

Entre ficción y ciencia: El uso de la narrativa en la enseñanza de la ciencia

Andrea Chapela*

ABSTRACT (Between fiction and science: The use of narrative in teaching science)

Using narrative to help science education is not a new idea, but in recent years new curricula and lessons plans have appeared in journals and the Internet. Science fiction is the primary genre used to teach science not only because they are tightly linked, but because it helps illustrate abstract concepts, and it also generates interest in science. In this article, some examples of literature and film are used to show how narrative can be used at the classroom. Finally, the article closes with a close-up of the interaction within narrative, particularly science fiction, and science, showing that science fiction has inspired many scientists along the way.

KEYWORDS: science education, narrative, science fiction, lesson plan, new curriculum

Resumen

Usar narrativa para ayudar a la enseñanza de la ciencia, no es una idea nueva, pero en los últimos años han aparecido nuevos planes y programas de estudio en journals y en internet. La ciencia ficción es el género principal que se usa para la enseñar ciencia porque está muy unido a la ciencia y ayuda, por tanto, a ilustrar conceptos abstractos, así como a generar interés por la ciencia. En el artículo, utilizando ejemplos de literatura y cine se muestra cómo puede usarse la narrativa en el salón de clases. Finalmente, el artículo cierra con un acercamiento a la interacción de la narrativa, mostrando que la ciencia ficción ha inspirado a varios científicos a lo largo de los años.

Palabras clave: educación científica, narrativa, ciencia ficción, programas, plan de estudio

*Anything you dream is fiction,
and anything you accomplish is science,
the whole history of mankind is nothing but science fiction.*
Ray Bradbury

La ciencia y la sociedad

Según la última *Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología en México 2011*, 37.8% de los encuestados están de acuerdo con que hay algunas personas que poseen poderes psíquicos, pero, por otra parte, la mayoría sabe y cree que el Universo se creó por medio de una gran explosión. A lo largo de la encuesta, se presentan muchas falsas percepciones aquí y allá por conocimiento verdadero. Por ejemplo, la mayoría de los encuestados creen que la medicina es altamente científica; de hecho, parece que es la única disciplina en la que la mayoría de la gente está de acuerdo en que es totalmente científica (por encima de matemáticas, física o astronomía); no obstante, a la vez, la mayoría de los encuestados (67.2%) cree que existen medios ade-

cuados para el tratamiento de enfermedades que la ciencia no reconoce, entre ellos la acupuntura y la homeopatía. Claramente, la educación en ciencia en México está fallando en uno de sus objetivos, el de darle una educación básica en ciencia a la población.

Esto y el poco entusiasmo que la gente presenta ante la ciencia no son problemas sólo de México. En el estudio *Young People and Science* publicado por la Comisión Europea en el 2008 se descubrió que el 46% de los 25 000 estudiantes encuestados entre 15 y 25 años de 27 países en la Unión Europea no consideraba la ciencia como carrera. Asimismo, el 52% dijo que no estudiaría biología o medicina; el 54% no estudiaría ingeniería ni ciencias naturales, y el 57% tampoco estudiaría matemáticas. Al preguntarles la razón, la mitad de los encuestados afirmó que no estaba interesado en las ciencias.

La ciencia y la narrativa

Dadas estas encuestas, y muchas otras de su tipo, se han propuesto numerosas estrategias para atraer a la gente no sólo hacia el estudio de la ciencia, sino hacia el desarrollo de una curiosidad científica. Esta editorial se enfocará en particular en la idea de utilizar narrativa para exaltar el interés en la ciencia y, en algunos casos, para enseñarla.

Jerome Bruner en su libro *Actual Minds, Possible Worlds* de

* Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria 04510 México, D. F. México.

Correo electrónico: alcs99@gmail.com

1986 explora que existen dos tipos de modos de entendimiento: el pragmático y el narrativo. El primero es necesario para entender la ciencia y es el que la menor cantidad de personas desarrolla. Sin embargo, el narrativo es el más desarrollado, porque tanto en las sociedades antiguas como en las actuales utilizaban las historias como una forma de enseñanza. Por tanto, se cree que un acercamiento a la ciencia por medio de historias puede ayudar a aumentar el entusiasmo e incluso ayudar a desarrollar el pensamiento pragmático, si se combina con la enseñanza convencional de la ciencia.

Por supuesto, la integración de la narrativa al aula podría usarse con diversos recursos didácticos como el cine, la literatura, la televisión o las artes plásticas. Cualquiera que sea el medio, la idea detrás de esta propuesta es la de fomentar el interés de los alumnos hacia la ciencia, así como propiciar procesos de reflexión y conceptualización que son primordiales para el trabajo científico.

Asimismo, las discusiones que provoque la integración de estas herramientas a la clase pueden mejorar el entendimiento de la ciencia no sólo como un proceso racional, sino también de descubrimiento. Además, la literatura frecuentemente es interdisciplinaria, por lo que un cuento puede servir para muchos enfoques diferentes.

A lo largo de esta editorial se presentarán formas de acercarse a la ciencia a través de la literatura y el cine, presentando algunos ejemplos que podrían aplicarse actualmente en el salón de clase. Específicamente, los ejemplos se enfocarán en el uso de la ciencia ficción.

Tres consideraciones para usar narrativa

Actualmente se le considera a la ciencia ficción junto a géneros como la fantasía o el horror dentro de uno mayor llamado «ficción especulativa». H. Bruce Franklin (1968) en su ensayo “Ciencia ficción: Una historia temprana” describe la ciencia ficción en comparación con otros géneros mostrando que el dominio de la ciencia ficción es lo posible. Asimismo, el escritor Robert A. Heinlein lo describió como la “especulación realista de eventos futuros, basado sólidamente en el conocimiento del mundo real, pasado y presente, y un entendimiento amplio de la naturaleza y la importancia del método científico”. De todos los subgéneros de la ficción especulativa, la ciencia ficción es la rama más joven. Aunque podrían rastrearse ecos del género hasta la obra *Somnus* de Kepler en 1634 o *Los viajes de Gulliver* en 1726; la primera obra en forma se considera *Frankenstein* de Mary Shelley en 1818 a la que se valora como “el primer mito de la era industrial”. Otro precursor del género fue *El extraño caso del Dr. Jekyll y Mr. Hyde* de Robert Louis Stevenson. Sin embargo, se les considera como los primeros escritores de ciencia ficción a Julio Verne y a H. G. Wells.

La idea de enseñar ciencia usando ciencia ficción no es especialmente nueva. Asimov (1968) publicó en *The Physics Teacher* un artículo llamado *Intenta usar la ciencia ficción como herramienta de enseñanza*. Aquí Asimov explica que la Ciencia Ficción contiene muchos libros que tratan problemas científicos sutiles de manera imaginativa e interesante.

Como un ejemplo entre varios, propone la historia llamada *Big Bounce* de Walter S. Travis publicada en 1958, en la que se habla de una sustancia como el caucho que cada vez bota más alto, enfriándose con cada salto. Asimov propone que después de leer esta historia se pueden discutir muchos conceptos como el de energía o si la sustancia está violando la segunda ley de la termodinámica.

El ejemplo de Travis muestra la primera consideración que se necesita para usar narrativa en ciencia: que una historia use ciencia falsa, no significa que no sirva para una clase. El punto de usar literatura como apoyo educativo es generar discusiones alrededor de lo que se lee. Los alumnos deben de estar conscientes de que lo que leen es claramente ficcional y, por tanto, la clase puede girar alrededor de, no sólo las ideas que el cuento propone, sino también alrededor de la ciencia que ejemplifican o violan.

Stanley Schmidt (1973) publicó un artículo en la revista *American Association of Physics Teachers* con ejemplos y alternativas para cursos enfocados en ciencia ficción. Él apunta que el uso de ciencia ficción para enseñar ciencia puede utilizarse tanto en nivel básico como en clases avanzadas. Para Schmidt hay tres tipos de clases que pueden impartirse alrededor de una historia de ciencia ficción: el énfasis puede encontrarse sólo en la ciencia, únicamente en la parte ficcional o en una mezcla de ambas.

Como un ejemplo, habla sobre un seminario que dio en Heidelberg donde la clase debía enseñarse desde un punto de vista literario por lo que el énfasis fue en temas como la credibilidad y los tipos de especulación (extrapolación e innovación), la naturaleza humana o la responsabilidad social de los científicos. Sin embargo, cada historia permitía también ahondar en temas científicos como la naturaleza de los hoyos negros, inteligencia artificial, supernovas o energía nuclear aun cuando la clase no era sólo para científicos. Schmidt cuenta que el seminario tuvo un índice de deserción negativo, dado que alumnos no inscritos llegaban a la clase. Para Schmidt esto fue una señal de que la ciencia ficción y las discusiones alrededor de historias podían encender el interés de la gente hacia la ciencia. Finalmente, el artículo termina con un apéndice donde se sugieren cuentos y *nouvelles* que podrían usarse en una clase.

El enfoque entre el artículo de Schmidt y el de Asimov es un poco distinto debido que entre ambos la ciencia ficción cambió radicalmente. En los años cincuenta la ciencia ficción predominante era la llamada ciencia ficción dura mientras que en los setenta comenzaba una nueva corriente llamada la ciencia ficción blanda. Si el material lidia con los principios o leyes de disciplinas como la física, química, matemática, biología, astronomía o ingeniería se le considera ficción dura. Por otra parte, cuando el enfoque se encuentra en la parte social de las ciencias dando más peso a disciplinas como la antropología, economía, psicología y sociología, se considera que es ficción blanda. Cualquiera que sea la rama de la ciencia ficción (y hay muchos otros subgéneros), toda historia puede utilizarse para generar discusiones no sólo sobre ciencia, sino también sobre el papel del científico, la

relación de la sociedad con la ciencia y otros temas que pueden generar un contexto cuando uno se acerca a la ciencia por primera vez.

En la plática *Facción o Ficción: Usando pedagogía narrativa en la educación científica en escuelas* presentada en una conferencia en Singapur en el 2005, los ponentes hablaron sobre una segunda consideración para la enseñanza de la ciencia a través de ciencia ficción. Las historias con las que crece la gente forman parte del andamiaje de su identidad. Una de las ventajas de presentar a la ciencia por medio de historias podría aumentar la cantidad de gente que se siente interesada por la ciencia y que puede imaginarse haciéndola. Sin embargo, para poder imaginarse algo, la gente necesita contexto. Durante la enseñanza de la ciencia, sobre todo en la primaria y secundaria, se toca más el pensamiento científico y el uso de éste, que la idea de qué hace en realidad la ciencia.

Durante mucho tiempo, la ciencia se ha mostrado de manera aislada y los científicos aún hoy se presentan como gente poco común, cuando en realidad la profesión del científico debería percibirse con la misma inclusión y normalidad que la de un abogado o un médico, lo que permitiría la auto-identificación con la profesión. Sin embargo, la cantidad inmensa de hechos y conceptos que se necesitan para aprender una disciplina científica, distorsionan la realidad de la profesión y complican el proceso por el que un alumno pudiera llegar a identificarse con el científico. La inclusión de material narrativo puede ayudar a dar una perspectiva más humana a la ciencia y al científico.

Actualmente, la utilización de la ciencia ficción en las aulas, sobre todo en universidades como una clase para los que no están especializados en ciencias, ha ido ganando terreno. Desde 1970, la Universidad de Tempe ofreció un curso de este tipo. Sin embargo, a partir del 2002 el Clark College afiliado a la Universidad de Washington anunció que comenzaría a ofrecer una clase para ingeniería con material de ciencia ficción. Asimismo, en el 2007 el departamento de educación de California anunció que usarían una novela de ciencia ficción en el curriculum de las clases de ciencia y matemáticas. A la par, en el Reino Unido el ministro de educación científica anunció que se usarían algunos capítulos de *Dr. Who* para enseñar ciencia. Por estos y otros casos ha aumentado el número de programas de estudios para adaptar la ciencia ficción al salón de clases y cada vez es más sencillo encontrar ejemplos y fuentes de inspiración para usar narrativa.

Uno de estos programas lo presenta Andrea Bixler (2007), asistente de profesor en Clarke College, en su artículo *Enseñando evolución con ayuda de la ciencia ficción*. Bixler enumera las ventajas de enseñar disciplinas como evolución por medio de estas historias puesto que dado que permite mostrar aspectos importantes de la teoría que sólo se entienden por medio de ejemplos como lo es el hecho de que la evolución se ve en poblaciones y no en individuos o que los organismos pueden no adaptarse perfectamente a su entorno. Sin embargo, como se ha dicho antes, la ciencia ficción pue-

de contener errores, entonces es necesario proporcionar al alumno un marco sobre la necesidad de los científicos de tener evidencia clara y no basarse en hipótesis falibles. Una vez que se tiene el marco del método científico y el trasfondo científico se pueden llevar a cabo discusiones alrededor de los puntos correctos e incorrectos de la obra y, por tanto, de la teoría de la evolución. Sobre todo, los ejemplos ficticios dan escenarios entretenidos y fáciles de entender, pero que se pueden discutir ampliamente.

Ésta es una tercera consideración necesaria para enseñar utilizando narrativa. Usar literatura como una herramienta didáctica necesita de un profesor que se sienta muy familiarizado con el material y esté preparado para guiar la discusión hacia los temas del curso. El uso de narrativa no quiere decir que no es necesario enseñar los conceptos básicos de la disciplina con todo el rigor necesario, sino que, como en el ejemplo de Bixler a continuación, se utiliza como un medio para ilustrar y contextualizar lo aprendido en clase.

En la clase *Representaciones de la teoría de la evolución en ciencia ficción* Bixler usó *La máquina del tiempo* de H. G. Wells para analizar la especiación y algunos tipos de selección. En su artículo presenta con cuidado cómo se utilizó la novela, las preguntas que se hicieron para guiar la discusión hacia el tema de clase. Además, da algunos ejemplos más cortos donde usa cuentos como *The man who evolved* de Edmund Hamilton. Como el artículo de Bixler existen muchos ejemplos sobre sugerencias de clases para cualquier disciplina en la que se puede incorporar la literatura.

Hasta ahora se ha hablado del uso de narrativa para enseñar física o biología, pero para la química existen un conjunto de historias en otro género literario y basadas en las famosas historias de Arthur Conan Doyle. En marzo del 2011, el *Journal of Chemical Education* publicó el primer número electrónico de *Las aventuras químicas de Sherlock Holmes* que cuenta con la recopilación de las diecisiete historias de misterio basadas en los libros del famoso detective, donde él y su fiel compañero, Watson, utilizan química para resolver cada caso. Quince de estos cuentos fueron escritos entre 1989 y 2004 por T. G. Waddell y T. R. Rybolt, ambos profesores de química en universidades en Estados Unidos. Las otras dos historias las escribió Ken Shaw, maestro de química en preparatoria, en el 2008 y 2009.

Todas las historias tienen un trasfondo químico. *Sherlock Holmes y el sabueso de Herry Armitage* se enfoca en las propiedades físicas de balancear reacciones, mientras que *El escape de Blackwater* presenta el uso del análisis inorgánico cuantitativo, la importancia de la observación en el laboratorio y procesos de óxido reducción.

El cine, otro medio de narrar

Como se dijo al principio, la literatura no es el único medio que se puede usar para incorporar narrativa a una clase. Así como existen muchas guías y artículos para utilizar cuentos y novelas para enseñar ciencia, también existen para utilizar el cine en clases. Uno es el libro *Enseñar ciencia con películas de ciencia ficción* de Terence W. Cavanaugh y Cathy Cavanaugh

(2004) publicado por Linworth Publishing, Inc. donde analizan diversas películas o series de televisión dependiendo del tema. Por ejemplo, en química examinan la *Mancha de Andrómeda* y un episodio de *Star Trek: La Nueva Generación* para enseñar temas como conductividad, pH e indicadores o el crecimiento de cristales. De esta forma tratan otros diez temas de física, biología marina, ecología o ciencias de la tierra.

Otro ejemplo, es el artículo de Leroy W. Dubeck *et al.* llamado *La ciencia ficción ayuda a la enseñanza de la ciencia* los autores toman la película *Planeta prohibido* de Fred M. Wilcox como ejemplo para temas científicos como la radiación, gravedad, ingeniería y la conversión de energía. Por supuesto, una de las grandes ventajas de usar películas en vez de literatura es que los principios abstractos que trata pueden visualizarse directamente.

Corolario

Como se ha visto a lo largo de todos los ejemplos, la narrativa puede utilizarse como herramienta para emocionar a los alumnos; para ilustrar conceptos abstractos o para discutir concepciones erróneas sobre temas científicos y la misma imagen del científico. Es importante aprovechar estas cualidades, debido a que la narrativa, en especial en el cine, es una de las pocas muestras sobre quiénes son los científicos y cuál es su labor. Asimismo, la narrativa ha influenciado y emocionado a muchos científicos.

Por esto, la última consideración que se debe hacer ante la posibilidad de utilizar la narrativa para la enseñanza de la ciencia es que la ciencia ficción y la ciencia se encuentran ya unidas. La mayoría de los libros y películas de ciencia ficción están influenciadas de alguna manera por la ciencia y la tecnología de la época; sin embargo, también existen innumerables casos en los que la ciencia ficción ha inspirado a los científicos. Por ejemplo, Martin Cooper, el inventor del primer celular para Motorola, se inspiró en el comunicador de *Star Trek*. Aunque Gibson niega que su ciberespacio se parezca al Internet, este término que inventó para la novela *Neuromante* ha impregnado la cultura. Leo Szilard teorizó las reacciones nucleares en cadena, así como sus implicaciones sociales, después de leer *The World Set Free* publicado en 1914 por H. G. Wells. Gerald Feinberg analizó las propiedades cuánticas de los taquiones como una respuesta al comunicador más rápido que la luz de James Blish. Linden Lab modeló el mundo virtual *Second Life* a partir de la novela de Neal Stephenson *Snow Crash* de 1992. Finalmente, a Arthur C. Clarke se le atribuye la idea que llevó a la creación de los satélites.

Por otra parte, muchos científicos admiten haberse interesado por la ciencia por leer ciencia ficción cuando eran niños o jóvenes. Tal es el caso de Carl Sagan, astrónomo y divulgador de la ciencia, que decidió dedicarse a la ciencia por sus lecturas cuando niño. Wernher von Braun, jefe de diseño del cohete Saturno V que llevó al hombre a la Luna, decidió dedicarse a la ingeniería aeroespacial por haber leído a Julio Verne. Asimismo, Edwin Hubble, uno de los más

importantes astrónomos del siglo XX, estaba destinado a ser un abogado en Ohio, pero gracias al mismo Julio Verne, dejó su carrera en leyes y se fue a la Universidad de Chicago a estudiar el doctorado en astrofísica para luego demostrar la expansión del Universo.

Por tanto, la interacción entre ambas disciplinas existe ya, por lo que el uso de la literatura para la enseñanza de la ciencia parece un paso natural para contextualizar e ilustrar conceptos abstractos e interesar a las siguientes generaciones en la ciencia.

Bibliografía

- Asimov, I., Try Science Fiction as a Teaching Aid, *Phys. Teach.*, **6**, 416, 1968.
- Bassett, C., Steinmueller, E., Voss, G., Better Made Up: The Mutual Influence of Science fiction and Innovation, Working paper consultado el 29/11/2013 en http://www.nesta.org.uk/sites/default/files/better_made_up_the_mutual_influence_of_science_fiction_and_innovation.pdf
- Bernstein, M. American Chemical Society journal features "The Chemical Adventures of Sherlock Holmes", 2011. Consultado en <http://www.eurekaalert.org/features/kids/2011-04/acs-acsc042511.php>
- Bixler, A., Teaching Evolution with the aid of science fiction, *The American Biology Teacher*, **69**(6), 337-340, 2007.
- Bruce Franklin, H., Science Fiction: The Early History, consultado en <http://andromeda.rutgers.edu/~hbf/sfhist.html> el 10/11/13.
- Cavanaugh, T., Cavanaugh, M. Teaching Science with Science Fiction Films, Linworth Publishing, Inc., Estados Unidos, 2004. Extracto consultado el 10/11/2013 en <http://www.ljsquared.com/magbooks/teachscience.pdf>
- Dubeck, L., *et al.*, Science fiction aides science teaching, *Phys. Teach.*, **28**, 316-318, 1990.
- Eurobarometer, *Young people and science. Analytical report*, 2008. Consultado en http://ec.europa.eu/public_opinion/flash/fl_239_en.pdf el 10/11/2013.
- Gilbert, J., Hipkins, R., Cooper, G., "Faction or fiction: Using narrative pedagogy in school science education", artículo presentado en la conferencia Redesigning Pedagogy: Research, Policy, Practice en Singapore en junio del 2005. Consultado el 10/11/2013 en http://www.nzcer.org.nz/system/files/14292_0.pdf
- INEGI, Informe 2011. Actividades y resultados, 2011. Consultado en http://www.inegi.org.mx/transparencia/default.aspx?_file=/transparencia/contenido/doc/15_inf11.pdf el 20/11/2013.
- Jacobsen, E.K., Sherlock Holmes Goes Virtual, *J. Chem. Educ.*, **88**(4), 368-369, 2011.
- Katsiampoura, G., "Extraterrestrial Intelligence" - Science Fiction Literature In Science Education: A Case Study, consultado en http://www.academia.edu/441995/Extraterrestrial_Intelligence_Science_Fiction_Literature_In_Science_Education_A_Case_Study el 10/11/2013.
- Milburn, C., Modifiable Futures: Science Fiction at the

- Bench, 2010. Consultado en <http://www.jstor.org/stable/10.1086/655793> el 10/11/2013.
- Pujalte, A., *et al.*, La ciencia en los cuentos: Análisis de imágenes de científicos en la literatura juvenil de ficción, consultado el 10/11/2013 en <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1309/1309.3211.pdf>
- Rutherford, A., From fantasy to reality: how science fiction has influenced technology, 2010. Consultado en <http://www.theguardian.com/lg-talking-technology/science-fiction-influence-on-technology> el 10/11/2013.
- SA, Virtual Issue: *The chemical adventures of Sherlock Holmes*, 2011. Consultado en <http://pubs.acs.org/page/jceda8/vi/1> el 10/11/2013.
- SA, Definition of science fiction. Consultado en http://www.readwritethink.org/files/resources/lesson_images/lesson927/SciFiDefinition.pdf el 10/11/2013.
- SA, Science Fiction and Fantasy. Consultado en http://writershistory.com/index.php?option=com_content&task=category§ionid=4&id=33&Itemid=46 el 10/11/2013.
- Schmidt, S., Science Fiction Courses: An Example and Some Alternatives, *Am. J. Phys.*, **41**, 1052-1056, 1973.
- Surrey, S., Teaching Science with Science Fiction, Consultado el 10/11/2013 en <http://www.tip.sas.upenn.edu/curriculum/units/2008/04/08.04.02.pdf>
- Sterling, B., Science influenced by science fiction, 2010. Consultado en http://www.wired.com/beyond_the_beyond/2010/09/science-influenced-by-science-fiction/ el 10/11/2013.
- Videos: Curiosity.com, How does science fiction influence scientific research? Consultado en <http://curiosity.discovery.com/question/science-fiction-influence-scientific-research> el 10/11/2013.

DIRECTORIO

CONSEJO DIRECTIVO

Dr. Francisco José Barnés de Castro
Director Fundador

Dr. Jorge Manuel Vázquez Ramos
Director de la Facultad de Química,
UNAM

Dr. Eduardo Bárzana García
Secretario general de la UNAM

Dra. Suemi Rodríguez Romo
Directora de la Facultad de Estudios
Superiores Cuautitlán

Dra. Cecilia Anaya Berrios
Presidente Nacional de la Sociedad
Química de México

Director

Andoni Garritz Ruiz
(andoni@unam.mx)

Subdirectora

Gisela Hernández Millán
(ghm@unam.mx)

Editor

Arturo Villegas Rodríguez
(arturovr@gmail.com)

Consejo Editorial

Carlos Amador Bedolla
Silvia Bello Garcés
Adela Castillejos Salazar
José Antonio Chamizo Guerrero
Enrique González Vergara
Hermilo Goñi Cedeño
Gisela Hernández Millán
Jorge G. Ibáñez Cornejo
Glinda Irazoque Palazuelos
Rafael Martínez Peniche
Ana Martínez Vázquez
María Teresa Merchand Hernández
Adolfo Obaya Valdivia
Laura Ortiz Esquivel
Aarón Pérez Benítez
Clemente Reza Martínez
Alberto Rojas Hernández
Yadira Rosas Bravo
Plinio Sosa Fernández

Consejo Editorial Internacional

Marta Bulwik (Ministerio de Educación,
Argentina)
Alvaro Chrispino (Centro Federal de
Educação Tecnológica Celso Suckow
da Fonseca, Brasil)
Cecilia I. Díaz V. (Panamá)
Manuel Fernández Núñez (Universidad
de Cádiz, España)
Gabriel A. Infante (Pontificia Universidad
Católica de Puerto Rico)

Mercè Izquierdo Aymerich (Universidad
Autónoma de Barcelona, Catalunya)
María Gabriela Lorenzo (Universidad de
Buenos Aires, Argentina)
Rómulo Gallego (Universidad Pedagógica
Nacional, Colombia)
Manuel Martínez Martínez (Universidad
de Santiago, Chile)
Mansoor Niaz (Universidad de Oriente,
Venezuela)

José Claudio del Pino (Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, Brasil)
Mario Quintanilla Gatica (Pontificia
Universidad Católica de Chile)
Andrés Raviolo (Universidad Nacional del
Comahue, Argentina)

Joan Josep Solaz-Portolés (Universitat de
Valencia, España)
Santiago Sandi-Ureña (University of South
Florida, USA)
Vicente Talanquer Artigas (University of
Arizona, USA)

Jesús Vázquez-Abad (Université de
Montréal, Canadá)
Amparo Vilches (Universitat de València,
España)
Jaime Wisniak (Ben-Gurion University
of the Negev, Israel)
Lourdes Zumalacárregui (Instituto Superior
Politécnico "José Antonio Echeverría",
Cuba)

Edición digital

Guadalupe Rangel Esparza/
Caligrafía Digital, SC
Tel.: (55) 4352 2030
educacion.quimica@gmail.com

Asistentes coordinadores

Alberto Villagómez Guzmán
Gabriela Araujo

Impresión

Formación Gráfica, SA de CV
Matamoros # 112, Col. Raúl Romero
57630, Edo. de México
Tel. (55) 5797 6060

Grupo de Apoyo a Educación Química

Suscripciones benefactoras adquiridas
José Luis Mateos Gómez (Fundador)
Francisco Barnés de Castro
Adela Castillejos Salazar
José María García Sáiz
Gustavo Tavizón Alvarado
Kira Padilla Martínez
Eduardo Rojo y de Regil
Silvia Bello Garcés
Plinio Sosa Fernández
José Manuel Méndez Stivalet
Glinda Irazoque Palazuelos
Universidad Autónoma Metropolitana