el tiempo con un *pos-test* adicional que pudo haber sido aplicado meses después.

Seguidamente, los resultados obtenidos en el *pre-test* y en el *post-test* por los 20 estudiantes de 2.^º de bachillerato del *centro 3* se encuentran recogidos en los **cuadros 5 y 6**. Estos estudiantes se

Cuadro 5. Calificaciones medias en el centro 3

	Pre-test			Post-test		
	Global	Estructuras	Reactividad	Global	Estructuras	Reactividad
Grupo 1	4.3	6.3	2.4	7.0	7.9	6.1
Grupo 2	5.3	9.2	1.5	8.2	9.8	6.7
Global	4.8	7.7	2.0	7.6	8.8	6.4

Fuente: elaboración propia

Cuadro 6. Porcentajes de mejora en el aprendizaje en el centro 3

	Global	Estructuras	Reactividad
Grupo 1	63 %	25 %	154 %
Grupo 2	55 %	7 %	347 %
Global	58 %	14 %	220 %

Fuente: elaboración propia

dividieron también en dos grupos: el *grupo 1*, formado por 7 estudiantes (35%), y el *grupo 2*, con un total de 13 estudiantes (65%).

Los estudiantes del *centro 3*, que partían de una nota muy baja en *reactividad*, alcanzaron, tras la intervención educativa, un 220% de mejora en el aprendizaje. Cabe comentar también que el *grupo 2* sólo mejoró 7% en *estructura* a partir de una media muy alta; en cambio, en *reactividad* sucede justo al contrario ya que la mejora fue del 347%.

Por último, en los **cuadros 7 y 8** se presentan los resultados globales de esta intervención educativa, considerando el total de los 46 estudiantes pertenecientes a los tres centros que han participado en este estudio: 15 estudiantes del *centro 1* (33%), 11 estudiantes del *centro 2* (24%) y 20 estudiantes del *centro 3* (43%). En el **cuadro 7** se recogen las calificaciones medias obtenidas en el *pre-test* y en el *post-test*, tanto globales (10 preguntas) como las correspondientes a la parte de *estructuras* (60%) y a la de *reactividad* (40%). Y el **cuadro 8** muestra los porcentajes de mejora en el aprendizaje.

Tras la intervención educativa realizada, se produjo 52% de mejora en los resultados de aprendizaje, lo que se traduce en que la calificación obtenida por los estudiantes de la muestra aumentó de una media de 5.0 a una de 7.6 sobre 10. Al igual que se ha observado en cada uno de los centros por separado, el mayor porcentaje de mejora se produjo en relación con el contenido de *reactividad* (205%) pues la baja puntuación en el *pre-test* (2.0) se vio incrementada hasta una media de 6.1 en el *post-test*. El porcentaje obtenido de mejora respecto del contenido de *estructuras* fue del 19%, lo cual equivale a incrementar la calificación media desde 7.4 a 8.8 sobre 10. De esta manera, se recabó evidencia empírica que apoya tentativamente la hipótesis principal de esta investigación: una enseñanza más próxima al estudiante, donde éste genere conocimiento a partir de un aprendizaje activo a través de la experimentación, apunta a mejorar su aprendizaje de manera significativa.

Cuadro 7. Calificaciones medias del global de estudiantes del estudio (*n* = 46)

Pre-test			Post-test		
Global	Estructuras	Reactividad	Global	Estructuras	Reactividad
5.0	7.4	2.0	7.6	8.8	6.1

Fuente: elaboración propia

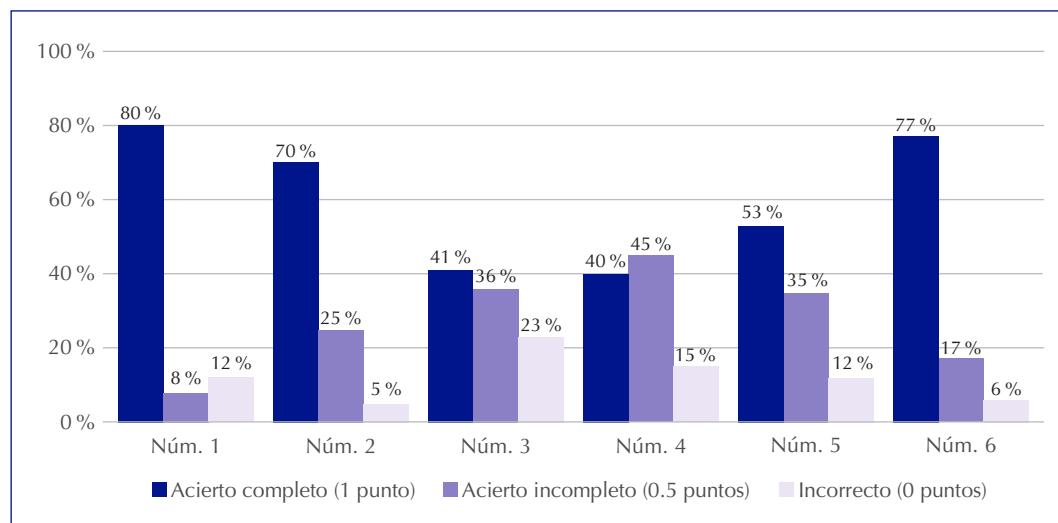
Cuadro 8. Porcentajes de mejora en el aprendizaje del global de estudiantes del estudio (*n* = 46)

Global	Estructuras	Reactividad
52 %	19 %	205 %

Fuente: elaboración propia

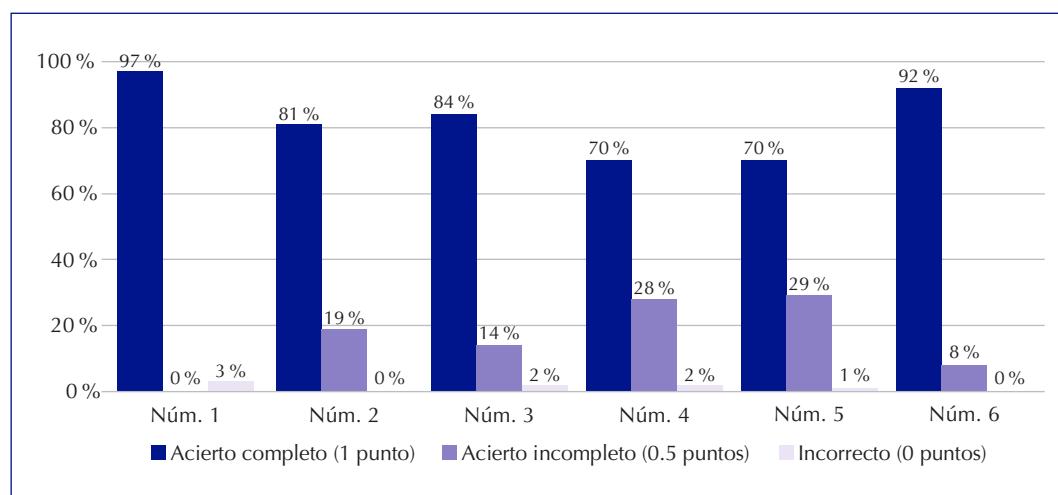
El tratamiento de los datos permitió también analizar por separado los resultados obtenidos en cuanto al contenido de cada una de las preguntas de los 2 bloques de contenido de la prueba. En la **figura 2** se representan los resultados obtenidos en el *pre-test* para el bloque de *estructuras* (preguntas núms. 1-6). La **figura 3** muestra los resultados de este mismo bloque, pero para el *post-test*.

Figura 2. Resultados del bloque de contenido de *estructuras* en el *pre-test* (preguntas núms. 1-6)



Fuente: elaboración propia

Figura 3. Resultados del bloque de contenido de *estructuras* en el *post-test* (preguntas núms. 1-6)



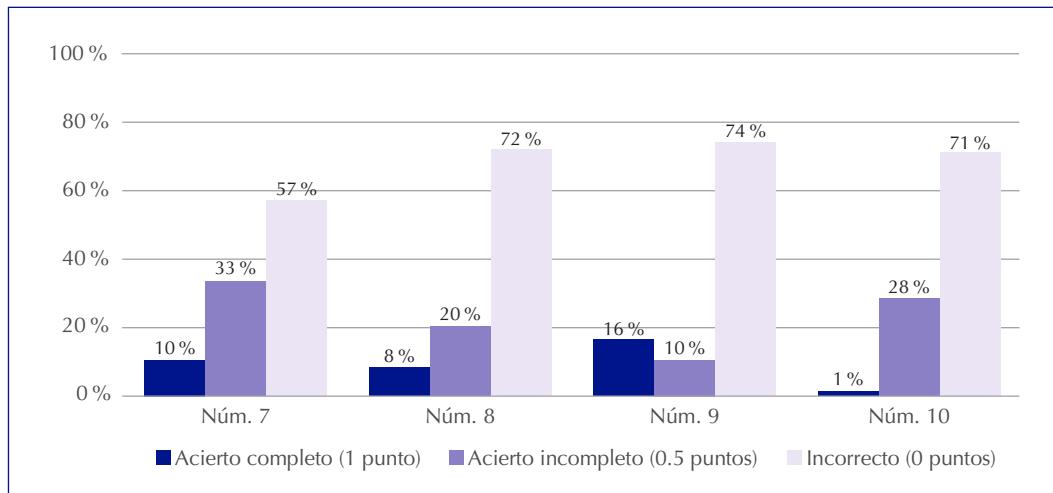
Fuente: elaboración propia

Como se mostró con el **cuadro 7**, los estudiantes no partían de mala base (*pre-test*) antes de realizar la experiencia de aprendizaje en cuanto al contenido de *estructuras*. Más del 50% de ellos obtuvieron la calificación máxima en 4 de las 6 preguntas de este bloque (preguntas núms. 1, 2, 5 y 6; véase la **figura 2**). Al comparar la **figura 2** con la **figura 3** se puede observar que el buen nivel del cual partieron los estudiantes se ve mejorado para el bloque de *estructuras*: el porcentaje de estudiantes con la máxima calificación se incrementa claramente, a la vez que los estudiantes con acierto incompleto disminuyeron de forma notable, minimizándose aquellos con respuesta incorrecta. En cuanto a las preguntas en las que los estudiantes mostraron mayores rezagos de aprendizaje (núms. 3 y 4), en el *pos-test* se detectó una mejora notable, siendo finalmente mayoritarios los estudiantes con acierto completo en comparación con los que presentaron menor puntuación.

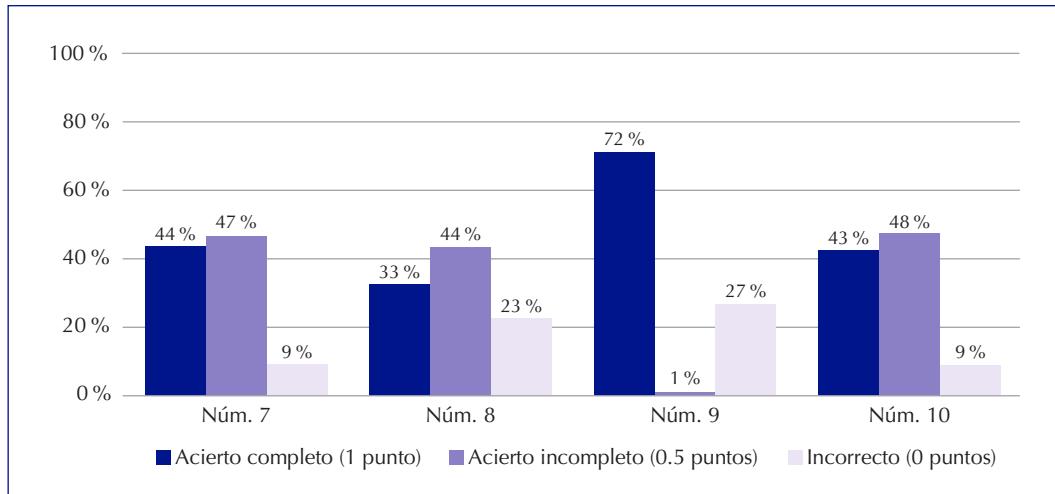
En la **figura 4** se muestran los resultados obtenidos en el *pre-test* con respecto a las preguntas del bloque de *reactividad* (núms. 7-10) y en la **figura 5** se representan los resultados obtenidos por los estudiantes para estas mismas preguntas en el *post-test*.

Tal como se mostró con el **cuadro 7**, los estudiantes partieron de menor nivel de aprendizaje en los contenidos relacionados con el bloque de *reactividad*. Lo anterior se puede comprobar también en la **figura 4**, en la cual se observa que la mayoría de los estudiantes dieron respuestas incorrectas en las correspondientes cuatro preguntas del *pre-test*. Al comparar la **figura 4** con la **figura 5** se observa una mejora notable en el aprendizaje para el contenido de *reactividad*, tras la intervención educativa. En la pregunta núm. 9, donde se detectó un mayor porcentaje de estu-

Figura 4. Resultados del bloque de contenido de *reactividad* en el *pre-test* (preguntas núms. 7-10)



Fuente: elaboración propia

Figura 5. Resultados del bloque de contenido de *reactividad* en el *post-test* (preguntas núms. 7-10)

Fuente: elaboración propia

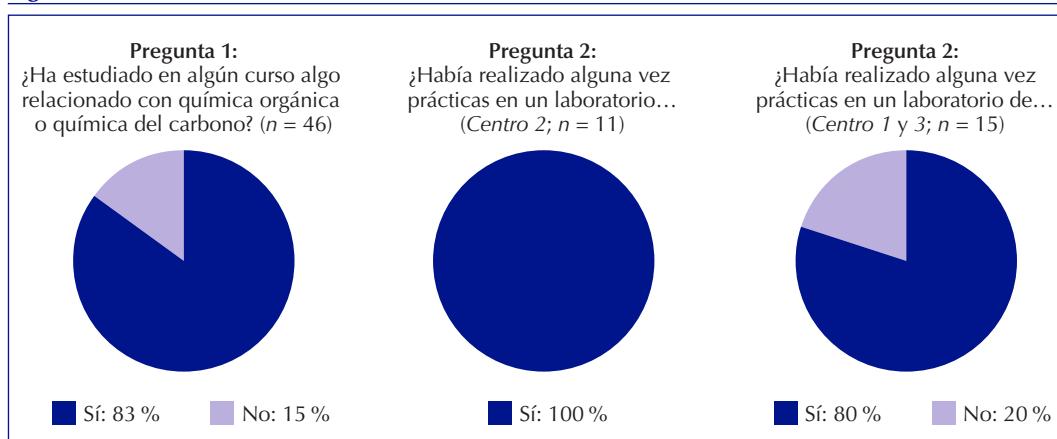
diantes que contestaron de manera incorrecta en el *pre-test*, es donde se observó la mejora más evidente, apuntando a la hipótesis de que el partir de un menor piso de conocimiento se tiene un mayor margen para la mejora.

En las otras tres preguntas (núms. 7, 8 y 10) no se logró un porcentaje tan elevado de estudiantes con aciertos completos. El porcentaje de estudiantes con respuesta incorrecta disminuyó de forma considerable, lo que dio como resultado una mayoría de estudiantes calificados con la puntuación intermedia de acierto incompleto. Teniendo en cuenta que antes de la intervención educativa entre 57% y 74% de los estudiantes contestaron de manera incorrecta las 4 preguntas (núms. 7-10; véase la **figura 4**), haber sido capaces, tras la experiencia de aprendizaje, de responder parcialmente correctas constituye una mejora notable en el resultado de enseñanza-aprendizaje.

Para finalizar la discusión de los resultados, se procede a analizar aquéllos obtenidos en la encuesta final realizada tras la intervención educativa.

La encuesta comienza con dos preguntas para conocer el contexto académico de los estudiantes objeto de estudio (véase la **figura 6**). El 85% de estudiantes que ha cursado contenido relacionado con la química orgánica (pregunta núm. 1) fue bastante mayor al que esperábamos, pero, aunque sea una minoría (15%), hubo estudiantes de bachillerato que no habían accedido con antelación a ningún contenido de química orgánica.

Por otra parte, los resultados de la segunda pregunta fueron ligeramente diferentes para uno de los centros que participaron en el estudio; mientras en los otros dos centros hubo algo

Figura 6. Resultados de la encuesta sobre el contexto académico de los estudiantes

Fuente: elaboración propia

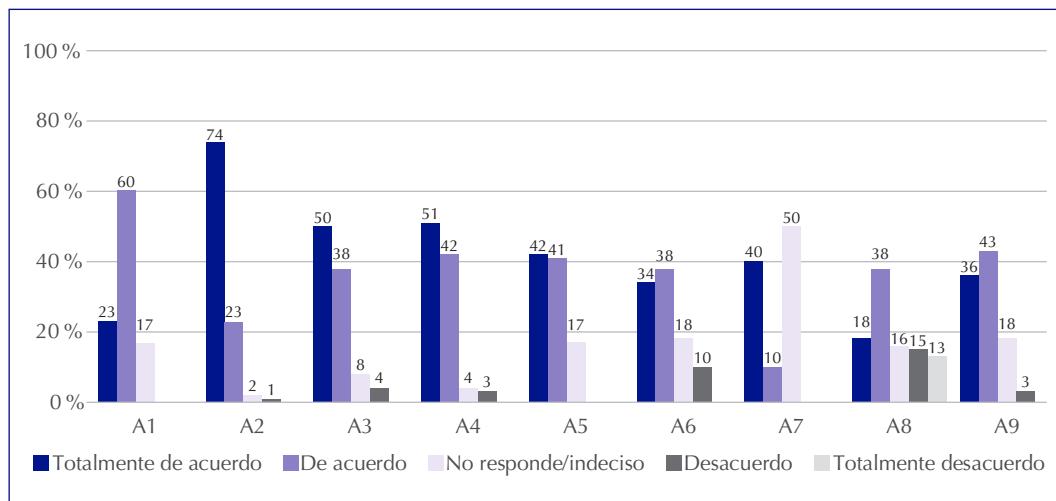
de diversidad en la respuesta, los estudiantes del *centro 2* respondieron monótonamente *sí* sobre haber realizado alguna vez prácticas en el laboratorio de química (véase la **figura 6**). Aun así, el porcentaje de estudiantes de los *centros 1* y *3* que respondieron de forma afirmativa fue bastante elevado: 80%. Sin embargo, el 20% de los estudiantes encuestados de los *centros 1* y *3* no poseía ninguna experiencia previa en el laboratorio de química, a pesar de lo estipulado en la legislación vigente (Ley Orgánica de Educación, 2006). El hecho de que el *centro 2* (1.^º de bachillerato) presentará mayor porcentaje de mejora en el aprendizaje, 86% frente a 27% del *centro 1* y 58% del *centro 3*, ambos de 2.^º de bachillerato (véanse los **cuadros 2, 4 y 6**), puede explicarse en parte por esta mayor experiencia previa en el laboratorio de química.

Tras estas dos preguntas de contexto, se procede a comentar los resultados obtenidos para las nueve afirmaciones planteadas a los estudiantes en relación con la influencia de la actividad práctica sobre su aprendizaje e interés por la química, así como sobre su motivación científica (véase la **figura 7**).

En cuanto a la primera afirmación (A1): *La metodología experimental llevada a cabo en el laboratorio ha despertado más mi interés en la química*, ninguno de los estudiantes encuestados contestó estar total o parcialmente en desacuerdo. De hecho, el 83% de los estudiantes se mostró de acuerdo o totalmente de acuerdo.

Con respecto a la segunda afirmación (A2): *Disfrutaría más de la asignatura de química si se realizaran prácticas en el laboratorio más a menudo*, la gran mayoría de los estudiantes encuestados, 97%, se mostró de acuerdo o totalmente de acuerdo. Si comparamos estas dos primeras afirmaciones, podremos comprobar que son bastante similares. No obstante, existe un matiz importante pues, mientras la primera alude al interés que la ex-

Figura 7. Resultados de la encuesta en relación con la influencia de la actividad práctica sobre el aprendizaje e interés por la química



Fuente: elaboración propia

periencia práctica pueda haber despertado en el estudiante, la segunda hace referencia al hecho de disfrutar la química, ésta última resulta ser una experiencia imprescindible para despertar / fortalecer motivaciones científicas.

En la tercera afirmación (A3): *Al haber trabajado con los ensayos de grupos funcionales de manera experimental he aprendido más que sólo con la explicación en clase*, el grueso de estudiantes encuestados (88%) consideró que la actividad experimental realizada complementó la clase magistral, influyendo de forma positiva en su proceso de aprendizaje de los grupos funcionales.

Con la cuarta afirmación (A4): *La realización de ensayos experimentales ha sido útil para mi aprendizaje de los grupos funcionales de la química orgánica*, estuvo de acuerdo o totalmente de acuerdo el 93% de los estudiantes encuestados. En esta última pregunta se hace referencia al aprendizaje experimental, no sólo como un complemento de la clase magistral sino como una herramienta didáctica útil en sí misma para el aprendizaje de los grupos funcionales de la química orgánica. Estas valoraciones se encuentran en consonancia con la comparación de los resultados del *pos-test* y *pre-test*. Por tanto, es posible que, a través del aprendizaje experimental, el estudiante sea capaz de aprender mejor el contenido de los grupos funcionales de la química orgánica.

En cuanto a la quinta afirmación (A5): *A través de la experiencia en el laboratorio entiendo más rápidamente el fundamento de las reacciones químicas*, el 83% de los estudiantes se mostró de acuerdo o totalmente de acuerdo. La percepción de los estudiantes concuerda con lo obtenido a través de la compa-

ración de los resultados del *pos-test* y el *pre-test*. De hecho, los mayores porcentajes de mejora en el aprendizaje se detectaron precisamente en relación con el contenido de *reactividad*, en el cual los estudiantes partieron de un nivel bajo de conocimiento que consiguieron incrementar de forma notable en tan sólo una hora de trabajo en el laboratorio.

En cuanto a la sexta afirmación (A6): *La realización de estas prácticas de laboratorio me ha permitido entender la utilidad de la química*, la mayoría de los estudiantes encuestados (72%) estuvieron de acuerdo, en mayor o menor medida, con esta afirmación. En relación con la séptima afirmación (A7): *La realización de este taller me ha facilitado la elección o corroboración de mi futuro grado universitario*, se detectó un mayor porcentaje de estudiantes indecisos, exactamente la mitad de ellos; para el otro 50%, la realización de estas prácticas de laboratorio contribuyó de manera positiva en su elección vocacional.

Para concluir la encuesta, se propusieron dos afirmaciones más generales, breves, sencillas y directas que las siete anteriores; (A8): *Abora me resulta más fácil de entender la química* y la (A9): *Abora me resulta más interesante entender la química*. Con estas últimas dos afirmaciones de la encuesta se buscó que el estudiante contestara, de forma rápida y sincera, sobre si mejoró su capacidad para entender la química y su interés por ésta una vez finalizada la intervención educativa. Aunque el 28% de los estudiantes se mostró en desacuerdo, total o parcialmente, frente a que la actividad haya hecho más fácil entender la química (A8), la mayoría de los estudiantes (79%) se mostró total o parcialmente de acuerdo con que su interés hacia ésta se incrementó (A9). Y es que la química puede resultar difícil por su naturaleza intrínseca, pero es importante que suscite en los estudiantes interés ya que su conocimiento resulta importante para cualquier ciudadano de nuestra sociedad actual.

Conclusiones

A través de la comparación entre los resultados obtenidos en el *pre-test* y en el *post-test* por el total de los 46 estudiantes en este estudio, se detectó que la intervención educativa llevada a cabo, basada en el aprendizaje activo de tipo experimental, supuso tentativamente 52% de mejora en el aprendizaje, lo que se tradujo en un aumento de la nota media de 5.0 a 7.6 sobre 10, por lo que se puede concluir que la técnica didáctica desarrollada tiene el potencial de promover efectivamente el aprendizaje del contenido de los grupos funcionales de la química orgánica.

Mediante la comparación entre los resultados del *pre-test* y el *post-test* contestados por los estudiantes, tanto en relación con la nota global como en particular con las correspondientes al conte-

nido de *estructuras* y *reactividad*, se pudieron extraer otras tres conclusiones importantes:

- ▶ La evidencia apunta a que, a través del aprendizaje experimental como herramienta de aprendizaje, el estudiante puede ser capaz de aprender sobre los grupos funcionales de la química orgánica.
- ▶ Es posible que partir de un estadío de menor conocimiento previo sea terreno propicio para una mejoría mayor en el aprendizaje.
- ▶ Una mayor experiencia de laboratorio posiblemente facilita un mayor aprendizaje sobre los grupos funcionales de la química orgánica.

A partir de las encuestas realizadas a los estudiantes para conocer su opinión sobre la experiencia práctica llevada a cabo, se pudo concluir que los estudiantes de bachillerato encuestados valoraron positivamente la actividad experimental en cuanto a su influencia sobre su aprendizaje e interés por la química, así como en su motivación científica.

De los resultados de esta experiencia, y de otras que se vienen desarrollando por otros docentes implicados en innovación educativa, se puede considerar la conveniencia de aplicar este tipo de metodología no sólo a otros contenidos de la química y la física sino a otras de las disciplinas del campo científico y tecnológico.

El tiempo empleado para este tipo de experiencias no debería escatimarse puesto que es tiempo dedicado a adquirir conocimiento, a la vez que sirve de estrategia motivacional para el estudiantado. Si estas actividades están bien planificadas, ubicadas en el momento oportuno y se ajustan al tiempo predeterminado pueden resultar productivas para el aprendizaje.

Las limitaciones de este estudio se derivan de su diseño metodológico. No fue posible determinar qué parte de la mejora observada en el aprendizaje se debió a otras circunstancias no medidas, al efecto de aprendizaje propio de haber aplicado la misma prueba en el *pre-test* y en el *pos-test*, a errores de medida atribuidos a deficiencias en la confiabilidad de esta prueba y en su validez de constructo, ni determinar el grado de estabilidad en el tiempo de la mejora observada en el aprendizaje.

Se declara que la obra que se presenta es original, no está en proceso de evaluación en ninguna otra publicación, y que no existe conflicto de intereses respecto a la presente publicación.

Referencias

- Ausubel, D. P., Novak, J. D., y Hanesian, H. (1976). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. Ciudad de México: Trillas.
- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: Una perspectiva cognitiva*. Barcelona, España: Paidós.
- Bacon, F. (2011). *La gran restauración (Novum organum)*. Madrid, España: Tecnos.
- Bisquerra, R. (Coord.) (2004). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid, España: La Muralla.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México: McGraw-Hill.
- Katz, M. (1996). Teaching organic chemistry via student-directed learning: A technique that promotes independence and responsibility in the student. *Journal of Chemical Education*, 73(5), 440-445.
- Ley Orgánica de Educación, § BOE-A-2006-7899 (2006).
- Morales, C., y Salgado, Y. (2017). Química orgánica en contexto y argumentación científica: una secuencia de enseñanza aprendizaje, desafíos y compromisos. *Revista de Innovación en Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 23-46.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2019). *PISA 2018 results: What students know and can do*. París, Francia: Organisation for Economic Co-operation and Development. doi: 10.1787/5f07c754-en
- Pozo, J. I., y Gómez, M. Á. (2009). *Aprender y enseñar ciencia: Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid, España: Morata.
- Real Decreto por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, § 1105/2014 BOE-A-20115-37 (2015).
- Torres, M. I. (2010). *La enseñanza tradicional de las ciencias versus las nuevas tendencias educativas*. *Educare*, 14(1), 131-142. doi: 10.15359/ree.14-1.11
- World Economic Forum (s. f.). *The global competitiveness report 2017-2018*. Recuperado de http://reports.weforum.org/global-competitiveness-index-2017-2018/competitiveness-rankings/?doing_wp_cron=1594197787.0379910469055175781250#series=EOSQ128