

EXPLICAR FENÓMENOS CIENTÍFICAMENTE. UN ESTUDIO LONGITUDINAL EN LA UNIVERSIDAD

Explaining phenomena scientifically. A longitudinal study at University

Falicoff, Claudia Beatriz *; Domínguez Castiñeiras, José Manuel **; Odetti, Héctor Santiago *

*Universidad Nacional del Litoral (Argentina), **Universidad de Santiago de Compostela

Correspondencia:

Mail: ddacabdz@gmail.com

Recibido: 01/07/2016; Aceptado: 01/09/2016

Resumen

En este trabajo se presentan resultados de la evaluación de la competencia científica: explicar fenómenos científicamente. Se indagó en qué medida una muestra de alumnos ($n = 24$) de las carreras de Bioquímica y Biotecnología de la Universidad Nacional del Litoral (Argentina) adquieren y/o desarrollan dicha competencia durante los tres primeros años del nivel universitario (Ciclo Básico). Para obtener la información, se diseñaron cuatro cuestionarios tomando como base las pruebas que propone el informe PISA 2006. El primero de ellos, para determinar la habilidad para explicar fenómenos científicamente de los ingresantes y, los otros tres, para explorar la influencia que la enseñanza y el aprendizaje en las asignaturas de Química pudieran haber tenido sobre la adquisición de dicha competencia. Se elaboraron instrumentos de análisis que han permitido transformar y categorizar la información obtenida.

Palabras clave: competencia científica, explicar fenómenos científicamente, enseñanza universitaria, química.

Abstract

This paper presents the results of the assesment of scientific competency: explaining phenomena scientifically. In this study a sample ($n = 24$) of students from Biochemistry and Biotechnology courses at Universidad Nacional del Litoral (Argentina) was investigated to know how they have acquired and/or developed such competency during the first three years of college-level (Basic Cycle) . To collect the information, four questionnaires were drafted from tests proposed in the report PISA 2006. The first one, was designed with the aim to inquire into the initial competency to explain phenomena scientifically of the first year students. The other three were designed to explore the influence of the courses in Chemistry on the development of such competency. In addition, analysis instruments were designed to process and categorize the information obtained.

Keywords: scientific competency, explaining phenomena scientifically, higher education, chemistry.

INTRODUCCIÓN

Tanto en las carreras de Química, como en las de Ciencias Experimentales, en general, adquiere cada vez mayor importancia que las universidades preparen a los estudiantes en la *competencia científica*. Prueba de ello es el volumen creciente de investigaciones relacionadas con la identificación y evaluación de las competencias, ya que las mismas se convierten en un indicador de la calidad de la enseñanza impartida (Brown y Glasner, 2003; Cano García, 2008; Vivas & Hevia, 2009; Prades & Espinar, 2010).

El empleo del término *competencia científica* pone de relieve la importancia que concede la evaluación PISA (Programme for International Student Assessment) a la capacidad de aplicar el conocimiento científico al contexto de las situaciones vitales, a la vez que se contrapone a la mera reproducción del conocimiento científico que caracteriza la enseñanza escolar. Supone la puesta en práctica de la misma en contextos y situaciones nuevas e integra conceptos, destrezas y actitudes (Jiménez Aleixandre, 2010, 2011; Pro, 2012).

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2006), la *competencia científica* hace referencia a:

“Los conocimientos científicos de un individuo y al uso de ese conocimiento para identificar problemas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre cuestiones relacionadas con la ciencia. Asimismo, comporta la comprensión de los rasgos característicos de la ciencia, entendida como un método del conocimiento y la investigación humanas, la percepción del modo en que la ciencia y la tecnología conforman nuestro entorno material, intelectual y cultural, y la disposición a implicarse en asuntos relacionados con la ciencia y con las ideas de la ciencia como un ciudadano reflexivo.” (p. 13)

Las definiciones de *competencia científica* propuestas en los proyectos de evaluación PISA 2009 (OECD, 2009) y PISA 2012 (OECD, 2013) son similares.

Las capacidades implicadas en la definición anterior son: *Identificar cuestiones científicas*, *Explicar fenómenos científicamente* y *Utilizar pruebas científicas*.

Si bien en PISA estas capacidades o competencias son examinadas en estudiantes de educación secundaria, se sostiene su importancia también en los estudios universitarios (Falicoff, Domínguez Castiñeiras y Odetti, 2014a, 2014b). Coincidimos con Addy y Blanchard (2010), en la necesidad de alentar en la Universidad una mayor colaboración entre los departamentos de ciencias y los profesionales capacitados en la educación científica.

De las tres dimensiones mencionadas, el presente trabajo se centra en indagar el desarrollo de la competencia *Explicar fenómenos científicamente (EFC)* del alumnado como variable dependiente de la instrucción recibida en las asignaturas de Química y del tiempo transcurrido en el Ciclo Básico común de dos carreras universitarias: Bioquímica y Biotecnología. Elegimos dicha competencia pues es, probablemente, la más trabajada en las aulas ya que supone: aplicar el conocimiento de la ciencia a una situación determinada, describir o interpretar fenómenos científicamente y predecir cambios e identificar las descripciones, explicaciones y predicciones apropiadas.

OBJETIVO

El objetivo de la presente investigación es evaluar, mediante un estudio longitudinal, en qué medida una muestra de alumnado ($n = 24$), de las carreras de Bioquímica y Biotecnología de la Universidad Nacional del Litoral (Argentina), adquieren y/o desarrollan la competencia científica *Explicar fenómenos científicamente* durante los tres primeros años del nivel universitario (Ciclo Básico).

METODOLOGÍA

El presente trabajo forma parte de uno más amplio (Falicoff, 2014) que indaga las tres dimensiones de la *competencia científica*. El mismo es de orientación descriptiva, de desarrollo longitudinal (White & Arzi, 2005) y se enmarca dentro del tipo *ex-post-facto* o no experimental (Cohen y Manion, 2002; Bizquerra Alzina, 2004). Incluye elementos fundamentalmente de la metodología cuantitativa y algunos aspectos de la cualitativa.

Sujetos y características de la muestra

El estudio longitudinal exigió seleccionar una muestra y analizar su evolución siguiendo a los individuos a lo largo del tiempo. La ventaja de usar este método fue sostener el grupo equivalente de la misma cohorte y como desventaja la dificultad para mantener los sujetos de la muestra durante el plazo temporal.

Los participantes lo hicieron de forma voluntaria. Sin embargo, existió un requisito para seguir constituyendo parte de la muestra: se contempló que cada sujeto se hubiese ajustado a los planes de estudio, las correlatividades y que no se retrasase en las carreras, en lo referente a las asignaturas de Química. Para ver los planes de estudio y correlatividades se puede visitar la siguiente página web: <http://www.fcb.unl.edu.ar/pages/estudios/carreras-de-grado.php>

Consecuentemente, la investigación se llevó a cabo con una muestra formada por 24 estudiantes ingresantes de primer año, a principios de 2010, que habían aprobado el ingreso a la Universidad (Curso de Articulación de Química): 15 de Bioquímica y 9 de Biotecnología. Posteriormente, a fines del mismo año, fines de 2011 y de 2012 se prosiguió la investigación con la misma muestra. Durante esos años dichos estudiantes cursaron, además de otras, las siguientes asignaturas relacionadas con el conocimiento químico: Química General, Química Inorgánica (1º año); Química Analítica I, Química Orgánica I y II, Fisicoquímica (2º año); Química Analítica II, Química Biológica (3º año).

La individualización de los alumnos, mediante una letra y un número, permitió realizar el seguimiento durante los tres años del estudio longitudinal. La información se recogió por escrito y los estudiantes dispusieron de una hora para resolver los cuestionarios.

Instrumentos para obtener la información

Para el estudio más amplio se diseñaron cuatro cuestionarios *ad hoc*, para los tres períodos lectivos del Ciclo Básico (1º, 2º y 3º año), tomando como base las pruebas seleccionadas de PISA 2006. Algunas se adaptaron para el nivel universitario y se diseñaron otras de autoría propia. En ellas se puso énfasis en los conocimientos químicos. En los Apéndices A, B, C y D se presentan ejemplos de preguntas para los diferentes momentos de la indagación: Inicio 2010, Fin 2010, Fin 2011 y Fin 2012, respectivamente.

Los cuestionarios completos, con sus respectivos referenciales, se pueden descargar en la siguiente dirección: <http://hdl.handle.net/10347/10983>.

Cada pregunta o ítem de los cuestionarios implicó principalmente la aplicación de uno de los tres tipos de capacidades científicas: *Identificar cuestiones científicas*, *Explicar fenómenos científicamente* y *Utilizar pruebas científicas*.

Los ítems mediante los que se examinó la competencia la segunda ellas, *EFC*, se presentaron en diferentes formatos y requirieron dos tipos de respuestas de construcción: abierta o cerrada. Cada uno de ellos exigió que el alumnado tuviera el conocimiento químico necesario y lo aplicara para explicar el fenómeno químico propuesto en los mismos. Cada ítem se valoró con una puntuación máxima de 2 puntos y mínima de 0 puntos. Algunos de ellos, con una puntuación parcial de 1 punto.

En Química, *Explicar fenómenos científicamente* incluye la representación. Principalmente, se evaluaron tres niveles de descripción e interpretación de los conocimientos químicos, considerados deseables desde el punto de vista del conocimiento académico: macroscópico, microscópico y simbólico (Johnstone, 1982). Es decir, diferentes tipos de representaciones, icónicas y simbólicas, de la estructura atómica y molecular de las sustancias (Gilbert & Treagust, 2009).

Explicar los conceptos claves en diferentes contextos es vital para el aprendizaje de la Química. Uno de esos conceptos importante e integral es el comportamiento ácido-base de las sustancias. Los ácidos y bases son comunes e importantes en la vida diaria, por ejemplo, en los problemas ambientales, en la salud, en las actividades biológicas, en la investigación y en la industria, entre otros. La importancia de este tema ha sido acompañada por la identificación de las dificultades de aprendizaje y enseñanza de los conceptos pertinentes (Zoller, 1990; Nakhleh, 1994; De Vos & Pilot, 2001; Duis, 2011).

Por lo dicho anteriormente, para el diseño de los cuestionarios se hizo énfasis en las representaciones y se utilizó el concepto de ácido, a modo de hilo conductor. Consecuentemente, los temas seleccionados fueron: lluvia ácida y caries. Estos temas fueron seleccionados debido a que las áreas de aplicación (*medio ambiente y salud*) (OCDE, 2006), están íntimamente relacionadas con las carreras de Bioquímica y Biotecnología, en las cuales se llevó a cabo este estudio.

A continuación, en la Tabla 1, se puede observar la distribución de los ítems mediante los que se indagó la competencia *EFC*, en los cuatro cuestionarios, según el tema.

Tabla 1
Ítems de *EFC* por tema en cada cuestionario

Cuestionario	Tema	Ítems <i>EFC</i>	Nº de ítems <i>EFC</i>	% de ítems <i>EFC</i>
Inicio 2010 (I10)	Lluvia ácida	1;2;7;8;9;10	10	59
	Caries	4;5;6;7		
Fin 2010 (F10)	Lluvia ácida	3;4;5;8	7	47
	Caries	4;6;7		
Fin 2011 (F11)	Lluvia ácida	3;4;5;8	6	43
	Caries	5;6		
Fin 2012 (F12)	Lluvia ácida	3;4	4	33
	Caries	5;6		

Para medir el grado de fiabilidad de los instrumentos, se ha optado por el coeficiente Alfa de Cronbach.

Instrumentos de análisis de la información

Se considera que las personas poseen diversos grados de *competencia científica* y no que posean o carezcan de la misma en términos absolutos. Por lo tanto, los resultados se han agrupado en tres niveles de rendimiento en ciencias, cuantificados según Biggs (2005): máximo (100-70 %), medio (70-50 %) y bajo (< 50 %).

Con los resultados del análisis de la información, las puntuaciones de la competencia *EFC* se convirtieron en porcentajes. Por ejemplo, en el cuestionario I10 existieron 10 ítems que evaluaron *EFC*, cada uno con una puntuación máxima de 2 puntos. Es decir, si en esa instancia todas las preguntas fueron respondidas correctamente, un total de 20 puntos, correspondió un 100%. Así, para los cuestionarios F10, F11 y F12, el 100% correspondería a 14, 12 y 8 puntos, respectivamente.

Para obtener el rendimiento en *EFC*, por cuestionario, se valoró cada respuesta del alumnado en 2, 1 ó 0 puntos. A continuación, se sumaron las puntuaciones obtenidas y, con ese valor, se calculó el

correspondiente porcentaje según se explicó en el párrafo anterior. Luego, a partir de dicho porcentaje, se procedió a ubicar a cada alumno en la categoría de nivel de rendimiento citado: máximo, medio o bajo. A partir de la categorización individual en niveles se contabilizó la cantidad de alumnos que se situaba en cada nivel, y se calculó el respectivo porcentaje del total de la muestra (n=24).

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Validación de los cuestionarios. Fiabilidad.

Validez de contenido

Para el diseño de los cuestionarios se tomaron como modelo base los reactivos diseñados y el estudio validado de PISA. En este trabajo se utilizó el método interno racional o de contenido. La validez de contenido se midió a través de un sistema de jueces independientes que clasificaron y juzgaron la adecuación de las preguntas y las puntuaciones propuestas, en función de los fundamentos teóricos y del objetivo del cuestionario. Por otra parte, el propio equipo investigador actuó desde su rol de experto para analizar la relevancia y coherencia de los ítems.

Fiabilidad

El coeficiente *Alfa de Cronbach* es uno de los más utilizados para establecer la fiabilidad de cuestionarios o escalas. Dicho coeficiente depende, tanto del número de ítems del cuestionario, como de la correlación entre los mismos o sus covarianzas y se consideran valores aceptables a partir de +0.60. Para llevar a cabo este análisis, se empleó el paquete estadístico SPSS Statistics 17.0.

Los valores de los coeficientes *Alfa de Cronbach* obtenidos para los cuestionarios I10, F10, F11 y F12 son 0.631; 0.552; 0.583 y 0.577, respectivamente. Los mismos indican que los resultados de los 24 alumnos, respecto a los 10, 7, 6 y 4 ítems considerados para evaluar *EFC* presentados en la Tabla 1, se encuentran correlacionados de manera confiable y aceptable.

Resultados de *EFC*

Para el análisis longitudinal, se realizó el seguimiento de los resultados durante los tres años de investigación, mediante los cuatro cuestionarios. Se analizaron los alcances y variaciones de los niveles de *EFC* en I10, F10, F11 y F12.

En la *Figura 1* se representa el porcentaje de alumnos, en función del tiempo, para cada nivel de puntuación en *EFC*: máximo, medio y bajo.

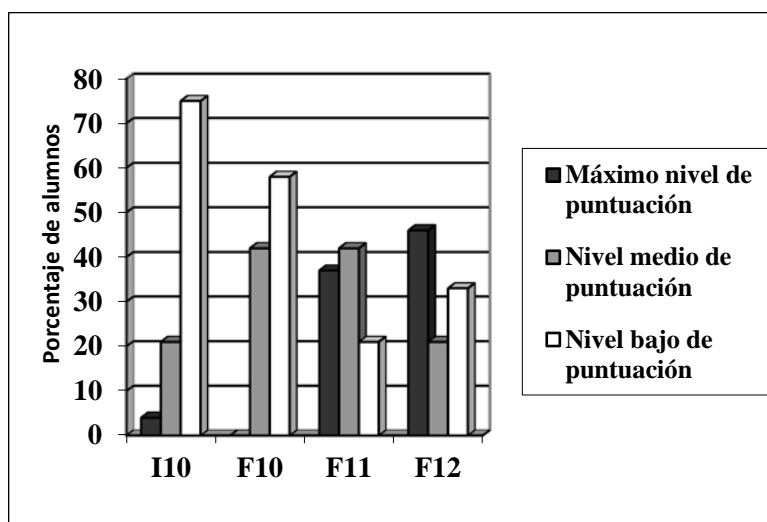


Figura 1: Porcentaje de alumnos en función del tiempo, para cada nivel de puntuación, en *EFC*.

Efectivamente, en la *Figura 1*, se puede observar que en I10 un alto porcentaje de los alumnos (75%) se encuentra en el bajo nivel de puntuación, esta proporción disminuye sucesivamente en F10 (58%) y F11 (21%) y aumenta ligeramente en F12 (33%).

Asimismo, se advierte que en I10 solo un pequeño porcentaje (4%) se encuentra en el máximo nivel, que luego desaparece al final del mismo año (0% en F10), pasando estos alumnos principalmente al nivel medio (42%). En F11 el porcentaje en el nivel medio permanece constante (42%) y se percibe un incremento del máximo nivel (de 0 % a 37%). En F12 el 46% de los alumnos presenta el máximo nivel de puntuación.

En general, a lo largo del estudio, en los ítems en donde se solicitó la explicación de las representaciones macroscópica, microscópica y simbólica, se obtuvieron mejores resultados que en aquellas en las que el alumnado debía escribir y explicar las ecuaciones químicas que simbolizan las reacciones y/o dibujar las representaciones. De lo indicado, se infiere que los estudiantes tuvieron dificultades en realizar las representaciones, no así en la interpretación de las mismas.

Coincidimos con Cooper, Grove, Underwood & Klymkowsky (2010): las prácticas educativas actuales hacen que sea difícil mejorar las habilidades que permiten a una persona utilizar representaciones para comprender y explicar los fenómenos químicos. Sin embargo, cuando los estudiantes se vuelven más expertos son capaces de utilizar los temas conceptualmente pertinentes y, a través de las explicaciones, interpretar múltiples representaciones del conocimiento macroscópico, molecular y simbólico (Cook, Wiebe & Carter, 2008).

En cuanto a las explicaciones de la química ácido-base, la mayoría de los estudiantes aplicó una teoría similar a la de Arrhenius (sin aclarar el medio acuoso o no) donde todas las sustancias que ceden átomos de hidrógeno (ionizable o no) son ácidos. Por lo tanto, se asocia la existencia de hidrógeno en la fórmula de la sustancia con el comportamiento ácido. En las respuestas no se hallaron ciertas características relevantes de los modelos macroscópico (las propiedades de las sustancias tales como por ejemplo, el tipo, cómo se disuelven y la conductividad eléctrica), ni del microscópico (teorías de Brønsted-Lowry y Lewis; estabilidad de la base conjugada, la hibridación y la resonancia). En muy pocos casos los estudiantes utilizaron la polaridad del enlace para la explicación. Las respuestas halladas tienen similitud con las obtenidas por otros autores tanto con alumnos avanzados de la escuela secundaria (Furió-Más, Calatayud & Bárcenas, 2007) como con alumnos universitarios (Cartrette & Mayo, 2010).

CONCLUSIONES

Al comienzo de la investigación un alto porcentaje de los alumnos se encontraban en el nivel bajo de puntuación. De los análisis realizados, se detectaron progresos en *EFC* entre el inicio y la finalización del estudio.

Entre los resultados iniciales y finales hubo variaciones: avances y retrocesos en los porcentajes de alumnos en los distintos niveles de rendimiento. Sin embargo, los resultados en *EFC*, no son muy esperanzadores pues el porcentaje de alumnos que consiguió el máximo nivel no sería tan favorable (46%) considerando que estos valores se obtuvieron después de tres años de estudio en carreras universitarias. Esto indicaría que, aunque es un prerrequisito para una educación de calidad, la cantidad de años de estudio, en sí misma, no es suficiente para conseguir altos niveles de éxito ya que se perciben porcentajes nada despreciables de alumnos en el nivel medio (21%) y bajo (33%).

Los resultados permiten inferir que el desarrollo en esta competencia requiere mayor integración y más aplicación, a lo largo de los diferentes cursos y en diferentes contextos, del comportamiento ácido-base de las sustancias y de los modelos de representación utilizados en la enseñanza y aprendizaje de la Química.

Para que estos aspectos mejoren efectivamente coincidimos con Flick, Morrell, Wainwright y Schepige (2009). Estos autores, en su estudio longitudinal de prácticas de enseñanza, señalan que los docentes, en sus prácticas, deben dejar claros y comunicar a los estudiantes cómo determinadas estrategias de instrucción intentan conscientemente desarrollar competencias a largo plazo y transferirlas a nuevas situaciones.

Esto requiere incorporar cambios a la práctica docente. En este contexto, son muchos los trabajos que vienen centrando su interés en las implicaciones de la formación didáctica de la disciplina en la Universidad. De Miguel (2006), Blanco (2009), Biggs & Tang (2011), reflexionan sobre las propias competencias y sobre cómo pueden ser desarrolladas en la educación superior.

Agradecimiento: Al proyecto *Prácticas científicas en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias: dimensiones en la transferencia y el desempeño*. EDU2015-66643-C2-2-P, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO).

REFERENCIAS

- Addy, T. M. & Blanchard, M. R. (2010) The Problem with Reform from the Bottom up: Instructional practises and teacher beliefs of graduate teaching assistants following a reform-minded university teacher certificate programme. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1045-1071.
- Biggs, J. (2005). *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Narcea.
- Biggs, J. & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University*. Fourth Edition. Glasgow: McGraw-Hill.
- Bisquerra Alzina, R. (Ed.). (2004). *Metodología de la investigación educativa*. 1ª Ed. Madrid: La Muralla.
- Blanco, A. (2009). *Desarrollo y Evaluación de competencias en Educación Superior*. Madrid: Narcea.
- Brown, S. y Glasner, A. (Ed.) (2003). *Evaluar en la universidad. Problemas y nuevos enfoques*. Madrid: Narcea.
- Cano García, M. E. (2008). La evaluación por competencias en la educación superior. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 12(3), 1-16. Obtenido de: <http://www.ugr.es/local/recfpro/rev123COL1.pdf> [2012, Marzo 14].
- Cartrette, D. P. & Mayo, P. M. (2011). Students' understanding of acids/bases in organic chemistry contexts. *Chemistry Education Research and Practice*, 12, 29–39.
- Cohen, L. y Manion, L. (2002). *Métodos de investigación educativa*. Madrid: La Muralla.
- Cook, M.; Wiebe, E. N. & Carter, G. (2008). The Influence of Prior Knowledge on Viewing and Interpreting Graphics with Macroscopic and Molecular Representations. *Science Education*, 92, 848-867.
- Cooper, M. M.; Grove, N.; Underwood, S. M. & Klymkowsky, M. W. (2010). Lost in Lewis structures: an investigation of student difficulties in developing representational competence. *Journal of Chemical Education*, 87(8), 869-874.
- De Miguel, M. (coord.) (2006). *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias*. Madrid: Alianza Editorial.
- De Vos, W. & Pilot, A. (2001). Acids and bases in layers: The stratal structure of an ancient topic. *Journal of Chemical Education*, 78(4), 494–499.
- Duis, J. M. (2011) Organic Chemistry Educators' Perspectives on Fundamental Concepts and Misconceptions: An Exploratory Study. *Journal of Chemical Education*, 88(3), 346–350.
- Falicoff, C. B. (2014). *Evolución de las competencias científicas en las carreras de Bioquímica y Biotecnología de la Universidad Nacional del Litoral, Argentina. Un estudio longitudinal*. Tesis de doctorado. Servicio de publicaciones de la Universidad de Santiago de Compostela.
- Falicoff, C. B.; Domínguez-Castiñeiras, J. M. y Odetti, H. S. (2014a). Competencia científica de estudiantes que ingresan y egresan de la Universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 133-154.
- Falicoff, C. B.; Domínguez-Castiñeiras, J. M. & Odetti, H. S. (2014b). Science competency of argentinian university students in the first year of Biochemistry and Biotechnology courses. *Problems of Education in the 21st Century*, 62(62), 29–39.
- Flick, L. B.; Morrell, P. D.; Wainwright, C. & Schepige, A. (2009). A Cross Discipline Study of Reformed teaching by University Science and Mathematics Faculty. *School Science and Mathematics Journal*, 109(4), 197-211.

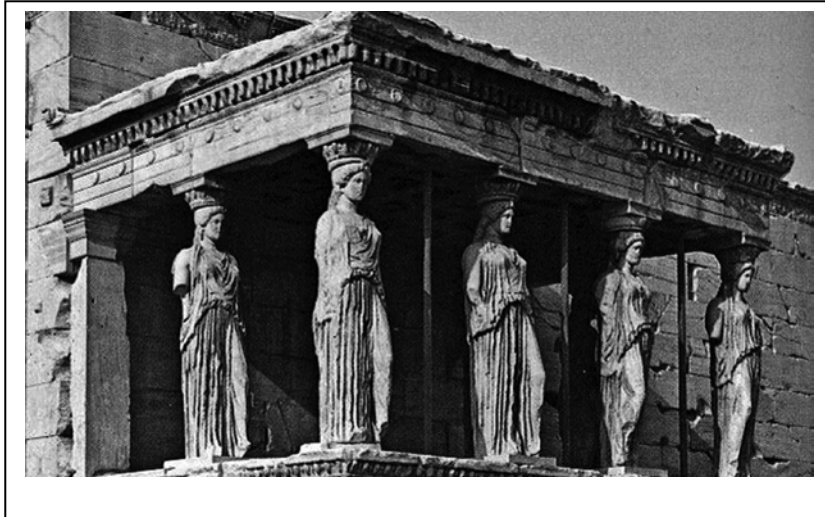
- Furió-Más, C.; Calatayud, M. L. & Bárcenas, S. L. (2007). Surveying students' conceptual and procedural knowledge of acid-base behavior of substances. *Journal of Chemical Education*, 84(10), 1717-1724.
- Gilbert, J. K. & Treagust, D. F. (Eds.) (2009). *Multiple Representations in Chemical Education*. Dordrecht: Springer. DOI: 10.1007/978-1-4020-8872-8_1.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave, Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Editorial GRÁO.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2011). Argumentar y usar pruebas en clase de ciencias. En J. A, M. P. (Ed.), *Cuaderno de indagación en el aula y competencia científica* (pp. 6-15). Madrid: Ediciones del Instituto de Formación del Profesorado, Investigación e Innovación Educativa.
- Johnstone, A. H. (1982). Macro and microchemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Nakhleh, M. B. & Krajcik, J. S. (1994). Influence of levels of information as presented by different technologies on students' understanding of acid, base, and pH concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), 1077-1096.
- OCDE (2006). *PISA 2006: Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. [WebPage]: URL: <http://browse.oecdbookshop.org/oecd/pdfs/browseit/9806034E.PDF> [2009, Febrero 20].
- OECD (2009). *PISA 2009 Assessment Framework – Key Competencies in Reading, Mathematics and Science*. Obtenido de: <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/44455820.pdf> [2010, Diciembre 10].
- OECD (2013), *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*. OECD Publishing. Obtenido de: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264190511-en> [2013, Diciembre 05].
- Prades, A. & Espinar, S. R. (2010). Laboratory Assessment in Chemistry: An Analysis of the Adequacy of the Assessment Process. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 35(4), 449-461.
- Pro, A. (2012). Hacia la competencia científica. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 70, 5-8.
- Vivas, A. J. & Hevia, D. M. A. (2009). Professionalization in Universities and European Convergence. *Higher Education in Europe*, 34(3-4), 399-409.
- White, R. T. & Arzi, H. J. (2005). Longitudinal studies: designs, validity, practicality, and value. *Research in Science Education*, 35(1), 137-149.
- Zoller, U. (1990). Learning Difficulties and Students' Misconceptions in freshman Chemistry (General and Organic). *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1053-1065.

APÉNDICE A

Lluvia ácida

A continuación se muestra una foto de las estatuas llamadas Cariátides, que fueron erigidas en la Acrópolis de Atenas hace más de 2.500 años. Las estatuas están hechas de un tipo de roca llamada mármol. El mármol está compuesto de carbonato de calcio.

En 1980, las estatuas originales fueron trasladadas al interior del museo de la Acrópolis y fueron sustituidas por copias. Las estatuas originales estaban siendo corroídas por la lluvia ácida.



Lluvia ácida: pregunta 1:

La lluvia normal es ligeramente ácida porque ha absorbido algo del dióxido de carbono del aire. La lluvia ácida es más ácida que la lluvia normal porque además ha absorbido gases como óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno.

¿De dónde proceden los óxidos de carbono, de azufre y de nitrógeno que hay en el aire?

.....

APÉNDICE B

Caries dental: pregunta 6

El componente inorgánico del esmalte que cubre los dientes se llama hidroxiapatito, un hidroxifosfato de calcio.

Los ácidos generados como productos del metabolismo de los carbohidratos por la placa bacteriana producen un descenso del pH. A un pH por debajo de 5.5 el hidroxiapatito reacciona, se disuelve y empiezan a aparecer caries.

a) ¿Qué entiendes por pH?

.....
.....

La siguiente ecuación química simboliza la reacción antes mencionada:



b) Utilizando tu conocimiento químico explica detalladamente la reacción anterior.

.....
.....

Caries dental: pregunta 7

Las mejores estrategias para prevenir la caries son la disminución del consumo de sacarosa, el cepillado, el uso de hilo dental, la limpieza profesional para eliminar la placa y el uso de flúor. Los iones fluoruros de ciertas pastas dentífricas sustituyen en parte a los iones hidroxilos del hidroxiapatito produciendo un compuesto muy resistente a los ácidos: el fluorapatito $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}_{(s)}$.

Escribe y explica la ecuación que simboliza la reacción química correspondiente.

.....
.....

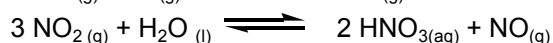
APÉNDICE C

Lluvia ácida: pregunta 5

Uno de los óxidos que acidifica en exceso el agua de lluvia es el $\text{NO}_{(g)}$.

Utilizando tus conocimientos del lenguaje simbólico y del modelo atómico-molecular de la materia te proponemos que:

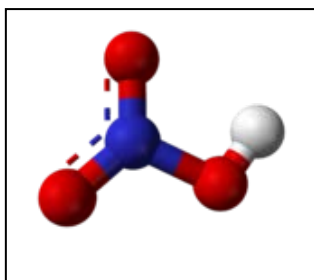
a) Expliques las siguientes ecuaciones correspondientes a algunas de las reacciones químicas que tienen lugar en dicha acidificación.



.....

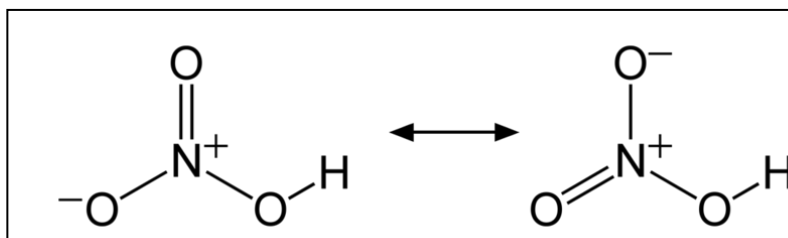
b) Con respecto a las siguientes imágenes contesta:

b1) ¿A qué compuesto químico se refiere la representación microscópica? Te damos una guía: el átomo de oxígeno se representa con una esfera roja, el átomo de hidrógeno con una esfera blanca y el del nitrógeno con una esfera azul. Escribe la fórmula simbólica y el nombre.



.....

b2) Explica qué representan estas fórmulas desarrolladas.



.....

APÉNDICE D

Caries dental: pregunta 5

Utilizando tus conocimientos de química te proponemos que:

a) Expliques por qué las aguas duras, influyen negativamente en la absorción del fluoruro, disminuyendo sus efectos fisiológicos. Indica las reacciones que tienen lugar, utilizando las fórmulas simbólicas de los correspondientes reactivos y productos implicados.

.....
.....
.....

b) Representes la molécula formada, si se acidifica una disolución acuosa de iones fluoruro:

b₁) En forma simbólica y su fórmula desarrollada.

b₂) Utilizando el modelo atómico molecular representa la molécula que se forma (dibujo con esferas - representación microscópica). Te damos una guía: el átomo de hidrógeno con una esfera blanca y el del flúor con una esfera verde.

c) Justifica el carácter ácido en agua de la molécula formada en el apartado b), en función de los átomos y enlaces intervinientes.

.....
.....