

Educación en la Química

Revista de la Asociación de Docentes
en la Enseñanza de la Química de la
República Argentina.

ISSN 2344-9683

Volumen 19
Número 1
2013

Educación en la Química

ISSN en línea 2344-9683

**Revista de la Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química
de la República Argentina**

Educación en la Química

es una publicación semestral de la Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina, ADEQRA, Personería Jurídica N° 8933 que se distribuye gratuitamente a los miembros de esta Asociación. Es una revista que busca contribuir a la interrelación entre los docentes y los investigadores de las ciencias químicas y de la educación química. En ella se dan a conocer experiencias de aula, resultados de investigaciones, avances tecnológicos, noticias científicas, y todo otro aporte original que oriente el enriquecimiento y profesionalización del docente de química y colabore en el mejoramiento de su tarea.

Los editores agradecen cartas, ideas, sugerencias y artículos que puedan resultar de utilidad a otros colegas.

El contenido de los artículos firmados es responsabilidad de sus autores.

Se recomienda cautela al realizar los experimentos y demostraciones que se proponen.

Se autoriza la reproducción de los materiales, citando la fuente. (Título clave abreviado: Ed. en la Quim.)

Comité editor

Editor Responsable

Luz Lastres Flores
(ex-Universidad de B. Aires)

Co-editora

M. Gabriela Lorenzo
(Universidad de B. Aires-CONICET)

Colaboradoras

Andrea S. Farré
(CIAEC-Universidad de B. Aires)
Marisa Repetto
(Universidad de B. Aires)

Consejo Asesor

Daniel Bartet (UMCE, Chile)
Erwin Baumgartner (Universidad de B. Aires)
Faustino Beltrán (Acad. Argentina de Artes y Ciencias de la Comunicación)
Marta Bulwik (ex ISP J. V. González, B.A.)
Raúl Chernikoff (Universidad N. de Cuyo)
Norma D'Accorso (Universidad de B. Aires)
Lilia Davel (Universidad de B. Aires)
Lydia Galagovsky (Universidad de B. Aires)
Andoni Garritz (UNAM, México)
Martín G. Labarca (Conicet)
Hernán Miguel (Universidad de B. Aires)
Norma Nudelman (Universidad de B. Aires)
Héctor Odetti (Universidad N. del Litoral)
Laura Vidarte (ISP J. V. González, B.A.)

EdenlaQuim-ADEQRA. Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica. CIAEC.

Facultad de Farmacia y Bioquímica. UBA.

Junín 956 (1113). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

e-mail: ciaec@ffyb.uba.ar



ADEQRA, Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina, Personería Jurídica N° 8933, es una asociación sin fines de lucro que reúne a docentes de los diferentes niveles educativos de nuestro país, interesados en la formación y capacitación continua..

Entre los fines y objetivos de la Asociación que figuran en su Estatuto, pueden citarse:

- Procurar que la enseñanza de la Química sea cada vez más significativa y eficiente en todo el país y en los distintos niveles educativos.
- Promover el estudio y la investigación en la enseñanza de la Química en todos los niveles.
- Fomentar el intercambio y la comunicación entre personas y las instituciones dedicadas a la enseñanza de la Química.
- Contribuir al perfeccionamiento profesional de sus asociados mediante la divulgación de información científica, metodológica y de temas de interés común.
- Suscitar la inquietud de los docentes de Química por temas que contribuyan a ubicarlos frente a los problemas fundamentales de carácter científico y técnico que enfrenta el país.

Comisión Directiva.

Presidenta: Estela Zamudio (Filial Buenos Aires)

Vicepresidenta: Liliana Habarta (Filial Chaco)

Secretario: Luis Costa (Filial Buenos Aires)

Prosecretario: Dante O. Tegli (Filial Buenos Aires)

Tesorero: Andrés Espinoza Cara (Filial Rosario)

Protesorero: Hernán Quevedo (Filial Rosario)

1° Vocal titular: Stella Fórmica (Filial Córdoba)

2° Vocal titular: Marina Masullo (Filial Córdoba)

1° Vocal suplente: Angelina del Carmen Coronel (Filial Tucumán)

2° Vocal suplente: Ana Falcucci (Filial Tucumán)

Comisión revisora de cuentas

1° Titular: Liliana Llanes (Filial Chaco)

2° Titular: Andrés Raviolo (Filial Bariloche)

3° Titular: Adriana Rocha (Filial Olavarría)

1° Suplente: Raúl Chernicoff (Filial San Rafael)

2° Suplente: Gustavo Borro (Filial Gualeguay)

Domicilio legal de ADEQRA

Instituto Superior de Formación Docente N° 24, B. Houssay. Pasaje Crámer (bis) 923 (1876) Bernal, Pcia de Buenos Aires, Argentina.

50 EJEMPLARES DE EDUCACIÓN EN LA QUÍMICA



Este número de la revista tiene algo especial: festejamos un cumpleaños muy particular estrenando un nuevo número de ISSN 2344-9683 que corresponde al formato on-line...

Haciendo un poco de historia sobre estos cincuenta ejemplares publicados, comenzamos recordando a nuestro colega Ricardo Pasqualí, que en 1990 inició la aventura de editar una revista para los docentes socios de ADEQRA, principalmente profesores de química: así nació Educación en la Química, que con este número llega a las 50 revistas publicadas, en los veintitrés años de trabajo ininterrumpido.

Un breve recorrido por los diferentes ejemplares nos permite reconstruir parte de esta aventura que comienza sobre el papel: el primer volumen tuvo cuatro números que se publicaron entre 1990 y 1991; el volumen 2, con tres números, se fue publicando, un poco a los tropezones, entre 1994 y 1996.

Han sido muchas las personas que desde diferentes lugares han colaborado y sostenido la publicación continua de nuestra revista. Los protagonistas principales han sido obviamente, los autores, los profesores y las profesoras de química que han encontrado en las páginas de nuestra revista un lugar para la expresión y la comunicación pensando en la enseñanza de la química. Pero también, es necesario destacar el arduo y desinteresado trabajo realizado por las personas que integraron el Comité Editorial. Desde 1997 (volumen 3) hasta 1999 (volumen 5), con Mónica Steinman como editora y Luz Lastres como colaboradora, se asumió el compromiso de publicar tres números por año, compromiso que se cumplió a partir de ese momento. En el 2000 (volumen 6) hubo algunos cambios: el grupo editor pasó a estar encabezado por Luz Lastres, con Mónica Steinman como coeditora, se cambió la presentación de la revista, con tapa a color, nueva encuadernación y más páginas (32 en cada número). Este formato se mantuvo, con algunos altibajos producto de la crisis de 2002, hasta completar el volumen 11, en 2005.

Al año siguiente, con el volumen 12, se produjeron nuevos cambios: el grupo editor modifica su composición (Editor responsable: L. Lastres, Ed. Asociados M.C. Angelini y M. Steinman) y se formaliza la creación del Consejo Asesor. En el 2007 (volumen 13) pasamos a ser una publicación semestral y al año siguiente ingresó como coeditora María Gabriela Lorenzo, Ed. asociados M. Steinman y G. Knabe.

Y así llegamos a la última etapa a partir de 2010 con el grupo editor conformado por L. Lastres y M.G. Lorenzo, con la colaboración de Andrea Farré y, a partir de este año, Marisa Repetto.

La Revista se sostiene desde siempre con el aporte de los socios. Afortunadamente, durante cierto tiempo recibimos un subsidio del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología (2006-2010) que facilitó la publicación impresa de ejemplares con un mayor número de páginas (58 en cada número). Una vez finalizado el subsidio nos enfrentamos a un problema con los costos del soporte papel, pero gracias al avance de la tecnología, pudimos seguir la publicación en soporte electrónico en formato on-line.

Otros datos que pueden ser interesantes: se publicaron 365 trabajos y notas; 367 autores han colaborado a lo largo de estos años... hemos recibido artículos desde México, España, Colombia, Chile, Inglaterra. Las temáticas han sido muchas y variadas, con cambios a medida que fuimos madurando. La Revista actualmente incluye trabajos de investigación, curiosidades, propuestas para el trabajo en el aula, historia de la química...

La tarea es ardua, pero la alegría de ver estos resultados hace que valga la pena continuar. Educación en la Química, es nuestra revista, nuestro espacio de encuentro y reflexión, es el producto del interés y el trabajo compartido. Gracias a todos los que hicieron de este sueño una realidad posible. ¡Por 50 ejemplares más!

El Comité Editor

EDITORIAL

Buenas noticias para la educación en ciencias

M. Gabriela Lorenzo

ciaec@ffyb.uba.ar

La investigación en didáctica de las ciencias naturales es un campo relativamente reciente de investigación. En él se conjugan conocimientos clásicos de la didáctica, pero también de la psicología, la sociología y la pedagogía, y se diferencia de la didáctica general, por un conocimiento profundo y diferenciado de la disciplina.

Por la década de 1980 se destacaron los trabajos de reconocidos químicos, físicos y biólogos que incursionaron en la investigación en la didáctica específica de las ciencias naturales. En el mundo de habla hispana se destacan autores como Mercè Izquierdo, Daniel Gil Pérez, Carles Furió, Antonio Chamizo, Andoni Garritz y Valentín Gavidia.

Algo más tarde, prestigiosos investigadores argentinos, formados inicialmente como químicos, bioquímicos, farmacéuticos o licenciados “mutaron” hacia este nuevo campo de investigación frontera, considerado como “el lado oscuro de la fuerza” con un sin número de obstáculos y resistencias. Afortunadamente, ese otro lado no era tan oscuro y comenzó a arrojar algunas luces sobre problemáticas concretas de nuestro propio sistema educativo.

La investigación en el campo de la didáctica de las ciencias naturales en nuestro país, atiende a nuestras propias realidades, a las características propias de nuestros estudiantes y profesores, amplía la mirada a las universidades nacionales concebidas como una oportunidad de formación e inclusión social.

Sin embargo, aún son pocos los investigadores que en cada facultad, que llamaremos para incluirlas a todas “de ciencias naturales”, donde los campos de investigación son los de las disciplinas en sus aspectos más tradicionales (antiguamente llamados duros), han abierto una brecha, una puerta, una ventana, creando grupos de investigación en didáctica de las ciencias naturales.

Fue así que movilizados por esta situación los Profesores Dres Héctor Odetti y Adriana Ortolani convocaron a investigadores en el campo de la educación científica de distintos lugares del país. La reunión se celebró el jueves 11 de abril de 2013, a pesar de la importante lluvia, en la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral, en la ciudad de Santa Fe.

El motivo de la reunión fue debatir sobre el futuro de la investigación específica en un área recientemente constituida: la Didáctica de las Ciencias Naturales, con una larga historia de esfuerzos individuales y la necesidad de fortalecimiento conjunto.

La convocatoria fue a nivel nacional, y dirigida en particular a aquellos que realicen investigación en ese novedoso campo, en facultades nacionales y en institutos de formación docente, siendo investigadores formados en las disciplinas (Química, Física y Biología).

El propósito de la reunión fue la constitución del CONSORCIO DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN DE EDUCACIÓN CIENTÍFICA (CONGRIDEC) con la misión de consolidar definitivamente el campo de la investigación en educación científica en nuestro país, que crezca y fructifique, de modo que los resultados de sus investigaciones contribuyan a un mejoramiento de la calidad de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales en todos los niveles del sistema educativo.

Hemos dado un gran paso. Seguramente, a partir de ahora vendrán nuevos desafíos a los que deberemos hacer frente. ¡Será un gran experiencia hacerlo juntos!

Adjuntamos el Acta de la Reunión

En la ciudad de Santa Fe, a los 11 días del mes de abril del año 2013, se reúnen los siguientes Docentes – Investigadores de Educación en Ciencias Naturales de Universidades Nacionales, a saber: por Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral, Costamaga, Alicia; Fabro, Ana; Ortolani, Adriana y Odetti, Héctor; por Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario, Massa, Marta; Rodríguez, Cristina Susana; por Departamento de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes, Porro, Silvia; por la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires; Lorenzo, María Gabriela; y el Sub-secretario de Bienestar Estudiantil Idoyaga, Ignacio; por el Departamento de Enseñanza de la Ciencia y Tecnología de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, Ocelli, Marisel; por la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional del Comahue; Hugo, Diana, por la Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina; Zamudio, Estela y la Asociación de Docentes de Ciencias Biológicas de la República Argentina Filial 13; García Leticia, con la finalidad de promover un espacio de articulación entre los diferentes grupos y / o centros de investigación en Educación en Ciencias Naturales, que les permita desarrollar acciones conjuntas para la promoción de la investigación en el área, la formación de RRHH, la formación y capacitación de docentes. Estas acciones propenden a la mejora de la Educación en Ciencias Naturales de todos los niveles educativos de la República Argentina.

Finalizado el intercambio de ideas, los asistentes acuerdan por unanimidad constituir el **CONSORCIO DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA – CONGRIDEC**, comprometiéndose a:

- 1 - Poner en conocimiento a las autoridades de las respectivas Unidades Académicas lo actuado en esta reunión.
- 2 - Invitar a otros grupos y / o centros que compartan los mismos intereses y propósitos a formar parte del CONGRIDEC.
- 3 - Invitar a otras Asociaciones o Instituciones vinculadas al área.
- 4 - Difundir por todos medios disponibles la constitución del CONGRIDEC.
- 5 - Generar de instancias de discusión para la elaboración del Estatuto de Funcionamiento del CONGRIDEC.

Por otra parte, se designa a los Profesores Héctor Odetti y Adriana Ortolani como responsables interinos de la conducción del CONGRIDEC con sede en la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral.

No siendo para más, se da por finaliza la reunión firmando nuevos ejemplares de un mismo tenor.

Ana Ferrero
Rodríguez

ANA FERRERO

MARTA MASSA

SILVIA CORRA

SILVIA CORRA

HÉCTOR ODETTI

Diana Kup

DIANA KUP

DIANA KUP

DIANA KUP

DIANA KUP

A. ORTOLANI

Artículo invitado

ENSEÑANDO QUÍMICA POR MEDIO DE LA ARGUMENTACIÓN: ESTUDIO DE UN CASO USANDO EL ESQUEMA DE ARGUMENTACIÓN DE TOULMIN¹



Damian Murphy¹ y Sibel Erduran²

1-Stroud High School. 2- University of Bristol, UK

Sibel.Erduran@bristol.ac.uk

Resumen

Uno de los libros más influyentes, que provocó una revolución en la forma en que se percibe la naturaleza de la ciencia, especialmente entre los filósofos de la ciencia, fue “La estructura de las revoluciones científicas” (ERS) de Thomas Kuhn. Uno de los principios centrales de la ERS es que la verdad es relativa y los absolutos son esencialmente inexistentes. La influencia de la ERS en el sector de la enseñanza de las ciencias ha sido muy lenta, lo que tal vez sugiere la causa de por qué muchos educadores de ciencia todavía se ubican en un paradigma anterior, el positivista - uno en el cual la verdad es externa y se descubre a través de métodos científicos mecanicistas. Sin embargo, una incommensurabilidad se ha desplegado al modernizarse las estrategias de enseñanza bajo el nuevo paradigma llamado constructivismo. Los docentes de ciencia tradicionales que sostienen una imagen de conocimiento objetivo también defenderían una teoría del aprendizaje transmisivo y conductista. No obstante, las modernas teorías de aprendizaje del constructivismo social sostienen que el conocimiento no es tangible sino que se forma y transforma durante el proceso de construcción de significados mientras los estudiantes escuchan e interactúan con sus compañeros y con los recursos mediados por los profesores. La incommensurabilidad surge, entonces, cuando los educadores de ciencias suscriben a una visión paradigmáticamente empirista de la ciencia y simultáneamente intentan crear un contexto para el aprendizaje donde los estudiantes son los constructores de significados y conocimiento. Como ejemplo ha sido seleccionada una clase para ilustrar cómo la argumentación puede ser empleada como instrumento destinado a enseñar Cómo Funciona la Ciencia y al mismo tiempo como herramienta pedagógica para potenciar el desarrollo cognitivo. En particular, el esquema de argumentación de Toulmin fue promovido como una herramienta cognitiva para la construcción de argumentos y como un medio para apreciar los aspectos retóricos detrás de la construcción y la contrastación de una teoría. Además de evaluar el éxito de estas nuevas estrategias de enseñanza, emergen de los datos numerosos tópicos referidos a las limitaciones de los resultados empíricos, los tipos de afirmaciones realizadas por los estudiantes en las justificaciones de sus argumentos, y los desafíos implicados en la creación y la gestión de la dimensión social de la argumentación.

¹ Traducción: Andrea Farré y Luz Lastres

Teaching Chemistry through Argumentation: A Case Study using Toulmin's Argument Pattern

Abstract

One of the most influential books, which caused a revolution in the way the nature of science was perceived, especially among philosophers of science, was Thomas Kuhn's "Structure of Scientific revolutions" (SSR). One of the central tenets of SSR is that truth is relative and absolutes are essentially nonexistent. The influence of SSR has been slow to catch on in the science education sector, which perhaps suggests why many science educators still reside in the previous positivist paradigm – one in which the truth is external and is uncovered through mechanistic scientific methods. However, an incommensurability has unfolded as the teacher's toolkit has modernised under the new paradigm called constructivism. Traditional science educators who hold the view that knowledge is objective would argue for upholding a learning theory that is transmissive and behaviourist. However, modern social constructivist learning theories hold that knowledge is not tangible but forms and transforms during the process of meaning making as learners listen and interact with peers and resources mediated by teachers. The incommensurability arises, therefore, when science educators subscribe to a paradigmatically empiricist view of science while attempting to create a context for learning where students are the makers of meaning and knowledge. An example lesson has been selected to illustrate how argumentation can be employed as an instrument intended to teach How Science Works as way of knowing and as a pedagogical tool to enhance cognitive development. In particular, the Toulmin Argument Pattern was promoted as a cognitive tool for argument construction and as a means to appreciate the rhetorical aspects behind theory construction and testing. As well as evaluating the success of these new teaching strategies, a number of themes emerge from the data which relate to the limitations of empirical data, the types of appeals made by students in the warrants of their arguments, and the challenges involved in creating and managing the social dimension of argumentation.

INTRODUCCIÓN

Todavía en nuestros días la educación científica se está recuperando de la filosofía positivista lógica desarrollada en las décadas de 1920 y 1930. Las teorías conductistas de aprendizaje son conmensurables con esta visión tradicional de la ciencia en el sentido de que todo conocimiento se origina en y se justifica por la experiencia sensorial y argumentos lógicamente deductivos (Kitchener, 2004). La psicología, como la ve el conductismo, es una rama experimental puramente objetiva de las ciencias naturales, entonces es inválido entender al conocimiento como una forma subjetiva de conocer y comprender.

Los positivistas lógicos originales eran un grupo de científicos y filósofos que se reunían en y fuera de Viena a principios del siglo veinte y que incluía figuras de la talla de Schlick (1882-1936), Carnap (1891-1970), Hempel (1905-1997) y Gödel (1906-1978). Muchos de los integrantes del "Círculo de Viena" eran judíos y/o socialistas (Ladyman, 2002) y el ascenso del fascismo en la Alemania nazi hizo que se dispersaran, principalmente en los EE.UU. y el Reino Unido, donde las ideas del positivismo lógico tuvieron una gran influencia en el desarrollo de la ciencia y la filosofía. Esta filosofía perseguía la objetividad en la ciencia y la sostenía que el conocimiento científico se puede incrementarse a través de métodos empíricos. Además, expone la creencia de que el conocimiento significativo, es decir, el único conocimiento que tiene verdadero valor, se limita a lo que puede ser descubierto a través de la investigación científica empírica y objetiva mediante las reglas de la lógica y un lenguaje observacional bien definido (Rudolph, 2000). Cualquier significado proveniente de la naturaleza, como el color, la belleza, la alegría, el amor es menospreciado porque dichas cualidades son vistas como emotivas e irracionales – y de acuerdo con el positivismo, solo los fenómenos que pueden ser investigados empíricamente tienen algún valor.

Asimismo, contrariamente a la forma idealizada de la ciencia en la tradición positivista, lo que es más impre-

sionante acerca de la ciencia, tal como los científicos practicantes acuerdan, es la capacidad de razonamiento que emplea y los medios no autoritarios por los que valida sus afirmaciones. La dimensión humana pasa a ocupar el primer plano cuando se consideran los valores centrales y los compromisos asociados a las prácticas de los científicos de todos los campos. Por ejemplo, los científicos adoptan un enfoque falibilista de su trabajo. Ellos saben que el conocimiento que poseen de un determinado fenómeno es provisional y está sujeto a corrección en el futuro (Ladyman, op.cit.). El conocimiento construido por los científicos es completamente anti-autoritario. La ciencia florece en una atmósfera donde nada es sagrado y donde las afirmaciones aparentemente dogmáticas pueden ser refutadas. De hecho, en el corazón de la creación de consensos sobre el conocimiento científico está un discurso compuesto por argumentos críticos empíricamente verificados. La argumentación, el proceso de producción de argumentaciones, debería, por lo tanto, ocupar un lugar central y no uno secundario en la educación científica.

Desde la década de 1990, la argumentación ha sido promovida en los programas de ciencias de secundaria en todo el mundo. En Inglaterra y Gales, por ejemplo, *Cómo Funciona la Ciencia* (CFC, *How Science Works*) ha sido el componente más abarcador del currículo de ciencia del secundario (es decir, *Key Stage 3*² y *GCSE science*³) desde 2004. Esta relativamente reciente innovación curricular proporciona oportunidades para que los docentes permitan a sus alumnos experimentar y comenzar a entender la rica diversidad de la labor científica. Un área central de CFC es la de las ideas y de las evidencias, que consiste en animar a los estudiantes a evaluar, interpretar y analizar evidencias de fuentes primarias y secundarias de la ciencia. Esto ha llevado a consideraciones sobre el papel de la argumentación en la ciencia escolar, en el sentido de presentar afirmaciones y apoyarlas con pruebas sólidas y convincentes (Bennett, 2007). Los debates en grupos reducidos desempeñan un papel clave, ya que la práctica de la utilización de la evidencia en la argumentación requiere la interacción con sus compañeros. Un impulso adicional para la inclusión de las discusiones en grupos pequeños en las clases de ciencias ha venido de la evolución de las ideas sobre el constructivismo social (Driver y col. 1994). Estas se basan en el trabajo del psicólogo ruso Lev Vygotsky, quien enfatiza la importancia de la dinámica social de las interacciones en el fomento del aprendizaje.

MARCO TEÓRICO

La ciencia es una práctica por la cual las respuestas a preguntas se buscan empleando un enfoque científico. Tradicionalmente esto implicaría validar algún tipo de afirmación por medios sistemáticos y racionales (recolectando pruebas observables y evidencia reproducible, organizando y analizando los datos, etc.) un enfoque comúnmente conocido como “el método científico”. Sin embargo, numerosos estudios han demostrado que no existe un método científico. Los científicos hacen ciencia en sus propias formas peculiares dependiendo de sus objetivos epistémicos y los métodos disponibles de justificación. Por ejemplo, en las ciencias naturales, donde los datos suele ser abundantes, los investigadores tienden a utilizar argumentos demostrativos (Rudolph, op.cit.), por ejemplo, a través de la publicación de evidencia empírica y observación. Sin embargo, los científicos que trabajan en disciplinas que se centran en las reconstrucciones históricas, en las cuales las afirmaciones sobre los hechos pasados van más allá del alcance de la observación humana, justifican sus

² Nota del traductor: Etapa de tres años de escolaridad que comprende de séptimo a noveno año y es cursado por alumnos con edades entre 11 y 14 años.

³ Nota del traductor: Certificado General de Educación Secundaria en Ciencia, etapa escolar a la que asisten alumnos con edades entre 14 a 16 años.

afirmaciones fundamentalmente con razonamientos no demostrativos. Por ejemplo, los modelos de cambio macroevolutivo deben apoyarse en gran parte en argumentos de tipo no demostrativo - conformando un caso respaldado por evidencia limitada a partir del registro fósil. Por lo tanto, cuando hay un número limitado de objetos o cuando se debe dar algún crédito a las aparentes conexiones entre fenómenos dispares, las conclusiones deben ser complementadas con sólidos razonamientos y explicaciones.

En las últimas décadas se ha prestado mucha más atención a lo que los científicos hacen realmente y no a lo que dicen que hacen. Los sociólogos han estudiado a los científicos y llegaron a la conclusión de que la generación de conocimiento científico es en gran parte el resultado de la empresa social entre los científicos participantes. La aceptación de nuevas teorías está determinada en parte por factores sociales y psicológicos, más que por una cuestión de apreciación racional de la evidencia por sí sola (Ladyman, op.cit.). Así, la racionalidad de la ciencia se basa en la capacidad de construir argumentaciones persuasivas y convincentes que relacionen las teorías explicativas con los datos observables (Duschl, 2004). La construcción del conocimiento es un trabajo de equipo donde las teorías personales se critican, se analizan y consideran afirmaciones alternativas, y se evalúa la viabilidad de las pruebas. Las argumentaciones relativas a la pertinencia del diseño experimental o la interpretación de la evidencia a la luz de teorías alternativas son centrales en el discurso de los científicos (Driver y col., 2000) no sólo dentro de un pequeño equipo de científicos, sino también de una manera más formal cuando los trabajos son publicados y criticados en el escenario internacional. En consecuencia, el conocimiento científico es en gran medida una construcción social entre y dentro de comunidades de científicos. La observación y el experimento, aunque son actividades esenciales en el contexto de la justificación, son actividades instrumentales en cuanto a CFC, puesto que sobre la base de la fuerza de las argumentaciones, con el apoyo de la evidencia, es que los científicos juzgan si aceptan o rechazan una teoría particular.

Los objetivos de la indagación en el campo de la educación en ciencia tienen, por tanto, dos aspectos: la generación de conocimiento y su justificación desde el punto de vista de los alumnos. La argumentación es central para ambos aspectos. Es un proceso esencialmente discursivo llevado a cabo por los científicos cuando toman decisiones entre teorías rivales y construyen argumentos para defender sus decisiones (Jiménez-Aleixandre, Rodríguez, y Duschl. 1999). Y ya que por su naturaleza misma la argumentación es un proceso de toma de decisiones, debe implicar el razonamiento científico. La ciencia se supone que es el epítome de la racionalidad y, por eso dotar a los jóvenes con habilidades de razonamiento debería permitirles reconocer los puntos fuertes de una argumentación científica, así como sus limitaciones.

¿QUÉ ES LA ARGUMENTACIÓN?

La argumentación se define como la coordinación de la evidencia y la teoría para apoyar o refutar una conclusión explicativa, un modelo o una hipótesis (Suppe, 1998). Dentro del campo de la argumentación están las habilidades de razonamiento, las cuales emplean un conjunto de procesos que nos permiten ir más allá de la información dada. Las tres formas reconocidas de argumentación son: analítica, dialéctica y retórica.

Analítica

Este tipo de razonamiento tiene un elevado grado de abstracción porque utiliza un sistema de comuni-

cación que es objetivo y por lo tanto inmune a presencias subjetivas. Utiliza una lógica subyacente de confirmación o falsificación para la evaluación de las evidencias de algunas hipótesis. Los positivistas lógicos se comprometían a aplicar un conjunto de reglas lógicas, lo que permitiría hacer una elección entre dos teorías en competencia. Para los positivistas la justificación era una cuestión de lógica, porque las inferencias son deducciones a partir de datos objetivos. Así, la competencia entre teorías rivales podía ser resuelta de una manera totalmente objetiva comparándolas con hechos observables neutros. Sin embargo, nadie ha tenido éxito en la producción de un algoritmo para la elección entre teorías (Okasha, 2002). En su lugar, es necesario el juicio subjetivo o el sentido común para decidir entre teorías rivales. Más aún, los estudios históricos y estudios de caso de la investigación científica revelan que los científicos usan y se refieren a teorías como si fueran válidas mucho antes de que se produzcan todas las pruebas necesarias (Erduran y Villamanan, 2009).

Dialéctica

El pensamiento crítico que requiere la evaluación de puntos de vista opuestos usa el razonamiento dialéctico. En la ciencia, las teorías son a menudo ambiguas y los datos pueden ser interpretados de muchas maneras. El razonamiento dialéctico implicaría la consideración de cada teoría. Se busca una resolución a través del intercambio de puntos de vista mientras se aplica la razón. Se puede llegar eventualmente a una resolución infiriendo la mejor explicación o encontrando algún fenómeno sobre el cual las teorías dan predicciones diferentes. Así, las diferencias se resuelven y se negocian conclusiones consensuadas sobre la base de la evidencia y el razonamiento inductivo.

Retórica

La retórica es el estudio de la persuasión y las técnicas empleadas para hacer persuasivo el trabajo discursivo. Si una teoría no puede ser totalmente justificada en forma objetiva, entonces se deja la puerta abierta al relativismo - la idea de que no existe una verdad absoluta. Por lo tanto, la capacidad de ganarse a la comunidad científica es más una cuestión de persuasión que de deducción. En el caso de justificar una conclusión explicativa, las razones aducidas son más presuntivas y pragmáticas que lógico-deductivas. Como los recursos se basan en lo que el público ya sabe, este tipo de argumento es el más afín al paradigma constructivista. Los maestros no son ajenos al razonamiento retórico, ya que utilizan en forma regular analogías, metáforas, y demostraciones de fenómenos para convencer a sus alumnos de la visión científica del mundo. El objetivo de este proyecto ha sido invertir esta práctica y en su lugar crear ambientes de aprendizaje adecuados donde el cultivo de la ciencia pueda ser apreciado y comprendido mejor por los estudiantes como un vehículo para la creación de conocimiento (a través de la argumentación retórica) más que como un cuerpo de conocimiento caracterizado por su contenido (Donnelly, 2001).

ESQUEMA DE ARGUMENTACIÓN DE TOULMIN (EAT)

La teoría de la argumentación es un campo que se ha venido desarrollando durante varias décadas. A través de su conocido libro titulado “Los Usos de la Argumentación” (“The Uses of Argument”), Stephen Toulmin ha tenido un impacto significativo en cómo los profesores de ciencias han definido y usado la argumentación. En lugar de estudiar las dimensiones de “búsqueda de la verdad” de la argumentación (es

decir, las técnicas nomológicas deductivas empleadas en argumentaciones analíticas), Toulmin se centró en las técnicas retóricas (es decir, persuasivas) y discursivas utilizadas para persuadir a una audiencia. También, observó que algunos aspectos de las argumentaciones varían de un campo a otro (“campo-dependientes”), mientras que otros aspectos de la argumentación son los mismos en todos los campos (“campo-invariantes”). Fueron estos elementos comunes, los que Toulmin utilizó para diseñar su modelo de argumentación. Basado en su análisis de las argumentaciones en diferentes de contextos, incluyendo contextos jurídicos y las argumentaciones de la ciencia, Toulmin presentó un modelo que describe los elementos constitutivos de la argumentación y las interconexiones entre ellos. Para Toulmin, los elementos esenciales de la argumentación son las conclusiones (claims), datos (data), justificaciones o ley de pasaje (warrants) y respaldos o soportes (backings). En la base de todas las argumentaciones hay una conclusión que, en sus palabras es “una afirmación presentada públicamente para la aceptación general” (Toulmin, 1958). Los datos o evidencias son “los hechos concretos en que se basa para apoyar una dada afirmación (conclusión)”. Justificaciones o ley de pasaje son las razones que se proponen para justificar las conexiones entre los datos y la conclusión (Erduran, Simon y Osborne, 2004). Los soportes o respaldos fortalecen o proporcionan una justificación adicional para justificaciones particulares. Las refutaciones o restricciones (rebuttals), según Toulmin, son “las circunstancias extraordinarias o excepcionales que pudieran socavar la fuerza de los soportes o respaldos.”

La definición de Toulmin de la argumentación (Figura 1) se ha aplicado como una herramienta metodológica para el análisis de una gran variedad de materias escolares, incluyendo los de ciencias (Erduran, Simon y Osborne, op.cit.). Sin embargo, en este proyecto de investigación-acción hemos explorado el potencial del EAT como un andamiaje para construir y justificar conclusiones. Además, el EAT ha sido utilizado como una herramienta para ayudar hacer más visible y accesible el pensamiento de los estudiantes, desde el cual puedan articularse mejores argumentaciones científicas razonadas.

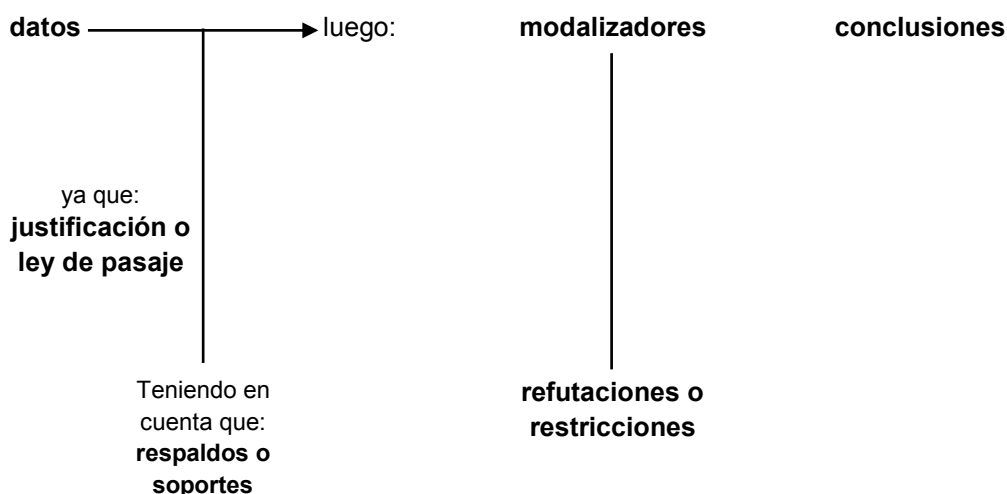


Figura 1. Esquema de Argumentación de Toulmin (Toulmin, 1958).

¿Por qué argumentar?

El deseo de enseñar argumentación no trata simplemente de evangelizar acerca de un aspecto central de CFC (Cómo Funciona la Ciencia) que ha sido pasado por alto. Aunque la argumentación es una práctica esencial del discurso epistémico que realizan los científicos, la promoción del uso de estas mismas herramientas discursivas en los laboratorios escolares también debería motivar el aprendizaje profundo e intencional en los estudiantes, sobre todo si el contexto de aprendizaje es de indagación científica. Esto es lo que hemos tratado de lograr en este proyecto. Una ventaja de la argumentación es que implica un compromiso dialógico sobre determinado tema de manera que se promueva la cognición. Los beneficios pedagógicos de la argumentación se muestran cuando los estudiantes tienen que defender sus opciones teóricas. Esto se deduce de la visión desarrollada en los estudios de alfabetización, en la cual el conocimiento seguro y la comprensión son tanto un producto de saber por qué algunas ideas son erróneas como por qué otras ideas son correctas (Erduran y Jiménez-Aleixandre, 2008).

¿Por qué enfocarse en los trabajos prácticos?

Uno de los legados de la tradición positivista en la enseñanza de las ciencias es que siguiendo para el aprendizaje un enfoque inductivo basado en el descubrimiento, las explicaciones deberían surgir por sí mismas si los estudiantes realizan las observaciones apropiadas. Por supuesto, esto podría no suceder desde la perspectiva de los alumnos, porque la epistemología subyacente es incorrecta. El lenguaje observacional utilizado para informar sobre las experiencias sensoriales depende del marco teórico dentro del cual opera el observador (Hanson, 1958). La carga de teoría de la observación implica que las observaciones sólo pueden ser compartidas por una comunidad de científicos si comparten las mismas percepciones a partir de las teorías asociadas con las observaciones. Una comunidad de científicos que trabajan en un campo especializado desarrollará su propio sistema de comunicación para describir y analizar entidades y atribuirles sus propios significados. Se asignan significados a las observaciones cargadas de teoría usando un medio semiótico que sólo los especialistas comprenden (Lemke, 1990). Esta comunidad de científicos opera dentro de su propio paradigma nativo, de manera que científicos que trabajan en un campo totalmente diferente, no necesariamente serán capaces de comprometerse con dicho paradigma. Sus herramientas y artefactos, los cuales se han adoptado y adaptado en su propio campo, son inconmensurables con paradigmas alternativos y desconocidos. Por lo tanto, las dos culturas tienen grandes dificultades para hablar entre sí, a menos que se acuerde y establezca un nuevo sistema de entidades ontológicas. Sólo entonces, pueden obtener un significado común de un conjunto de observaciones. No es de extrañar entonces que los estudiantes no puedan “ver” las evidencias y extraer el significado esperado cuando no comparten los marcos teóricos de los profesores. En otras palabras, muchos estudiantes no logran racionalizar adecuadamente porque las observaciones previstas están tan cargada de teoría que sólo los miembros de una selecta comunidad de ciudadanos científicamente alfabetizados poseen el lenguaje común para entender su significado.

El proyecto que se describe en el resto de este trabajo es una oportunidad para volver a sostener los trabajos prácticos como el medio para alcanzar objetivos más amplios de la educación científica tales como enfatizar el papel del laboratorio en el desarrollo de modelos, y razonar con y sobre modelos (Duschl, 2004), introduciéndose debajo de la piel de la ciencia al comprender la relación entre evidencia y explicación. De este modo, el laboratorio de la escuela se promueve como un entorno de aprendizaje que estimula la

cognición y el aprendizaje de la ciencia. En lugar de servir como el lugar de la percepción sensorial y la medición táctil, el laboratorio escolar ahora puede verse como el telón de fondo sobre el cual se pueden realizar construcciones teóricas que guíen hacia observaciones significativas. Más aún, puede investigarse un modelo de argumentación basado en el trabajo de Toulmin como un posible andamio mediante el cual los estudiantes puedan construir marcos conceptuales que les ayuden a “ver” los fenómenos en el mismo “modo científico” que los científicos (Abrahams, Millar, 2008). Parece, pues, que los estudiantes deben contar con estructuras que fomenten modos discursivos semejantes a los de los grupos de científicos (Erduran y Jiménez-Aleixandre, op.cit.), donde los alumnos puedan formar parte de un proceso de enculturación en las prácticas discursivas que apoyan el razonamiento y la construcción del conocimiento. En el proyecto que se describe, la argumentación ha sido utilizada como una estrategia de enseñanza que exige a los estudiantes considerar el papel de las evidencias en el desarrollo de la teoría. Si esa evidencia puede ser generada a través de actividades experimentales auténticas, entonces los estudiantes pueden comenzar a comprender no sólo CFC, sino cómo la investigación científica, a través de la construcción de hipótesis, la experimentación y la observación, ha permitido a los científicos desentrañar muchos de los secretos de la naturaleza (Okasha, 2002).

METODOLOGÍA

En el cambio de una mentalidad positivista a una post-positivista, hay que cuestionar los supuestos anteriormente sostenidos sobre que los datos de la investigación están necesariamente viciados por prejuicios del observador. Mientras la verdadera objetividad exige una separación del objeto de estudio, en este estudio se han logrado interpretaciones más ricas mediante la vinculación con el fenómeno en estudio a través de un análisis en profundidad de los acontecimientos en el aula (Demetriou, 2009). Así, el enfoque de este proyecto de investigación tiene tres elementos: confirmatorio donde se evalúan las afirmaciones sobre los méritos pedagógicos y epistémicos de la argumentación, investigación-acción donde los ajustes realizados por el primer autor y docente a la enseñanza y los recursos utilizados son buscados como nueva información para que de esa manera las respuestas de los sujetos salgan a la luz; y un omnipresente enfoque exploratorio cuando patrones y temas inadvertidamente emergen de los datos. Con respecto a esto último, por lo tanto, este estudio tiene las características de un estudio de caso (Counsell, 2009).

Objetivos de la investigación

Los objetivos de la investigación fueron los siguientes:

- probar y desarrollar la argumentación en las clases prácticas;
- explorar la utilidad del esquema de argumentación de Toulmin como un heurístico para que los estudiantes construyan y coordinen las conclusiones con los datos y las explicaciones;
- sintetizar una mayor comprensión de la epistemología de la ciencia en el contexto de la argumentación y modelarla en la enseñanza de CFC.

La investigación tiene que ser algo más que una instancia de reflexión personal y subjetiva, si se pretende también hacer un llamamiento a la comunidad en general. Por lo tanto, cualquier subjetividad ha sido

apoyada por datos empíricos - el trabajo de los estudiantes, transcripciones de audio, secuencias de vídeo, entrevistas y revisiones bibliográficas. El análisis de los datos ha sido un proceso interpretativo que ha estimulado la construcción de sentido. Han surgido una cantidad de temas a partir de los datos como resultado de seguir un enfoque inductivo.

Contexto educativo

El contexto de este proyecto de investigación es una escuela de niñas en Inglaterra. El logro de los estudiantes en el ingreso es muy superior a la media. El porcentaje de estudiantes elegibles para recibir comidas gratuitas en la escuela es muy bajo, así como lo es el porcentaje con dificultades de aprendizaje y/o capacidades diferentes. La mayoría de las chicas son de origen británico blanco. Se desarrolla el estudio en sixth form⁴ en colaboración con una escuela secundaria de varones (boys' grammar school) vecina la cual también aceptaba alumnos mayores a 16 años de otras escuelas y que trabajaba dentro de un Consorcio de escuelas local post-16. Las clases se llevaron a cabo en un aula mixta del Año 12 AS de Química integrada por 11 mujeres y 9 varones.

Estudio de Caso. Clase: La hidrólisis de haloalcanos.

El tema de la clase era la hidrólisis de los haloalcanos, en particular, el estudio de las velocidades relativas de sustitución de diferentes haluros. El mecanismo simple para la sustitución nucleofílica se ilustra en la Figura 2, el mismo había sido enseñado previamente en la clase anterior y se esperaba que los alumnos utilizaran su conocimiento para predecir las velocidades relativas de hidrólisis de diversos halogenuros de alquilo.

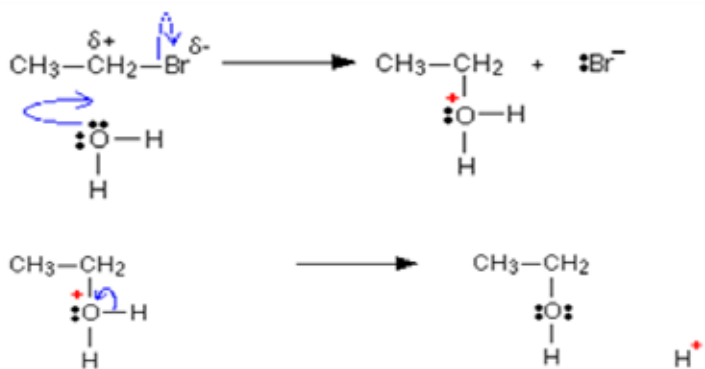


Figura 2. Mecanismo simple para la sustitución nucleofílica para la hidrólisis de haloalcanos. Los mecanismos se usan para modelizar reacciones orgánicas en una serie de pasos discretos.

La clase tenía varios objetivos: En función de los conocimientos químicos anticipados, los estudiantes tenían que ser capaces de explicar las velocidades de hidrólisis de haloalcanos primarios en términos de

⁴ Nota del traductor: Son los últimos dos años de la educación secundaria (Años 12 y 13) a los que asisten alumnos de 17 y 18 años.

las entalpías relativas de enlace de los enlaces carbono-halógeno (C-F, C-Cl, C-Br y C-I). En cuanto a los objetivos de CFC, se esperaba que los alumnos (a) tengan en cuenta que el razonamiento no es suficiente para apoyar las predicciones, y (b) usen la evidencia empírica para apoyar o refutar las afirmaciones científicas. En esta clase, los estudiantes desarrollan su conocimiento sobre las reacciones de sustitución nucleofílica mediante la evaluación de hipótesis alternativas, que predicen las velocidades relativas de hidrólisis de haloalcanos. Las hipótesis son presentadas como diagramas de EAT y mientras que una hipótesis está retóricamente mejor argumentada que la otra, esto no es garantía de su éxito empírico porque la menos convincente de las hipótesis originales es validada experimentalmente. Luego, los alumnos utilizan sus propias creaciones EAT para articular una explicación mejor elaborada. Como consecuencia de ello, los estudiantes demuestran un conocimiento mejorado del EAT y aprecian el papel vital de las justificaciones con respaldos o soportes empíricos como base para sustentar las argumentaciones científicas.

Dada la tentación de pensar que la densidad de carga (δ^+) en el átomo de carbono “atrae” al nucleófilo, muchos estudiantes predicen que el grupo C-Cl se sustituye más fácilmente debido a la mayor electronegatividad del cloro que causa una densidad de carga positiva mayor sobre el átomo de carbono adyacente exponiéndolo más probablemente a un ataque nucleofílico. Vale la pena indicar que el profesor realizó un esfuerzo deliberado para asegurar que esta hipótesis incorrecta se alcanzara a través de una orquestada discusión en clase. Luego, cuando la hipótesis se puso a prueba empíricamente mediante la experimentación, se encontró la tendencia opuesta, por lo cual se hizo necesaria una nueva hipótesis. Así, el resultado del aprendizaje: la velocidad de sustitución no depende de la polaridad del enlace carbono-halógeno sino de su entalpía de enlace, se cumplió utilizando “tácticas de sorpresa”.

En esta ocasión, los elementos más destacados de CFC cumplieron los objetivos de contenido de ciencias. Los resultados de aprendizaje de CFC deberían llevar a los estudiantes a darse cuenta de que muchas hipótesis en la ciencia tienen que ser revisadas a la luz de evidencia empírica contraria. El elemento sorpresa sería usado de nuevo para llamar la atención sobre el objetivo principal del aprendizaje, mediante el uso del EAT en la presentación de dos hipótesis en competencia. Los estudiantes tendrían que decidir entre ellas mientras luchaban con una hipótesis (¡la equivocada!) que era retóricamente “más tentadora” que la otra. No hubo un episodio de argumentación formal orquestado en esta clase, aunque sí pequeños grupos de discusión, y, por lo tanto, la argumentación informal jugó un papel clave ya que la interacción entre pares permitió una activa deliberación sobre las dos hipótesis. En el comienzo de la clase se indicó que los grupos consideraran las dos hipótesis alternativas para predecir la facilidad relativa con que se hidrolizan el clorobutano, el bromobutano y el yodobutano, presentándolas en un Pizarrón Inteligente (Smart Board, Figura 3).

Reacciones de Hidrólisis de los Haloalcanos

$$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\overset{\delta+}{\text{C}}\overset{\delta-}{\text{H}}\text{CH}_2\text{-Cl} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-OH} + \text{HCl}$$

$$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-Br} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-OH} + \text{HBr}$$

$$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-I} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-OH} + \text{HI}$$

¿Cuál de las reacciones tendrá mayor velocidad de reacción?

Hipótesis 1
El grupo C-I se sustituye más rápido que C-Br y éste más rápido que C-Cl. Esto se debe a que la unión C-I es la más débil.

Hipótesis 2
La velocidad de hidrólisis (de mayor a menor) seguirá el siguiente orden:
C-Cl > C-Br > C-I
El enlace C-Cl es el más polar. Esto se debe a que el átomo de Cl es el halógeno más electronegativo. Por lo que, el nucleófilo (agua) será más fuertemente atraído a la carga $\delta+$ sobre el átomo de carbono, dando como resultado una sustitución más rápida.

Figura 3. Pantalla traducida de la Smart Board presentando hipótesis opuestas.

A cada estudiante se le dio una hoja de trabajo (Ver apéndices) que consistía en una copia de las dos hipótesis, junto con sus deconstrucciones como diagramas de EAT (Figura 5), incluyendo dos preguntas que requerían respuestas por escrito. En la próxima sección se realiza un análisis de las respuestas de los estudiantes.

Después de refinar los consensos de los grupos en una discusión general, la clase se dedicó a contrastar las hipótesis mediante la experimentación. En los siguientes veinte minutos cada grupo preparó un baño de agua caliente conteniendo tres tubos de ensayo, cada uno con soluciones etanólicas de clorobutano, bromobutano y yodobutano respectivamente. Cuando la temperatura alcanzó 60° C se añadió una solución de nitrato de plata a cada uno de los tubos y se inició un temporizador. Los resultados experimentales se ilustran en la Figura 4.



Figura 4. Resultados experimentales para la hidrólisis de haloalcanos en nitrato de plata etanólico y acuoso después de 15 minutos. El nitrato de plata produce un precipitado insoluble de un haluro de plata. El precipitado se forma primero con yodobutano indicando que el yodobutano se sustituye más rápido.

En los restantes quince minutos, se les pidió a los grupos (muchos de los cuales fueron sorprendidos por el resultado experimental) discutir los resultados y revisar las hipótesis. Si bien era evidente que la afirmación de la hipótesis 1 era correcta, su argumento era retóricamente más débil. Por lo tanto, la tarea final llevada a cabo por los grupos fue reconstruir esta hipótesis utilizando el modelo de argumentación de Toulmin. Las respuestas a esta tarea se analizan en el siguiente apartado.

Se presenta a continuación un resumen de los episodios de aprendizaje de la clase:

E1. Disparador: Comparar dos hipótesis: argumentación en grupos.

E2. Revisión de las interpretaciones: discusión de todo el grupo de clase liderada por el docente.

E3. Contrastación de las conclusiones obtenidas a partir de dos hipótesis: trabajo práctico.

E4. Revisión de los resultados para luego dilucidar explicaciones: debate liderado por el docente con el grupo de clase completo.

E5. Uso del EAT para elaborar explicaciones más completas sobre la Hipótesis 1: argumentación en grupos

E6. Plenario: discusión liderada por el docente con el grupo de clase completo.

ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

Las dos hipótesis que se presentaron a los estudiantes también fueron deconstruidas para ellos utilizando esquemas de EAT para cada una por separado (Figura 5). Aunque la Hipótesis 1 tiene la conclusión correcta, fue presentada con poca elaboración. Por ejemplo, hay muy poca información en la justificación presentada - solamente la razón “porque el enlace C-I es el más débil”. Sin embargo, se podría inferir que la velocidad de reacción depende de la fuerza de la unión carbono-halógeno. Si este es el caso, entonces, la justificación en este EAT está “implícita en los datos”.

Diagrama del EAT para la Hipótesis 1

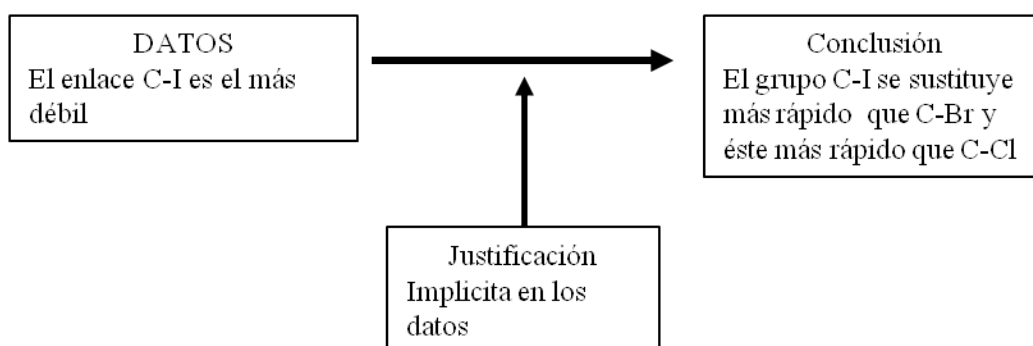


Diagrama del EAT para la Hipótesis 2

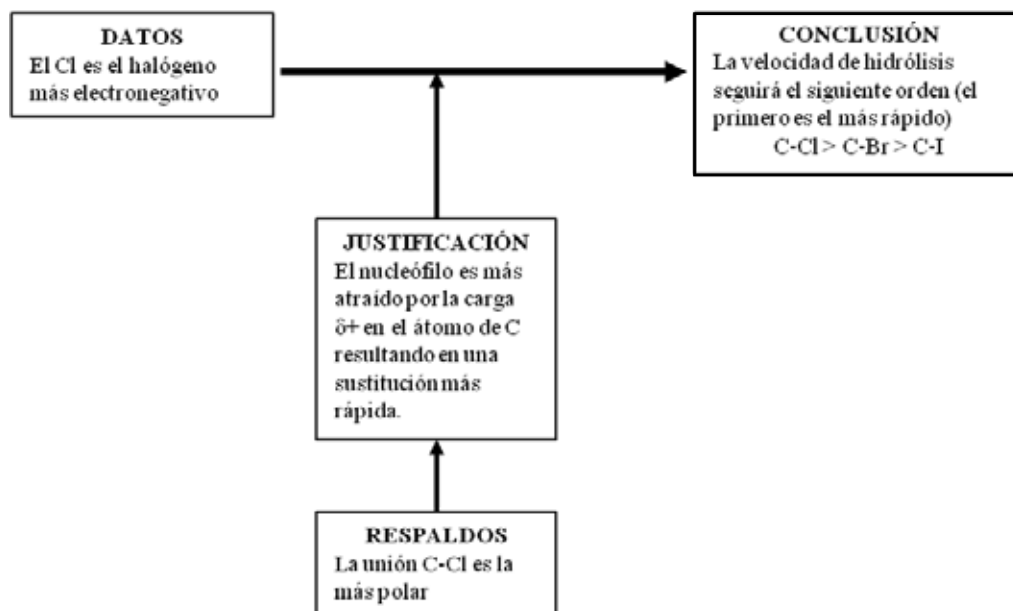


Figura 5. Deconstrucciones EAT de las hipótesis 1 y 2 presentadas a los estudiantes.

Las hojas de trabajo de los veinte estudiantes fueron recogidas al final de la clase y las respuestas fueron examinadas. En las hojas se presentaban dos preguntas que los estudiantes tenían que considerar y discutir antes del experimento. Para la primera pregunta: “Explique qué argumento le parece más convincente”, 18/20 de los estudiantes encontraron más convincente la hipótesis 2. Resulta alentador que todas las respuestas fueron afirmaciones ampliadas lo cual reveló una confianza creciente en el uso del vocabulario asociado con el análisis de la argumentación. Por ejemplo, los siguientes pasajes tipifican la variedad de vocabulario utilizado para justificar la preeminencia de la Hipótesis 2: “mayor apoyo”, “justificación más fuerte”, “mejor explicado”, “fortaleciendo la conclusión”, “la inclusión de respaldos”. Aun así, hubo dos casos de interpretaciones ambiguas del EAT. Por ejemplo, un estudiante escribió acerca de la hipótesis 2, que tiene “datos más fuertes”. Otro alumno que estaba convencido por la hipótesis 2, debido a que tenía “más respaldos y datos”, cuando se puede ver en ambos diagramas de EAT (Figura 5) que cada uno de las argumentaciones tiene un solo dato para sustentar sus conclusiones. Uno de los estudiantes rechazó la hipótesis 2, debido al hecho de que él había leído antes y había aprendido que la fuerza de unión era el principal factor que controla la velocidad de reacción, “La Hipótesis 2 es más convincente, pero no lo suficiente como para persuadirme”. Cuando se le preguntó por qué no estaba convencido, explicó que ya había leído sobre el tema en su libro de texto. Tal es la influencia de la palabra autorizada de los textos.

La segunda pregunta era: “En la ciencia, ¿únicamente el razonamiento es suficiente para hacer que un grupo de científicos acepte una hipótesis? Si no es así, ¿qué más se necesita?”. Si bien la mayor parte de los alumnos había sido “engañada” por la argumentación mejor estructurada y más amplia de la hipótesis

2, cierto escepticismo tranquilizador se puso de manifiesto en sus respuestas a la segunda pregunta. 20/20 de los estudiantes rechazaron que “únicamente el razonamiento” sea suficiente para la aceptación de una hipótesis y complementaron sus respuestas diciendo cosas del tipo “también se requiere evidencias de naturaleza empírica”. Por ejemplo, “El razonamiento no es suficiente, ya que necesita ser respaldado con evidencia”, “los datos deben ser confiables”, “datos empíricos como evidencia” y “Se requerirían datos y respaldo para hacer un razonamiento más plausible”. Fue muy satisfactorio que muchos estudiantes fueran conscientes de que los datos necesitan ser “confiables”, pues había frecuentes calificaciones cuando se hacía referencia a los datos. Eran, por tanto, conscientes de que los datos empíricos deben cumplir con ciertos criterios antes de que puedan ser considerados evidencias válidas para apoyar las conclusiones científicas, y esto fue difundido a toda la clase en un debate dirigido por el docente para finalizar este episodio de la clase (E2).

Análisis de la reelaboración de hipótesis hecha por los estudiantes

La conclusión de la Hipótesis 1 había sido validada empíricamente, pero su argumento era totalmente insuficiente. Por tanto, se les pidió a los alumnos que construyan una argumentación más detallada y convincente. Todos los grupos intentaron resumir sus conclusiones explicativas en un EAT. La figura 6 es un ejemplo de un diagrama de EAT producido por el “Grupo B” que funciona también como argumentación. Las anotaciones han sido agregadas por los autores.

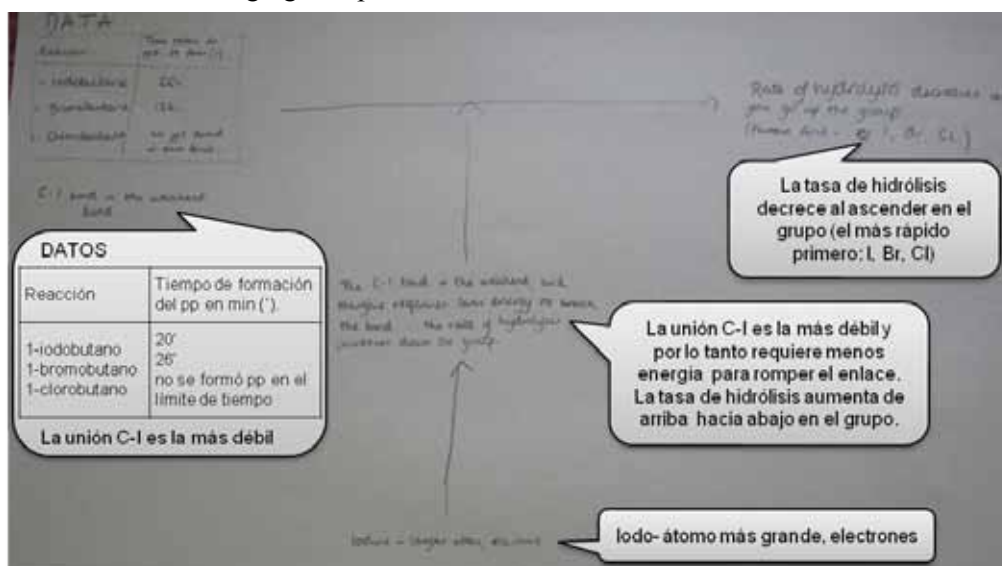


Figura 6. Esquema EAT del Grupo B para validación de Hipótesis 1. Anotaciones agregadas por los autores.

Uno de los principales objetivos orientados a la acción de esta clase fue desarrollar un mayor entendimiento de los alumnos del esquema de argumentación de Toulmin y aplicarlo para crear una conclusión explicativa en forma de un diagrama EAT. Con el fin de determinar si la progresión había sido lograda desde la clase anterior, se analizaron los conjuntos de pósteres de las clases 1 y 2⁵. Se contabilizó la presencia del uso correcto de conclusiones, datos,

⁵ Nota del traductor: La clase 1 es la que los alumnos predicen la velocidad de reacción de los diferentes haloalcanos primarios y desarrollan las dos hipótesis. La clase 2 es la que se analiza en el trabajo, en la cual entre otras cosas se ponen a prueba experimentalmente las hipótesis y se las revisa utilizando el EAT.

justificaciones y respaldos en cada conjunto de pósteres. Los resultados se resumen en la Tabla 1.

Las agrupaciones fueron etiquetadas en función de la conveniencia de los autores y no se debe intentar hacer comparaciones de a pares entre las dos clases. Al comparar ambos grupos de EAT no estamos tratando de juzgar la calidad de las argumentaciones, sino sólo la medida en que los componentes retóricos estuvieron presentes y si han sido correctamente clasificados. Estamos, pues, ante todo interesados en la retórica - argumentaciones bien razonadas por las que el lector debería estar de acuerdo con la conclusión - y no si la ciencia es “correcta”, aunque en esta clase, salvo uno solo de los grupos todos llegaron a la explicación “correcta”.

En general, los EAT de los estudiantes eran más coherentes y la noción de justificación se entendió mejor, como una “explicación” que vincula los datos y la afirmación. Seguía sucediendo que los respaldos estaban “enterrados” en las justificaciones, pero el hecho de que existiera una mayor frecuencia de respaldos, aunque no reconocidos, sugiere que las argumentaciones, es decir las explicaciones, se volvieron suficientemente elaboradas y completas. Sólo el Grupo G construyó una explicación parcialmente incorrecta en función de los resultados, aunque reconocieron que la velocidad de reacción depende de la debilidad del enlace C-X (donde X representa un átomo de halógeno). En lugar de atribuir la fuerza de un enlace C-Cl al pequeño tamaño del átomo de cloro, persistieron en el uso de las diferencias relativas de electronegatividades (para la Hipótesis 2) para explicar las diferencias relativas en la fuerza del enlace C-X. No obstante su razonamiento era sólido, simplemente no se ajustaba bien con el modelo consensuado establecido en muchos planes de estudio del Nivel AS del Reino Unido. En un sentido, por lo tanto, sugerimos que al menos el EAT sirvió efectivamente a este grupo como una herramienta para la creación de argumentaciones sólidas y retóricamente coherentes.

Tabla 1. Comparación de la calidad de los diagramas EAT producidos por los mismos grupos en las clases 1 y 2.

Clase 1					
Grupo	Conclusión	Datos	Justificación	Respaldos	Comentarios
1	✗	✗	✗	✗	Se intentó el diagrama EAT. Aunque cada afirmación es “correcta” no está claro cómo funcionan en la argumentación- carece de coherencia
2	✓	✓	✗	✗	El respaldo es el centro de la argumentación por lo que debería haberse incluido como justificación
3	✓	✓	✓	✗	La argumentación funciona bien retóricamente aunque no se presenta de acuerdo al modelo consensuado. No existen respaldos
4	✓	✓	✗	✗	La argumentación funciona bien retóricamente aunque no se presenta de acuerdo al modelo consensuado. No existen respaldos. La justificación podría haber estado más estructurada para dar respaldos
5	✓	✓	✗	✗	La justificación es realmente una ampliación de los datos. Los respaldos son el centro de la argumentación por lo que debería haberse incluido como justificación
6	✓	✓	✓	✓	Argumentación bien construida basada en los datos pero los datos se mostraron como poco confiables durante la argumentación.
7	✓	✓	✓	✓	Argumentación bien construida pero no se presentó en el modelo consensuado

Clase 2					
Grupo	Conclusión	Datos	Justificación	Respaldos	Comentarios
A	✓	✓	✓	✗	Los respaldos estuvieron presentes pero es una re-articulación de los datos-no apoyan la justificación
B	✓	✓	✓	✓	Bien estructurada. Los respaldos listan una de las razones porqué el C-I es el enlace más débil, así apoya el "corazón" de la argumentación
C	✓	✓	✓	✗	Los datos contiene una razón no empírica, pero los datos empíricos se incluyen en los respaldos lo que implica un apoyo a la conclusión pero no a la justificación
D	✓	✓	✗	✓	Posee una justificación "implícita en los datos" – entonces no se entendió lo que comprende una justificación
E	✓	✓	✓	✓	Es discutible si los respaldos apoyan a la justificación. Sin embargo se describieron las implicancias de un enlace C-I débil para respaldar que todas las reacciones químicas implican rotura y formación de enlaces
F	✓	✓	✓	✗	La conclusión y los datos están claramente delineados. El texto restante comprende cuatro párrafos en los cuales se discuten en profundidad las razones que subyacen a la conclusión. Los respaldos se presentan pero no se resaltan
G	✓	✓	✓	✗	Argumentación semi-estructurada. La conclusión y los datos están claramente definidos en el EAT. El resto del párrafo puede ser destilado para separar más datos. Sin embargo, se articuló una justificación bien articulada aunque no utilizando el modelo consensuado. Los respaldos, aunque están presentes no se identifican

RESUMEN

Al final de la clase, los estudiantes apreciaron cómo los datos empíricos fueron el árbitro decisivo entre las dos conclusiones en competencia. También fueron más cautelosos ante hipótesis compuestas enteramente de argumentos racionales, aunque recurrir al racionalismo seguía siendo necesario para explicar la predicción correcta. El entorno de aprendizaje promovió la práctica del discurso científico por lo que el aprendizaje se convirtió en una empresa compartida. Esta clase podría haber sido abordada desde varios puntos de vista diferentes. Por ejemplo, existe la posibilidad de remodelarla poniendo el énfasis en la construcción de hipótesis las cuales fueran seguidas por pruebas empíricas. Sin embargo, los estudiantes tuvieron que elegir entre dos hipótesis ya enunciadas antes de la prueba empírica. De este modo, se dispuso de tiempo para concentrarse en el análisis de argumentos mediante el EAT como una herramienta analítica. Además, el EAT fue utilizado más adelante en la clase para volver a trabajar una hipótesis correcta, pero pobremente explicada. Hubo un agradable nivel de compromiso, particularmente debido al establecimiento al comienzo de la clase de un propósito, en el sentido científico. También es posible afirmar que los objetivos de aprendizaje significativo fueron bien satisfechos pues esto se evidenció por el razonamiento oral y en lo registrado en los pósteres de los EAT examinados.

En la aparente mejoría en la construcción de los EAT de los estudiantes pueden haber contribuido una serie de factores:

- La familiaridad con los EAT desde su introducción a los estudiantes por primera vez en la clase 1. Por lo que se siguió construyendo entendimiento.
- Se pusieron a disposición en las hojas de trabajo ejemplos de EAT que sirvieron como andamio para la construcción de los EAT.
- Pequeños cambios en la composición de los grupos puede haber dado lugar a una distribución más favorable de los estudiantes más capaces de toda la clase. Esta idea sirve para subrayar la importancia de cambiar regularmente la composición de los grupos si se busca lograr una óptima dispersión e intercambio de conocimientos.

Un tema recurrente, que ha persistido, es la falta de apoyo empírico directo para la justificación de una argumentación. Aunque los datos empíricos son consistentes con la explicación de que el enlace C-Cl es más fuerte que un enlace de C-I, los datos en sí nunca podrían “revelar” esta explicación; y el por qué un enlace C-Cl es más fuerte que uno C-I permanece abierto a explicación y se encuentra mucho más allá del alcance de la evidencia primaria que puede ser generada en un laboratorio de la escuela.

CONCLUSIONES

Las actividades centradas en la argumentación promovieron en el estudiante una mayor prevalencia de aprendizaje activo. A pesar de que las transcripciones de audio a menudo mostraban sólo dos personas que participaban activamente en la discusión, la presencia de terceros era necesaria para proporcionar apoyo y reconocimiento. Esto dividió las funciones de proponer y evaluar ideas entre los miembros del grupo, ya que es el grupo en su conjunto el que tiene generalmente una base de datos más rica que cualquiera de sus miembros (Hatano, Inagaki, 1991). Fundamentalmente, al asignar a los grupos la construcción de sus propias hipótesis y luego testearlas, prevaleció un sentido de pertenencia y así tomar partido por el grupo. Si bien esto puede haber dado lugar a una sensación de deseo competitivo para ser los ganadores académicos, cuyos peligros han sido discutidos, la motivación epistémica - el deseo de conocer y comprender - se mantuvo. Es esta dimensión afectiva de la argumentación en las clases de ciencias, la que fue valorada por los estudiantes.

Los EAT han sufrido críticas en la literatura por carecer de la utilidad necesaria para evaluar los contenidos presentes de una argumentación (Erduran, Simon, Osborne, op.cit.). En este proyecto, el EAT fue suficiente para analizar la estructura de la argumentación, pero el examen de las operaciones epistémicas dentro de las mismas tuvo que ser hecho “a mano”, considerando la coherencia, la analogía, etc. La inspiración para esta estrategia “manos en la masa” se originó a partir de un influyente artículo que informa sobre argumentación en una lección de genética en una escuela secundaria (Jiménez-Aleixandre, Rodríguez, Duschl, op.cit.). Este estudio encontró que el EAT no fue suficiente para interpretar el discurso y desarrolló un marco simple para las operaciones epistémicas que prestaba atención al enfoque de “apelaciones”. Como resultado de la incapacidad del EAT para establecer la efectividad epistémica de las razones invocadas en apoyo de las justificaciones, los estudiantes tuvieron que recurrir a un “análisis manual” de las argumen-

taciones. Esto, en efecto, dio lugar a una oportunidad inadvertida de aprendizaje ya que los estudiantes se vieron obligados a escuchar, cuestionar y hacer comparaciones públicas y privadas con sus propios esquemas conceptuales. En este sentido, EAT había cumplido su propósito al reducir las argumentaciones a sus constituyentes retóricos y así permitir la exposición de cada componente de la argumentación a un escrutinio más exigente. Por lo tanto, el objetivo principal del EAT, que desde el inicio de este proyecto era establecer su uso efectivo como una herramienta para la construcción y la coordinación de las conclusiones, ha sido cumplido con creces. Pese al uso de categorías muy generales para caracterizar argumentaciones, la simplicidad de este marco argumental es lo que hace al EAT tan interesante. El EAT fue utilizado como un marco de argumentación porque era un heurístico simple para su construcción. Los pósteres de EAT y el debate en grupos ilustran cómo los estudiantes han comenzado a apreciar la importancia y la interacción de cada componente retórico incluyendo la comprensión de la relación entre la evidencia y explicación: “En cierto modo distingue lo que es información y lo que es tu justificación y todo. ¿Es algo que los discriminaba? Así que supimos que existía realmente una diferencia entre lo que realmente había sucedido y lo que pensábamos que había pasado, y no son la misma cosa”.

La “enseñanza constructivista de las ciencias” ha implicado trabajar en colaboración con los estudiantes de manera que el resultado no sólo fuera el conocimiento verificable y una comprensión de CFC, sino el crecimiento mental y el conocimiento de cómo los científicos adquieren, construyen y critican los conocimientos. Al reconstruir la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en un contexto de aprendizaje basado en problemas/basado en proyectos, donde los miembros de la clase tienen responsabilidades tanto individuales como de grupo, se ha desarrollado una cultura de aula de aprendizaje más dinámica y creativa. Además, al aumentar la argumentación es probable que se estimule a los estudiantes a convertirse en mejores estudiantes y hacedores de la ciencia, simplemente porque tienen una mejor idea de cómo se construye el conocimiento científico en la práctica y no en situaciones idealizadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bennett, J. (2007). *Talking Science: the research evidence on the use of small-group discussions in science teaching*. York: University of York, Department of Educational Studies.
- Counsell, C. (2009). Interpretivism: Meeting Ourselves in Research, in: *School Based Research*, Wilson, E. (1st ed.) Sage.
- Demetriou, H. (2009). *The Case Study in School Based Research*, Wilson, E. (1st ed.) Sage.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. and Scott, P. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom, *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Driver, R., Newton P. y Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Donnelly, J. (2001). Contested terrain or unified project? ‘The nature of science’ in the National Curricu-

- lum for England and Wales, *International Journal of Science Education*, 23(2), 181-195.
- Duschl, R. (2004). The HS Lab Experience: Reconsidering the Role of Evidence, Explanation and the Language of Science (commissioned paper). National Research Council. Committee on High School Science Laboratories: Role and Vision. Consultado por última vez julio 2012.
- http://www7.nationalacademies.org/bose/R_Duschl_Final_Paper.pdf
- Erduran, S., Simon, S. y Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933.
- Erduran, S. y Jimenez-Aleixandre, M.P. (eds.) (2008). *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research*. Dordrecht: Springer.
- Erduran, S. y Villamanan, R. (2009). Cool argument: engineering students' written arguments about thermodynamics in the context of the Peltier Effect in refrigeration. *Educacion Quimica*, Abril, 119-125.
- Hanson, N.R. (1958). *Patterns of discovery*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Hatano, G. y Inagaki, K. (1991). Sharing cognition through collective comprehension activity. In L.B. Resnick, J.M. Levine, y S.D. Teasley (Eds.), *Perspectives on socially shared cognition* (331-348). Washington: American Psychological Association.
- Jiménez-Aleixandre, M., Rodríguez, A. y Duschl, R. (1999). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.
- Kitchener, R. F. (2004). Logical Positivism, Naturalistic Epistemology, and the Foundations of Psychology, *Behavior and Philosophy*, 32, 37-54.
- Ladyman, J. (2002). *Understanding Philosophy of Science*, Routledge.
- Okasha, S. (2002). *Philosophy of Science: A Very Short Introduction*, Oxford University Press.
- Lemke, J. (1990). *Talking science: language, learning and values*. Westport, CT: Ablex Publishing.
- Rudolph, J. L. (2000). Reconsidering the 'nature of science' as a curriculum component, *J. Curriculum Studies*, 32(3), 403-419.
- Suppe, F. (1998). The structure of a scientific paper, *Philosophy of Science*, 65, 381-405.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.

APÉNDICES

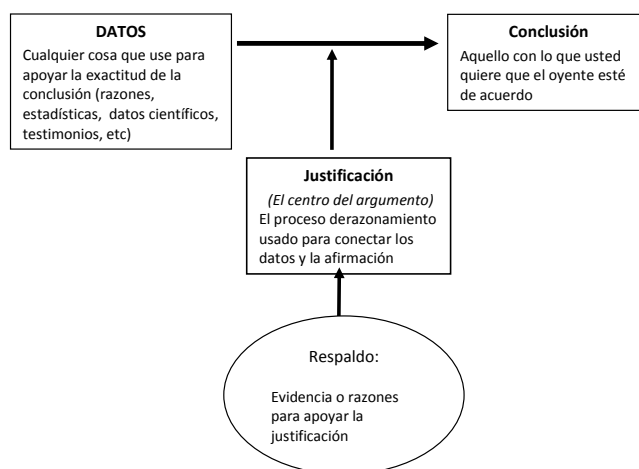
Hoja de información de los estudiantes

Esquema de argumentación de Toulmin

Toulmin fue un filósofo que estudió la argumentación. Estaba especialmente interesado en lo que hacía persuasivas a las argumentaciones - es decir, la naturaleza retórica de las argumentaciones. Él no estaba tan interesado en saber si las argumentaciones eran “verdaderas” o no.

Un Esquema de Argumentación de Toulmin (EAT), revela cómo funciona una argumentación, no si es correcta. Puede ayudar a estructurar tus argumentaciones para que sean más persuasivas para la audiencia o el lector. Además, saber cómo se estructura una argumentación permite realizar un juicio más claro sobre cuál es el aspecto más débil de la argumentación. Entonces se puede construir una refutación (es decir, una argumentación en contra) más eficaz.

Un Esquema de Argumentación de Toulmin sencillo

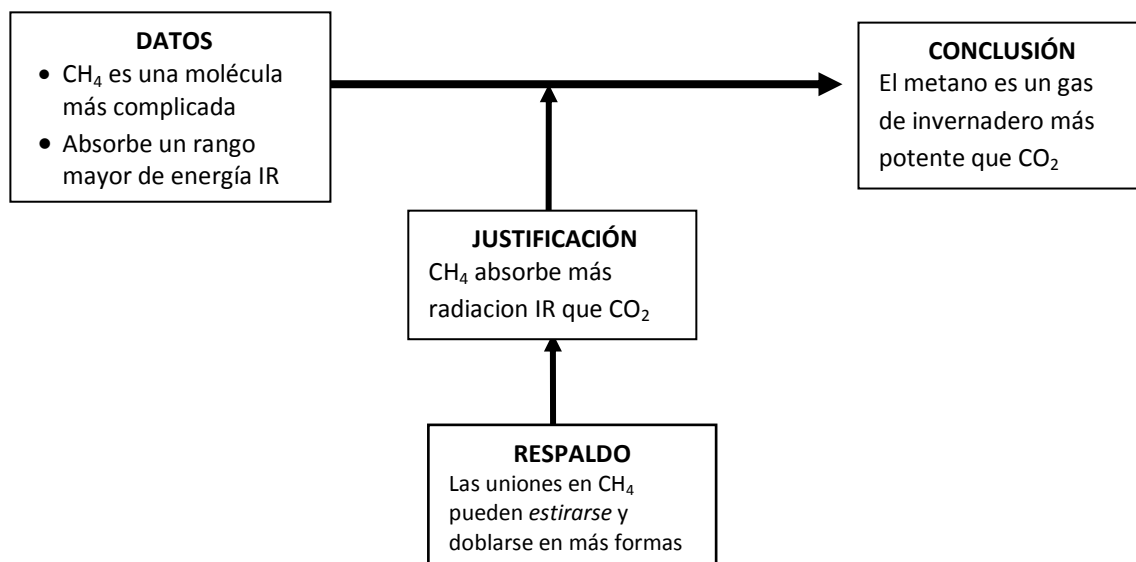


A tener en cuenta: Recuerden que los datos no necesariamente deben ser datos de un experimento. Puede ser cualquier razón usada para apoyar la afirmación.

Ejemplo. Analicemos el siguiente argumento:

“El metano es un gas de efecto invernadero más potente que el dióxido de carbono. Es una molécula más complicada de modo que la energía infrarroja puede hacer que los enlaces se estiren y doblen en una mayor variedad de formas que en el CO₂”

El EAT sería algo así como:



P1. Aunque esta argumentación puede no ser correcta ¿es una argumentación bien razonada? ¿Por qué?

P2. Si quisiera buscar una debilidad en este argumento ¿por dónde empezaría? (Piense en una pregunta que podría formular).

Hidrólisis de haloalcanos

¿Cuál sería el orden en las velocidades de hidrólisis de los siguientes haloalcanos?



La reacción general es: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-X} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{-OH} + \text{HX}$

Hipótesis 1

El grupo C-I se sustituye más rápido que C-Br y éste más rápido que C-Cl. Esto se debe a que el enlace C-I es el más débil

Hipótesis 2

La velocidad de hidrólisis (de mayor a menor) seguirá el siguiente orden:



El enlace C-Cl es el más polar. Esto se debe a que el átomo de Cl es el halógeno más electronegativo. Por lo que, el nucleófilo (agua) será más fuertemente atraído a la carga δ^+ sobre el átomo de carbono, dando como resultado una sustitución más rápida.

¿Con cuál de las hipótesis está usted de acuerdo?

Diagrama EAT para la hipótesis 1

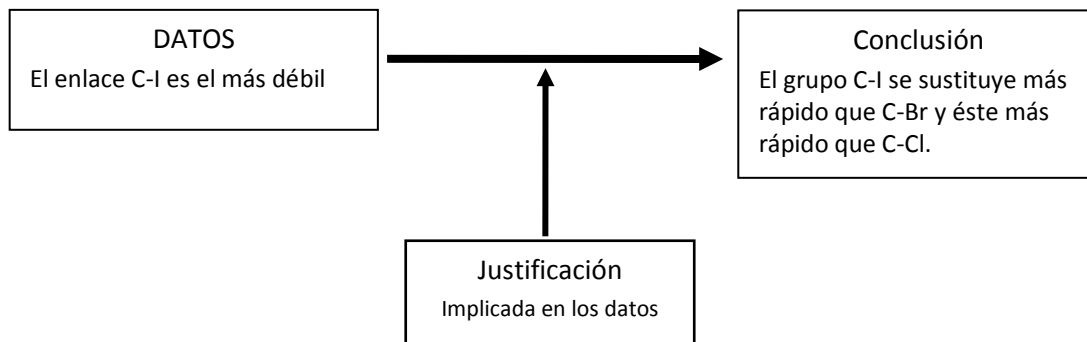
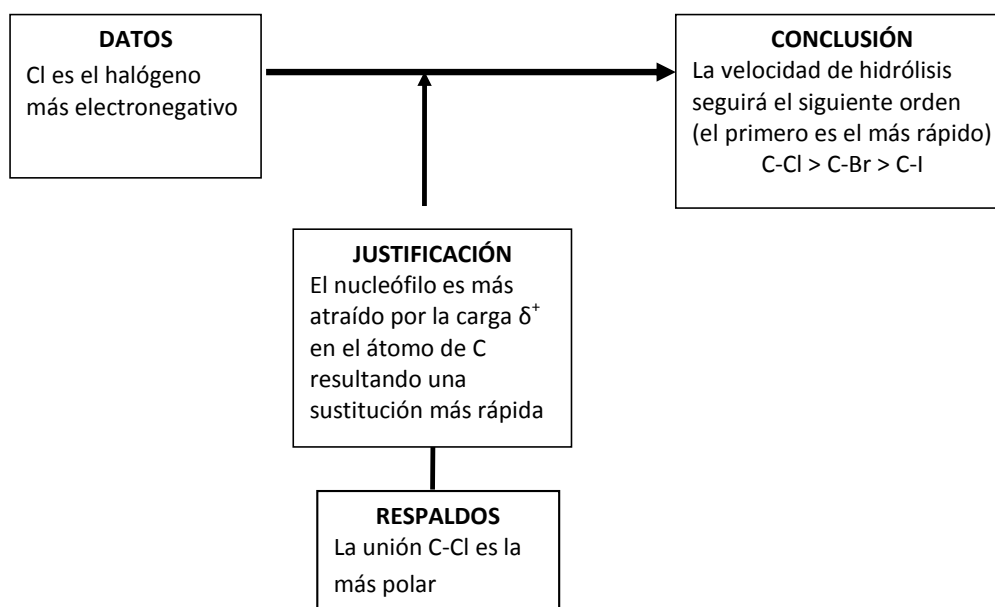


Diagrama EAT para la hipótesis 2



¿Cuál de las argumentaciones es más convincente?

Cuadernillo entregado a los estudiantes de Año 10 en la “Clase 3”

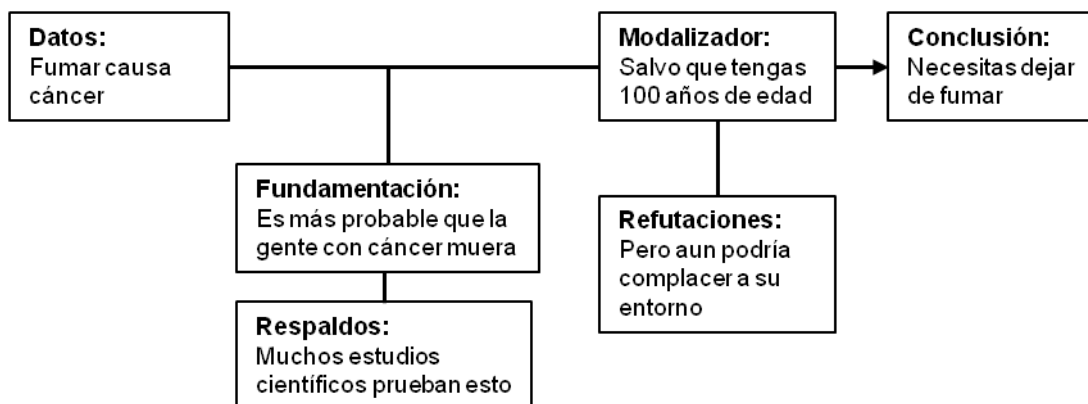
La Retórica en la ciencia

Argumentación en ciencias

La argumentación es un proceso esencial de diálogo llevado a cabo por los científicos para decidir entre teorías que compiten y al construir razones para defender sus elecciones.

“La capacidad para conquistar a la comunidad científica es más una cuestión de persuasión que de deducción”

Ejemplo de un Esquema de Argumentación de Toulmin



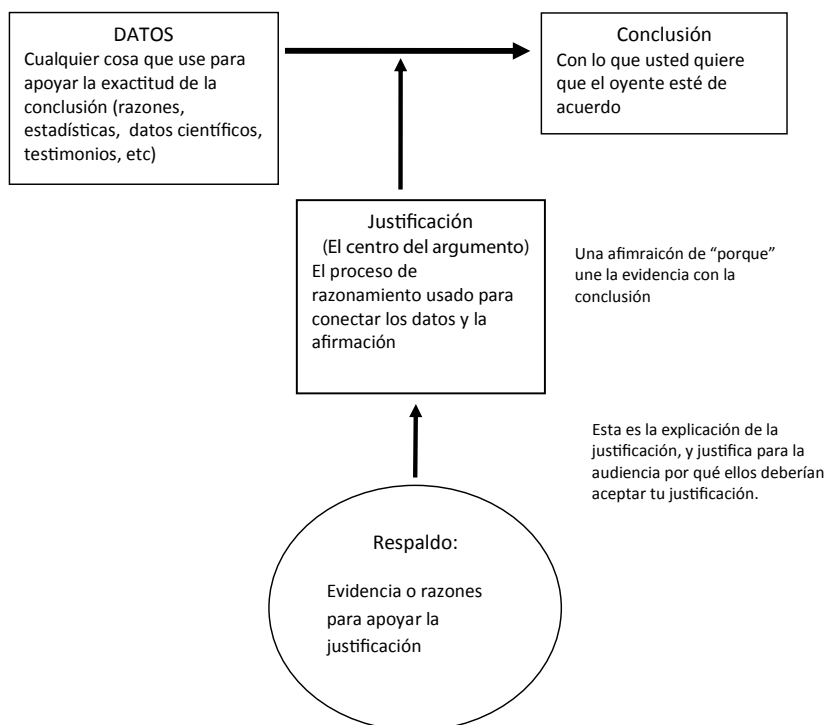
Nombre:.....Curso:.....

Esquema de argumentación de Toulmin

Toulmin fue un filósofo que estudió la argumentación. Estaba especialmente interesado en lo que hacía persuasivas a las argumentaciones - es decir, la naturaleza retórica de las argumentaciones. Él no estaba tan interesado en saber si las argumentaciones eran “verdaderas” o no.

Un Esquema de Argumentación de Toulmin (EAT), revela cómo funciona una argumentación, no si es correcta. Puede ayudar a estructurar tus argumentaciones para que sean más persuasivas para la audiencia o el lector. Además, saber cómo se estructura una argumentación permite realizar un juicio más claro sobre cuál es el aspecto más débil de la argumentación. Entonces se puede construir una refutación (es decir, una argumentación en contra) más eficaz.

Un Esquema de Argumentación de Toulmin sencillo



A tener en cuenta: Recuerden que los datos no necesariamente deben ser datos de un experimento. Puede ser cualquier razón usada para apoyar la afirmación.

Para reflexionar

LA ENSEÑANZA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN UNA CLASE DE QUÍMICA UNIVERSITARIA



Silvia Porro

Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias (GIECIEN). Universidad Nacional de Quilmes. Argentina

sporro@unq.edu.ar

Resumen

En este trabajo se presenta una Unidad Didáctica (UD) aplicada en el marco del proyecto EANCYT (Enseñanza y Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología), en el campo de la Sociología Externa de la Ciencia, en el tema Influencia de la Ciencia y la Tecnología (CyT) sobre la Sociedad, subtema Contribución al pensamiento social. Esta UD se aplicó en un curso de Química II de la Diplomatura en CyT de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ). Se tomaron pretest y postest a los/as estudiantes, antes y después de la aplicación de la UD, respectivamente. Luego de la aplicación de la UD se obtuvieron mayores índices (que significan opiniones más adecuadas) en las cuestiones referidas a la definición de la tecnología, la contribución de la CyT al pensamiento social, y la influencia de la tecnología sobre la sociedad; se disminuyó, además, la visión de la ciencia como neutral.

Palabras clave: Naturaleza de la ciencia y la tecnología – Química y sociedad – Enseñanza universitaria

Teaching Science and Technology Nature in a university chemistry class

Abstract

This paper presents a didactic unit (DU) applied under the project EANCYT (acronym in Spanish that means Teaching and Learning about the Nature of Science and Technology), in the field of Scientific External Sociology, in the subject Influence of Science and Technology (SyT) on the Society, subtopic Contribution to social thought. This DU was applied in a course of Chemistry II of the Diploma in SyT of National University of Quilmes. Pretest and postest were taken at students, before and after application of the DU, respectively. After application of DU, highest indexes were obtained (which means more appropriate opinions) in matters relating to definition of technology, S and T contribution to social thought, influence of technology over society, and vision of science as neutral decreased.

Keywords: Nature of science and technology – Chemistry and society – University teaching.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta una Unidad Didáctica (UD) aplicada en el marco del proyecto EANCYT (Enseñanza y Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología), que es un proyecto de investigación en el que participan grupos de diferentes países de Iberoamérica. El objetivo central de esta investigación es mejorar la comprensión sobre la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) de estudiantes, profesores y profesoras de todos los niveles educativos por medio de los instrumentos de intervención didáctica y eva-

luación, diseñados y aplicados desde diversos contextos. La NdCyT es un conjunto de meta-conocimientos acerca de qué es y cómo funciona la ciencia en el mundo actual, que se han desarrollado desde múltiples áreas de reflexión, especialmente desde la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia. El asunto central del lema NdCyT es la construcción del conocimiento científico, que incluye cuestiones epistemológicas (principios filosóficos que fundamentan su validación) y cuestiones acerca de las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS). El lema NdCyT se reconoce también como heredero del movimiento CTS y convergente con las propuestas del mismo para la educación en ciencia y tecnología (CyT) para la enseñanza de las ciencias desarrolladas desde hace varios lustros: mejorar la comprensión pública de CyT en el mundo actual, que engloba entender los impactos y las soluciones de CyT (sociales, medio-ambientales, económicos, culturales, etc.), algo de los temas más especializados de epistemología, y las relaciones entre CyT (Spector, Strong y Laporta, 2002). La presencia de NdCyT en el currículo educativo se justifica por múltiples razones (cognitivas, de comprensión, utilitarias, democráticas, culturales, axiológicas), pero, sin duda, la razón más global es la finalidad de lograr una educación en CyT de calidad, que promueve la alfabetización en CyT para todos y todas, y que desarrolla valores y actitudes importantes para la comprensión pública en un mundo cada vez más impregnado de CyT (Acevedo y col., 2005). Las reformas emprendidas por algunos países en la última década del siglo XX han operativizado estas finalidades educativas acerca de NdCyT en los currículos escolares (AAAS, 1993; Department for Education and Employment, 1999; NRC, 1996; NSTA, 2000), que se han extendido a muchos países en los últimos años, en todos los niveles de la educación formal, con especial influencia en el espacio de la secundaria obligatoria (Adúriz Bravo, 2005).

La investigación empírica en didáctica de las ciencias muestra de modo reiterado y consistente que los y las estudiantes no tienen una comprensión adecuada sobre NdCyT. Se han obtenido resultados negativos con estudiantes de diversos países y edades (Lederman, 1992), a pesar, incluso, de los defectos de los instrumentos y las metodologías (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001) y de los matices y las diferencias hallados entre los y las estudiantes. Varios/as autores/as detectan dificultades epistemológicas acerca del papel de la metodología, las teorías e hipótesis, los modelos, la creatividad y la provisionalidad en la validación del conocimiento científico (Acevedo y Acevedo, 2002; Bell y col., 2003; Kang y col., 2005; Manassero y Vázquez, 2002; Vázquez, Manassero y Acevedo, 2006).

En la Argentina, la formación científica y académica de los profesores y las profesoras de la escuela media no se encuentra, en muchos de los casos, en el nivel esperado. Una característica distintiva de este nivel es la heterogeneidad del plantel docente. Algunos/as de ellos/as, inicialmente formados/as como maestros/as de grado, fueron “reconvertidos/as” para la enseñanza del área de Ciencias Naturales. Por otro lado, los profesores y las profesoras de enseñanza media difieren en su formación inicial, hay profesores y profesoras de institutos terciarios de una o varias de las disciplinas que componen el área (Física, Química, Matemática, Ciencias Naturales, etc.) y profesionales universitarios/as con poca o ninguna formación pedagógica. En general, muchos/as comparten una formación con una visión disociada entre los contenidos disciplinares y los pedagógicos. Esto conlleva a severas dificultades en cuanto a la actualización de los contenidos disciplinares y la formulación de secuencias didácticas que atiendan a temas transversales integradores, desde una adecuada propuesta pedagógica, quedando muchas veces, la selección y secuenciación de los contenidos de la enseñanza a merced de las ofertas editoriales (Lorenzo, 2008).

El proyecto EANCYT, utiliza como instrumento de evaluación, el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia-Tecnología-Sociedad, COCTS (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001), éste es un banco de 100

cuestiones de opción múltiple cuyos contenidos cubren todas las dimensiones habituales en la investigación sobre NdCyT. Las cuestiones del COCTS pueden desarrollarse para construir unidades didácticas, añadiendo los complementos adecuados de recursos y actividades. En este trabajo se presenta una de las Unidades Didácticas (UD) diseñada en el marco del proyecto, denominada “La amistad entre las mujeres y la Química”; en el contexto del EANCYT ésta se enmarca en el campo de la Sociología Externa de la Ciencia, en el tema Influencia de la Ciencia y la Tecnología sobre la Sociedad, subtema Contribución al pensamiento social.

Si bien el título de esta UD pareciera indicar que la misma se centra en una perspectiva de género, la realidad es que las cuestiones seleccionadas para el pre-test y post-test corresponden al tema de la Contribución de la Ciencia y la Tecnología al pensamiento social. Para trabajar en clase la perspectiva de género hemos desarrollado otras dos UD que se han aplicado en otros niveles educativos y que darán lugar a un próximo trabajo. La hipótesis de trabajo es que los instrumentos de intervención didáctica, evaluación y entrevista diseñados desde diversos contextos y aplicados con una metodología explícita y reflexiva en aulas reales logran una enseñanza de calidad y la mejora del aprendizaje sobre NdCyT en estudiantes, profesores y profesoras.

METODOLOGÍA

La UD se aplicó en un curso de Química II de la Diplomatura en Ciencia y Tecnología (DCyT) de la UNQ. La muestra de estudiantes estuvo compuesta por dos grupos-aula (uno experimental y uno que inicialmente se programó usar como control) de primer año de universidad de una carrera científico-tecnológica; en total fueron 52 estudiantes (34 mujeres y 18 hombres), de entre 18 y 28 años de edad.

Para evaluar esta UD se utilizaron algunas cuestiones del COCTS. El grupo experimental recibió el tratamiento, mientras el grupo control no, pero a ambos grupos se les administró el instrumento de evaluación antes (pre-test) y después del momento de aplicación (post-test). Todos/as los/as estudiantes han sido ciegos/as a la experiencia, es decir, no recibieron ninguna pista, ni información, que les advirtiera que el mismo instrumento volvería a serles aplicado después del tratamiento. Además, las condiciones temporales de ambos momentos (pre y post) también fueron los mismos, para controlar las potenciales variables ambientales intervinientes; el tiempo transcurrido entre ambos momentos de evaluación es suficientemente amplio (cuatro meses) para evitar la influencia del recuerdo del pre-test sobre el post-test. Se realizó tratamiento estadístico de los datos, determinando las diferencias significativas entre pre-test y post-test, y entre géneros, mediante la prueba U de Mann-Whitney.

El grupo control elegido era equivalente al experimental en las variables contextuales que definen los grupos (pertenencia a la misma institución y al mismo nivel, parecido nivel académico, similar composición de chicos y chicas), pero estaba a cargo de una docente no involucrada directamente en la investigación y, además, fue un curso que por el horario tuvo una deserción muy grande y, por consiguiente, al finalizar el mismo se obtuvo un número de encuestas post-test muy escaso, por eso no se presentan los resultados del mismo. Durante el cuatrimestre en curso no se aplicará la UD y se tomará como curso control el de Química II dictado por la misma docente que en el cuatrimestre anterior dictó el curso experimental. La comparación de ambos grupos se presentará en un próximo trabajo.

Unidad didáctica

- **Justificación:** El papel principal que se le asignó a las mujeres, tanto antes como después del desarrollo de la química como disciplina, sea cual fuere su nivel social o económico, ha sido (y en muchos casos sigue siendo) el de ocuparse de su familia y velar por ella. Aún cuando tenga que ganarse el pan fuera del hogar, contribuir a solventar los gastos de la casa con un trabajo a domicilio o ejercer como profesional, la mujer consagra gran parte de su tiempo a lo que un amplio consenso define como su rol natural: el cuidado de la familia. Esto implica una cantidad de tareas que las mujeres repiten cotidianamente para alimentar a los miembros de su hogar y dedicarse a la limpieza de los niños, las niñas y la casa. Las mujeres además son la clave fundamental en lo que se denomina salud reproductiva, que la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1992 afirmó que podría ser definida “no sólo como la ausencia de enfermedades o desórdenes en el proceso reproductivo, sino también como una condición en la cual el proceso reproductivo es acompañado por un completo estado de bienestar físico, mental y social, implicando que las mujeres tienen el derecho a una gestación y parto seguros y también que el éxito sea el resultado final de ese proceso, o sea, que los niños sobrevivan y crezcan saludables” (OMS, 1992). La Química ha contribuido a la salud reproductiva; a lo largo de esta actividad veremos cómo.

- **Competencias básicas a desarrollar:** Pensamiento crítico, Capacidad de asociación, reflexión, generalización, Trabajo grupal colaborativo, Habilidad de comprender de manera crítica diferentes descubrimientos.

- **Objetivos:** Indagar cómo la química contribuyó al cambio en el estilo de vida de las mujeres. Mejorar la alfabetización científica de los y las estudiantes.

Material de trabajo: Un capítulo de libro (Porro, 2011) y artículos científicos relacionados con los temas del mismo (Anestésicos, Antibióticos, Anticonceptivos, Cosméticos, Jabones y detergentes, Materiales textiles modernos, Plásticos).

Desarrollo de la clase

Se conformaron grupos de 3-4 estudiantes; a cada grupo se le asignó un tema. La clase se desarrolló en un aula multimedia, lo cual permitió a los/as estudiantes buscar material en Internet. La duración de la misma fue de 4 horas, que corresponde al tiempo asignado a un trabajo práctico de laboratorio. Cada grupo debió entregar, posteriormente (se estipuló un tiempo de entrega de una semana) un trabajo en el cual se consignaron sus conclusiones acerca del tema elegido en cuanto a: qué descubrimientos científicos estuvieron involucrados en el mismo, qué tecnología se utilizó, qué influencia sobre la sociedad tuvo esto y qué relaciones CTS se detectaron.

Instrumento de evaluación

El COCTS es una encuesta de tipo escala Likert en la que cada frase puede calificarse con valores que van de 1 a 9. La traducción a índices actitudinales, que van de -1 a +1, depende de si cada una de las frases ha sido considerada Adecuada, Plausible o Ingenua por un comité de expertos, y se realiza según la siguiente tabla:

Tabla 1. Conversión de las calificaciones directas a índices actitudinales.

Calificaciones directas de las respuestas									
Grado de acuerdo	Nulo	Casi nulo	Bajo	Parcial. bajo	Parcial	Parcial alto	Alto	Casi total	Total
Escala directa	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice actitudinal normalizado									
Categoría frase									
Adecuada	-1	-0,75	-0,5	-0,25	0	+0,25	+0,5	+0,75	+1
Plausible	-1	-0,5	0	+0,5	1	+0,5	0	-0,5	-1
Ingenua	+1	+0,75	+0,5	+0,25	0	-0,25	-0,5	-0,75	-1

Se puede obtener entonces un Índice Global (I.G.) para cada una de las cuestiones y, además, un índice para cada una de las frases (A, B, C... etc.).

Como pre-test y post- test, se aplicaron las siguientes cuestiones pertenecientes al COCTS que indagan la opinión de los y las estudiantes acerca de:

- 10211. La definición de la Tecnología: Definir qué es la tecnología puede resultar difícil porque ésta sirve para muchas cosas. Pero la tecnología PRINCIPALMENTE es:

A. muy parecida a la ciencia.

B. la aplicación de la ciencia.

C. nuevos procesos, instrumentos, maquinaria, herramientas, aplicaciones, artilugios, ordenadores o aparatos prácticos para el uso de cada día.

D. robots, electrónica, ordenadores, sistemas de comunicación, automatismo, máquinas.

E. una técnica para construir cosas o una forma de resolver problemas prácticos.

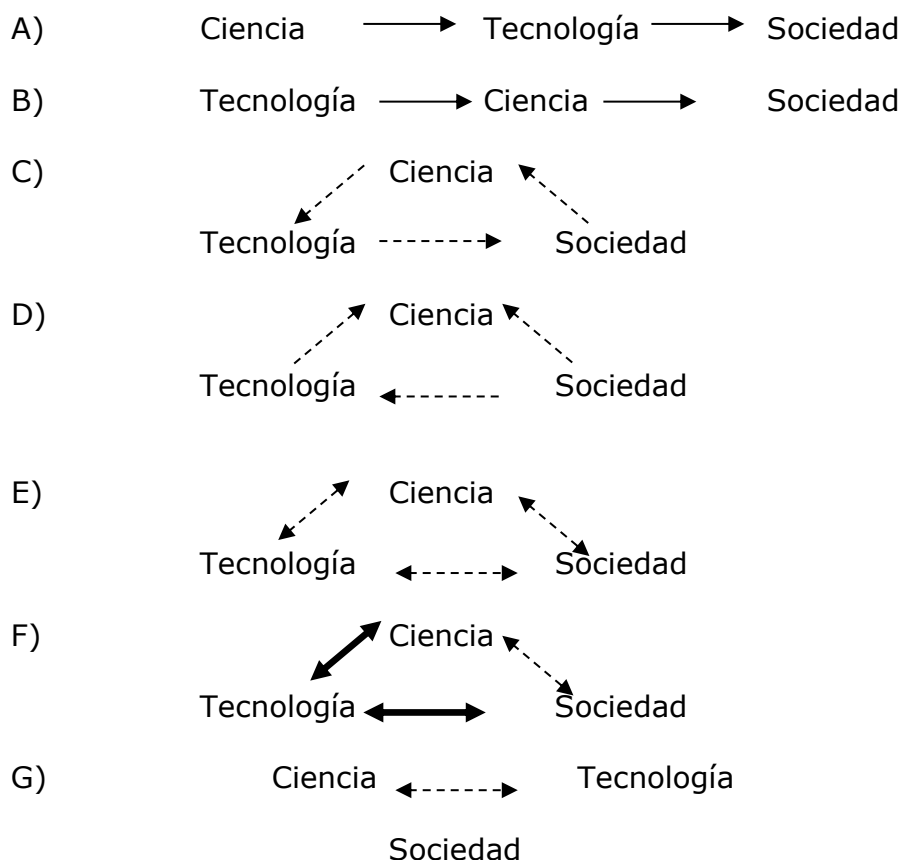
F. inventar, diseñar y probar cosas (por ejemplo, corazones artificiales, ordenadores y vehículos espaciales).

G. ideas y técnicas para diseñar y hacer cosas; para organizar a los trabajadores, la gente de negocios y los consumidores; y para el progreso de la sociedad.

H. saber cómo hacer cosas (por ejemplo, instrumentos, maquinaria, aparatos).

- 30111. Diagramas de interacciones entre C, T y S: ¿Cuál de los siguientes diagramas representaría mejor las interacciones mutuas entre la ciencia, la tecnología y la sociedad? (Las flechas simples indican una sola

dirección para la relación, y las dobles indican interacciones mutuas. Las flechas más gruesas indican una relación más intensa que las finas, y éstas más que las punteadas; la ausencia de flecha, falta de relación).



- 40711. Por qué la CyT influyen en nuestro pensamiento diario: La ciencia y la tecnología influyen en nuestro pensamiento diario porque nos proporcionan nuevas palabras e ideas:

A. Sí, porque cuanto más ciencia y tecnología se aprende, más crece el vocabulario, y por tanto, más información se puede aplicar a los problemas diarios.

B. Sí, porque usamos los productos de la ciencia y la tecnología (por ejemplo, ordenadores, microondas, cuidado de la salud). Los nuevos productos añaden nuevas palabras a nuestro vocabulario y cambian nuestra forma de pensar sobre los asuntos diarios.

C. La ciencia y la tecnología influyen sobre nuestro pensamiento, PERO la influencia es principalmente aportando nuevas ideas, inventos y técnicas que amplían nuestro pensamiento.

La ciencia y la tecnología son las influencias más poderosas en nuestra vida diaria, pero no a causa de palabras e ideas:

D. sino porque casi todo lo que hacemos y todo lo que nos rodea ha sido de alguna manera inventado por

la ciencia y la tecnología.

E. sino porque la ciencia y la tecnología han cambiado el estilo de vida.

F. No, porque nuestro pensamiento diario es influido principalmente por otras cosas. La ciencia y la tecnología sólo influyen sobre unas pocas ideas.

- 40811. Influencia de la Tecnología sobre la Sociedad: ¿La tecnología influye sobre la sociedad?

A. La tecnología no influye demasiado en la sociedad.

B. La tecnología hace la vida más fácil.

C. La tecnología forma parte de todos los aspectos de nuestras vidas, desde el nacimiento hasta la muerte.

D. La tecnología influye sobre la sociedad por la manera en que ésta la emplea.

E. La tecnología proporciona a la sociedad los medios para mejorar o destruirse a sí misma, dependiendo de como se ponga en práctica.

F. La sociedad cambia como resultado de aceptar una tecnología.

G. La tecnología proporciona a la ciencia las herramientas y las técnicas que hacen moderna una sociedad.

H. La tecnología parece mejorar la calidad de vida a primera vista, pero por debajo contribuye al deterioro del medio ambiente.

- 40821. Influencia de la Ciencia sobre la Sociedad: ¿La ciencia influye sobre la sociedad?

A. La ciencia no influye demasiado en la sociedad.

B. La ciencia influye directamente sólo en aquellas personas de la sociedad que tienen interés por la ciencia.

C. La ciencia está disponible para el uso y beneficio de todos.

D. La ciencia capacita a las personas para poder conocer el mundo.

E. La ciencia ha fomentado la perspectiva del mundo “moderno” haciendo más permeable la sociedad.

F. La ciencia estimula a la sociedad para buscar más conocimiento.

G. La ciencia influye sobre la sociedad a través de la tecnología.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diferencias entre pretest y postest

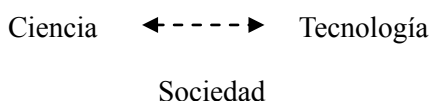
En la primera cuestión, referida a la definición de Tecnología, el índice global (I. G.) obtenido es negativo en el pretest y positivo en el postest. Con respecto a los índices para cada frase:

la que ha obtenido menor índice en el pretest (-0.466) ha sido la B, opción ingenua, que enuncia que “la tecnología principalmente es la aplicación de la ciencia”. Y, aunque en el postest esta frase es la que obtiene una mayor diferencia positiva, Δ (Post – Pre) = 0,399 (lo cual evidencia que luego de la aplicación de la UD los/as estudiantes acuerdan menos con esta idea), aún en el postest el índice sigue siendo negativo (-0,067), esto parecería mostrar lo arraigado de esta creencia en nuestros/as estudiantes.

la que ha obtenido mayor índice, tanto en el pretest (0,229), como en el postest (0,266) ha sido la G, opción adecuada, que afirma que “la tecnología principalmente es ideas y técnicas para diseñar y hacer cosas; para organizar a los trabajadores, la gente de negocios y los consumidores; y para el progreso de la sociedad”.

En la segunda cuestión, referida a las interacciones mutuas entre C, T y S, el I. G. obtenido es positivo tanto en el pretest como en el postest, no habiéndose observado una mejoría significativa entre uno y otro. En cuanto a los índices para cada frase:

- la G obtiene el mayor índice (0,584), (al ser ingenua un alto índice significa poca adhesión); propone el siguiente diagrama, en el cual ni la Ciencia ni la Tecnología tendrían relación con la sociedad:



Esto parecería indicar que los/as estudiantes son conscientes de que la sociedad no está aislada de lo que ocurre con la ciencia y la tecnología.

- hay una sola frase que obtiene índice negativo en el postest, la A, ingenua, que muestra la idea tradicional de relación entre C, T y S como “lineal y optimista” (Núñez Jover, 1999), según el siguiente diagrama:



Lo anterior muestra que también esta idea de linealidad entre C, T y S también está muy arraigada.

En la tercera cuestión, referida a la contribución de la CyT al pensamiento social, el I. G. obtenido es negativo tanto en pretest (-0,122) como en postest (-0,057). Sin embargo:

la E, adecuada, obtiene un índice positivo tanto en el pretest como en el postest. Es la frase de esta cuestión que ha obtenido el mayor I. G. en el postest (0.301) y afirma “la CyT son las influencias más poderosas en nuestra vida diaria, porque han cambiado el estilo de vida”.

la A, ingenua, afirma “la CyT influyen en nuestro pensamiento diario porque nos proporcionan nuevas palabras e ideas, porque cuanto más CyT se aprende, más crece el vocabulario, y por tanto, más información

se puede aplicar a los problemas diarios”. Obtiene la mayor diferencia positiva, Δ (Post – Pre) = 0,243 (los/as estudiantes evidencian menos acuerdo con la misma luego de la UD).

En la cuarta cuestión, referida a la influencia general de la Tecnología sobre la Sociedad, se obtuvo un I. G. positivo tanto en el pretest (0,029) como en el posttest (0,104). Con respecto a las frases:

la E, plausible, obtuvo el menor índice del pretest (-0,548), y afirma “la tecnología proporciona a la sociedad los medios para mejorar o destruirse a sí misma, dependiendo de como se ponga en práctica”. Obtiene la mayor diferencia positiva, Δ (Post – Pre) = 0,376 (los/as estudiantes evidencian mayor acuerdo con la opinión de los especialistas).

la A, ingenua, ha obtenido el mayor índice tanto en el pretest como en el posttest, afirma “la tecnología no influye demasiado en la sociedad” (índice positivo en una frase ingenua indica poca adhesión).

En la última cuestión, referida a la influencia general de la Ciencia sobre la Sociedad, se obtuvo un I. G. negativo tanto en el pretest (-0,063) como en el posttest (-0,059). Es la cuestión que obtiene menor I. G. en el posttest. Con respecto a las frases se ha observado además que:

- la C, ingenua, obtiene el menor I. G. (-0,599) de las 36 cuestiones que han integrado el pre-test. Afirma “la ciencia está disponible para el uso y beneficio de todos”. Y, aunque es la frase del cuestionario que ha logrado un mayor incremento: Δ (Post – Pre) = 0,460, el índice en el posttest sigue siendo negativo (-0,139)

- Otra frase que ha mejorado significativamente el índice entre el pretest (-0,387) y el posttest (-0,043) es la F, plausible que afirma “la ciencia estimula a la sociedad para buscar más conocimiento”.

Diferencias entre mujeres y hombres

En el pretest se obtuvieron diferencias significativas entre mujeres y hombres, en los índices que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Diferencias significativas entre los índices de mujeres y hombres en el pretest

Cuestión/Frase	Índice mujeres	Índice hombres
10221/F	0.130	-0.278
30111/A	0.426	-0.361
40811/E	-0,426	-0,889
40811/G	-0,222	0,333

En la Tabla 3 se observan las diferencias significativas obtenidas entre mujeres y hombres en el posttest.

Tabla 3. Diferencias significativas entre los índices de mujeres y hombres en el postest

Cuestión/Frase	Índice mujeres	Índice hombres
40811B	-0,375	0,036
40821A	-0,125	0,393
40821B	-0,359	0,214
40821D	0	0,429

En el postest, la cuestión 40821, referida a la influencia general de la Ciencia sobre la Sociedad, es la única en la que las mujeres no obtienen índice positivo en ninguna de las frases.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

De los resultados obtenidos se observa que hace falta trabajar mucho con el concepto de tecnología, ya que sigue siendo entendido como un conocimiento práctico que se deriva directamente de la ciencia. Los y las estudiantes no parecen darse cuenta que: “La imagen ingenua de la tecnología como ciencia aplicada sencillamente no se adecua a todos los hechos. Las invenciones no cuelgan como frutos del árbol de la ciencia” (de Solla Price, 1980, p.169).

Un resultado muy preocupante, es el hecho de la gran adhesión obtenida por la frase “la ciencia está disponible para el uso y beneficio de todos”, que considera a la ciencia como “no instrumental” (Ziman, 2003). Esto muestra una visión ingenua de la ciencia por parte de los y las estudiantes, por dos razones:

por un lado esta frase apoya la visión neutra de la ciencia, como si la misma sólo pudiera ser usada para fines positivos, y no pudieran ser “los intereses militares o industriales, aquellos que actúan «dirigiendo» la propia investigación científica, y aun delimitando o seleccionando sus contenidos” (Bueno, 1995).

por otro lado, parece mostrar la creencia de que la ciencia es realmente universal, y permite un acceso equitativo de toda la población a sus beneficios.

Con respecto a las diferencias de opiniones entre los géneros, en el pretest se observan diferencias significativas en cuatro frases, y solo en una de ellas el índice es mayor para los estudiantes varones, aquella que afirma “La tecnología proporciona a la ciencia las herramientas y las técnicas que hacen moderna una sociedad”, que es una frase plausible. Es llamativo observar que en el postest las cuatro diferencias significativas que se observan (todas distintas a las del pretest), presentan un índice mayor para los estudiantes varones, tres de ellas pertenecientes a la cuestión referida a la influencia de la ciencia sobre la sociedad. Esto pareciera indicar que, si bien el índice global ha aumentado luego de la aplicación de la unidad didáctica, de alguna forma esta actividad ha influenciado más a la opinión masculina (acercándola a la de los/as expertos/as) que a la femenina. Queda entonces como pregunta para la próxima investigación el porqué de este comportamiento.

Como reflexión final, considero que vale la pena introducir los temas de Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología en nuestras clases de Química, ya que a través de ellos ayudamos a nuestros/as estudiantes,

además de incorporar los conceptos específicos de la disciplina, a reflexionar acerca de la importancia del conocimiento de los temas científicos y tecnológicos en nuestra toma de decisiones como ciudadanos/as.

Agradecimientos

El desarrollo de este trabajo ha sido posible gracias al subsidio a Programas de Investigación de la UNQ (Argentina) y al Proyecto de Investigación EDU2010-16533 financiado por una ayuda del Plan Nacional de I+D del Ministerio de Ciencia e Innovación (España).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAAS, American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for science literacy*. Oxford University Press, New York.
- Acevedo, J. A. y P. Acevedo (2002). Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de Educación Secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*. En: <http://www.rieoei.org/deloslectores/244Acevedo.PDF>.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Martín, M., Oliva, J. M., Acevedo, P., Paixão, M. F. y Manassero, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (2), 121-140.
- Aduriz-Bravo, A. (2005). ¿Qué naturaleza de las ciencias hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación en didáctica. *Tecné. Episteme y Didaxis*, Número Extra, 23-33.
- Bell, R. L.; Blair, L. M.; Crawford, B. A. y N. G. Lederman (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 487-509.
- Bueno, G. (1995). *La función actual de la ciencia*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas.
- Department for Education and Employment (1999). *Science in the National Curriculum*. HMSO, London.
- de Solla Price, D. J. (1980). Ciencia y tecnología: distinciones e interrelaciones. En: Barnes, B. (editor). *Estudios sobre sociología de la ciencia*. Editorial Alianza Universidad, Madrid.
- Kang, S.; Scharmann, L. C. y T. Noh (2005). Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education*, 89, 2, 314-334.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.
- Lorenzo, M. G. (2008). El modelo de integración multinivel para la formación en servicio del profesorado. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 597 - 613.
- Manassero, M. A. y A. Vázquez (2002). Las concepciones de estudiantes y profesores de ciencia, tecnología y su relación: Consecuencias para la educación. *Revista de Ciencias de la Educación*, 191, 315-343.

- Manassero, M. A.; Vázquez, A. y J. A. Acevedo (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears, Palma de Mallorca.
- OMS (1992). *Estrategia de salud reproductiva*. Organización Mundial de la Salud, Ginebra.
- NRC, National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Academic Press, Washington, DC.
- NSTA, National Science Teachers Association (2000). *National Science Teachers Association position statement: the nature of science*. En <http://www.nsta.org/159ypsid=22>
- Núñez Jover, J. (1999). *La ciencia y la tecnología como procesos sociales*. Editorial Félix Varela, La Habana.
- Porro, S. (2011). Las mujeres y la química: una complicidad de género. En Lydia Galagovsky (Dir.), *Química y Civilización* (pp.243 – 253). Asociación Química Argentina, Buenos Aires.
- Spector, B.; Strong, P. y T. Laporta (1998). Teaching the nature of science as an element of science, technology and society. En W. F. McComas. (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies* (pp. 267 - 276). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Vázquez, A.; Manassero, M. A. y J. A. Acevedo (2006). An Analysis of Complex Multiple-Choice Science-Technology-Society Items: Methodological Development and Preliminary Results. *Science Education*, 90, 4, 681-706.
- Ziman, J. (2003). Ciencia y Sociedad Civil. *Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad*, 1 (1), 177- 188.

Para reflexionar

DESARROLLO DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS EN EL CICLO BÁSICO DE LA CARRERA DE BIOQUÍMICA

C. B. Falicoff,¹J. M. Domínguez Castiñeiras,²y H. S. Odetti. ¹

¹ *Departamento de Química General e Inorgánica. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe. Argentina.*

E-mails: falicoff@fcb.unl.edu.ar, hodetti@fcb.unl.edu.ar

² *Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais. Facultade de Ciencias da Educación. Universidade de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela. España.*

E-mail: josemanuel.dominguez@usc.es

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar con qué competencias científicas ingresan los estudiantes en la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas (primer curso de la carrera de Bioquímica de la UNL) y cuál ha sido el progreso de las mismas en los contenidos de Química, luego de haber cursado el primer año de la carrera mencionada. El concepto de competencia científica se ha tomado del Programa de Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA) 2006. Para recolectar la información, se elaboraron dos cuestionarios ad hoc con preguntas que abarcan tres competencias científicas: identificar cuestiones científicas (ICC), explicar fenómenos científicamente (EFC) y usar pruebas científicamente (UPC). Los resultados indican que los ingresantes parten de un nivel bajo en el rendimiento de las competencias evaluadas. Al año de instrucción, las ICC y EFC se desarrollaron favorablemente. Los niveles de rendimiento en la competencia UPC, disminuyeron.

Palabras clave: Competencias científicas, Enseñanza universitaria, Química.

Scientific competencies development of freshmen students at Biochemistry studies

Abstract

The aim of this study is to assess the science competencies of students enrolling at the School of Biochemistry and Biological Sciences (first year of the course of Biochemistry of the Universidad Nacional del Litoral de Santa Fe, Argentina) and how their competencies regarding proficiency in Chemistry have progressed after having completed the first year in the aforesaid course. The concept of science competency has been drawn from the Program for International Student Assessment (PISA) 2006. To collect the information, two ad hoc questionnaires were drafted with questions addressing three science competencies: identifying scientific issues, explaining phenomena scientifically and using scientific evidence. The results indicate that first-year students start with a low performance level for all the competencies assessed. After one year of education, the competencies identifying scientific issues and explaining phenomena scientifically develop favorably. Performance levels in the competency using scientific evidence decreased.

Key words: Scientific competencies, Higher education, Chemistry.

INTRODUCCIÓN

Los ciudadanos del siglo XXI deberán analizar situaciones y tomar decisiones sobre asuntos que tienen que ver con conocimientos científicos o bien con habilidades técnicas. Desde esta perspectiva, la enseñanza de las ciencias no debería dedicarse a la transmisión de una serie de conocimientos desvinculados

y muchas veces obsoletos, y que el papel del alumno sea solamente acumular tales conocimientos. Por el contrario, una nueva perspectiva implica promover un modelo de enseñanza que ayude a los estudiantes a desarrollar una comprensión más coherente, flexible, sistemática y principalmente crítica (Hodson, 2003).

Por esta razón la enseñanza de las ciencias debe incorporar un enfoque basado tanto en las experiencias cotidianas del alumnado como en la respuesta del saber científico a las necesidades de la sociedad contemporánea. Es decir, el uso del “contexto” como base para el diseño de planes de estudio y enseñanza en el aula (Gilbert, 2006).

Como lo subraya el Informe Nuffield (Osborne y Dillon, 2008) la educación científica tradicional se conforma con transmitir una visión de la ciencia insuficiente para responder al interés de los jóvenes e incapaz de prepararlos para que comprendan el papel de la ciencia y la técnica en el mundo contemporáneo. Los mayores problemas de la humanidad en este momento, son la alimentación, la salud, la energía, el agua, el cambio climático y está claro que estos temas no se tratarán ni se resolverán sin contribuciones científicas importantes y tampoco lo harán sin la comprensión y el compromiso de los ciudadanos.

El programa PISA 2006 (OCDE, 2006) centró la atención sobre la Competencia científica, entre otras, y sus características distintivas son (OCDE, 2008): “El grado en que un individuo:

- Tiene conocimiento científico y lo utiliza para identificar cuestiones, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basándose en pruebas acerca de problemas relacionados con las ciencias.
- Comprende las características de la ciencia como forma de conocimiento e investigación.
- Es consciente de que la ciencia y la tecnología conforman nuestro medio material, intelectual y cultural.
- Se compromete como ciudadano reflexivo en problemas e ideas relacionados con las ciencias.”

Las declaraciones referidas a PISA ponen de manifiesto un giro en el enfoque de la enseñanza que recorre todas las etapas educativas, no solo las básicas, pues la renovación de la enseñanza universitaria propiciada por la creación del Espacio Europeo de la Educación Superior, a partir de Bolonia, va en la misma línea. Se pone énfasis en la necesidad de centrarse más en cómo y para qué se utilizan los conocimientos. Es decir, se valora más la facultad para resolver problemas que los conocimientos aprendidos de memoria (Bybee, 1997; Harlen, 2002).

Chamizo e Izquierdo (2007), entienden la competencia científica como el conjunto de capacidades que permiten saber, saber hacer, ser y vivir con otros en situaciones de la vida en las cuales se ha de decidir cómo actuar. Asimismo, Jiménez-Aleixandre (2010, 2011), destaca la competencia como la capacidad de aplicar lo aprendido a contextos y situaciones nuevas integrando los saberes conceptuales, las destrezas y las actitudes.

Argentina participó, como país asociado, junto con otros 56 países de todo el mundo, en el estudio PISA del año 2006. Los resultados alcanzados por los adolescentes argentinos (15 años) fueron alarmantes ya que, para la competencia científica, se obtuvo el puesto 51° (OECD, 2008). En el reciente estudio de 2009, la evolución fue negativa pues se obtuvo el puesto 56° de un total de 64 países (OECD, 2010).

Teniendo en cuenta la problemática indicada, coincidimos con Monereo y col. (2009) en la necesidad de mejorar el sistema educativo y en la oportunidad de hacerlo, justamente, a partir de las reflexiones que generan los resultados de PISA.

El objetivo de este trabajo fue evaluar con qué competencias científicas ingresan los estudiantes en la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas (primer curso de la carrera de Bioquímica) y con cuáles egresan, luego de haber cursado el primer año.

Consecuentemente con lo anterior se formulan los siguientes interrogantes: ¿Cuáles son las competencias científicas con las que ingresan los alumnos en la carrera de Bioquímica y cuáles son las adquiridas cuando terminan el primer año de la misma? ¿Qué competencias científicas son relevantes para establecer las prioridades para el diseño, implementación y evaluación de una enseñanza de calidad?

METODOLOGÍA

Participantes y características de la muestra

Se realizó un estudio durante el año 2010. El alumnado participante lo hizo de forma voluntaria. La investigación se inició con una muestra de 47 alumnos ingresantes a la carrera de Bioquímica. El número de alumnos se considera adecuado -mayor al 10% de los inscritos, según la recomendación de Colás Bravo y Buendía Eisman (1998). La selección de la misma se realizó según un muestreo estratificado.

Posteriormente, a fines del mismo año, se prosiguió la investigación con una muestra de 27 de los mismos alumnos. Esta disminución en el número de sujetos de la muestra fue debido al abandono voluntario o forzoso de la carrera, el cual pudo ser transitorio o permanente. Durante ese año dichos estudiantes cursaron, además de otras, las siguientes asignaturas relacionadas con el conocimiento químico: Química General y Química Inorgánica.

Para poder llevar a cabo la presente investigación, se consideró necesario suponer unas premisas de conocimiento previo del alumnado:

- Sobre la Ciencia y la Química, los alumnos que ingresan a 1° año han finalizado la fase de escolaridad obligatoria y han aprobado el ingreso a la Universidad.
- Desde el punto de vista epistemológico, se espera que durante el paso por el primer año de la Universidad los alumnos hayan podido modificar, de forma significativa, las ideas previas de carácter intuitivo y desarrollen una forma de pensar que, como señala Justi (2006), incluya los principales elementos de nuevos modelos y que puedan ser utilizados en otras situaciones, relacionadas o no con las ciencias.

Lo citado anteriormente, convierte a ambos grupos como adecuados para valorar su grado de preparación frente a los desafíos diarios de las sociedades modernas y así, obtener una idea bastante aproximada de las competencias que se han adquirido a lo largo del primer año de carrera universitaria.

Estrategia para obtener la información

Se diseñaron dos cuestionarios tomando como base la definición de competencia científica del informe PISA 2006 que puede caracterizarse por cuatro aspectos interrelacionados (OCDE 2002, 2004 y 2006): capacidades, conocimientos, áreas de aplicación y actitudes; y se han seleccionado algunas pruebas de dicho informe. Consecuentemente, para la elaboración de los cuestionarios se han adaptado dichas pruebas al nivel universitario y se han diseñado otras de autoría propia. Se evaluaron tres niveles de descripción e interpretación -macroscópica, microscópica y simbólica (Johnstone, 1993)- de los conocimientos químicos, en contextos diferentes, considerados deseables desde el punto de vista del conocimiento académico. En este trabajo no se aborda el estudio sobre actitudes.

En la primera fase, el primer cuestionario estuvo constituido por 17 preguntas y dividido en dos temas: lluvia ácida (10) y caries (7). Fue elaborado, a principios de 2010, para determinar las competencias científicas de los ingresantes.

Luego de transcurrido el año académico 2010, el segundo cuestionario consistió en 15 preguntas, distribuidas en los mismos temas, 8 y 7 respectivamente. Fue elaborado a finales de 2010, para explorar la influencia que la enseñanza y el aprendizaje pudieran haber tenido sobre la adquisición de dichas competencias.

Los temas fueron seleccionados debido a que las áreas de aplicación (Medio Ambiente y Salud) están íntimamente relacionadas con la carrera de Bioquímica en la cual se llevó a cabo este estudio. Cada una de las cuestiones permite evaluar una de las capacidades científicas y requiere el empleo, bien del conocimiento de la ciencia, bien del conocimiento acerca de la ciencia. Ambos temas evalúan (mediante distintas preguntas) más de una capacidad y más de una categoría de conocimiento.

Por razones de espacio, para ejemplificar las preguntas del primer y segundo cuestionario se describe lo siguiente:

- Inicio de 2010 (primer cuestionario):

- Identificar cuestiones científicas (ICC): Pregunta 2: CARIES DENTAL (Pregunta 2.3 OCDE 2006, p.133. Ligeramente modificada por el agregado de la siguiente consigna “Si en algún caso, tu respuesta es “Sí”, diseña un experimento científico para comprobar el hecho.....”). Anexo 1.

- Explicar fenómenos científicamente (EFC): Pregunta 8: LLUVIA ÁCIDA. Anexo 2.

- Utilizar pruebas científicas (UPC): Pregunta 3: CARIES DENTAL (Pregunta 2.2 OCDE 2006, p.132. Ligeramente modificada en algunos puntos de la gráfica por cuestiones de formato del cuestionario). Anexo 3.

- Fin de 2010 (segundo cuestionario):

- Identificar cuestiones científicas (ICC): Pregunta 2: CARIES DENTAL. Anexo 4.

- Explicar fenómenos científicamente (EFC): Pregunta 4: LLUVIA ÁCIDA. Anexo 5.

- Utilizar pruebas científicas (UPC): Pregunta 3: CARIES. Anexo 6.

Los cuestionarios tienen la siguiente estructura:

A. Información y pregunta para el alumno (introducción del tema y su planteamiento):

- a. Tema. Texto introductorio del tema.
- b. Planteamiento del problema a resolver.

B. Criterios de corrección y características de las preguntas:

a. Puntuación. Criterios de corrección: cada pregunta se valoró con una puntuación máxima de 2 puntos y mínima de 0 puntos. Algunas de ellas, con una puntuación parcial de 1 punto.

b. Descripción de ciertas características incluyendo:

- Tipo de ejercicio o respuesta. Las preguntas se presentan en diferentes formatos y se resuelven mediante dos tipos de respuestas: de elección múltiple (normalmente entre cuatro alternativas) y de construcción (abierta o cerrada).

- Capacidad científica. Cada ejercicio comporta principalmente la aplicación de uno de los tres tipos de capacidades científicas: Identificar cuestiones científicas (ICC), Explicar fenómenos científicamente (EFC) y Utilizar pruebas científicas (UPC).

- Categoría de conocimiento. Incluye las categorías del conocimiento de la ciencia y del conocimiento acerca de la ciencia en PISA 2006 (OCDE, 2006) y, teniendo en cuenta las características de la carrera de Bioquímica, para este trabajo se han seleccionado los Sistemas físicos, los Sistemas vivos; la Investigación científica y las Explicaciones científicas, respectivamente.

- Área de aplicación. Las áreas de aplicación se extraen de un abanico de situaciones de la vida. Para este estudio se han seleccionado: Salud y Medio Ambiente.

- Marco. Las preguntas están centradas en situaciones relacionadas con el yo, la familia y los grupos de compañeros (personal), la comunidad (social) y la vida a escala mundial (global).

- Comentario.

Validez y Fiabilidad

La validez interna en el diseño del cuestionario de competencias científicas se estable tomando como modelo base los ítems diseñados y el estudio validado de PISA. Asimismo, se ha utilizado el método interno racional o de contenido el cual permite determinar la validez de un instrumento, comprobando si mide aquello para lo que se lo ha elaborado. Es decir, en este caso, si mide las competencias científicas: ICC, EFC y UPC. De este modo, para llegar a la versión final del instrumento se solicitó a un grupo de expertos de nuestras cátedras que leyeran y consideraran los textos que se evalúan en cada ítem y sus correspondientes claves de corrección.

Entre los métodos más habituales para medir el grado de fiabilidad de los instrumentos se ha optado por el Alfa de Cronbach. Los valores de $\alpha = 0,72$ y $\alpha = 0,75$ para el primer y segundo cuestionarios respectivamente, indican que los resultados de opinión de los 47 alumnos respecto a los 17 ítems analizados y los 27 alumnos respecto a los 15 ítems considerados se encuentran correlacionados de manera altamente confiable y muy aceptable.

Estrategia de análisis de la información

Las categorías «puntuación máxima», «puntuación parcial» y «sin puntuación» dividen las respuestas de los alumnos en tres grupos, según la capacidad que demuestren a la hora de responder la pregunta formulada. Una respuesta calificada con una «puntuación máxima» no indica que la respuesta sea absolutamente correcta en términos científicos, pero sí que se posee el nivel adecuado de comprensión del tema para un alumno universitario científicamente competente. Las respuestas menos elaboradas, o con un menor grado de corrección, pueden obtener una «puntuación parcial», mientras que las preguntas cuyas respuestas son incorrectas, irrelevantes o que no se contestan, quedarán recogidas bajo la categoría «sin puntuación».

La puntuación posible de las preguntas construidas cerradas o de opción múltiple oscila entre 0 y 2 puntos. Las preguntas construidas abiertas, que pueden tener distintos niveles de corrección, tendrán diferentes puntuaciones que van desde 0, 1 y 2 puntos.

Debido a la dispersión numérica de las puntuaciones que se producen, los resultados se agrupan en niveles de rendimiento.

Según la OCDE (2006): “En la definición aquí propuesta, la competencia científica se concibe como un continuo que abarca desde los niveles de competencia científica más bajos hasta los más avanzados. Dicho de otra manera, se considera que las personas poseen diversos grados de competencia científica y no que posean o carezcan de competencia científica en términos absolutos (Bybee, 1997). Por ejemplo, un estudiante con un nivel de competencia menos desarrollado puede ser capaz de recordar conocimientos científicos sencillos y de emplear conocimientos científicos de uso corriente para sacar y evaluar conclusiones. En cambio, un alumno con un nivel de competencia científica más avanzado podrá crear y emplear modelos con objeto de hacer predicciones y dar explicaciones, analizar investigaciones científicas, relacionar entre sí datos que puedan constituirse en pruebas, evaluar explicaciones alternativas de un mismo fenómeno y exponer sus conclusiones con precisión.”

Para el análisis del Rendimiento total de competencia científica (RTCC), se consideró como línea de base o promedio el 50% del total de la puntuación, si todas las respuestas hubieran obtenido la puntuación máxima. Es decir, sobre un total de 17 preguntas, cuya máxima valoración es de 2 puntos cada una y suman 34 puntos (100%), hemos fijado en 17 puntos (50%) la calificación deseable para el nivel medio de rendimiento.

Para las diferentes competencias se estableció como línea de base o promedio el 50% del total de la puntuación de cada una de ellas, si todas las respuestas hubieran obtenido la puntuación máxima. Es decir, para:

- Identificar cuestiones científicas (ICC), por ejemplo, sobre un total de 3 preguntas, cuya máxima

valoración es de 2 puntos cada una y en total suman 6 puntos (100%), se fijó en 3 puntos (50%) la calificación deseable para el nivel medio de rendimiento.

- Explicar fenómenos científicos (EFC), por ejemplo, sobre un total de 10 preguntas, cuya máxima valoración es de 2 puntos cada una y suman en total 20 puntos (100%), se fijó en 10 puntos (50%) la calificación deseable para el nivel medio de rendimiento.
- Utilizar pruebas científicas (UPC), por ejemplo, sobre un total de 4 preguntas, cuya máxima valoración es de 2 puntos cada una y en total suman 8 puntos (100%), se fijó en 4 puntos (50%) la calificación deseable para el nivel medio de rendimiento.

Como se indicó anteriormente, 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, para comunicar los resultados mediante categorías o en una escala continua, se llevó a cabo una adaptación al procedimiento de evaluación cualitativa y comunicación en porcentajes propuesto por Biggs (2005). De acuerdo con este criterio, en la Tabla 1 se presentan los niveles de competencia científica según los rangos de puntuaciones obtenidos expresados en porcentajes.

Tabla 1. Escalas de puntuación

Categoría de calificación de competencia	Rango %
Alcanza los objetivos en su máximo nivel	100 a 70
Nivel de competencia en un nivel medio	70 a 50
Nivel de rendimiento bajo	<50

Por ejemplo, un alumno que obtuvo las siguientes puntuaciones: RTCC=13 puntos; ICC=5; EFC=4 y UPC=4; corresponde respectivamente a un 38% del total de RTCC; un 83% de ICC; un 20% de EFC y un 50% de UPC. Consecuentemente y según la Tabla 1, este alumno pertenece a los niveles: bajo en RTCC; máximo para ICC; bajo en EFC y medio para UPC. Posteriormente se contabilizó la cantidad de alumnos en cada categoría o nivel según la Tabla 1, y se calculó el respectivo porcentaje del total de los mismos para cada submuestra.

Este ejemplo se ilustra en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2. Ejemplo de análisis de la información en el primer cuestionario.

Competencia	Número de preguntas	Resultados óptimos totales (puntos)	Porcentajes (%)	Ejemplo de Resultados obtenidos	Porcentajes (%)	Categoría de calificación
ICC	3	6	100	5	83	Máximo
EFC	10	20	100	4	20	Bajo
UPC	4	8	100	4	50	Medio
RTCC	17	34	100	13	38	Bajo

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la Tabla 3, se exponen los resultados de los rendimientos obtenidos para cada una de las competencias científicas e instancias evaluadas, expresados en porcentaje de alumnos que alcanzaron los distintos niveles de desempeño. En dicha tabla se expresan las siguientes categorías taxonómicas antes descritas: RTCC, ICC, EFC y UPC.

Tabla 3. Niveles de competencias científicas de los estudiantes en el primer año de la carrera de Bioquímica.

Competencias	% Estudiantes de 1° año Bioquímica			Calificación
	Inicio 2010	Fin 2010	Variación de alumnos (%)	
RTCC	0	4	+4	Nivel máximo (% puntuación alcanzada 100 a 70)
ICC	17	37	+20	
EFC	0	7	+7	
UPC	6	4	-2	
RTCC	23	26	+3	Nivel medio (% puntuación alcanzada 70 a 50)
ICC	43	30	-13	
EFC	17	33	+16	
UPC	64	30	-34	
RTCC	77	70	-7	Nivel bajo (% puntuación alcanzada < 50)
ICC	40	33	-7	
EFC	83	60	-23	
UPC	30	66	+36	

Los resultados permiten conocer la medida del rendimiento en competencias científicas del alumnado, con relación al tiempo de estudio ya las orientaciones académicas. Efectivamente, se puede observar en la Tabla 3:

Inicio de 2010:

- RTCC: en cuanto al rendimiento total de competencias científicas, se observa que un 77% de los alumnos está por debajo del nivel básico fijado. Esto significa que para este nivel inicial la mayoría de los alumnos, aun habiendo aprobado el ingreso universitario, no poseen una base sólida de conocimientos y habilidades provenientes de la etapa escolar.
- ICC: identificar cuestiones científicas. Se encontró un 17% en el nivel alto, un 43% en el nivel medio

y un 40% de los alumnos por debajo del nivel básico fijado.

- EFC: explicar fenómenos científicamente, es probablemente la competencia más trabajada en las aulas ya que se basa en la aplicación de conceptos científicos. Sin embargo, se trata, en general, de la competencia con los resultados más bajos. Se halló un 83% de los alumnos por debajo del nivel básico fijado, un 17% en el nivel medio y 0% en el nivel alto.
- UPC: utilizar pruebas científicas, competencia centrada en las evidencias y la argumentación. Bioquímica presenta un 6% en el nivel alto, el porcentaje más alto en el nivel medio (64%) y un 30% de sus alumnos ingresantes por debajo del nivel básico fijado. Es la competencia que mejores resultados presenta en esta instancia.

Fin de 2010, después de un año de instrucción:

- RTCC: en el rendimiento total de competencias científicas, se detecta un ligero incremento en el nivel máximo. El alumnado muestra un ligero aumento en el porcentaje del nivel más alto (4%), aunque la mayoría se distribuye entre los niveles medio (26%) y bajo (70%). Considerando que se trata de alumnos con un año de estudio en una carrera universitaria, estos hallazgos son llamativamente muy bajos.
- ICC: identificar cuestiones científicas es la competencia que muestra mayor incremento en el nivel máximo (+20%). La variación es la siguiente: disminución del 7% y 13 % en el nivel bajo y medio respectivamente, y aumento de un 20 % en el nivel alto.
- EFC: explicar fenómenos científicamente es la competencia que revela la mayor disminución en el nivel bajo de 83% a 60% (-23%). Se eleva el valor de los porcentajes tanto del nivel medio (+16%) como del máximo (+7%).
- UPC: es llamativo que utilizar pruebas científicas sea la competencia en la que más aumenta el porcentaje de estudiantes en el nivel bajo: de 30% a 66% (+36%). En particular, se advierte que disminuyen el nivel máximo (-2%) y medio (-34%).

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Si consideramos que las competencias científicas iniciales de los estudiantes son distintas y que sus procesos de aprendizaje son personales y posiblemente diferentes para cada uno de ellos, no se puede esperar que una única perspectiva de evaluación sea totalmente efectiva en el sentido de que todos desarrollen y manifiesten dichas competencias de la misma forma. Sin embargo, si consideramos el aprendizaje como un enriquecimiento de la estructura cognitiva y emocional del individuo, podemos entonces concluir, teniendo en cuenta los resultados de los que disponemos, que el aprendizaje es un proceso gradual y no lineal de modificación de ideas, y la evolución de competencias se asocia al mismo.

De acuerdo con los resultados presentados, en RTCC, los valores mejoran con la instrucción. En función de las competencias evaluadas, en ICC y EFC los alumnos de Bioquímica desarrollan y mejoran en mayor grado estas capacidades. Sin embargo, UPC, no se mejora con la instrucción.

Se podría mejorar el rendimiento, si a la hora de diseñar, implementar y evaluar el currículo, se hiciera más énfasis en las competencias científicas, con las siguientes prioridades:

- Interpretar las evidencias científicas y la elaboración y comunicación de conclusiones. Identificar los supuestos, evidencias y razonamientos que fundamentan las conclusiones y también la reflexión sobre las implicaciones sociales de los desarrollos de la ciencia y la tecnología.
- Insistir en las explicaciones científicas cualitativas, haciendo énfasis en la aplicación del conocimiento de conceptos científicos en una situación dada, describiendo o interpretando fenómenos y prediciendo cambios.
- Identificar problemas que son posibles de investigar científicamente. Conocer las principales características de una investigación. Reconocer palabras clave para realizar una búsqueda de información. Se ha de señalar que el punto de partida de cada estudiante puede ser diferente, ya sea por su capacidad innata o por su experiencia laboral o personal y que, además, la competencia está en constante evolución, se actualiza constantemente, por lo que adquiere importancia relevante cómo se progresa en su desarrollo. Por otra parte, es difícil que las competencias se puedan valorar únicamente con pruebas escritas, por lo que sería necesario evaluar las acciones del alumnado y los procesos de autoevaluación (Brown y Glasner, 2003).

Las implicaciones que este nuevo enfoque genera sobre el trabajo del profesorado en general y sobre la docencia en particular, ponen de manifiesto que la evaluación ha de ser coherente con el resto de elementos del diseño formativo y, en consecuencia, ha de llevar asociadas actividades evaluativas por competencias. (Gijbels, Van de Watering y Dochy, 2005).

Somos conscientes de que una investigación más amplia sobre la evaluación y evolución de las competencias científicas de los alumnos, podría proporcionar una mayor comprensión de las dificultades de los estudiantes y recursos de los docentes a la hora de desarrollar y mejorar las mismas.

Los resultados que se han obtenido en este estudio han hecho aparecer nuevas preguntas que serán objeto de estudio en futuras investigaciones. Creemos que es importante, en particular, analizar con más detalle algunos elementos que influyen en el desarrollo de cada competencia, como, por ejemplo, la utilización de modelos para las explicaciones de fenómenos científicos; el uso de pruebas científicas para elaborar una explicación o qué características de las actividades experimentales pueden favorecer la implicación del alumno para identificar cuestiones científicas. Además de esto, las indagaciones que hemos realizado hasta ahora han sido en clases de Química y con alumnos de primer año. Para que podamos discutir más en profundidad sobre la influencia de la instrucción que se imparte, debemos llevar a cabo estudios tanto longitudinales como transversales en distintos períodos de la formación universitaria.

Agradecimientos: A los Proyectos: EDU2009-13890-C02-01. Ministerio de Ciencia e Innovación. España. CAI+D 2009-12/B030. UNL. Argentina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Biggs, J. (2005). *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Narcea.
- Brown, S. y Glasner, A. (Ed.) (2003). *Evaluar en la universidad. Problemas y nuevos enfoques*. Madrid: Narcea.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: from purposes to practices*. Portsmouth NH: Heinemann.
- Chamizo, J. A. y Izquierdo, M. (2007). Evaluación de las competencias de pensamiento científico. *Alambique*, 51, 9-19.
- Colás Bravo, M. P. y Buendía Eisman, L. (1998). *Investigación educativa*. 3a Ed. Sevilla: Alfar.
- Gijbels, D.; Van de Watering, G. y Dochy, F. (2005) Integrating assessment tasks in a problem-based learning environment. *Assessment and evaluation in higher education*, 30, 73-86.
- Gilbert, J. (2006): On the Nature of 'Context' in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), pp. 957-976.
- Harlen, W. (2002). Evaluar la alfabetización científica en el programa de la OCDE para la evaluación internacional de estudiantes (PISA). *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2), 209-216.
- Hodson, D. (2003). Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), pp. 645-670.
- Jiménez Aleixandre, M.P. (2010). *10 ideas clave, Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Editorial GRAÓ.
- 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. (1993). The development of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 70, 701 – 705.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (2), 173-184.
- Monereo, C. (Coord.); Álvarez, I. M.; Canal, M.; Castelló, M.; Cerrato, P.; Corcelles, M.; Duran, D.; Gómez, I.; Lemus, R.; Núñez, M.; Serrano, S. y Vicente, L. (2009). *PISA COMO EXCUSA. Repensar la evaluación para cambiar la enseñanza*. Barcelona: Graó.
- OCDE (2002). *Muestra de reactivos empleados en la evaluación PISA 2000. Aptitudes Para Lectura, Matemáticas y Ciencias*. México: Editorial Santillana. S. A.
- OCDE (2004). *Marcos teóricos de PISA 2003: la medida de los conocimientos y destrezas en matemáticas, lectura, ciencias y resolución de problemas*. Madrid: MEC e INECSE.

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].

OCDE (2008). *Informe PISA 2006. Competencias científicas para el mundo del mañana*. Madrid: Santillana Educación, S. L.

OECD (2010). *PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do – Student Performance in Reading, Mathematics and Science (Volume I)*. [WebPage]: URL: <http://www.oecd.org/dataoecd/54/12/46643496.pdf> [2010, Diciembre 10].

Osborne, J. y Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. A Report to the Nuffield Foundation. London: King's College.

ANEXO 1

A. Información y pregunta para el alumno (introducción del tema y su planteamiento)

Pregunta 2: CARIES DENTAL

(Pregunta 2.3 OCDE 2006, p.133. Ligeramente modificada)

Un determinado país tiene un alto porcentaje de personas con caries.

¿Se puede responder a las siguientes preguntas sobre las caries en ese país recurriendo a experimentos científicos? Rodea con un círculo «Sí» o «No» para cada una de las preguntas.

¿Qué efecto tendría sobre las caries añadir flúor al suministro de agua?	Sí / No
¿Cuál debería ser el costo de una visita al dentista?	Sí / No

Si en algún caso, tu respuesta es “Sí”, diseña un experimento científico para comprobar el hecho.

.....
.....

B. Criterios de corrección y características de las preguntas

CARIES DENTAL: puntuación de la pregunta 2

Puntuación máxima: 2 puntos

Ambas correctas: Sí, No, en este orden.

La respuesta debe ofrecer condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente). El diseño experimental es netamente explicativo, por cuanto su propósito es demostrar que los cambios en la variable dependiente (caries) fueron causados por la variable independiente (añadir flúor al agua). Es decir, se pretende establecer con precisión una relación causa-efecto.

Puntuación parcial. 1 punto

La respuesta incluye solamente “SI” o “No”.

Puede proporcionar una descripción de condiciones, pero no establece variables ni una relación causa-efecto.

Sin puntuación

Otras respuestas.

Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple compleja.

Capacidad: Identificar cuestiones científicas.

Categoría de conocimiento: Investigación científica (Conocimiento acerca de la ciencia). Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Social. Personal.

Comentario

Este ejercicio requiere que los alumnos sean capaces de discriminar las preguntas que se pueden responder mediante la investigación científica de las que no pueden serlo. En lo sustancial, comporta la aplicación de un conocimiento sobre la metodología científica y, por lo tanto, se encuadra en la categoría de conocimiento, «Investigación científica». Se trata de un contexto relevante para la vida cotidiana, pues es importante que los ciudadanos tengan ciertas nociones sobre los tratamientos que se pueden aplicar al agua que beben. El conocimiento de los efectos del flúor en los organismos vivos se aplica a la hora de explicar por qué se lo añade al agua. La categoría de conocimiento es, por tanto también, «Sistemas vivos».

Desde el punto de vista de las Capacidades, su clasificación es claramente «Identificar cuestiones científicas».

Se considera correcta la respuesta “Sí” a la primera pregunta y “No” a la segunda. Mientras que la segunda pregunta implica valoraciones éticas, políticas y admite diversas opiniones, la primera pregunta puede responderse con la investigación científica, e incluso con la experimentación científica. Para responder a la pregunta hay que reflexionar sobre el procedimiento científico y sus limitaciones.

ANEXO 2

A. Información y pregunta para el alumno (introducción del tema y su planteamiento)

LLUVIA ÁCIDA: Pregunta 8

Escribe la ecuación química y representa (dibuja) en forma microscópica, utilizando el modelo de partículas, la reacción en la cual se forma el dióxido de nitrógeno. Te damos una guía: el átomo de oxígeno con una esfera blanca, el átomo de nitrógeno con una esfera negra.

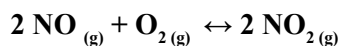
.....

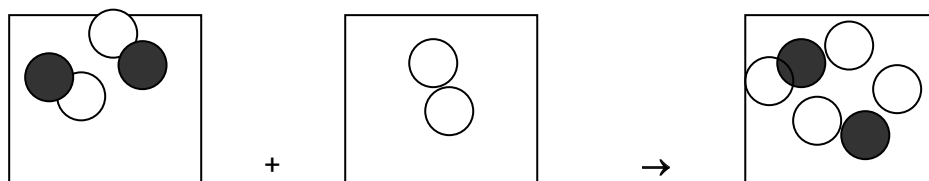
.....

B. Criterios de corrección y características de las preguntas

LLUVIA ÁCIDA: puntuación de la pregunta 8

Máxima puntuación: 2 puntos





Puntuación parcial. 1 punto

La respuesta incluye la escritura de la reacción química con símbolos o bien, la representación microscópica.

Ninguna puntuación

Otras respuestas.

Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida cerrada.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Explicaciones científicas. (Conocimiento acerca de la ciencia). Sistemas físicos. (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Medio ambiente.

Marco o Contexto: Personal.

Comentario

Se solicita el lenguaje simbólico (nomenclatura química) y la representación microscópica (modelo corpuscular de la materia o modelo de partículas) de los conocimientos químicos.

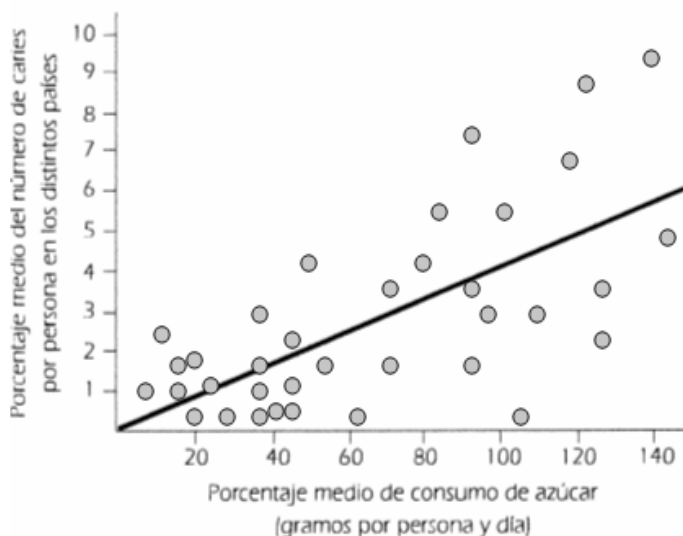
ANEXO 3

A. Información y pregunta para el alumno (introducción del tema y su planteamiento)

Pregunta 3: CARIES DENTAL

(Pregunta 2.2 OCDE 2006, p.132. Ligeramente modificada)

El gráfico que figura a continuación muestra el consumo de azúcar y la cantidad de caries en diversos países.



Cada país aparece representado en el gráfico por un punto.

¿Cuál de las siguientes afirmaciones se ve corroborada por los datos que figuran en el gráfico?

Marca con una X la/s opción/es correcta/s.

- En algunos países la gente se cepilla los dientes con más frecuencia que en otros.
- Cuanto más azúcar consume la gente, mayores son las probabilidades de tener caries.
- En los últimos años la tasa de caries se ha incrementado en muchos países.
- En los últimos años el consumo de azúcar se ha incrementado en muchos países.

B. Criterios de corrección y características de las preguntas

CARIES DENTAL: puntuación de la pregunta 3

Puntuación máxima: 2 puntos

B. Cuanto más azúcar consume la gente, mayores son las probabilidades de tener caries.

Sin puntuación

Otras respuestas.

Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple simple.

Capacidad: Utilización de pruebas científicas.

Categoría de conocimiento: Explicaciones científicas (Conocimiento acerca de la ciencia). Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Social.

Comentario

La categoría de conocimiento es «Explicaciones científicas» y la capacidad, «Utilizar pruebas científicas». En esta ocasión, los datos (pruebas) se suministran en forma de gráfico. Para interpretar correctamente el gráfico hay que comprender de forma clara cuáles son las variables representadas en el mismo. La respuesta B es la única correcta. La respuesta A contiene una afirmación probablemente verdadera, que es, además, una posible explicación a ciertos datos de la gráfica. Sin embargo no se sustenta en la información proporcionada; es una conjetura. C y D, son verosímiles, pero se refieren a datos diacrónicos que no se han proporcionado en la gráfica. Mientras tanto, la pregunta permite medir la familiaridad del alumno con el método gráfico de presentación de resultados, la capacidad de distinguir entre argumentaciones y datos empíricos, y la capacidad de distinguir entre afirmaciones probables y afirmaciones demostradas.

ANEXO 4

A. Información y pregunta para el alumno (introducción del tema y su planteamiento)

CARIES DENTAL: Pregunta 2

ESTUDIO SOBRE LA CARIES EN RATAS

Se llevaron a cabo experimentos con ratas para buscar evidencias de que la caries dental es una enfermedad infecto-contagiosa. Durante un tiempo se suministró dieta cariogénica (rica en carbohidratos) a diferentes grupos de ejemplares. Esto es lo que sucedió:

30 ejemplares libres de caries se dividieron en tres grupos: 10 recibieron una cierta cantidad de sacarosa en su dieta y permanecieron aislados; otros 10 recibieron la misma dieta y estuvieron en contacto con animales que sí presentaban caries dental, y por último otros 10 no recibieron dieta y estuvieron en contacto con animales que sí presentaban caries dental.

Al final como conclusión del estudio se diagnosticó la presencia o no de caries en las 30 ratas.

a) ¿Es probable que alguna de estas preguntas formara parte del cuestionario de investigación del estudio? Rodea «Sí» o «No» con un círculo para cada una de las preguntas.

¿Es probable que esta fuera una de las preguntas del cuestionario de investigación del estudio?	¿Sí o No?
¿Qué dieta se debe suministrar a las ratas?	Sí / No
¿Qué efecto tiene en los dientes de las ratas una dieta rica en carbohidratos?	Sí / No
¿Qué efecto tiene el contacto con animales con caries en los dientes de las ratas?	Sí / No
¿Qué efecto tiene este experimento sobre la salud de las variedades de ratas?	Sí / No

b) Explica, lo más detalladamente posible, las respuestas que hayas elegido.

.....
.....

B. Criterios de corrección y características de las preguntas

CARIES DENTAL: puntuación de la pregunta 2

Puntuación máxima: 2 puntos

No, Sí, Sí, No; en este orden.

La respuesta debe ofrecer condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente). El diseño experimental es netamente explicativo, por cuanto su propósito es demostrar que los cambios en la variable dependiente (caries) fueron causados por las variables independientes (dieta y contacto con ejemplares infectados). Es decir, se pretende establecer con precisión una relación causa-efecto.

Puntuación parcial. 1 punto

La respuesta incluye al menos una afirmación correcta sin explicación.

Puede proporcionar una descripción de condiciones, pero no establece variables ni una relación causa-efecto.

Sin puntuación

Otras respuestas.

Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple compleja.

Capacidad: Identificar cuestiones científicas.

Categoría de conocimiento: Investigación científica (Conocimiento acerca de la ciencia). Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Social. Personal.

Comentario:

Este ejercicio requiere que los alumnos sean capaces de discriminar las preguntas que se pueden responder mediante la investigación científica de las que no pueden serlo. En lo sustancial, comporta la aplicación de un conocimiento sobre la metodología científica y, por lo tanto, se encuadra en la categoría de conocimiento, «Investigación científica». Se trata de un contexto relevante para la vida cotidiana, pues es importante que los ciudadanos tengan ciertas nociones sobre los factores que influyen en la formación de caries. La categoría de conocimiento es, por tanto también, «Sistemas vivos».

Desde el punto de vista de las Capacidades, su clasificación es claramente «Identificar cuestiones científicas».

Para responder a la pregunta hay que reflexionar sobre el procedimiento científico y sus limitaciones.

ANEXO 5

A. Información y pregunta para el alumno (introducción del tema y su planteamiento)

LLUVIA ÁCIDA: Pregunta 4

El químico y climatólogo inglés Robert Angus Smith fue el primero en usar el nombre de lluvia ácida en 1872. Describió con este término la precipitación ácida que cayó sobre Manchester, Inglaterra, al principio de la Revolución Industrial. Aunque el agua neutra tiene un pH de 7, el agua de lluvia se acidifica naturalmente porque lleva disuelto dióxido de carbono, un componente normal de la atmósfera. El CO_2 reacciona reversiblemente con el agua para formar una solución ácida: ácido carbónico en agua.

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

a) Escribe las ecuaciones correspondientes a dichas reacciones químicas y explica los equilibrios ácido-base que tienen lugar.

.....
.....

b) Representes la molécula del ácido formado:

b1) En forma microscópica (dibujes). Te damos una guía: el átomo de oxígeno con una esfera roja, el átomo de hidrógeno con una esfera blanca y el del carbono con una esfera negra.

b2) En forma simbólica, la fórmula desarrollada.

c) Justifica el carácter ácido de esta molécula, utilizando la electronegatividad de los átomos que la conforman.

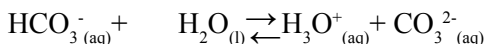
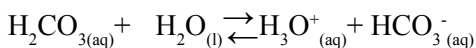
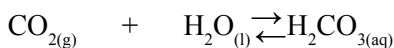
.....
.....

B. Criterios de corrección y características de las preguntas

LLUVIA ÁCIDA: puntuación de la pregunta 4

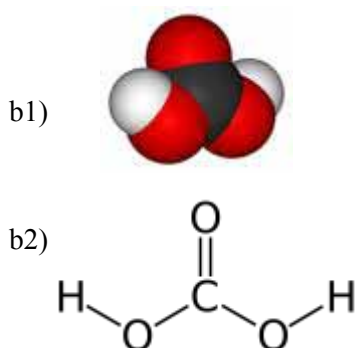
Máxima puntuación: 2 puntos

a) Acidez natural



La lluvia normal es ligeramente ácida pues el dióxido de carbono del aire reacciona reversiblemente con el agua para formar una solución de ácido carbónico el que se disocia dando por resultado liberación de $H_3O^+_{(aq)}$.

b)



Imágenes obtenidas de:

http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_carb%C3%B3nico (17-11-2010)

c) La elevada polaridad de enlace $O-H$ es una de las razones por las que el próton de un grupo $O-H$ puede donarse y la molécula de oxácido, es ácido. La electronegatividad del átomo central hace que los electrones se desplazan hacia él y el enlace $O-H$ se torna más polar, de esa manera, la unión del hidrógeno se torna muy lábil. Al donar un $H^+_{(aq)}$, a una molécula de agua se forma un ion hidronio, $H_3O^+_{(aq)}$. Es un ácido poliprótico porque puede donar dos protones.

El ácido carbónico es inestable; si está en disolución y en suficiente concentración, se descompone para formar CO_2 , que escapa de la disolución como gas.

Puntuación parcial. 1 punto

La respuesta incluye al menos un ítem correcto.

Ninguna puntuación

Otras respuestas.

Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida cerrada.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Explicaciones científicas. (Conocimiento acerca de la ciencia). Sistemas físicos. (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Medio ambiente.

Marco o Contexto: Personal.

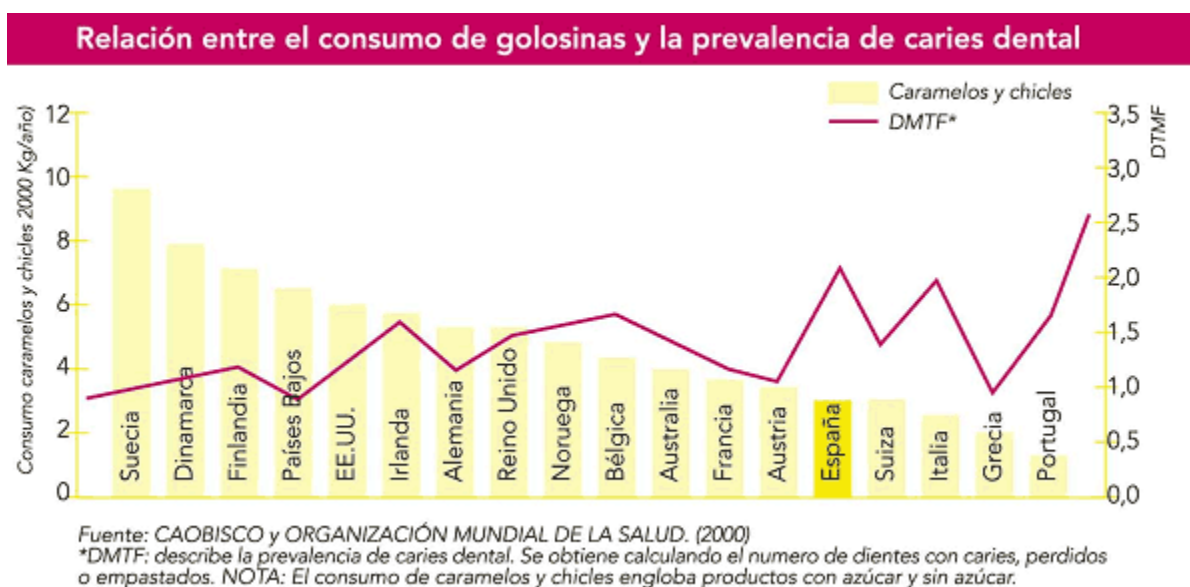
Comentario:

Se solicita la utilización, explicación e interpretación del lenguaje simbólico (nomenclatura química) y la representación microscópica (modelo atómico molecular de la materia) correspondiente a los conocimientos químicos. La respuesta a esta pregunta exige que el alumno tenga el conocimiento químico necesario y lo utilice para explicar el fenómeno químico propuesto.

ANEXO 6

A. Información y pregunta para el alumno (introducción del tema y su planteamiento) CARIES DENTAL: Pregunta 3

El gráfico que figura a continuación muestra el consumo de golosinas y la prevalencia de caries dental. El “índice DMF-T” que se refiere al número de dientes cariados, caídos o empastados, se usa para medir la frecuencia de la caries dental.



¿Cuál de las siguientes afirmaciones se ve corroborada por los datos que figuran en el gráfico?

Marca con una X la/s opción/es correcta/s.

- El consumo moderado de azúcares no es un factor de riesgo principal para la prevalencia de caries.
- Cuanto más golosina consume la gente, mayor es la prevalencia de tener caries.
- La incidencia de caries en niños y adolescentes en la mayoría de los países europeos se ha ido reduciendo.
- Las cifras del DMF-T varían entre 1 en Países Bajos, y 3 en Portugal, aunque son más altas en algunos países de Europa oriental.

B. Criterios de corrección y características de las preguntas

CARIES DENTAL: puntuación de la pregunta 3

Puntuación máxima: 2 puntos

La respuesta A es la única es correcta.

Sin puntuación

Otras respuestas.

Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple simple.

Capacidad: Utilización de pruebas científicas.

Categoría de conocimiento: Explicaciones científicas (Conocimiento acerca de la ciencia). Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Social.

Comentario:

La categoría de conocimiento es «Explicaciones científicas» y la capacidad, «Utilizar pruebas científicas». En esta ocasión, los datos (pruebas) se suministran en forma de gráfico. Para interpretar correctamente el gráfico hay que comprender de forma clara cuáles son las variables representadas en el mismo. La respuesta A es la única correcta. La respuesta D contiene una afirmación probablemente verdadera, que es, además, una posible explicación a ciertos datos de la gráfica. Sin embargo no se sustenta en la información proporcionada. B y C, son verosímiles, pero no se refieren a datos que se hayan proporcionado en la gráfica. Mientras tanto, la pregunta permite medir la familiaridad del alumno con el método gráfico de presentación de resultados, la capacidad de distinguir entre argumentaciones y datos empíricos, y la capacidad de distinguir entre afirmaciones probables y afirmaciones demostradas.

De interés

PIGMENTOS, COLORANTES Y TINTES: UNA PARTICULAR VISIÓN

Adriana F. Ibáñez

Departamento de Química Orgánica, Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad de Buenos Aires.
aibanez@ffyb.uba.ar.

Resumen

Intentaremos ilustrar la relación entre la creatividad y la Química, en particular de la Bioquímica con la Ciencia y el Arte. Veremos que el modo en el que las culturas más antiguas se han manifestado, nos permite profundizar en ese pequeño mundo de la sustancia que nos dejaron sus creadores. La Química formó parte de la expresión histórica a través de las imágenes impresas en rocas, maderas, papiros, telas y otros materiales. Los documentos históricos están hechos con óxidos minerales de hierro rojo, ocre que van desde el amarillo al rojo ladrillo y carbón vegetal como polvos secos o mezclados con agua o con grasa animal. La pintura encáustica es un recurso artístico duradero muy difundido en la antigüedad por egipcios, griegos y romanos quienes pintaron así imágenes en tablas y paredes. El comportamiento del hombre, desde los más primitivos, lo llevó a indagar acerca de la tinción de tejidos, pieles y hasta de su propio cuerpo para denotar condiciones o comportamientos sociales.

Palabras clave: pigmentos antiguos, encáustica, coadyuvantes.

Abstract

We are going to try to illustrate the relationship between creativity and Chemistry in particular of Biochemistry with Science and Art. Investigate the way the oldest cultures and the usage they manifested allow us to look into this little world of substance left us their creators and Chemical Science was part of the historical expression through printed images, on rocks, wood, papyrus, cloth and other materials. Historical documents are made with red iron oxide minerals, ocher ranging from yellow to red brick and charcoal, as a dry powder or mixed with water or animal fat. The encaustic painting is durable material widely used in ancient times by the Egyptians, Greeks and Romans who painted images and tables and walls. Behavior from the most primitive man led him to inquire about the stain fabrics, skins and even his own body to denote social conditions or behavior.

Key words: ancient pigments, encaustic painting, coadyuvants

EL ARTE AL SERVICIO DE LA EXPRESIVIDAD

“...Un profesor que tuve respondió cierta vez a un alumno a quién le preocupaba que la bioquímica pudiera perjudicar a la religión – No estamos aquí para denigrar a Dios, sino para glorificar a las moléculas-“. Gardner, H. (2003).

Con este párrafo el profesor Howard Gardner culmina su libro *Arte, Mente y Cerebro*, pero en realidad para un gran número de lectores más allá de concluir esta obra se abre un interesante paradigma acerca de la creatividad y la relación de la Química, en particular de la Bioquímica, con la Ciencia y el Arte.

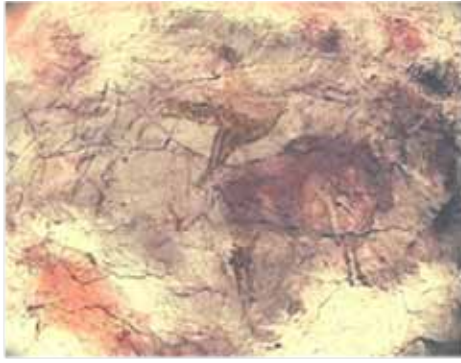
Es interesante hacer una mirada retrospectiva hacia las culturas más antiguas e investigar el modo como estas se han manifestado. Quizás no con la intención propia de “crear arte” sino con la acuciante intención

de transmitir tesoros de conocimiento societarios. Seguramente uno esperaría que estas ideas rústicas y primitivas se contrapongan al decir de Hegel (2005), "...En la pintura –contemporánea- el principio divino aparece como un ser vivo, espiritual, que desciende en medio de la sociedad de los fieles y da a cada uno la posibilidad de vivir en una unión y reconciliación espirituales. La pintura como la entendemos hoy da color y luz, por lo tanto nos hace ver la vida en movimiento..." Hoy en día resulta interesante el descifrar los hechos que gobernaron tales mensajes que aún están allí pretendiendo sostenerse inmutables ante la evolución intelectual.

Cualquiera de nosotros puede tener acceso a una obra relacionada con la historia del arte por citar una, la de Gombrich (2010), y a través de ella buscar y familiarizarse con un período hasta conocerlo en su totalidad pero, pocos podemos profundizar además en ese pequeño mundo de la sustancia que nos dejaron sus creadores.

Sin ir más lejos, podemos consultar en los medios electrónicos las mil y una preguntas que se van aprestando a medida que investigamos pero este no es el objetivo del presente trabajo sino comprender algo de los legados que llegan hasta nuestros días, entender cómo la Química formó parte de la expresión histórica a través de las imágenes impresas, en rocas, maderas, papiros, telas y otros materiales que iremos mencionando.

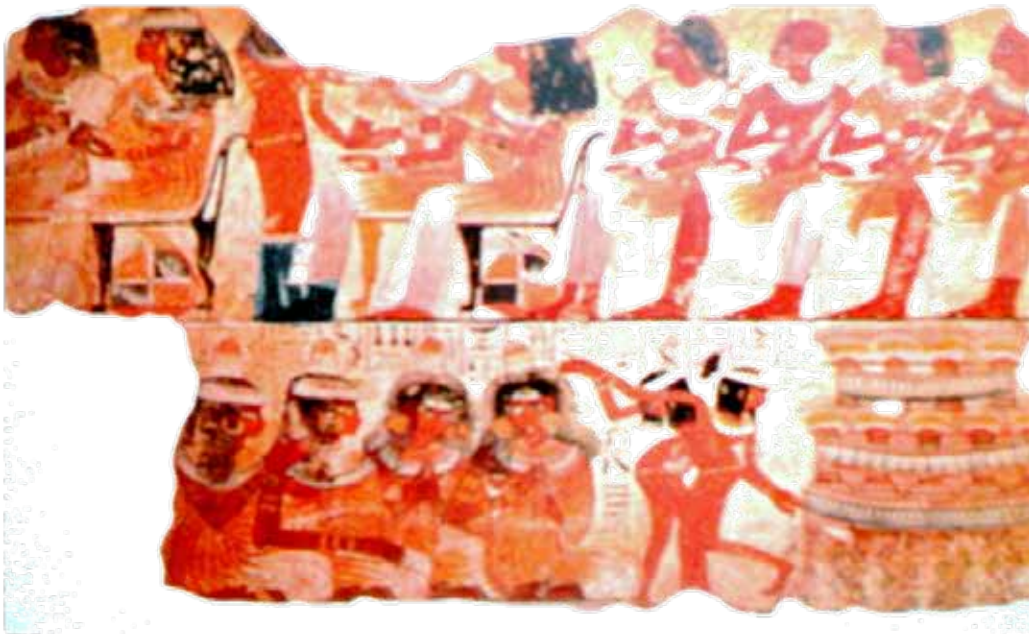
Comencemos con un pantallazo dirigido al arte rupestre y aunque surge rápidamente en nuestra mente -la ahora pomposamente denominada "Capilla Sixtina del arte rupestre" -les propongo viajar hasta el complejo de cuevas de Altamira, en la Cantabria española, ver Figura 1. Este complejo fue descubierto por Modesto Cubillas en el año 1868 y declarado patrimonio de la humanidad por la UNESCO en el año 1985. Las escenas de la vida nómada están hechas con óxidos minerales de hierro rojo, ocre que van desde el amarillo al rojo ladrillo y carbón vegetal, como polvos secos o mezclados con agua o con grasa animal. La pintura está aplicada directamente con las manos y con algún artefacto parecido al pincel, que les permitía untar directamente la piedra de modo continuo. Allí también se encuentran pinturas compuestas con polvo de hueso animal.



Cuevas Rupestres de Altamira, España



Mural de la Tumba de Menena, Dinastia XVII, Tebas



Mural de la Tumba de Nebamun, Dinastia XVIII, Tebas

Figura 1 Distintas presentaciones de pintura antigua.

En Altamira, donde nada ha quedado sin investigar, algunos autores han asociado las escenas referidas a la caza de bóvidos con movimientos relacionados con ritos de fertilidad.

En un período bastante posterior, tal como lo describe Tallet (2006) en su libro titulado Mesopotamia, las piezas de arte encontradas en el valle fértil entre los ríos Tigris y Eufrates estaban relacionadas con un legado de civilizaciones entre 4000 y 2000 AC. Entre ellas se rescataron sellos, tallas, grabados de escritura cuneiforme en tablillas de arcilla, muchas de las cuales se descubrieron en las construcciones funerarias de los regentes de la ciudad de Ur. Estas piezas, de incalculable valor histórico, están hechas total o parcialmente en oro puro, sin embargo, algunos mosaicos y bajo relieves que han trascendido hasta la fecha denotan que estas sociedades estaban menos relacionadas con el arte propiamente dicho que otras civilizaciones emparentadas por el mismo período histórico.

Una de las culturas más florecientes y por eso quizás la más estudiada es la que se desarrolló a lo largo del río Nilo, principalmente en el estuario de lo que hoy es Egipto. El arte egipcio antiguo, según Gombrich (2010), persigue no solamente la belleza sino más bien la perfección. La misión del artista egipcio era la representación del “todo” tan claro y perpetuo como fuera posible. Cada una de estas imágenes tenía una historia moral o mitológica que pretendía intencionadamente la transmisión de las enseñanzas míticas, sin importar dimensiones ni posicionamientos anatómicos. Según Tallet (2006) los trabajos relacionados con la agricultura que aparecen representados en las paredes de las distintas tumbas de la necrópolis de Tebas como se muestra en la Figura 1, están hechos con yeso, arcilla y pigmentos. Ellos grababan o tallaban los diseños y luego los coloreaban con acuarelas mezcladas con aglutinantes parecidos a lo que ahora se conoce como goma arábiga.

La mayoría de las imágenes talladas como bajo relieves en los monumentos mortuorios fueron coloreadas directamente en las paredes. En la escena del banquete la imagen representa una fiesta con faraones y sus allegados donde las mujeres y los varones de mayor jerarquía se encuentran ricamente ataviados, y los sirvientes, músicos y danzarinas usando diminutas vestimentas de lino y plumas. Algunos de los participantes del festín llevan en sus manos flores de loto símbolo del amor, ver Figura 1.

Muy probablemente cuando veamos estas imágenes debamos pensar en el proceso denominado encáustica. La pintura encáustica muy duradera se difundió en la antigüedad entre los egipcios, griegos y romanos quienes pintaron así imágenes en tablas y paredes. Este término proviene del griego y significa quemado. Los artistas debían aplicar la pintura con pinceles y espátulas para crear la imagen y después se pasaba una antorcha encendida por la superficie del mural a fin de recalentar la cera de abeja con la que mezclaban los pigmentos. La cera puede utilizarse como se verá posteriormente mezclada con óleo. También pintaban madera y trabajaban con plata, oro y bronce.

Pawlic (1996) nos detalla las composiciones de pinturas y auxiliares (disolventes, diluyentes, emulgentes, irrigadores, conservantes y cortadores) de varios sistemas pictóricos.

Tabla 1. Los distintos materiales que conforman la mezcla pictórica, Pawlik 1996.

	Sistemas de colores pictóricos	Espesante	Propiedades tras la deposición
Técnicas acuosas	Tempera al huevo	Aceite de huevo, albúmina (emulsión)	Resistente al agua
	Tempera a la caseína	Caseína, solución resinosa, aceite (emulsión)	Resistente al agua
	Tempera a la celulosa	Cola de celulosa, aceite de lino (emulsión)	No resistente al agua
	Colores de cobertura (gouache)	Cola de goma, dextrina, cola de celulosa	No resistente al agua
	Acuarelas	Goma arábiga, dextrina, adragante	Hidrosoluble
	Resina acrílica	Dispersión de plástico	Resistente al agua
Técnicas no acuosas	Óleo	Aceites desecantes	Después de secarse todas las películas pictóricas son resistentes al agua
	Óleo resinoso	Aceites desecantes, Soluciones de resina natural y sintética	
	Pintura de cera (en piezas)	Cera de abejas, cera sintética	
	Pinturas de resina de cera	Cera de abejas, solución de Dammar	

Otros materiales empleados como ornatos o como componentes de las pinturas están descritos y su composición resulta bastante conocida. Esto es, yeso dorado, lapislázuli, cuarzo, obsidiana, turquesa, carnelian y óxido de sílice coloreado. Otras piedras semipreciosas que se han colocado por incrustación directa en la obra tenían basalto, verde de feldespato y calcita, tallas de alabastro, diorita y otros minerales rocosos. Describiremos someramente la composición química de cada uno de los materiales que componen las obras de éste período.

Materiales que componen las expresiones artísticas documentadas en la época antigua

Alabastro: es una piedra de carbonato de calcio, también emparentada con el Aljés y a veces con otras sales de calcio, ver también Calcita.

Basalto: es una roca de formación ígnea cuyo mayor porcentaje es sílice, esta roca originada en magma volcánico presenta una elevada proporción de Plagioclasas cálcicas y materiales ferromagnesianos no obsidarios. Es abundante en las Islas Canarias.

Calcita: también conocida como diente de perro, es un mineral a base de carbonato de calcio. La variedad Espato es la que en mineralogía se considera de mayor pureza.

Carnellian: es un mineral de silicón, con dióxido de selenio, vítreo y translúcido. Cuando es de color marrón presenta impurezas de óxido férrico. También se lo conoce como Cornel Cherry ó Sered (persa) y se puede conseguir en gamas de amarillo, rojo, naranja y negro.

Cuarcita: son rocas metamórficas de Psammitas y Prefitas con más del 90% de sílice. Son muy vulgares y se fracturan fácilmente.

Cuarzo: también llamado Sílex, está compuesto por dióxido de silicio de tipo hexagonal vulgarmente denominado pedernal o piedra de chispa. Cuando el anhídrido Silícico, Lidita ó piedra de toque es de color negro (Sílex negro) posee un brillo vítreo ceroso.

Diorita: es una mezcla ígnea de composición variable, con dos terceras partes de Plagioclasa y una tercera parte de minerales oscuros, (ver Figuras 2 y 3), como la Hornablenda, la Biotita y el Piroxeno. También puede contener Cuarzo, Magnetita, Titanita, minerales de sulfuro, silicio, titanio, aluminio, manganeso, magnesio, calcio, sodio, potasio, y fósforo.



Diorita
Figura 2, Hammurabi



Figura 3, Faraón (detalle)

Feldespato: el verde de feldespato es una mezcla ternaria de Ortoclasa, Albita y Anortita. La Ortoclasa es un silicato de aluminio y potasio, la Albita es un silicato de sodio y aluminio y la Anortita es un silicato de aluminio y calcio. Se descompone a Caolín, que es una mezcla de silicatos hidratados, y a Calcitas, carbonatos de calcio y de sodio. El Feldespato posee variados colores (verde, blanco, amarillo, violeta, entre otros) dependiendo de su composición.

Lapislázuli: también denominado Lazurita u oro azul es un silicato de calcio compuesto con Wollastonita y Calcita con vetas de Pirita que le confieren un brillo dorado.

Obsidiana: es una piedra ígnea conocida también como vidrio volcánico compuesta por silicatos de aluminio aproximadamente un treinta por ciento y óxidos de silicio, hierro y magnesio. Se dice que es un mineraloide pues no tiene composición definida. Su coloración puede ir del rojo al verde. A veces la deposición de las distintas capas le otorga un espectro de color que hizo que se lo denominara arco iris.

Ocres ferrosos: son minerales compuestos por óxidos de hierro. Se denominan ocres por la palabra ochra del griego que significa amarillo. Su coloración se extiende desde el amarillo hasta el color sombra casi negro pasando por terracota y rojo.

Ocres no ferrosos: son óxidos de antimonio, bismuto ó níquel. Por lo general la toxicidad de los óxidos férricos es mucho más baja que la de éstos. También se los conoce con otros nombres como tierras de Venecia, ancorca, calamacha, habana, sil, rojo marte, tierra de Breviso, rojo Napolés. En la actualidad hay ocres sintéticos modificados a base de minerales de cromo.

En las Figuras 4 y 5 se presentan algunos de estos minerales.

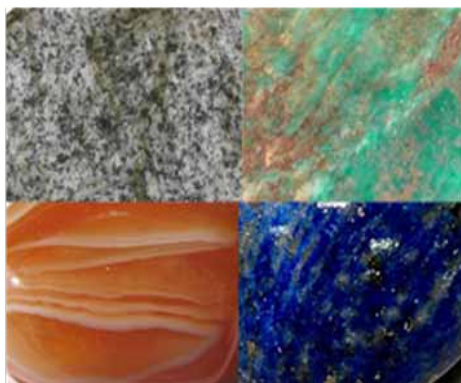


Figura 4
De e izquierda a derecha, diorita,
feldespato, carnelian, y lapislázuli



Figura 5
Turquesa, ocres, cuarcita, obsidiana

En la encáustica el orden para llevar a cabo cada trabajo es importante y está bien documentado. Cada uno de los sacerdotes dirigía un grupo de artistas que se encargaba de la realización de una parte de la obra. En principio se realiza la talla sobre la piedra, luego el bajo relieve se cubre con yeso, posteriormente un artista especializado en simbología dibuja la imagen y otro se encarga de la pintura para terminar la obra. Esta técnica básica junto Con la encáustica persistió por siglos hasta el imperio romano donde la escultura tiene preponderancia sobre la pintura.

En la sociedad hindú correspondiente al mismo período se conservan en forma muy precaria algunos documentos históricos relacionados con la pintura en murales que a diferencia de las pinturas egipcias, tienen un tratamiento más pasional y menos simbólico. El tipo de materiales es muy semejante introduciendo algunos pigmentos no minerales. Los extractos podían provenir de plantas, pigmentos vegetales, carotenoides, indigoides, flavonas. También se han empleado las partes coloreadas de algunos insectos de donde por ejemplo se obtiene el ácido carmínico y moluscos del género Murex. En principio estos materiales bastaban para estampar y colorear indumentaria y adornar algunos complejos edificios (ver Figura 6).

Para adentrarnos netamente en la química del color es conveniente que recordemos que se denomina pigmento a cualquier material que realice una absorción característica y selectiva de la luz incidente, mientras que llamamos colorantes a los pigmentos naturales o sintéticos empleados para dar color. Las tinturas son los colorantes que en solución se unen a los estratos más profundos de la materia.

Para no alejarnos de la clasificación, descripción y detalle de la composición de los pigmentos vamos a comentar el orden propuesto por Sanz. Él clasifica los cromóforos naturales en:

a) Cromóforos inorgánicos entre los que se encuentran el carbón, hollín, yeso, bases de cobre, polvo de plata, polvo de aluminio, barros, compuestos de vanadio, cadmio, manganeso, óxidos de hierro, óxidos de titanio, óxidos de zinc, secos o en suspensión.

b) Biocromos, aquellos compuestos orgánicos que se encuentran formando parte de la composición artística:

b₁) Biocromos con nitrógeno en su fórmula molecular: porfirinas, pigmentos biliares, melaninas, aminoácidos, indigoides, flavinas, purinas, pterinas, pirimidinas, proteínas.

b₂) Biocromos sin nitrógeno en su fórmula molecular: carotenoides, flavonoides, naftoquinonas, antocianinas y cromolípidos.



Figura 6, arriba tres figuras femeninas de Dhoti Izquierda, Cúpula - cielo raso de la Gruta de Ajanta , ver Albanese, M.

Abajo izq. , figura de Adinatha despojado de vestimenta en símbolo de humildad. Derecha, esta composición en extremo figurativa narra la historia y epopeya desde el siglo IV AC



En cuanto a los estándares de color se puede decir que los pintores han usado distintas sustancias para definir los colores:

- Para el color blanco se han empleado los siguientes compuestos en suspensión: óxido de zinc, óxido de titanio, carbonato básico de plomo, sulfuro de zinc, silicatos de alúmina, hidrato de aluminio, sulfato de calcio hidratado, carbonato de calcio, sulfato de bario y espato calizo.
- Para los estándares negros, los polvos que se obtienen por calcinación más o menos completa de huesos, carbón vegetal, hollín, manganeso, carbono cristalizado y óxido de hierro.
- Las arcillas con óxido de hierro barro de alumbre, arcillas de ácido silícico y óxido férrico, cinabrio, plumbato de plomo, cromato básico de plomo, laca de alquitrán, laca natural de la raíz de rubia, diantraquinona, indantreno y laca de cochinilla conforman el estándar rojo.
- El cromato de plomo, antimoniato de plomo, cromato de zinc, uranato de sodio, cromato de estroncio, cromato de bario, euxantanato de magnesio, sulfuro de cadmio, nitrito de cobalto y de potasio, hidróxido férrico, ocre ácido de silicio y mezcla de alúmina con óxido férrico corresponden a los estándares amarillos.
- Los estándares verdes se consiguen con óxido de cromo deshidratado, combinación de acetato y arseniato de cobre, óxido de cromo, la combinación de cobre con ftalocianina, y la de óxido de zinc y protóxido de cobalto, ocre ácido de silicio, silicato de aluminio y sodio con azufre.
- Esta última combinación de silicato de aluminio y sodio con azufre se conoce como azul de ultramar y corresponde al azul de lapislázuli. Otros estándares capaces de representar azules y violetas son, el fosfato de manganeso, la combinación de alúmina y óxido cobaltoso, manganato de bario, vidrio de potasa con cobalto, la combinación de cobalto y estaño, el carbonato de cobre hidratado, la ftalocianina y el ferrocianuro férrico.

Con el paso del tiempo estas sustancias han sido reemplazadas por pigmentos sintéticos mejores, menos tóxicos, más estables como colorantes y más amigables con el medio ambiente.

Además cabe destacar que el interés del hombre, desde los más primitivos, lo llevó a indagar acerca de la tinción de tejidos, pieles y hasta de su propio cuerpo para denotar condiciones o comportamientos sociales. Como colorantes textiles empleaba extractos de rubia, gualda y glasto.

En este primer ensayo se pretendió hacer un compendio de los distintos materiales con que contaban los habitantes de la antigüedad para generar sus trabajos. El modo de expresión está relacionado con el pensamiento puro de cada época. Posteriormente se discurrirá sobre otras técnicas hasta llegar al empleo del color como se lo aplica en la actualidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albanese, M. (2005). *India Antigua*, FOLIO. Barcelona, España.

Gardner, H. (2003). *Arte, Mente y Cerebro. Una Aproximación Cognitiva a la Creatividad*. PAIDÓS. Surcos, 12, Buenos Aires, Argentina.

Gombrich, E. H. (2010). *La Historia del Arte*. 16ª Ed. PHAIDON. China.

Hegel, G. W. F. (2006). *Estética. Sistema de las Artes*. EDITORIAL LIBERTADOR. Buenos Aires, Argentina.

Pawlik, J. (1996). *Teoría del color*. PAIDÓS. Estética, Barcelona, España.

Roaf, M. (2005). *Mesopotamia*. FOLIO. Barcelona, España.

Sanz, J. C. (2003). *El Libro del Color*. ALIANZA EDITORIAL. Arte. Madrid, España.

Tallet, P. (2006). *La Cocina en el Antiguo Egipto*. FOLIO. Barcelona, España.

Wikipaintings.org, *Visual Art Encyclopedia*.

Willis, R. (1994). *Mitología*. DEBATE. China.

Para profundizar

LA BIOPROSPECCIÓN. EL CONCEPTO QUE MEZCLA PLANTAS, ANIMALES, TRADICIÓN Y MEDICAMENTOS

Marcelo L. Wagner, Beatriz G. Varela y Rafael A. Ricco

Cátedra de Farmacobotánica, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina

mlwagner@ffyb.uba.ar

Resumen

Cuando se desea obtener moléculas biológicamente activas se puede recurrir a la síntesis química o a la bioprospección química. La bioprospección es el estudio de la diversidad biológica, la ecología química y del conocimiento tradicional indígena, con el fin de descubrir recursos bioquímicos y genéticos de valor comercial. La biodiversidad de muchas ecorregiones no ha sido completamente explorada ni química ni genéticamente. Este hecho nos brinda un potencial invaluable desde el punto de vista de recursos renovables. Es importante destacar en este punto, que para poder acceder a los recursos es necesario conocerlos. Por lo tanto, se necesita la concurrencia de varias disciplinas del saber científico.

La humanidad podrá obtener y disponer de productos bioactivos y genes susceptibles de aprovechamiento práctico, sólo si estos sitios son estudiados y legalmente protegidos para evitar una explotación destructiva.

Palabras clave: bioprospección, ecología química, plantas medicinales, etnobotánica.

Bioprospecting. The concept that mixes plants, animals, tradition and medicines

Abstract

When biological active molecules are needed we can resort to the chemical synthesis or chemical bioprospecting. Bioprospecting is the study of biological diversity, chemical ecology and traditional knowledge, with the purpose of discovering biochemical and genetic sources of commercial value. Biodiversity in many ecoregions has not been fully explored chemically or genetically. This gives us an invaluable potential from the point of view of renewable resources. It is important to emphasize at this point that in order to access the resources it is necessary to know them. Therefore, the concurrence of several disciplines of scientific knowledge is needed. Mankind may obtain and dispose of bioactive products and genes susceptible to practical use only if these sites are studied and legally protected to prevent destructive exploitation.

Key words: bioprospecting, chemical ecology, medicinal plants, ethnobotany.

BIODIVERSIDAD Y BIOPROSPECCIÓN

La palabra “biodiversidad” es la contracción de la expresión “diversidad biológica” y significa la variedad o diversidad del mundo biológico. La diversidad biológica mundial se concentra en ciertas áreas a las que se suele denominar “zonas de megadiversidad” (hot spots) (Myers, 1988; 1990; 2003). Se calcula que el 83% de la biodiversidad se ubica en los países en vías de desarrollo. En las regiones terrestres, la biodiversidad se agrupa en las zonas boscosas, principalmente en los bosques y las selvas húmedo-tropicales; en las regiones de transición entre los biomas terrestres y marinos, se ubica en los denominados manglares; en las regiones marinas, se acumula en las praderas marinas y en los bancos o arrecifes de coral. Sobre un total aproximado de cien millones de especies, solamente se han nombrado y descrito un millón setecien-

tas mil. Se estima que aproximadamente diez mil especies son descubiertas por año. Sin embargo, muchas de esas especies ya son conocidas y usadas por los pobladores nativos de esas regiones (Loyola y cols., 2009).

De acuerdo con los datos aportados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 36% de la población mundial utiliza medicamentos provenientes de la industria farmacéutica, que son obtenidos por síntesis de compuestos químicos o por el aislamiento de sustancias existentes en la naturaleza. El resto de la población recurre, para tratar sus enfermedades, a plantas que el saber popular tradicional considera dotadas de propiedades curativas (OMS, 2008).

De las treinta mil enfermedades descritas clínicamente, un tercio tienen un tratamiento que, en la mayoría de los casos, solo actúa sobre los síntomas de la enfermedad. Por tal motivo, la industria farmacéutica está siempre investigando y desarrollando nuevos medicamentos.

A principios de la década de 1990, muchas empresas farmacéuticas iniciaron programas de búsqueda de principios activos, particularmente en las selvas tropicales de los países en desarrollo, con el fin de detectar especies vegetales, animales exóticos y microorganismos que pudieran contener sustancias de acción farmacológica definida (Kreig, 1968; Balunas y Kinghorn, 2005; Gurib-Fakim, 2006). Los procesos químicos que ocurren en los seres vivos dan lugar a la síntesis de una gran variedad de sustancias, muchas de las cuales exhiben efectos biológicos de alta selectividad. Para detectar los productos naturales con actividad terapéutica, en un tiempo relativamente corto y evitar estudios indiscriminados costosos, se recurre al conocimiento de los grupos étnicos que tradicionalmente asignan cualidades curativas a plantas y otros compuestos naturales (etnofarmacobotánica) o se recurre a estudios de ecología química.

Por lo tanto, la bioprospección se puede definir, en forma amplia, como el estudio de la diversidad biológica, de la ecología química y del conocimiento tradicional indígena, con el fin de descubrir recursos bioquímicos y genéticos de valor comercial (Castree, 2003).

Un ejemplo que se ha popularizado como la insignia bajo la cual se pudo establecer un nuevo tipo de relación entre la industria y los países ricos en diversidad biológica, que son generalmente países no industrializados, fue un acuerdo entre la compañía farmacéutica Merck, Sharp y Dohme y el Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica (INBio), firmado a fines de 1992. En dicho acuerdo, la compañía Merck ponía a disposición de INBio 1,3 millones de dólares a cambio de cierta exclusividad por muestras de insectos, plantas y otros organismos colectados por INBio. Independientemente de su eventual éxito, el acuerdo Merck/INBio marcó el primer esfuerzo por vincular explícitamente el beneficio económico provisto por la bioprospección (específicamente la prospección química) y la conservación del recurso natural del que originó ese beneficio (Rojas Ramírez, 2008).

ESTRATEGIAS EN LA BÚSQUEDA DE NUEVOS FÁRMACOS

En el libro de Antonio Delgado Cirilo y cols. (2004), *Introducción a la química terapéutica*, los autores expresan que, uno de los objetivos fundamentales de la industria farmacéutica es la búsqueda de nuevos fármacos que resulten más potentes, más selectivos y menos tóxicos en su acción terapéutica. Además, hay otros aspectos no menos importantes como son las consideraciones económicas, el interés científico y terapéutico que justifiquen el desarrollo de un nuevo fármaco que reemplace a los ya existentes con idén-

ticas o parecidas propiedades farmacológicas.

A tal efecto, la búsqueda de una sustancia con actividad farmacológica puede seguir dos caminos: la síntesis química o la bioprospección.

El primer paso, en ambas situaciones, es lograr obtener o identificar y optimizar un compuesto cabeza de serie o “hit”. Hasta la década de 1990 la mayoría de los compuestos cabezas de serie procedían de descubrimientos fortuitos u observaciones casuales. Por ejemplo, el descubrimiento de cómo el 2-aminotiazol era capaz de inducir bocio, a partir de estas observaciones se generaron compuestos derivados de la tiourea como agentes antitiroideos, pero el que puede considerarse un ejemplo espectacular fue la invención de las benzodiazepinas (Paladini, 1996).

Con los desarrollos de la Bioquímica, la Biología Molecular y la Genética, se han desarrollado métodos más racionales basados en el descubrimiento y la regulación de nuevas enzimas, receptores y ligandos endógenos, como también, avanzar en el conocimiento de las enfermedades (Paladini, 1996).

Entre los procedimientos modernos que utiliza la síntesis química se encuentran el diseño específico, la química combinatoria y el tamizado molecular.

Diseño específico

El diseño específico o racional de fármacos se basa en el hecho de que las drogas ejercen su acción uniéndose a determinadas moléculas biológicas, por ejemplo, a receptores celulares o enzimas. Esta unión se genera porque la disposición espacial de los átomos de las drogas es complementaria a la disposición de los átomos de las moléculas biológicas. Por lo tanto, si se conoce la estructura de un receptor se puede inferir cómo debe ser químicamente la droga para poder actuar (Delgado Cirilo y cols, 2004).

Química combinatoria (Delgado Cirilo y cols., 2004; Barbero y cols., 2011)

La química combinatoria se basa en producir conjuntos sistemáticos de drogas, es decir, producir bibliotecas químicas. Se ha dicho de la química combinatoria que, es un proceso de producción al azar de gran número de moléculas distintas y la posterior selección de las que poseen una actividad farmacológica determinada. Tiene analogía con la evolución biológica, entonces se puede decir que la química se encuentra con Darwin. De igual manera, la química combinatoria sigue modelos edisonianos, de muchos intentos para lograr una molécula efectiva.

En la actualidad se ha desarrollado el diseño de fármacos asistidos por computadoras (CADD del inglés “Computer Assisted Drug Design”). El diseño, en la práctica, se puede llevar adelante mediante dos aproximaciones, directa o indirecta.

La primera es posible cuando se dispone de datos sobre la estructura tridimensional de la macromolécula diana sobre la que se pretende diseñar algún ligando selectivo.

En cambio siguiendo una aproximación indirecta, el nuevo fármaco se puede diseñar mediante la superposición gráfica de un conjunto de ligandos selectivos frente a un determinado receptor, del cual se desco-

noce su estructura tridimensional, a partir de ahí, se puede obtener una imagen del fragmento estructural común a todas las moléculas utilizadas en el estudio. A partir de ahí deberá diseñarse un farmacóforo, definido como la región del espacio con determinadas características lipofílicas, electrónicas o estéricas, que deberá estar presente en las nuevas moléculas que se diseñen.

Tamizado biomolecular

Con los avances tecnológicos que han ocurrido en los últimos tiempos, las compañías farmacéuticas almacenan alrededor de medio millón de compuestos cada una y miles de potenciales dianas.

Una vez que se cuentan con estos compuestos hay que determinar su actividad biológica mediante la aplicación de bioensayos. La estrategia de tamizado o screening comprende por lo general dos etapas: tamizado primario y otro secundario o de orden superior. Cada una de estas etapas implica la realización de uno o más ensayos de actividad biológica o bioensayos.

Hace más de diez años atrás se analizaban no más de 160 compuestos cada tres días, actualmente se cuentan con la automatización de los ensayos bioquímicos HTS (“high throughput screening”, en español, cribado de alta eficiencia) que permiten realizar hasta 150.000 ensayos por día (Bajorath, 2002).

Una vez que un compuesto demostró actividad se lo somete a estudios específicos que se realizan in vivo, son de baja capacidad pero de alto costo y respuesta lenta. Estos estudios permiten conocer el modo y la velocidad de distribución del fármaco y la toxicidad. Posteriormente se realizan los ensayos clínicos y de toxicidad crónica.

La gran inversión económica (se calcula 800 millones de euros) y de tiempo (de 8 a 10 años) que se requiere para alcanzar la fase de comercialización, por tales motivos, la identificación y optimización de un cabeza de serie o “hit” es muy importante y crítica (Marovac, 2001).

LA BÚSQUEDA DE NUEVAS MOLÉCULAS POR MEDIO DE LA BIOPROSPECCIÓN

Gran parte de los medicamentos (aproximadamente el 80 %) utilizados por la terapéutica moderna han sido inspirados en compuestos que existen en la naturaleza y sólo el 20% es producto de la invención humana (Wagner, 2007). Existen dos formas de bioprospección para la búsqueda de moléculas bioactivas en las plantas: la etnofarmacobotánica y la ecología química.

Etnofarmacobotánica

La etnofarmacobotánica es la unión de tres disciplinas: etnología, botánica y farmacología. Por lo tanto, la etnofarmacobotánica estudia la relación que establece el hombre con las plantas de su entorno y que utiliza para curar sus enfermedades.

La industria farmacéutica recurre a la etnofarmacobotánica para escoger aquellas plantas que un determinado grupo humano utiliza tradicionalmente con fines terapéuticos. El enfoque etnofarmacológico o etnomédico demostró ser efectivo para el descubrimiento de nuevos fármacos. De los 119

agentes terapéuticos que se han aislado de las plantas en el último tiempo, el 74% ha sido descubierto por registros etnofarmacobotánicos (Newman y col., 2003; Newman y Cragg, 2007)

El conocimiento tradicional representa una herencia de los antepasados en experiencias con el ambiente natural, a lo largo de milenios. El origen y desarrollo de ese conocimiento ha sido explicado de un modo erróneo, o al menos dudoso. Carl Sagan (1997) en su obra “The Demon-haunted World” nos brinda un ejemplo, el descubrimiento de la quinina que proviene de una infusión de la corteza de un árbol particular de la vertiente oriental de la Cordillera amazónica (*Cinchona pubescens* Vahl. -Rubiaceae-): “¿Cómo descubrió un pueblo premoderno que un té hecho precisamente de este árbol, con todas las plantas que hay en la selva, aliviaría los síntomas de la malaria? Debieron de probar todos los árboles y las plantas (raíces, troncos, cortezas, hojas) masticando, machacando y haciendo infusiones”. Sin embargo, quien seriamente imagine la variedad (contabilizada en millones) de organismos del hábitat amazónico podrá colegir que los ensayos hubieran llevado a la extinción de muchos grupos humanos en el mero intento de identificar una especie que pudiera paliar las fiebres.

Existen probablemente otras explicaciones alternativas a la prueba y error. Algunos antropólogos consideran que los pueblos, que no han perdido su tradición de contacto con la naturaleza y sus ingredientes, tienen una “natural” capacidad de entrar en contacto con la bioactividad de los organismos del entorno. El conocimiento que la comunidad tiene sobre la manifestación de esos principios activos se funda en la experiencia acumulada, de la misma manera que un habitante urbano lo hace en cualquier ciudad, aún de aquellas que no ha visitado anteriormente, es decir, la persona sabe o intuye las vías de acceso, la diagramación y la estructura de los servicios necesarios. De la misma manera, un habitante indígena o local puede guiarse por las manifestaciones fenotípicas para advertir las propiedades de alguna planta o a través del comportamiento de otros organismos puede tener indicio sobre la actividad de una especie. Cabe el error, tal como puede ocurrir en la ciudad. Por lo tanto, depende de la mejor o mayor sensibilidad y cuidado en la observación pero el ensayo no es ingenuo. De este modo se explica que el conocimiento va con los miembros de una comunidad y lo comparten; también se ha documentado que, aunque cambien de hábitat, se valen de esa experiencia para “servirse” de los nuevos organismos encontrados.

Por ejemplo, Teodora Zamudio en “Regulación jurídica de las Biotecnologías” (2007) nos relata que en el final del invierno boreal del año 2000, un indígena tzeltal del estado de Chiapas (México) viajó a una comunidad cri de la provincia de Québec (Canadá). A pesar del crudo clima en el que la naturaleza parecía dormir, el chaman tzeltal detectó organismos de la herbolaria local, nunca antes vistos por él hasta ese momento, con propiedades medicinales que fueron ratificadas por los anfitriones. Su método fue el uso de sus sentidos y de la experiencia para advertir tales propiedades, así el tamaño y condición de las hierbas, el uso que algunos animales hacían de ellas y otros indicadores le revelaban la presencia de componentes útiles, por lo tanto, había en él un conocimiento que le permitió inferir aquellos atributos.

El conocimiento que tienen las comunidades aborígenes y criollas cubren un extenso vademécum medicinal y ritual, además, no puede ser escindido de las creencias que se han labrado junto a él. Por lo tanto, para acceder al conocimiento tradicional se debe realizar de una manera tal de no perder el

paradigma sobre el que se construyó este saber. Por otro lado, se debe acceder a él con el consentimiento de sus cultores, porque apropiarse indebidamente de esos conocimientos significa violar el sustrato cultural de esa comunidad, equiparable a la profanación de los símbolos de las religiones más acreditadas.

Ecología química (Harbone, 1988; Croteau y col., 2000; Coley y col., 2003; Hartmann, 2007; Meinwald y Eisner, 2008)

Las plantas son seres vivos, por tal motivo intercambian materia y energía con el ambiente, mantienen el equilibrio interno (homeostasis), responden al estímulo del ambiente y están adaptados a su entorno. Es decir, los vegetales interactúan con seres de su misma especie y con otras especies y, además, con factores ambientales (temperatura, humedad, luz, suelo, entre otros). Por lo tanto, las plantas han desarrollado un metabolismo especial como consecuencia de las interacciones con su entorno. Estas interacciones son dinámicas y evolucionan a través del tiempo y se ve reflejado en los diferentes compuestos detectados.

Las sustancias químicas del metabolismo especial que más llama la atención en la búsqueda de fármacos son las sustancias de defensa contra los herbívoros.

A lo largo de la evolución, en las plantas se han desarrollado toda suerte de defensas para tratar de mantener el equilibrio en la interacción planta-herbívoro. Hay evidencia de que numerosos rasgos de las plantas reducen el crecimiento y supervivencia de herbívoros. Estos rasgos pueden ser considerados como resistencia cuando representan un algo exclusivamente ecológico, y como defensa cuando implica una respuesta evolutiva.

Un mecanismo de defensa contra la herbivoría es producir compuestos, toxinas, que reducen la calidad de los alimentos vegetales. Estos compuestos, esgrimen su influencia con su mera presencia, actúan inmediatamente y a menudo conlleva a la muerte del herbívoro. Estas defensas químicas son uno de los mecanismos más importantes y extendido para evitar el ataque de los herbívoros. Son sustancias que derivan del metabolismo especial o secundario, tales como alcaloides, cumarinas, glucosinolatos, glucósidos, terpenos, y compuestos que repelen y disminuyen la digestibilidad como los taninos.

La actividad alimenticia comienza con el primer bocado, seguido de tragar y continúa con la digestión. Esto sugiere que se denomine supresores a aquellos compuestos que impiden la actividad de morder, y disuasorios a aquellos que impiden que el herbívoro vuelva a comer. Como frecuentemente es desconocida qué fase de la alimentación es interrumpida, algunos autores usan antialimentación y disuasorios de alimentación sinónimamente para sustancias que cuando contactan con el herbívoro impiden o interrumpen la actividad alimenticia.

En las plantas existe una enorme diversidad bioquímica de compuestos secundarios, fruto, tal vez, de su imposibilidad de huida frente a las agresiones. Ahora bien, debido al elevado coste energético que implica su síntesis, las plantas encauzan su metabolismo hacia un tipo u otro de compuesto secundario dependiendo de los recursos disponibles. En general, frente a condiciones adversas y limitantes,

como las que se dan en ecosistemas mediterráneos, las plantas tienden a aumentar sus defensas, sobre todo de tipo cualitativo (alcaloides, glucósidos cianogénicos, entre otros), ya que, en estos casos, les resulta mucho más difícil regenerar los tejidos dañados por los herbívoros. Lo que implica que estos compuestos actúen como tóxicos.

Una característica importante en la estrategia de defensa de las plantas es la distribución variable de los compuestos secundarios en los diferentes tejidos vegetales, así como su redistribución según avanza el desarrollo fenológico. Las yemas en crecimiento de arbustos, las hojas jóvenes, los órganos reproductores y de dispersión y, en general, todas las partes en crecimiento anual, muestran una mayor concentración de compuestos secundarios, o reactividad de éstos, que los tejidos adultos.

Cientos de miles de fenoles, alcaloides, terpenoides, iridoides, esteroides y otros compuestos químicos de plantas han sido el objetivo de considerables estudios. Algunos se han aislado, y de éstos, muchos son claramente tóxicos en general y sirven como defensa para la planta frente a herbívoros (Tabla 1). Pero estos compuestos no afectan por igual a todos los herbívoros. Un ejemplo de ello, son los glucósidos cianogénicos, que aunque no presentan una eficacia universal y no todas las plantas cianogénicas liberan la suficiente cantidad para ser consideradas tóxicas, éstos compuestos forman parte del amplio espectro de compuestos tóxicos y desagradables para los herbívoros.

Aunque, como sustancias verdaderamente tóxicas están caracterizados los alcaloides como la nicotina, piretrinas y rotenoides, también se ha demostrado que los flavonoides, principalmente los glucósidos de flavonoles que incluyen la rutina, quercitrina, isoquercitrina y quercetina, resultan tóxicos o inhiben el crecimiento de determinados insectos. Una de las funciones ecológicas establecidas para los flavonoides es la protección de la hoja ante los herbívoros.

Por otro lado, un grupo importante de compuestos flavonoides en las plantas son los estrógenos vegetales o fitoestrógenos, que se encuentran como glucósidos, y cuya capacidad de modificar los procesos reproductivos proviene de su semejanza con el núcleo esteroídico de las hormonas femeninas. Una prolongada exposición a pastos estrogénicos puede conducir a infertilidad.

Tabla 1.- Compuestos sintetizados como metabolitos secundarios en plantas, según Harborne, 1988

Tipo	Distribución	Número aproximado de estructuras*
Compuestos nitrogenados		
Alcaloides	Magnoliófitas especialmente en hojas y fruto	6500
Aminas	Magnoliófitas especialmente en flores	100
Aminoácidos (no proteicos)	En semillas de Leguminosas Brassicaceae	400
Glucosinolatos	Brassicaceae y otras 10 familias	75
Glicósidos cianogénicos	Esporádicos en frutos y hojas	30
Terpenoides		
Monoterpenos	En aceites esenciales	1000
Lactonas sesquiterpénicas	En Asteraceae, incrementando en otras Magnoliófitas	1500
Diterpenos	En especial en látex y resinas	2000
Saponinas	Más de setenta familias	500
Limonoides	Rutaceae, Meliaceae y Simarubaceae	100
Cucurbitacinas	Cucurbitaceae	50
Cardelónidos	Apocinaceae, Asclepiadaceae y Escrofulariaceae	150
Carotenoides	Universales en hojas, frecuentes en flor y fruto	500
Fenoles		
Fenoles simples	Universales en hojas, frecuentes en otros tejidos.	200
Flavonoides	Universales en Magnoliofitas, Pinófitas y helechos	4000
Quinonas	Especial en Ramnáceas	800
Poliacetilenos	Asteraceae y Apiaceae	650

*Wink , 2003

A MODO DE CONCLUSIÓN

En las décadas recientes, el interés en acceder a la biodiversidad para la innovación farmacéutica ha sido cíclico: aumentó en los años de 1960 cuando se encontraron antibióticos y agentes antitumorales en la naturaleza; cayó en los años de 1970 con la llegada de la tecnología del ADN recombinante y la farmacología molecular y se incrementó de nuevo en los años de 1980 cuando las tecnologías como la de los detectores robóticos de alta producción y las técnicas mejoradas de separación hicieron que fuera redituable la exploración de varios centenares de miles de muestras al año.

El avance científico en la bioquímica, biología molecular, biología celular, inmunología y la tecnología de la informática, sigue transformando el proceso de descubrimiento y obtención de medicamentos. El progreso de la biología molecular y los estudios del genoma abren el espectro al descubrimiento de nuevos fármacos previamente inaccesibles para tratar una serie de enfermedades. Las nuevas tecnologías como la química combinada, los detectores de alta producción y los laboratorios en un microchip (nanotecnología), proporcionan un número de compuestos sin precedencia y mejores y más rápidas maneras para analizarlos. En este entorno muchas veces se considera que los productos naturales son demasiado lentos, costosos y problemáticos. En muchos sectores, los recursos para la investigación salen del campo de los productos naturales y fluyen hacia la química sintética para el diseño racional de medicamentos, para procedimientos combinados y para la genética que se enfoca principalmente en el material humano.

No obstante, los productos naturales siguen ofreciendo ventajas clave: la diversidad y la novedad que resultan de milenios de evolución. Además, las mejoras de la tecnología asociada con la purificación y el análisis de compuestos en mezclas complejas reducen los tiempos involucrados en separar y analizar los productos naturales. Aunque compiten por los recursos de investigación, cada vez más se consideran los productos naturales y la química combinada como fuentes complementarias de nuevos compuestos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bajorath, J. (2002). Integration of virtual and high-throughput screening, *Nature Reviews drug Discovery*, 1, 882-894.
- Balunas M. J. y Kinghorn A. D. (2005). Drug discovery from medicinal plants, *Life Sciences*, 78(5), 431-441.
- Barbero C., Furlán R. y Mata E. (2011). Química combinatoria, *Ciencia Hoy*, 21(124), 39-45.
- Castree, N. (2003). Bioprospecting, from theory to practice (and back again), *Transactions of The Institute of British Geographers*, 28(1), 35-55.
- Coley P.D., Heller M.V., Aizprua R., Arauz B., Flores N., Correa M., Gupta M., Solis P.N., Ortega Barria E., Romero L.I., Gomez B., Ramos M., Cubilla-Rios L., Capson T.L., Kursar T.A. (2003). Use of ecological criteria in designing plant collection strategies for drug discovery, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1, 421-428.
- Croteau, R., Kutchan, T.M. y Lewis, N.G. (2000). Natural Products (Secondary Metabolism) Cap. 24. *Biochemistry y Molecular Biology of Plants*, B. Buchanan, W. Gruissem, R. Jones, Eds., 1250-1318.

- Delgado Cirilo A., Minguillón Llombart, C. y Juglar Tamargo, J. (2004). *Introducción a la química terapéutica* 2da. Edición Díaz de Santo Editorial, España.
- Gurib-Fakim, A. (2006). Medicinal Plants, Traditions of yesterday and drugs of tomorrow, *Molecular Aspects of Medicine*, 27(1), 1-93.
- Harbone, J.B. (1988). *Introduction to Ecological Biochemistry* 3ra. Edición Academic Press, London.
- Hartmann, T. (2007). From waste products to ecochemicals, Fifty years research of plant secondary metabolism, *Phytochemistry*, 68(22-24), 2831-2846.
- Kreig, M.B. (1968). *Medicina verde, La búsqueda de las plantas que curan*, **Compañía Editorial Continental, México.**
- Loyola, R.D., Kubota, U., da Fonseca, G.A.B. y Lewinshon, T.M. (2009). Key Neotropical ecoregions for conservation of terrestrial vertebrates, *Biodivers Conserv*, 18, 2017-2031.
- Marovac, J. (2001). Investigación y desarrollo de nuevos medicamentos, de la molécula al fármaco. *Revista Médica de Chile*, 129(1). En http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S003498872001000100015yscript=sci_arttext
- Meinwald, J. y Eisner, T. (2008). Chemical ecology in retrospect and prospect, *PNAS*, 105(12), 4539-4540.
- Myers, N. (1988). Threatened biotas, "Hot spots" in tropical forests, *The Environmentalist*, 8, 1-20.
- Myers, N. (1990). The biodiversity challenge, Expanded hot spots analysis, *The Environmentalist*, 10, 243-256.
- Myers, N. (2003). Biodiversity Hotspots Revisited, *BioScience*, 53(10), 916-917.
- Newman, D.J., Cragg, G.M. y Snader, K.M. (2003). Natural Products as Sources of New Drugs over the Period 1981-2002, *Journal of Natural Products*, 66, 1022-1037.
- Newman, D.J. y Cragg, G.M. (2007). Natural Products as Sources of New Drugs over the Last 25 Years, *Journal of Natural Products*, 70, 1-17.
- Organización Mundial de la salud (2008). Medicina tradicional, *Nota descriptiva N° 134*. En <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs134/es/>
- Paladini, A.C. (1996). ¿Cómo se descubre o inventa un medicamento?, *Ciencia Hoy*, 6(34). En <http://www.cienciahoy.org.ar/hoy34/medic01.htm>
- Rojas Ramirez, I. (2008). Mercantilización de la Biodiversidad, la actividad de bioprospección del INBIO en Costa Rica, *Economía y Sociedad*, 33 y 34, 21-38.
- Sagan, C. (1997). Antiscience. *The Demon-haunted world. Science as a candle in the dark*, Headline Book Publication, London, 234-252.

- Wagner, M.L. (2007). Bioprospección. La búsqueda de sustancias bioactivas, *Bol. Latinoam. Caribe Plant. Med. Aromaticas*, 6(5), 170.
- Wink, M. (2003). Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective, *Phytochemistry*, 64(1), 3-19.
- Zamudio, T. (2007). *Regulación Jurídica de las Biotecnologías*. En <http://www.biotech.bioetica.org/>

Ideas para el aula

USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA COMUNICACIÓN EN UN CURSO INTRODUCTORIO DE QUÍMICA PARA ALUMNOS INGRESANTES DE INGENIERÍA

Marta Luiz, Adelaida Ávila, Marta Díaz, Marcela de Alba, Virginia Pasotti, Rebeca Purpora y Rosmari López.

Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB). Comodoro Rivadavia. Chubut. Argentina.

e-mail, m Luiz@unpata.edu.ar

Resumen

Con el objetivo de acompañar a los alumnos ingresantes a la Facultad de Ingeniería en sus primeras experiencias de estudio en la universidad, se ofreció un curso virtual introductorio de Química (de carácter optativo) denominado Nomenclatura de Compuestos Inorgánicos. Se realizó a través de la plataforma educativa Moodle desde el Campus Virtual de la UNPSJB.

Si bien el número de alumnos inscriptos (61) fue importante, pocos realizaron todas las actividades propuestas. Solamente un 34% enviaron la primera de las tareas propuestas para la revisión del tutor. No obstante, el 50% de ellos completó el curso, con muy buenos resultados, tanto durante el desarrollo del curso virtual como durante la cursada de Química de primer año.

El aula virtual constituye una herramienta válida para favorecer la articulación con el nivel educativo previo y la integración de los estudiantes a la vida universitaria.

Palabras clave, aula virtual, nomenclatura de compuestos inorgánicos, alumnos ingresantes.

Use of new communication technologies in an introductory chemistry course for admitted students of engineering

Abstract

An online introductory course of Chemistry was offered in order to introduce the students that begin at the Faculty of Engineering in their first experiences of university studies. It was of optional character, about Nomenclature of Inorganic Compounds and performed through the Moodle learning platform from the Virtual Campus of the UNPSJB. While the number of enrolled students (61) was important, only a few performed all proposed activities. A 34% sent the first of the tasks for revision of the e-tutor.

However, a middle of them has completed the course with very good results, not only in the virtual course development but also during the first year Chemistry.

The virtual classroom is a valid alternative to encourage reconciliation with the secondary school and the integration of students into university life.

Key words, virtual classroom, nomenclature of inorganic compounds, admitted students.

INTRODUCCIÓN

La sociedad actual gira en torno a las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TICs). Es por ello importante desarrollar y fomentar su uso en las instituciones académicas (Diez Rodríguez, 2005). La universidad frente a esta realidad, debe ofrecer nuevas alternativas que potencien la obtención de resultados de calidad, fundamentalmente desde la perspectiva del aprendizaje que logren los estudiantes (UNESCO, 1998).

El uso de las nuevas tecnologías o redes telemáticas puede o al menos debiera ser un factor que ayude a construir y desarrollar un modelo de enseñanza más flexible, donde prime más la actividad y la construcción del conocimiento por parte del alumnado a través de una variada gama de recursos que a la mera recepción pasiva del conocimiento a través de unos apuntes y/o libros (Area Moreira, 2000).

Desde el año 2010 la UNPSJB cuenta con un Campus Virtual diseñado con el objetivo de crear un entorno de aprendizaje que favorezca el desarrollo de estudios universitarios a alumnos procedentes de distintas situaciones personales y entornos geográficos dispares. Se utiliza la plataforma educativa Moodle, que permite realizar experiencias de aprendizaje conjunto, utilizando elementos de comunicación, de evaluación y de disposición de recursos pedagógicos con las posibilidades y la flexibilidad que permiten las TICs. Cualquier docente puede solicitar un espacio en dicho Campus Virtual para el desarrollo de cursos o aulas virtuales.

Un curso con características de aula virtual está disponible las 24 horas del día para que el alumno pueda, en el momento más adecuado, consultar los contenidos del mismo, comprobar su evolución académica con ejercicios de autoevaluación, o contactar con sus profesores y compañeros a través de chats, foros y correos electrónicos.

Los actores principales para el desarrollo de este tipo de cursos son, la institución, el tutor y el alumno. La institución debe garantizar y supervisar el funcionamiento de la plataforma durante todo el desarrollo del curso. El tutor debe brindar apoyo emocional y conceptual al alumno, durante todo el curso motivando su participación en todas las actividades propuestas; y el alumno participará de las mismas siendo el responsable directo de su aprendizaje (Prat, 2011).

Química es una asignatura de primer año que se dicta para los alumnos de Ingeniería Química, Industrial, Mecánica, Civil, Electrónica y Licenciatura en Higiene y Seguridad en el Trabajo, carreras de la Facultad de Ingeniería de la UNPSJB.

Los alumnos que ingresan a la universidad provienen del sistema de Educación Polimodal, que no contempla el espacio curricular Química durante los dos últimos años del nivel medio, de acuerdo a la Estructura Curricular Básica y Orientada. Solamente la modalidad Ciencias Naturales tiene Química en primero y segundo año de Polimodal, según consta en el Acuerdo Marco A.N°17 del Consejo Federal de Educación (1996) y el Decreto N°1423 del Poder Ejecutivo Provincial de Chubut (2001). Por tal motivo, los estudiantes presentan ciertas dificultades en el reconocimiento y escritura de fórmulas químicas.

La cátedra Química, desarrolla año tras año un curso de apoyo presencial y optativo para el abordaje de algunos contenidos básicos, a fin de acompañar a los alumnos ingresantes en sus primeras experiencias de estudio universitario.

Vista la necesidad de generar nuevas alternativas de estudio, durante el ciclo lectivo 2012 se decidió utilizar un nuevo recurso didáctico, un aula virtual, como otra opción al curso presencial, permitiendo ampliar, profundizar y diversificar la enseñanza de esos contenidos básicos. De manera particular, se tomaron algunos conceptos de química, referidos a tabla periódica, simbología, escritura y lectura de formulas químicas.

Así, utilizando la plataforma educativa Moodle (Cole and Foster, 2008) del Campus Virtual de la UNP-SJB, se dictó durante febrero-marzo el curso introductorio de química denominado “Nomenclatura de Compuestos Inorgánicos” con modalidad virtual.

Los principales objetivos propuestos para el dictado del mismo fueron,

- Identificar diferentes compuestos químicos y escribir correctamente su fórmula.
- Utilizar diferentes sistemas de nomenclatura para nombrar compuestos inorgánicos.
- Aplicar el concepto de iones.

Como la UNPSJB es una universidad regional que tiene varias sedes en diferentes ciudades de la provincia de Chubut, el curso se ofreció en las tres sedes donde se dictan carreras de ingeniería, Comodoro Rivadavia, Trelew, distante a 400 Km y Esquel a 600 Km.

El presente trabajo tiene por objetivo dar a conocer una experiencia de aula virtual propuesta como alternativa de apoyo en química a alumnos ingresantes de ingeniería, utilizando como herramienta la plataforma educativa de la universidad.

METODOLOGÍA

Diseño del aula virtual y recursos didácticos

Durante los meses previos al dictado del curso, se trabajó en el diseño de la estructura del aula virtual y la elaboración de los materiales didácticos para el desarrollo de cada tema.

Se puede observar en la Figura 1 la estructura general del curso. La página inicial presenta información general acerca del programa, objetivos a cumplir, cronograma con las actividades, uso de la plataforma y un foro de consultas técnicas.

A continuación se desarrollan los temas en tres módulos,

Módulo 0, Presentación de los participantes.

Módulo 1, Introducción. Sustancias simples. Compuestos iónicos binarios. Compuestos iónicos ternarios.

Módulo 2, Compuestos moleculares.

Cada módulo se presenta con la siguiente estructura,

- Materiales, son archivos en formato pdf con material teórico de lectura, así como algunos enlaces a página web que permiten la ampliación del tema y ejercicios de autoevaluación.
- Actividades, se presenta la tarea a realizar en un archivo Word para enviar al tutor, así como las consignas de trabajo.
- Foro, donde se invita a compartir experiencias relacionadas a la lectura del material teórico, su comprensión, las dificultades al resolver las tareas propuestas etc.

El administrador del curso, va cargando al aula virtual los distintos módulos de acuerdo al cronograma previsto.

En cuanto a la producción de los materiales didácticos, fueron elaborados teniendo en cuenta los siguientes criterios,

- Material de lectura consistente en textos cortos con definiciones básicas, manteniendo un eje temático central, el lenguaje químico; ejemplos de ejercicios resueltos como modelo para la realización de las tareas y un glosario con terminología específica. Se utilizaron distintos textos de Química (Brown, 2004 y Chang, 2010) como soporte bibliográfico para el tratamiento de la nomenclatura de compuestos.



Figura 1. Captura de pantalla de la página inicial del curso y parte del Módulo 1.

Para ampliar la lectura de los temas y realizar actividades de autoevaluación, se indicaron enlaces con diferentes páginas web, sugiriendo su visita.

- Como actividades propuestas los alumnos debían resolver una tarea (no muy extensa) dada por una serie de ejercicios sencillos referidos a cada tema, y enviarlos al tutor para su revisión. Se muestra en la Figura 2 la ejercitación solicitada para Compuestos iónicos ternarios.

La actividad final propuesta consistió en una tarea de integración con una serie de ejercicios de reconocimiento y escritura de fórmulas de diferente tipo de compuestos vistos a lo largo de todo el curso, que nos permitiría evaluar el grado de apropiación de los contenidos.

La duración total del curso fue de siete semanas, incluyendo el período de inscripción y el tiempo destinado a la entrega del trabajo integrador.

Metodología de implementación

La difusión del curso se realizó desde la página web de la Facultad de Ingeniería, donde se encontraba a disposición el formulario de inscripción.

Los alumnos inscriptos fueron 61, que se dividieron en 7 grupos, de manera que durante el desarrollo del curso, cada tutor docente de Química, se ocuparía del seguimiento de alrededor de 9 alumnos.

A fin de facilitar el acceso a estudiar mediante el aula virtual, se brindó a los estudiantes una charla presencial sencilla con la participación de expertos informáticos sobre una introducción al uso de la plataforma Moodle, ayudándoles a ingresar a la misma y completar su perfil con sus datos personales. Como asistieron solamente 35 alumnos a esta instancia informativa, cada tutor se comunicó por correo electrónico con los demás para darles a conocer su nombre de usuario, contraseña y los pasos a seguir para el ingreso a la plataforma desde la página web de la universidad.

SEGUNDA ACTIVIDAD. Compuestos iónicos ternarios

1.- Nombre correctamente los siguientes compuestos:

- | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| a) $\text{Fe}(\text{OH})_2$ | b) $\text{Ag}(\text{OH})$ | c) $\text{Zn}(\text{OH})_2$ | d) KHCO_3 |
| e) $\text{Ba}(\text{OH})_2$ | f) $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$ | g) Na_2SO_3 | h) NaClO |
| i) KMnO_4 | j) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ | k) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ | l) $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ |

2.- Con la ayuda de la tabla periódica prediga la fórmula y el nombre del compuesto formado por los siguientes iones:

- | | | |
|-----------------------|----------------------------|-------------------------|
| a) Calcio y carbonato | b) amonio y cloruro | c) Magnesio y fosfato |
| d) Perclorato y sodio | e) Sulfato ácido y potasio | f) hidróxido y aluminio |

3.- Indique la fórmula y carga de cada ión que constituye cada uno de los siguientes compuestos:

- | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|
| a) $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ | b) $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ | c) $\text{Al}(\text{OH})_3$ | d) NaHS | e) KNO_2 | f) KH_2PO_4 |
|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|

4.- Escriba las fórmulas de todos los compuestos que pueden formarse combinando los cationes Ca^{2+} y NH_4^+ con los aniones NO_3^- y CrO_4^{2-} . Nombrar cada uno de los compuestos.

5.- Complete la siguiente tabla:

Nombre	Fórmula del Compuesto	Iones que contiene
	KMnO_4	
		Cl^- y Na^+
Hidróxido de amonio		
	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	
Sulfato férrico		
Hipoclorito de sodio		
Carbonato de Calcio		

Figura 2, Tarea propuesta a los alumnos como Segunda Actividad correspondiente al Módulo 1 Continuación, Compuestos iónicos ternarios.

Durante la segunda semana, luego de dar la bienvenida al aula virtual, el administrador del curso propuso como primera actividad, socializar con los demás alumnos y tutores participando del Foro “**Nos presentamos**” invitando a presentarse contando algo de su vida y compartiendo las motivaciones para la inscripción en este curso.

Para familiarizarse con el uso de la plataforma se solicitó la realización de una **actividad de prueba** que consistió en el envío de un archivo de texto en Word al profesor tutor, luego de completar información personal sencilla como el nombre de la institución donde cursó los estudios de nivel medio o la carrera elegida.

En el transcurso de la tercera semana se desarrolló el Módulo 1 correspondiente a Sustancias simples. La propuesta fue leer el material teórico y realizar ejercicios de autoevaluación de la página web sugerida, intentando no navegar en otras páginas para no confundirse con otras nomenclaturas diferentes a las utilizadas por la cátedra. Se invitó a los alumnos a participar del Foro “**Compartiendo experiencias**” comentando las dificultades presentadas al intentar realizar los ejercicios, las dudas, o bien todo aquello que les haya llamado la atención y quisieran compartir con los compañeros de curso.

Durante la cuarta semana se trabajó el Módulo 1 continuación, Compuestos iónicos binarios. Se propuso como actividades, leer el material teórico correspondiente, resolver los ejercicios de autoevaluación de las páginas web recomendadas, y completar la primera tarea para enviar al tutor. Ésta consistió en ejercicios diversos presentados en formato Word, de manera que pudieran trabajar sobre el mismo archivo, o bien imprimirlo para resolver a mano, y luego de escanearlo o tomarle una foto, enviarlo como archivo de imagen.

La consigna para los tutores en relación a la corrección y devolución de tareas fue, que su intervención sea siempre de carácter orientativa, es decir, no dando de manera directa la respuesta correcta a un ejercicio, sino guiando al alumno a reconocer sus errores sugiriéndole por ejemplo una nueva lectura del material teórico o los ejercicios modelo. Además se sugirió la participación en el Foro “Compartiendo experiencias Módulo 1” con la misma consigna del anterior.

En la semana siguiente se continuó con el Módulo 1, desarrollando el tema Compuestos iónicos ternarios, utilizando el material de lectura para la realización de la segunda tarea que debían enviar, así como las actividades propuestas en las páginas web sugeridas teniendo en cuenta las consignas de trabajo.

Posteriormente fue presentado el Módulo 2, Compuestos moleculares, con la misma estructura que los temas previos y la tercera tarea para enviar al tutor.

Ya en la última semana con la consigna de trabajo final, se propuso realizar una actividad de integración como ejercitación y profundización de todo lo visto.

Finalmente se solicitó a los estudiantes expresaran su opinión mediante una encuesta que se muestra a continuación, reflejando su experiencia en este curso virtual,

1. ¿El curso virtual me resultó de utilidad para repasar o aprender fórmulas químicas?

sí: _____ no: _____ más o menos: _____

2. ¿Me sentí acompañado por el profesor tutor durante la realización del curso?

3. ¿Le recomendaría el curso virtual de fórmulas químicas a otros compañeros?

sí: _____ no: _____ por qué? _____

La misma representaría una herramienta útil para el equipo de trabajo que analizaría la implementación de la propuesta en los años siguientes.

Cabe destacar además, que considerando la importancia del trabajo de los docentes que se desempeñaron como tutores durante la implementación del curso, existió un período de preparación para tal fin. Así en el transcurso del año 2011 los docentes tomaron cursos de capacitación ofrecidos por la Dirección de Educación a Distancia, referidos al uso de la plataforma Moodle.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los estudiantes que realizaron el curso introductorio de Química mediante la plataforma del Campus Virtual de la UNPSJB tuvieron oportunidad de,

- Participar de un foro de presentación, que les permitió no sólo reconocerse en sus datos personales, sino también la interacción con el tutor y sus pares, ya sea de la misma, o de otras sedes de la universidad.

- Leer textos referidos a conceptos básicos de química, y realizar actividades de aprendizaje y profundización, centradas en la nomenclatura de compuestos inorgánicos.

- Plantear dudas, inquietudes y dificultades a través de foros del tipo debate sencillo, especialmente habilitados para esa finalidad y realizar intervenciones de acuerdo a sus posibilidades de horario, aportando opiniones que pudieran ayudar a todo el grupo.

- Recibir la corrección de sus producciones.

La actividad de prueba realizada durante la segunda semana, fue enviada por 39 alumnos. Cada tutor se comunicó por medio de la mensajería interna de la plataforma y por correo electrónico externo con el resto de los alumnos para motivar la participación de aquellos que no habían ingresado al aula.

En la tercera semana participaron 21 alumnos del Foro “**Compartiendo experiencias**”. La mayoría manifestó no haber tenido dificultades en la lectura del material de apoyo ni al realizar la tarea de autoevaluación. Unos pocos expresaron haber tenido que recordar símbolos o nombres de elementos químicos que habían olvidado o no conocían.

Con respecto al tema Compuestos iónicos binarios desarrollado durante la cuarta semana como continuación del Módulo 1, se recibieron en principio 15 tareas y 7 fuera de término. Como era la primera actividad formal dentro de los temas del curso y para motivar la participación de aquellos alumnos que no pudieron resolverla en el tiempo estipulado, se permitió el envío posterior a la fecha indicada. Se observaron errores en la identificación de iones así como la omisión de sus cargas al escribir los mismos. También apareció alguna confusión en símbolos de elementos con cierta similitud tales como magnesio y manganeso. La

devolución de las tareas fue siempre efectuada con prontitud para motivar la realización de las siguientes actividades. En algunos casos según la consideración del tutor, se solicitó al alumno corregir la tarea de acuerdo a las indicaciones y enviarla nuevamente.

En referencia al Foro **“Compartiendo experiencias Módulo 1”**, intervinieron 9 alumnos, cuyas consultas fueron atendidas por los tutores correspondientes, evidenciándose una escasa participación de los alumnos en los foros de este tipo. Si bien, los foros fueron propuestos con la idea de brindar una herramienta más de participación y socialización del proceso de enseñanza-aprendizaje (Domínguez Figaredo y Alonso Díaz 2004; Arango 2004); es probable que no se haya comprendido su verdadero sentido. Esto es, la importancia de manifestar abiertamente las dudas u opiniones luego de la lectura del material y la realización de las tareas, dado que la duda y/o experiencia de “uno” puede ser también la de otros participantes.

En la instancia correspondiente al tema Compuestos iónicos ternarios, fueron recibidas en total 14 tareas. Los tutores realizaron la devolución pertinente a cada uno de los alumnos comentando sus errores, observándose como una de las mayores dificultades el reconocimiento de los iones que forman un compuesto, en particular los iones poliatómicos.

Así mismo la participación del foro propuesto para socializar las inquietudes en esta parte del curso, fue nuevamente escasa, sólo intervinieron 7 alumnos.

Sobre Compuestos moleculares se recibieron 11 tareas, notándose en algunos estudiantes problemas para diferenciar entre hidrácidos y oxácidos tanto al escribir la fórmula como al nombrar los compuestos.

La actividad de integración fue enviada por 10 alumnos con resultados muy satisfactorios indicando que quienes realizaron paso a paso todas las actividades propuestas, llegaron a la instancia final habiendo logrado incorporar y aplicar los contenidos del curso.

Según lo expresa Carmona (2008) en los ambientes educativos virtuales se estimula y potencia la participación y la comunicación, elementos sin los cuales es inconcebible la existencia de procesos significativos de enseñanza y aprendizaje.

Sin embargo, en esta experiencia se evidencia una disminución en la participación de los alumnos a lo largo del curso, en referencia al envío de tareas y a la intervención en los foros de cada Módulo, como puede apreciarse en la Figura 3.

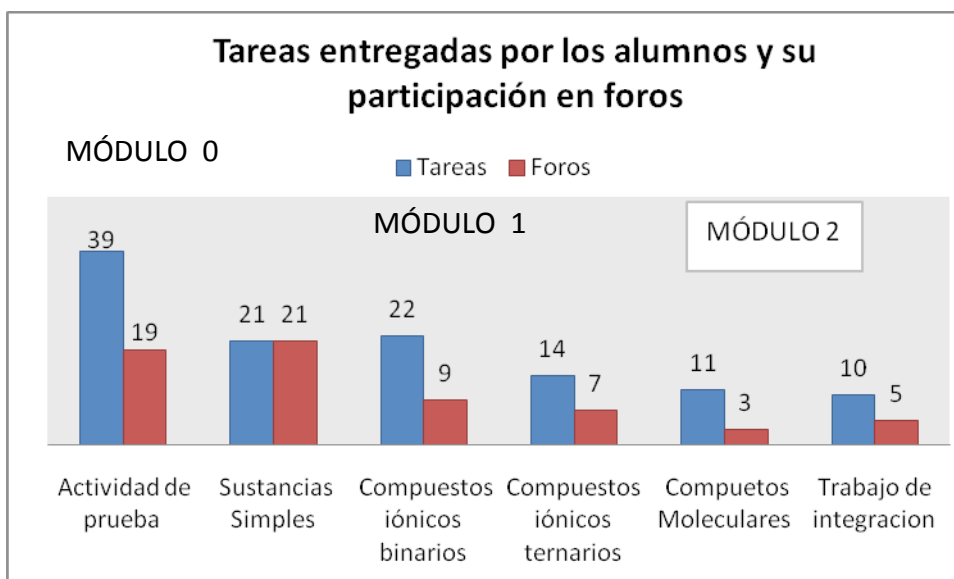


Figura 3. Alumnos que participaron de las actividades propuestas (tarea y foro) para cada Módulo. Los números indican cantidad de alumnos.

Si bien la interacción alumno-tutor durante el desarrollo del curso se realizó desde la plataforma educativa, todos los mensajes o novedades del mismo llegaban al correo electrónico personal de cada participante. Este hecho ha sido una de las dificultades encontradas para mantener una comunicación fluida que permitiera un seguimiento de las actividades de los alumnos dentro del aula virtual, ya que los jóvenes en estos días se manejan fundamentalmente a través de las redes sociales, y utilizan cada vez menos el “mail” tradicional. En una experiencia publicada por Martínez (2010) partiendo de la base que una cantidad cada vez mayor de alumnos participan de redes sociales virtuales y se comunican en espacios tipo blogs implementaron con alumnos de 2do año Polimodal el uso de blogs para la presentación de actividades y trabajos de Química, logrando así ampliar las posibilidades de comunicación docente-alumno.

Tomando en cuenta la totalidad de inscriptos y analizando la actividad general de los alumnos, un porcentaje importante nunca ingresaron al aula virtual, como muestra la Figura 4; tal vez por abocarse completamente al cursado simultáneo del curso de ingreso en Matemática de aprobación obligatoria para su ingreso a la Facultad de Ingeniería. Es de esperar que los estudiantes prioricen el estudio de esta temática utilizando todo el tiempo disponible a fin de cumplir con ese objetivo.

Un 36% ingresaron al aula en varias oportunidades, visitando los enlaces con los materiales teóricos, pero no realizaron ninguna de las actividades propuestas. Tampoco respondieron a los tutores asignados que por mensajería interna los motivaban a completar y enviar las tareas para su revisión. No fue posible evaluar el proceso enseñanza-aprendizaje de estos alumnos ya que optaron por prescindir del acompañamiento de los tutores. No obstante, es probable que el material les haya resultado de utilidad para el inicio de la cursada de Química. En este sentido, considerando la primera instancia de evaluación de dicha asignatura, varios de estos alumnos aprobaron con muy buen puntaje el examen parcial donde fue evaluado de manera

particular la escritura y reconocimiento de fórmulas químicas.

El 34% restante, realizó y envió al menos una de las tareas propuestas a partir del Módulo 1. Y la mitad de ellos finalizó satisfactoriamente el curso, con una implicancia directa sobre la cursada de Química de primer año, ya que en su mayoría aprobaron el primer parcial con puntajes para promoción directa de la asignatura.

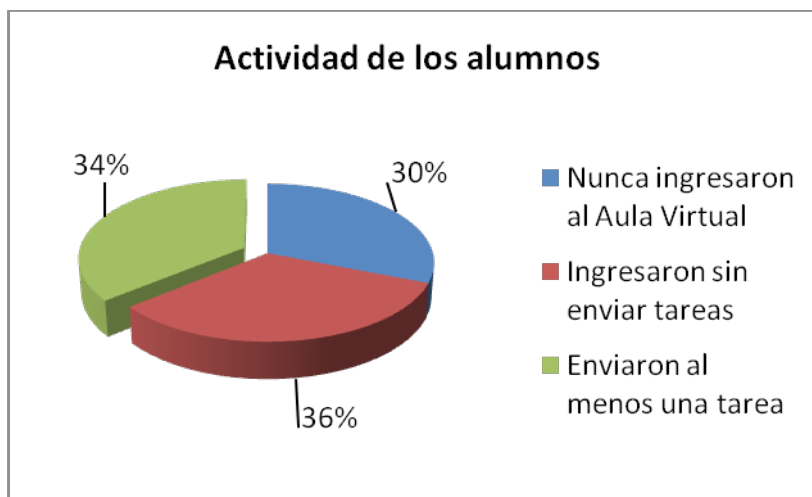


Figura 4. Porcentaje de alumnos inscritos con distinto grado de participación en el aula virtual

Solamente cinco alumnos completaron y enviaron la encuesta donde manifestaron que el curso les resultó de utilidad por la posibilidad de realizarlo en la comodidad de sus hogares o en el tiempo que pudieran destinarle. Además sugirieron que sería necesaria alguna instancia presencial ya que la comunicación por correo electrónico no les resultaba eficiente. Destacaron el acompañamiento de los tutores y expresaron que recomendarían a otros la realización de esta experiencia virtual.

CONCLUSIONES

De la evaluación global del curso virtual introductorio de Química se concluye que el carácter opcional del mismo incidió en el nivel de participación de los alumnos.

No obstante, si bien fueron pocos los que lograron finalizarlo, el 50% de los alumnos que realizaron la primera de las tareas, completó el curso con resultados satisfactorios, reflejándose además durante el cursado de Química de primer año.

El aula virtual constituye una herramienta válida para favorecer la articulación con el nivel educativo previo y la integración de los estudiantes a la vida universitaria.

Por otra parte, teniendo en cuenta no sólo los resultados de la encuesta de opinión, sino también la experiencia de los docentes que participaron en carácter de tutores, se concluye que probablemente la alternativa de un curso introductorio con modalidad semipresencial permitiría ampliar el nivel de participación y seguimiento de los ingresantes de ingeniería de los próximos años.

De todas maneras, consideramos que la implementación de aulas virtuales para el aprendizaje de la Química es una herramienta útil y es fundamental la participación en estas actividades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango, M. (2004). Foros virtuales como estrategia de aprendizaje. *Revista Debates Latinoamericanos* 2, (2), 1-21. En <http://revista.rlcu.org.ar/>
- Area Moreira, M. (2000). ¿Qué aporta Internet al cambio pedagógico en la educación Superior? *Actas del III Congreso Internacional de Comunicación, Tecnología y Educación*. Universidad de Oviedo, 128-135.
- Brown, Th., LeMay, H. y Bursten, B. (2004). *Química. La ciencia central*. Pearson Educación. México.
- Carmona, H. (2008). Consideraciones acerca de la educación virtual como comunidad de relaciones afectivo-valorativas. *Revista Iberoamericana de Educación*. 46, 1-10.
- Chang, R. (2010). *Química*. Mc Graw Hill. México
- Cole, J. and Foster, H. (2008). *Using Moodle. Teaching with the Popular Open Source Course Management System*. O'Reilly. Sebastopol.
- Consejo Federal de Educación (1996). *Acuerdo Marco para una Estructura Curricular Básica para la Educación Polimodal*. Buenos Aires. En http://www.me.gov.ar/consejo/documentos/cf_documentos.html
- Diez Rodriguez, C. (2005). Una experiencia de comunicación a través de Internet en el marco de enseñanza de la Física y la Química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (2), 218-233.
- Domínguez Figaredo, D. y Alonso Díaz, L. (2004). Metodología para el análisis didáctico de foros virtuales. *Edu-tec 2004, Comunicaciones*, 1-5. En <http://edutec2004.lmi.ub.es/>
- Martínez, S.M. (2010). El uso de TIC en la enseñanza de la química. Una experiencia con blogs. *Educación en la Química*. 16 (1), 19-27.
- Poder Ejecutivo Provincial (2001). *Decreto N°1423. Implementase la Educación Polimodal y los Trayectos Técnicos Profesionales en todos los Establecimientos del Territorio Provincial*. Rawson. En http://www.chubut.edu.ar/descargas/dto_1423-01.pdf
- Prat, M. R. y Alimenti, G. (2011). Nuevas tecnologías de la información y la comunicación, diseño de un curso preuniversitario de química. *Educación Química* 22 (4), 363-368.
- UNESCO (1998). *Conferencia Mundial sobre la Educación Superior. La educación superior en el siglo XXI. Visión y acción*. UNESCO, París. En <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001163/116345s.pdf>

Informaciones y novedades

III Seminario Iberoamericano CTS (Madrid, septiembre 2012)

Elección de los Órganos directivos de la Asociación Iberoamericana CTS

Del 28 al 30 del pasado mes de septiembre de 2012 tuvo lugar en Madrid el III Seminario Iberoamericano CTS para la enseñanza de las ciencias, en el IES San Isidro, con la colaboración de la OEI. El Seminario reunió más de 150 participantes de diferentes países de Iberoamérica. En esta edición, los objetivos centrales del seminario fueron, analizar la contribución de los enfoques CTS en la enseñanza de las ciencias; potenciar la difusión del movimiento CTS; intercambiar experiencias o investigaciones que el profesorado ha llevado o está llevando a la práctica y favorecer la contribución permanente del movimiento CTS a la construcción de un futuro sostenible.

El día anterior al inicio del Seminario, en Junta General, tuvo lugar la elección de los diferentes órganos directivos de la Asociación Iberoamericana de Ciencia Tecnología Sociedad en la Enseñanza de las Ciencias (AIA-CTS). La Asociación se constituyó en Julio de 2010, en Brasilia (Brasil), al cumplirse 10 años del Seminario bianual del mismo nombre, cuya primera edición se celebró en Aveiro (Portugal) en julio del año 2000. Esta Asociación de personas dedicadas a la enseñanza y a la investigación en el ámbito de las ciencias experimentales nace como consecuencia del trabajo del Seminario y persigue dar continuidad a sus tareas y reforzar sus logros. Se propone impulsar la investigación e innovación en torno a los problemas que plantea la apropiación de una visión más real, relevante, próxima y atractiva de la actividad científica y tecnológica, acercar la ciencia al alumnado y favorecer su inmersión en la cultura científica, necesaria tanto para la alfabetización científica de la ciudadanía como para la formación inicial de quienes en el futuro puedan dedicarse a actividades tecno-científicas.

Seminarios Ibéricos CTS / Seminarios Iberoamericanos CTS

El Seminario Iberoamericano de Ciencia-Tecnología-Sociedad en la Enseñanza de las Ciencias es una continuación del Seminario Ibérico CTS, que pasó a denominarse así cuando la participación de investigadores y profesores de América Latina fue incrementándose hasta llegar a ser realmente importante. En su cuarta edición, se decidió que el V Seminario Ibérico, celebrado en Portugal, pasaría a ser también el I Seminario Iberoamericano. El II Seminario Iberoamericano en el año 2010 fue el primero que tuvo lugar en América Latina, en Brasilia. Hasta 2008, este seminario se llevó a cabo cada dos años alternativamente en España y Portugal.

Los Seminarios Ibéricos CTS celebrados hasta el momento han sido,

- I Seminario Ibérico CTS, 2000, Universidad de Aveiro, Portugal
- II Seminario Ibérico CTS, 2002, Universidad de Valladolid, España
- III Seminario Ibérico CTS, 2004, Universidad de Aveiro, Portugal

- IV Seminario Ibérico de CTS en 2006, Universidad de Málaga, España
- V Seminario Ibérico/I Iberoamericano CTS, 2008, Universidad de Aveiro, Portugal
- VI Seminario Ibérico/II Iberoamericano CTS, 2010, Universidad de Brasilia, Brasil
- VII Seminario Ibérico/III Iberoamericano CTS, 2012, IES San Isidro, Madrid, España

El principal objetivo de estos seminarios ha sido fomentar el debate, la investigación y la innovación como una contribución al logro de una educación científica de calidad con voluntad de promover una auténtica inmersión en la cultura científica, superando el reduccionismo que se ha producido en gran parte de la educación en ciencias.

Estos seminarios se configuraron como un espacio de debate en el campo de la investigación de las interrelaciones ciencia-tecnología-sociedad en enseñanza de las ciencias. A lo largo de sus diferentes ediciones, han participado investigadores y estudiantes de postgrado que desarrollan su trabajo en esta área y profesorado involucrado en este enfoque de la enseñanza de las ciencias. El gran número de participantes en estos eventos ha favorecido el intercambio científico y la consolidación de estudios e investigaciones en este campo, facilitado por la proximidad de las lenguas de la Península Ibérica y de América Latina. El próximo seminario tiene previsto celebrarse en el 2014 en Bogotá (Colombia).

La Asociación Iberoamericana CTS en la Enseñanza de las Ciencias

La AIA-CTS tiene su sede en Portugal (Europa), en la ciudad de Aveiro, Campus Universitario de Santiago de la Universidad de Aveiro. Pretende abarcar la totalidad de la comunidad iberoamericana, que comprende 22 países de América y de Europa, Andorra, Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Chile, Ecuador, El Salvador, España, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Portugal, República Dominicana, Uruguay, Venezuela.

Uno de los objetivos de la AIA-CTS es reunir a investigadores y educadores de la comunidad iberoamericana que trabajan y están interesados en el conocimiento de la educación ciencia-tecnología-sociedad en la enseñanza de las ciencias, con la intención de profundizar, difundir y promover el desarrollo de esta área. Para que esta integración tenga lugar, la Asociación pretende establecer convenios con otras entidades públicas o privadas y afiliarse a las instituciones nacionales o internacionales que tengan propósitos similares.

Aquellas personas que quieran conocer más sobre los objetivos y tareas de la asociación pueden acceder a la página web de la misma, <http://aia-cts.web.ua.pt/>. También pueden inscribirse como socios consultando la web de la asociación en la sección

<http://aia-cts.web.ua.pt/index.php/associados>.

Junta Directiva de la AIA-CTS

Agradecemos a la Dra Silvia Porro el envío de esta información.

CONGRESOS, JORNADAS Y SEMINARIOS DE AQUÍ Y ALLÁ... 2013

Informe elaborado por Bioq. Andrea Farré, Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica, CIAEC, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires.

PRÓXIMOS EVENTOS

5th BIENNIAL EARLI CONFERENCE FOR RESEARCH ON LEARNING AND INSTRUCTION: “Responsible Teaching and Sustainable Learning”

Organizada por Technischen Universität München School of Education.

27 al 31 de agosto 2013, Munich, Alemania.

<http://www.earli2013.org>

ESERA CONFERENCE

2 al 7 de septiembre de 2013, Nicosia, Chipre.

Organizada por University of Cyprus, Cyprus University of Technology, University of Nicosia, European University of Cyprus y Cyprus Ministry of Education and Culture.

Recepción de trabajos hasta el 31 enero de 2013.

Inscripción temprana hasta el 5 mayo 2013.

<http://www.esera2013.org.cy/>

9º Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias: “La investigación en didáctica de las ciencias. Un compromiso con la sociedad del conocimiento.”

9 al 12 de septiembre de 2013, Girona, España.

Organizado por la revista Enseñanza de las Ciencias.

Recepción de comunicaciones texto completo hasta el 24 de enero de 2013.

Inscripción temprana hasta el 30 de abril de 2013.

<http://www.congresoenseciencias.com/ES/>

I Jornadas de Enseñanza, Capacitación e Investigación en Ciencias Naturales y Matemática, IV Jornadas de Enseñanza de la Matemática, y III Jornadas de Enseñanza de las Ciencias.

12 al 14 de setiembre de 2013, Quilmes y Avellaneda, Buenos Aires, Argentina.

Organizado por el Instituto Superior de Formación Docente y Técnica N° 24 de Quilmes y la Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Avellaneda.

Recepción de trabajos hasta el 31 de julio de 2013.

http://isfdyt24.bue.infed.edu.ar/sitio/index.cgi?wid_seccion=29&wid_item=46

VII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática.

16 al 20 de setiembre de 2013, Montevideo, Uruguay.

Organizado por la Sociedad de Educación Matemática Uruguaya.

Envío de trabajos hasta 30 de abril de 2013.

<http://www.cibem7.semur.edu.uy/home.php>

REF XVIII - Reunión Nacional de Educación en la Física: “Tres décadas mejorando la Enseñanza de la Física”

15 al 18 de Octubre de 2013, San Fernando del Valle de Catamarca, Argentina.

Organizada por el Departamento de Física Aplicada y Tecnología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

Presentación de Trabajos: desde el 15 de Marzo y hasta el 1° de Julio.

Presentación de Talleres: desde el 15 de Marzo y hasta el 31 de Julio.

Importante: Cada asistente podrá presentar como expositor: 1 Trabajo y un taller, o 2 Trabajos.

<https://sites.google.com/site/refxviii/>

Pedido de aportes: Si los lectores han participado de algún evento y quieren reseñarlo o si quieren difundir alguna reunión científica, pueden escribir a asfarre@ffyb.uba.ar



XVI Reunión de Educadores en la Química

Bahía Blanca, 4 al 6 de septiembre de 2013



Organizan

- Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina (ADEQRA), personería jurídica 8933.
- Departamento de Química de la Universidad Nacional del Sur de la ciudad de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires.

Objetivos

- Propiciar el intercambio y la cooperación entre los educadores e investigadores en ciencias, para diseñar acciones tendientes al mejoramiento de la enseñanza de la Química en todos los niveles de la educación.
- Reflexionar acerca de la práctica docente en la enseñanza de la Química en todos los niveles educativos (Universidad, secundaria, terciaria, técnica, primaria).
- Brindar un espacio de actualización y perfeccionamiento a los docentes de ciencias de los distintos niveles.
- Estrechar vínculos entre los docentes e investigadores en la enseñanza de la Química de todos los ámbitos educativos, a nivel nacional e internacional.
- Fortalecer la investigación en el área de la didáctica de las ciencias, en general y de la química en particular en las universidades, los institutos de formación docente y en las escuelas.
- Impulsar la participación en reuniones científicas, de docentes de todos los niveles educativos, con el objeto de propiciar una efectiva articulación entre los mismos.
- Promover en los estudiantes de formación docente la participación en este tipo de eventos que le permitirán acercarse a la realidad áulica y aportar a su formación continua.
- Intercambiar vivencias y saberes que contribuyan al enriquecimiento mutuo.

Ejes Temáticos

- I - Estrategias curriculares, didácticas y metodológicas para la Enseñanza de la Química en diferentes niveles educativos (Universidad, secundaria, terciaria, técnica, primaria).
- II - Articulación entre la enseñanza preuniversitaria y universitaria de la Química.
- III - Evaluación de los aprendizajes en Química.
- IV - Avance de la Química y la tecnología: a) Nuevas tecnologías, b) Química sustentable c) Otras
- V - Investigación educativa en Química
- VI - Aprendizaje de la Química en contextos no formales
- VII - La Historia y la filosofía de la Química

Actividades previstas

- Conferencias
- Talleres
- Mesas redondas
- Sesión de pósters

Informes

Comité Organizador XVI REQ - Correo electrónico: xvireq@uns.edu.ar

Página web: <http://www.xvireq.uns.edu.ar>

Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur, Avenida L. N. Alem 1253,
(B8000CPB) Bahía Blanca, Buenos Aires, República Argentina

Tel: +54-0291-4595101 (interno 3531) / Tel/Fax: +54-291-4595187

50 NÚMEROS DE Educación en la Química 3

EDITORIAL

Buenas noticias para la educación en ciencias
M. Gabriela Lorenzo..... 5

Artículo invitado

Enseñando química por medio de la argumentación, estudio de un caso usando el esquema de argumentación de Toulmin
Damian Murphy y Sibel Erduran 8

Para reflexionar

La enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología en una clase de química universitaria
Silvia Porro..... 32

Desarrollo de Competencias Científicas de Estudiantes Universitarios en el Ciclo Básico de la Carrera de Bioquímica
C. B. Falicoff, J. M. Domínguez Castiñeiras y H. S. Odetti 44

De interés

Pigmentos, colorantes y tintes, una particular visión
Adriana F. Ibañez 66

Para profundizar

La bioprospección. El concepto que mezcla plantas, animales, tradición y medicamentos
Marcelo L. Wagner, Beatriz G. Varela y Rafael A. Ricco 76

Ideas para el aula

Uso de nuevas tecnologías de la comunicación en un curso introductorio de química para alumnos ingresantes de ingeniería
Marta Luiz, Adelaida Ávila, Marta Díaz, Marcela de Alba, Virginia Pasotti, Rebeca Purpora y Rosmari López 87

Informaciones y novedades

III Seminario Iberoamericano CTS. Elección de los Órganos directivos de la Asociación Iberoamericana CTS..... 98

Congresos, Jornadas y Seminarios de Aquí y Allá... 2013
Andrea Farré..... 100

XVI REQ 102