

Enseñanza de las Ciencias

***Perspectiva Iberoamericana en
tiempos de aprendizaje virtual***

Obras Colectivas de Ciencias de la Educación 34

*Daniel Meziat
Luis Bengochea
Gabriela Lorenzo
Ignacio Idoyaga
(Editores)*



Universidad
de Alcalá





En el libro **“Enseñanza de las Ciencias - Perspectiva Iberoamericana en tiempos de aprendizaje virtual”** se recogen los trabajos mejor valorados entre los presentados en el sexto Encuentro Virtual de Enseñanza de las Ciencias (EnCiNa6), realizado de manera conjunta con las Jornadas preparatorias del Congreso Iberoamericano de Educación Científica (pre-CIEDUC). Está editado por Daniel Meziat, Luis Bengochea, Gabriela Lorenzo e Ignacio Idoyaga y se publica bajo *Licencia Creative Commons Reconocimiento – No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)*. Se permite su copia, distribución y comunicación pública, siempre que se mantenga el reconocimiento de la obra y no se haga uso comercial de ella. Si se transforma o genera una obra derivada, sólo se puede distribuir con licencia idéntica a ésta. alguna de estas condiciones puede no aplicarse, si se obtiene el permiso de los titulares de los derechos de autor.

Editorial Universidad de Alcalá
Plaza de San Diego, s/n
28801 Alcalá de Henares (España)

Enero 2022
ISBN: 978-84-18979-75-0

Edición digital

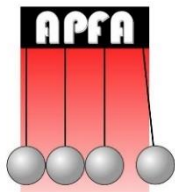
Imagen de la portada: Gerd Altmann en Pixabay: “Network-3537389”.
(Licencia: <https://pixabay.com/es/service/license/>).

Los contenidos de esta obra son responsabilidad exclusiva de sus autores y no reflejan necesariamente la opinión oficial de la Universidad de Alcalá (España) ni de ninguna de las instituciones que han colaborado en la organización del encuentro.

Organización del Encuentro

Asociación de Profesores de Física de la Argentina

Es una asociación civil, científica, abierta y sin fines de lucro, fundada en 1981, que tiene como objetivos procurar que la educación de la física sea cada vez más significativa, promover la investigación en la enseñanza de la física, contribuir al perfeccionamiento profesional y el intercambio y comunicación entre personas e instituciones dedicadas a la enseñanza de la física, difundir novedades metodológicas, etc. Participa en la organización de EnCiNa "Encuentro de Enseñanza de las Ciencias Naturales".



Universidad de Buenos Aires (Argentina)

La Universidad de Buenos Aires es una de las instituciones educativas más reconocidas de América Latina. Fundada en 1821, su modelo de gratuidad, excelencia académica y masividad hacen de la UBA una institución de enseñanza única en el mundo. Sus 13 facultades con más de 100 carreras de grado y casi 500 de posgrado, sus 6 colegios secundarios y sus más de 60 institutos de investigación constituyen una amplia oferta académica adaptada a los desafíos del siglo XXI. La UBA es libertad de pensamiento, espíritu crítico y compromiso social. Es excelencia académica y prestigio internacional con 200 años formando futuro.



Universidad de Alcalá (España)

Fue fundada en 1499 como avanzada en España de las corrientes renacentistas y humanistas de Europa. Durante los siglos XVI y XVII se convirtió en el gran centro de excelencia académica: en sus aulas enseñaron y estudiaron grandes maestros como Nebrija, Tomás de Villanueva, Ignacio de Loyola, Domingo de Soto, Juan de Mariana, Juan de la Cruz, Lope de Vega, Quevedo, etc. El prestigio de sus estudios, así como de sus maestros y sus constituciones fundacionales, sirvieron como modelo sobre el que se constituyeron las nuevas Universidades en América. En la actualidad es una Universidad moderna de tamaño medio con un Parque Científico y Tecnológico e importantes líneas de investigación, que la convierten en un elemento dinamizador de la actividad en la región y de gran proyección internacional. En 1998 fue declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO



Cátedra Unesco de Educación Científica para América Latina y El Caribe

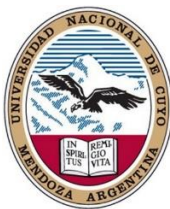
La Educación Científica es hoy en día reconocida, como elemento clave para formar una moderna ciudadanía, con capacidad crítica para la valoración y apropiación social de la ciencia y la tecnología. La Cátedra Unesco, con su red de Universidades aliadas, ha venido propiciando y organizando, durante los últimos veinte años, seminarios, talleres y congresos Iberoamericanos en Argentina, Bolivia, Chile, Cuba, Ecuador, España, Guatemala, Nicaragua, Perú y Uruguay, para el intercambio de experiencias de investigación e innovación pedagógica, didáctica y tecnológica, en el ámbito de la educación científica, entre docentes e investigadores de la comunidad iberoamericana de naciones.



Universidades colaboradoras



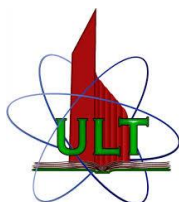
Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)



Universidad Nacional de Cuyo (Argentina)



Universidad de La Serena (Chile)



Universidad de Las Tunas (Cuba)



Universidad de San Carlos (Guatemala)



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León



Universidad Ricardo Palma (Perú)



Consejo de Formación en Educación

Consejo de Formación en Educación (Uruguay)

Comité Evaluador

Ricardo Addad, Universidad Nacional de Rosario (Argentina)
Sandra Ansise, Universidad Nacional de San Juan (Argentina)
Irene Arriasecq, Universidad Nacional del Centro (Argentina)
Luis Bengochea, Universidad de Alcalá (España)
Bettina Bravo, Universidad Nacional del Centro (Argentina)
Flor Budia, Universidad Politécnica de Madrid (España)
Laura Buteler, Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)
Fernando Cajas, Universidad de San Carlos (Guatemala)
Amelia Calonge Garcia, Universidad de Alcalá (España)
Vicente Capuano, Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)
Sonia Beatriz Concari, Universidad Tecnológica Nacional (Argentina)
María Domínguez, Universidad Nacional del Centro (Argentina)
María Isabel Duglio Leman, Consejo de Formación en Educación (Uruguay)
Consuelo Escudero, Universidad Nacional de San Juan (Argentina)
Julio Ricardo Estefan, Universidad Nacional de Tucumán (Argentina)
Juan Farina, Universidad Tecnológica Nacional (Argentina)
Andrea S. Farré, Universidad Nacional de Río Negro (Argentina)
Patricia Fernandez, Universidad Nacional de Rosario (Argentina)
Arántzazu Fraile Rey, Universidad de Alcalá (España)
Myriam Ruth Freitas Correa, Consejo de Formación en Educación (Uruguay)
Leticia García, Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)
Margarita Garcia Astete, Universidad de La Serena (Chile)
Norah Silvana Giacosa, Universidad Nacional de Moreno (Argentina)
Edgardo Alejandro Gutiérrez, Asociación de Profesores de Física (Argentina)
José Gutiérrez Berraondo, Escuela de Ingeniería dual (España)
José-Antonio Gutiérrez-De-Mesa, Universidad de Alcalá (España)
Elena Hoyos, Universidad Nacional de Salta (Argentina)
Ignacio Idoyaga, Universidad Nacional de Buenos Aires (Argentina)
Alberto Jardon, Universidad Nacional de Rosario (Argentina)
Alberto Lastra, Universidad de Alcalá (España)
María Gabriela Lorenzo, Universidad Nacional de Buenos Aires (Argentina)
José L. Marcos Lorenzo, Universidad de Alcalá (España)
Marta Beatriz Massa, Universidad Nacional de Rosario (Argentina)
Marina Silvia Masullo, Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)
Carla Maturano, Universidad Nacional de San Juan (Argentina)
Claudia Alejandra Mazzitelli, Universidad Nacional de San Juan (Argentina)
María Cecilia Medaura, Universidad Nacional de Cuyo (Argentina)
Daniel Meziat, Universidad de Alcalá (España)
Beatriz Milicic, Universidad Nacional de Rosario (Argentina)
Verónica Molfino, Consejo de Formación en Educación (Uruguay)
Gamma Montalvo García, Universidad de Alcalá (España)
Lucrecia Moro, Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina)
Novillo Bravo Nelson Efren, Instituto Tecnológico Superior "Minero del Sur" (Perú)
Maricel Occelli, Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)

Cristina Ochoviet, Universidad de la República (Uruguay)
Salvador Oton, Universidad de Alcalá (España)
Jaime Oyarzo, Universidad de Alcalá (España)
Maria Andrea Perea, Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)
María Cecilia Pocovi, Universidad Nacional de Sur (Argentina)
Teresa Quintero, Universidad Nacional de Río Cuarto (Argentina)
Andrés Raviolo, Universidad Nacional de Río Negro (Argentina)
Ana Maria Jorgelina Repetto, Universidad Nacional de Rosario (Argentina)
Alejandra Rosolio, Universidad Nacional de Rosario (Argentina)
Jorge Alberto Rubinstein, Universidad Nacional de Gral. San Martin (Argentina)
Silvia Agustina Sosa, Universidad Nacional de Cuyo (Argentina)
Carmen Del Pilar Suarez Rodriguez, Univ. Autónoma de San Luis Potosí (México)
Rosa Nidia Tuay Sigua, Universidad Pedagógica Nacional (Colombia)
Nora Valeiras, Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)
Graciela Valente, Universidad Nacional de Cuyo (Argentina)
Ana Maria Von Chrismar, Universidad Austral de Chile (Chile)
Marta Susana Yanitelli, Universidad Nacional de Rosario (Argentina)
Erica Zorrilla, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Argentina)

Prólogo

Daniel Meziat Luna

La Educación Científica es hoy en día reconocida como elemento clave para formar una moderna ciudadanía, con capacidad crítica para la valoración y apropiación social de la Ciencia y la Tecnología, contribuyendo a la toma de decisiones lo más acertadas posibles en el plano personal y social, en una sociedad basada en el conocimiento.

La Cátedra UNESCO de Educación Científica para América Latina y el Caribe (EDUCALYC) de la Universidad de Alcalá y su red de Universidades aliadas, han venido propiciando y organizando, durante los últimos veintitrés años, seminarios, talleres y congresos Iberoamericanos en Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, España, Guatemala, Nicaragua, Perú y Uruguay, para el intercambio de experiencias de investigación e innovación pedagógica, didáctica y tecnológica, en el ámbito de la Educación Científica, entre docentes e investigadores de la Comunidad Iberoamericana de naciones.

Para el año 2021, la Cátedra UNESCO EDUCALYC había previsto la celebración del XI Congreso Iberoamericano de Educación Científica (CIEDUC2021), durante el mes de abril, en la ciudad de Buenos Aires, Argentina, contando con la organización local de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires. Sin embargo, la situación de la pandemia “COVID-19”, aconsejó tomar la decisión de posponer su celebración hasta 2022, con el fin de intentar mantener la actividad presencial del congreso.

Posteriormente, la cátedra EDUCALYC, aceptó la invitación de la Asociación de Profesores de Física de la Argentina (APFA), que junto Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina (ADEQRA) y CIAEC organizaban el Encuentro Virtual de Enseñanza de las Ciencias, (EnCiNa6) durante los días 22 al 25 de junio de 2021, para realizar, conjuntamente, unas jornadas virtuales que se denominaron EnCiNa6 – Jornadas preCIEDUC (<https://encina.apfa.org.ar>), por considerar que servirían como Jornadas preparatorias para el XI Congreso Iberoamericano de Educación Científica, que mantendría su celebración en la misma ciudad y con la misma organización, en 2022.

Dichas jornadas, que se celebraron de forma virtual y gratuita, con más de 1700 inscritos y 450 trabajos aceptados, se estructuró en 5 salas virtuales, correspondientes a las actividades que se desarrollaron en cada una. La denominada “Encuentro General (Sala 0)”, que abordó todos los temas relacionados con la Educación en Ciencia y Tecnología en tiempos de pandemia, y las correspondientes a los 4 simposios siguientes:

- Simposio de Enseñanza de la Farmacia y la Bioquímica (Sala 1)
- Simposio de Enseñanza de las Ciencias de la Tierra y del Ambiente (Sala 2)
- Simposio de Educación STEAM (Sala 3)
- Simposio de comunicación pública de la Ciencia y la Tecnología (Sala 4)

En cada una de las salas se presentaron una serie de conferencias invitadas y los trabajos aceptados de los participantes, que podían corresponder a trabajos de

investigación o a experiencias de aula. A todos ellos se le invitó a escribir un artículo, de hasta 10 páginas, con un formato establecido, para que los seleccionados, en una posterior evaluación, fueran publicados en un libro (con ISBN) editado por la Universidad de Alcalá, España.

Finalizado todo este proceso, se edita el presente libro, que hemos titulado “Enseñanza de las Ciencias: Perspectiva Iberoamericana en tiempos de aprendizaje virtual”, que contiene 55 artículos y que está estructurado en tres secciones: Conferencias invitadas, Trabajos de investigación y Experiencias de aula.

Es necesario mostrar el agradecimiento a todos los que hicieron posible el encuentro EnCiNa6 – Jornadas preCIEDUC, que ha sido el origen de los artículos que se incluyen en la presente publicación.

En primer lugar, a los autores de las ponencias presentadas y a los expertos que aceptaron las invitaciones de la organización para participar en las Conferencias Invitadas. También, un agradecimiento especial a los miembros del Comité Científico, por su actividad de revisión de los trabajos presentados.

Por otra parte, hay que dar las gracias a todos los que han participado en la organización del encuentro. Para que pueda llevarse a cabo un evento de esta envergadura es necesaria implicación de una serie de instituciones y la participación de muchas personas, desde las autoridades a las personas que facilitan los distintos medios.

En esta ocasión las instituciones implicadas, más directamente, han sido la Universidad de Buenos Aires, a través de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, las asociaciones APFA, ADEQRA y CIAEC y la propia cátedra UNESCO EDUCALYC. En el amplio grupo de personas que han colaborado hay que destacar el esfuerzo de la Dra. Gabriela Lorenzo y el Dr. Ignacio J. Idoyaga, ambos de la Universidad de Buenos Aires, que han coordinado al comité organizador local y al Dr. Luis Bengochea, de la Universidad de Alcalá, que ha realizado una colaboración permanente con ellos, para conseguir que el Encuentro fuera una realidad.

Sólo queda desear que esta publicación sea de utilidad para los profesores e investigadores que trabajan en el ámbito de la Educación Científica y que en 2022 podamos realizar, por fin, un encuentro presencial para celebrar CIEDUC2022.

Alcalá de Henares, febrero de 2022

Daniel Meziat Luna

Director de la Cátedra UNESCO EDUCALYC
Universidad de Alcalá, España

Índice de Contenidos

Prólogo

<i>Daniel Meziat Luna, Universidad de Alcalá (España)</i>	8
---	---

Conferencias invitadas

Retos de las Ciencias de la Tierra en el siglo XXI <i>Amelia Calonge</i>	15
Docencia en Farmacia durante el periodo de pandemia de COVID 19 <i>M Victorina Aguilar</i>	25
de agua va! <i>Irene De Bustamante</i>	35
Enseñanza remota de emergencia VS enseñanza online <i>Jaime Oyarzo</i>	45

Trabajos de Investigación

El desafío de enseñar a representar estereofórmulas en la virtualidad <i>Ayelén Crespi and Juan Lázaro-Martínez</i>	56
O ensino das estações do ano para alunos não videntes <i>Maria Milena Tegon Figueira y Roberta Chiesa Bartelmebs</i>	63
Evaluación de calidad aplicada a los materiales educativos multimedia <i>Marcela Cristina Montero</i>	72
Análisis de la multimodalidad en textos escolares de Química <i>María José Flores, Carina Rudolph y Carla Maturano</i>	82
La demostración matemática en los números enteros para futuros profesores <i>Susana De Toma and Mariana Pérez</i>	92
Descripción de estrategias de aprendizaje en estudiantes ingresantes de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Mar del Plata <i>Tatiana Pujol-Cols, Leonardo Funes y Mauro Chaparro</i>	102

Un virus, un vector y cinco secuencias didácticas	109
<i>Miguel Martín Mancini, Valeria Ortiz y Priscila Ariadna Biber</i>	
La enseñanza de posgrado en entornos virtuales	117
<i>Marisa Repetto, Virginia Basilio, Silvina Reimondez y Gabriela Berg</i>	
Tendencias de investigaciones educativas entre 2016 - 2021 realizadas en la escuela secundaria sobre el tópico Ecosistemas	124
<i>Lucy Margoth Ortiz Cáceres y Henry Giovany Cabrera</i>	
El vídeo como recurso formativo en futuros profesores de matemática	134
<i>@José Campos, Carolina Vivera, Nadia Nuñez y Florencia Brummer</i>	
Ambientes de clase, discurso multimodal y producción de argumentos científicos	144
<i>Hector Pedrol, Lucia Iuliani, Adriana Calderaro y Franco Ortiz</i>	
Modelos didáticos no ensino de ciências em uma escola pública	154
<i>Maria Ednilza Silvério de Almeida, Artemizia Ribeiro Lima Costa, Albino Oliveira Nunes y Albano Oliveira Nunes</i>	
Implementación de Realidad Aumentada para la educación de la Química Orgánica	163
<i>Mario Fernando Bustillo López, Liliana Ferrer, Silvina Videla, Gabriela Ohanian y Sergio Vardaro</i>	
El desempeño de estudiantes de Ingeniería Civil, de la FCEIA, en 2019 y en 2020	173
<i>Verónica Magdaena Relling, María Eugenia Disetti, Cristina Susana Rodríguez y Lautaro Bosco</i>	
Modelos y Modelización. Procesos reflexivos en la formación de profesores	183
<i>Juan Ferrante, María Basilisa García y Agustín Adúriz-Bravo</i>	
Las prácticas de evaluación en los espacios de coenseñanza de docentes de ciencias naturales	191
<i>Patricia Kuzma, Elisa Piani y Rosana Serra</i>	
Representaciones sociales sobre química de estudiantes privados de libertad	201
<i>Carina Fornal y Germán Sánchez</i>	
La educación sexual integral en el profesorado universitario de biología	208
<i>Maria Fernanda Pagura y Ana Cristina Santos Duarte</i>	
Análisis de las representaciones visuales de genética en libros de texto	218
<i>Michelle Marilyn Alvarez, Ignacio Idoyaga y María Gabriela Lorenzo</i>	

Experiencias de Aula

Aprendizaje formativo en la virtualidad: cómo enseñar el metabolismo vegetal	228
<i>Liliana Pena y Susana Gallego</i>	
Experiencia de acompañamiento de la escritura de explicaciones tecnológicas	235
<i>Daniela Quiroga, Carina Rudolph y Carla Maturano</i>	

Estrategia de gestión del empleo de recursos virtuales en Ingeniería Biomédica durante el período pandémico <i>Angel Regueiro-Gómez, Carmen Brígida Busoch-Morlán and Carmenchu Regueiro-Busoch</i>	244
La práctica interdisciplinaria en la enseñanza del campo ambiental: experiencia en UNAHUR <i>Lucia Gimenez y Leandro Facal</i>	251
Projeto Didático como metodologia de Ensino e Aprendizagem <i>Anelise De Luca y Sandra Aparecida dos Santos</i>	260
Enseñar Química General en Ingenierías en tiempos de pandemia <i>María Cecilia Panigatti, Carina Griffa, Rosana Boglione, Laura Alegre, Germán Pergasere y Gonzalo Gutierrez</i>	267
Una experiencia de formación ambiental de posgrado a distancia <i>María Susana Fortunato, Ana Julieta González, Sabina Baroni, Luciana Grifes Paisan, Susana Lilian Rossi, Alfredo Gallego y Sonia Edith Korol</i>	275
Taller de Enseñanza de la Física en contexto de ASPO <i>Pablo Pesco, Guillermo Villate, Sebastián Cabrera y Laura Triviño</i>	285
La pandemia como oportunidad y como experiencia de formación universitaria <i>Melisa Laura Montalto, Ana Virginia Osella, Mariela Valentín y Carina Gerlero</i>	294
Evaluación como regulación del aprendizaje de la química en tiempo de pandemia. <i>Luis-Miguel Trejo y Celia Sánchez Mendoza</i>	301
Entramado didáctico en secuencias de nivel inicial: dengue como problemática socioambiental <i>Ayelen Desiree Rossetto y Priscila Ariadna Biber</i>	311
Nuevos aportes de la virtualidad a las prácticas de enseñanza en química de los alimentos <i>Estela Motta, Florencia Fangio, Miriam Iurlina, Alicia Robles y Liesel Gende</i>	318
Estrategia Virtual PLTL: Apropriación, Desarrollo, y Aplicación de Conceptos Matemáticos <i>Jorge Ortiz, Loyda B. Méndez y Carmen Peraza-González</i>	328
Física en juego: una secuencia didáctica experimental para nivel primario <i>Valeria Edelsztein y Maia Buligovich</i>	338
Textos de divulgación científica como herramientas para la alfabetización científica@Adriana Fernández Souto y Adrián Minzi	347
El dengue como problemática socioambiental: análisis de secuencias didácticas de nivel primario en Córdoba <i>Ana Paula Yael Paez y Priscila Ariadna Biber</i>	356
Evaluar y desarrollar competencias en pandemia: los memes como estrategia <i>Javier Eduardo Viau y Maria Alejandra Tintori Ferreira</i>	364

¿Cómo enseñar a ingresantes de veterinaria en contexto de pandemia? <i>Gimena Gomez Castro, Francisco Acuña, Betiana Alvarez, Luca Di Cesare, Rocío Hernandez, Victoria Torres y Norma González</i>	371
La evaluación en la opinión de docentes y futuros docentes <i>Laura Morales, Claudia Mazzitelli y Erica Zorrilla</i>	381
Pedalar na cidade: ensino e formação inicial docente <i>Wagner Duarte Jose y Helma Pio Mororó José</i>	389
Problematizando contenidos en la virtualidad en formación docente en física <i>Ernesto Cyrulies</i>	399
Construir el concepto de sustancia vía el modelo corpuscular <i>Alejandro López Álvarez y Luis-Miguel Trejo-Candelas</i>	409
Desarrollo de acciones geológicas inclusivas: PISE Colegio Altamira, Santiago, Chile <i>María Fernanda Miras, Natalia Astudillo-Leyton y Camilo Sánchez</i>	419
La enseñanza de la química y la biología en tiempos de pandemia <i>Miguel Angel Martínez Parra y Jeniffer Adriana Chalarca Betancur</i>	429
“Aprendizajes”: una actividad lúdica como cierre de la unidad temática <i>Noelia Melian y Lucrecia Curto</i>	438
De experiencia práctica con péndulo a autoevaluación virtual en pandemia <i>María Julieta Salazar y Juan Cruz Bigliani</i>	444
Interpretación de gráficas del movimiento circular en ingeniería <i>Guillermina Ávila García, Liliana Suárez Téllez y Fabiola Escobar Moreno</i>	453
Integrando contenidos en una evaluación formativa <i>Sabina Baroni, Natalia Marina Gorino, Ana Julieta González, María Susana Fortunato, Luciana Grifes Paisan, Susana Lilian Rossi, Sonia Edith Korol y Alfredo Gallego</i>	460
Enseñanza Aplicada de Ecuaciones Diferenciales en Población de Plagas <i>Pedro Jose Salim Rosales, Deborah Maria del Carmen Turraca, Maria Luz Quiroga, Silvia Ines Navarro y Gustavo Adolfo Juarez</i>	470
Alfabetização científica em tempos de fakenews <i>Antony Jeová Teixeira da Silva, Jessica Danielly Silva, Natália Thatianne Duarte dos Santos, Taynara Tavares de Souza y Anne Gabriella Dias Santos</i>	478
Laboratorios remotos para recuperar la actividad experimental <i>Josué Dionofrio, María Florencia Lopez, Fernando Capuya, César Nahuel Moya, Jorge Maeyoshimoto y Ignacio Idoyaga</i>	488
Multidisciplinariedad en ciencias: modelado matemático en entorno virtual <i>Consuelo Escudero y Paola Baiutti</i>	496

Conferencias Invitadas

Retos de las Ciencias de La Tierra en el siglo XXI

Amelia Calonge García¹

¹ Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente. UAH
a.calonge@uah.es

Resumen. Este trabajo describe qué se entiende por una persona alfabetizada en Ciencias de la Tierra y que conocimientos básicos debería poseer todo estudiante al finalizar la enseñanza obligatoria, de forma que pueda disponer de una idea global sobre cómo funciona el planeta donde vive. Para ello se analiza en primer lugar el documento "Alfabetización en Ciencias de la Tierra" y, a continuación, se explican algunas cuestiones básicas tales como qué métodos de enseñanza son más efectivos, cómo divulgar Ciencias de la Tierra y cómo sacarle el mayor partido a esta divulgación. De esta forma se pretende reconducir el desconocimiento generalizado sobre esta disciplina (qué es y para qué sirve) en base a algunas recomendaciones para impulsar las Ciencias de la Tierra.

Palabras clave: Alfabetización en Ciencias de la Tierra. Promoción de las Ciencias de la Tierra. Consideraciones finales y recomendaciones.

1. Introducción

Las Ciencias de la Tierra forman un grupo de campos de conocimiento alrededor de las Ciencias Geológicas o Geología, en un abanico que pone en contacto la Geología y todos los campos de la investigación. Para entender la importancia de las Ciencias de la Tierra merece la pena profundizar en aspectos tales como:

- Su relevancia en algunos de los grandes retos a los que se enfrenta la humanidad.
- Su importancia en el pensamiento, el conocimiento y las investigaciones modernas.
- Su repercusión en la toma de decisiones por parte de los ciudadanos del siglo XXI.

Con la vista puesta en estas cuestiones insistimos en la importancia de una alfabetización geológica básica. Una sociedad que se interese por la Geología, y reconozca la contribución de esta ciencia en el desarrollo de su cultura, es necesaria para establecer los niveles de alfabetización geo-científica deseables.

2. ¿Qué es la Geología y para qué sirve?

La Geología es la ciencia que estudia nuestro planeta, la Tierra [1], es decir: (1) nos ayuda a entender cómo se formó y su dinámica. (2) Permite deducir su edad y definir el marco temporal en el que se ha producido la historia de la Tierra (más de 4.500 millones de años). (3) El conocimiento sobre su pasado nos ayuda a entender el presente y nos permite hacer predicciones fundadas acerca del futuro. (4) La Tierra en un

“planeta vivo”, que durante su historia ha sufrido uniones y divisiones continentales, cambios climáticos, extinciones y apariciones de especies. Un planeta dónde continuamente se producen fenómenos naturales como terremotos, tsunamis, actividad volcánica, inundaciones, desprendimientos, etc., que modifican nuestra vida.

Hace tiempo que la Geología dejó de ser eminentemente descriptiva para ir enriqueciéndose con teorías explicativas y, en las últimas décadas, ha experimentado un desarrollo vertiginoso incorporando componentes cuantitativos que han incrementado su capacidad predictiva. Todo ello ha hecho que las Ciencias Geológicas resulten imprescindibles para dar respuesta a muchas de las preguntas y demandas que se plantea la sociedad del siglo XXI.

Sin embargo, el sistema educativo español propone unos conocimientos geológicos escasos y desestructurados, incapaces de procurar en quien los posee una alfabetización en estas ciencias. El término “alfabetización” tiene aquí un significado análogo al que se le da desde la perspectiva lingüística, que no considera alfabetizada a una persona solo porque identifique y reproduzca las letras del abecedario, sino que se espera de ella, que sea capaz de comprender un texto o expresar por escrito una idea. Así, una persona alfabetizada en Ciencias de la Tierra debe alcanzar los siguientes objetivos:

- Tener una visión de conjunto acerca de cómo funciona la Tierra y saber utilizar ese conocimiento básico para explicar, por ejemplo, la distribución de volcanes y terremotos, o los rasgos más generales del relieve, o para entender algunas de las causas que pueden generar cambios globales en el planeta.
- Disponer de cierta perspectiva temporal sobre los profundos cambios que han afectado a nuestro planeta en el pasado y a los organismos que lo han poblado, de manera que le proporcione una mejor interpretación del presente.
- Entender algunas de las principales interacciones entre la humanidad y el planeta, los riesgos naturales que pueden afectarle, su dependencia para la obtención de los recursos o la necesidad de favorecer un uso sostenible de ellos.
- Ser capaz de buscar y seleccionar información relevante sobre algunos de los procesos que afectan a la Tierra, formular preguntas pertinentes sobre ellos, valorar si determinadas evidencias apoyan o no una conclusión, etc.
- Saber utilizar los principios geológicos básicos y los procedimientos más elementales y usuales de la Geología, y valorar su importancia para la construcción del conocimiento científico sobre la Tierra.

3. Reto 1º: Alfabetización en Ciencias de la Tierra. ¿Qué enseñar?

De acuerdo con Cortés y Martínez [2] se hace necesaria una secuenciación de contenidos desde la etapa de Primaria a Bachillerato. Parte de esta secuenciación se llevó a cabo por la Comisión que se constituyó en 2011 con el objeto de revisar los contenidos curriculares de las Ciencias de la Tierra en la enseñanza obligatoria y definir el “Marco de Principios de Alfabetización Geocientífica”:

- Que incluya los conocimientos que debe tener todo ciudadano y, por tanto, lo que debe saberse al finalizar la enseñanza obligatoria.
- Que aborde los conocimientos esenciales de las Ciencias de la Tierra, y no solo los de Geología.

- Que recoja los conocimientos básicos sobre el funcionamiento de la Tierra como sistema y que incluya la relación de las Ciencias de la Tierra con la sociedad.

Tras un año de trabajo esta comisión redactó el documento “Alfabetización en Ciencias de la Tierra: propuesta curricular” [3] que participa de esa perspectiva alfabetizadora y sintetiza el conocimiento fundamental que todo ciudadano debería tener sobre la Tierra y su funcionamiento, concretándolo en 10 ideas clave. Estas ideas deberían ser el punto de partida desde el que la Administraciones educativas se planteen una secuenciación adecuada de contenidos geológicos desde los niveles de Primaria hasta Bachillerato. Las ideas clave propuestas son:

- Idea clave 1. La Tierra es un sistema complejo en el que interaccionan las rocas, el agua, el aire y la vida.
- Idea clave 2. El origen de la Tierra va unido al del Sistema Solar y su larga historia está registrada en los materiales que la componen.
- Idea clave 3. Los materiales de la Tierra se originan y modifican de forma continua.
- Idea clave 4. El agua y el aire hacen de la Tierra un planeta especial.
- Idea clave 5. La vida evoluciona e interacciona con la Tierra modificándose mutuamente.
- Idea clave 6. La tectónica de placas es una teoría global e integradora de la Tierra.
- Idea clave 7. Los procesos geológicos externos transforman la superficie terrestre.
- Idea clave 8. La humanidad depende del planeta Tierra para la obtención de sus recursos y debe hacerlo de forma sostenible.
- Idea clave 9. Algunos procesos naturales implican riesgos para la humanidad.
- Idea clave 10. Los científicos interpretan y explican el funcionamiento de la Tierra basándose en observaciones repetibles y en ideas verificables.

Cada una de ellas se estructura en distintas subideas que se fundamentan en la visión moderna del conocimiento geológico y su aplicabilidad para la resolución de problemas globales y locales. A continuación, se destacan algunas por su relevancia.

- El clima es un ejemplo de cómo las interacciones complejas entre los subsistemas terrestres pueden ocasionar cambios impredecibles y significativos (subidea 1.7). El cambio climático es un tema de actualidad que evidencia uno de los grandes retos a los que se enfrenta la sociedad del siglo XXI. El ascenso de la temperatura producida por el cambio climático ha provocado una prolongación del verano; un aumento de las noches tórridas, de los días con ola de calor, del nivel medio del mar y de su temperatura, así como de la acidificación de las aguas marinas. Además se ha observado una disminución de las precipitaciones, de los caudales medios de los ríos y un retroceso de los glaciares. Los nuevos escenarios indican que las condiciones climáticas serán más extremas, con un mayor número de precipitaciones y periodos de sequías más largos. Estas condiciones repercutirán en algunos desastres, tales como los movimientos del terreno o las inundaciones.
- La Tierra es un planeta singular debido a la presencia de agua (subidea 4.2). El agua es fundamental para los seres vivos, pero no en todos los lugares hay agua superficial accesible. La búsqueda del agua y la realización de pozos es una constante a lo largo de la historia de la humanidad.
- La Tierra es nuestro hogar, de ella obtenemos todos los recursos que utilizamos y a ella devolvemos los residuos generados (subidea 8.1). La relación de la humanidad con el uso de materiales (minerales y rocas) es tan antigua como la

propia humanidad. Abarca desde la búsqueda de sal necesaria para el hombre y el ganado hasta más recientemente el carbón, petróleo y todas las minerías, incluidos los minerales radioactivos. Actualmente los utilizamos en construcción, para edificar grandes infraestructuras, vías, puentes, túneles, como componentes de algunas medicinas, en joyería, alimentación, etc.

- Los recursos naturales geológicos son limitados (subidea 8.3). Todos estos recursos no son renovables. A pesar de ello consumimos hoy en día aproximadamente 1.000 barriles de petróleo cada segundo. A este paso vamos a hacer cierto el Proverbio saudita que dice: “Mi padre cabalgaba en camello, yo voy en auto, mi hijo pilota un avión. Su hijo cabalgará en camello”.
- Las personas no pueden eliminar los procesos naturales peligrosos, pero sí adoptar decisiones que reduzcan el riesgo (subidea 9.6). Casi todas las zonas del Planeta están expuestas a uno o varios fenómenos naturales (Fig. 1). Las Ciencias de la Tierra permiten valorar muchos de los riesgos a los que estamos sometidos, así como los impactos de las actividades humanas sobre la Geosfera.
- Una sociedad alfabetizada en Ciencias de la Tierra es esencial para reducir drásticamente los riesgos naturales (subidea 9.7). Muchas de las víctimas que se producen a causa de los riesgos naturales son debidas al hecho de no poder reaccionar a tiempo frente a la catástrofe. La capacidad de conservar la calma y, fundamentalmente, algunos conocimientos sobre riesgos naturales y medidas de autoprotección pueden salvar vidas en situación de peligro.

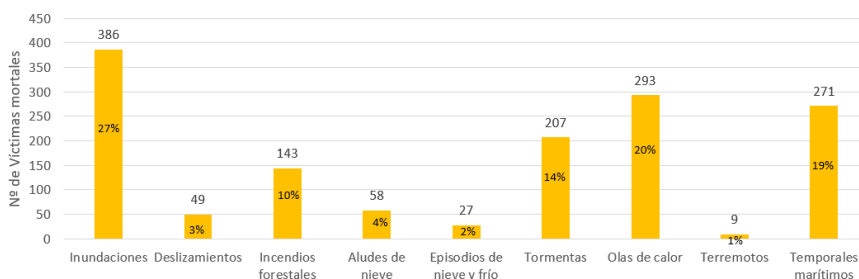


Fig. 1. Impacto de los riesgos geológicos en España (1995-2019). Base de Datos Nacional de fallecidos por riesgos naturales de la DGPCE. <https://datos.gob.es/en/catalogo/e00003801-proteccion-civil-y-emergencias-fallecidos-por-desastres-naturales-en-espana>

En definitiva, cualquier Sistema Educativo debería garantizar que el alumnado concluya su etapa de formación obligatoria con una visión clara del funcionamiento del planeta y de la perspectiva temporal que ofrecen las Ciencias de la Tierra para abordar, entre otros, temas de tanta relevancia como: (1) la procedencia y dependencia de los recursos geológicos (minerales, rocas, agua, suelos, hidrocarburos,...); (2) los factores influyentes, evidencias y efectos del cambio climático y el calentamiento atmosférico. (3) la potencial afectación de los riesgos naturales (terremotos, erupciones volcánicas, tsunamis, inundaciones, inestabilidades gravitatorias,...); (4) la necesidad de conocer y preservar el patrimonio geológico como testigo de los procesos que han configurado el planeta y de la evolución de la Vida en el pasado. (5) el papel del medio físico en el equilibrio ecológico en el contexto de la sostenibilidad ambiental y la gestión

responsable del territorio y los recursos naturales; y (6) el reconocimiento de las labores desarrolladas por los profesionales de esta disciplina en múltiples parcelas de la actividad económica y la vida cotidiana.

4. Reto 2º: Alfabetización en Ciencias de la Tierra. ¿Cómo enseñar?

De nada sirven la anterior propuesta si no comprendemos que cambiar la forma de enseñar Ciencias de la Tierra debe tener un impacto en los métodos aplicados para su enseñanza [4]. Así el reto de enseñar en el siglo XXI parte de un cambio didáctico desde métodos de enseñanza tradicionales, fundamentalmente transmisión de contenidos y aprendizaje memorístico, hacía nuevas fórmulas de enseñar. En el caso particular de las Ciencias de la Tierra se hace necesario un proceso de formación que favorezca la participación activa de las personas en la sociedad, preparándolas para la toma de decisiones fundamentadas que les permitan aportar soluciones a los retos científico-tecnológicos del momento. De entre las numerosas posibilidades se describirán aquellas que en experiencia de la autora arrojan mejores resultados:

En primer lugar, la **Educación STEM** (Science, Technology, Engineering and Mathematics) cuya enseñanza se articula a través de la resolución de problemas del mundo real, supone la integración de las formas de hacer, pensar y hablar de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en sus múltiples formas. En los últimos años se pretende incluir en este paradigma a las Artes, tanto plásticas como visuales y musical, denominándose así STEAM. El objetivo es hacer un conocimiento aún más completo y complementario, logrando de ese modo que las Ciencias y las Artes sean elementos motivadores para los estudiantes y contribuir a la disminución de la brecha de género existente entre diferentes carreras académicas.

Con el hilo conductor de la Educación STEM la **Gamificación** consiste en emplear la psicología del juego, sus mecánicas y dinámicas, en entornos no lúdicos tales como el aula o el laboratorio. Este método propone convertir el proceso de enseñanza - aprendizaje en un juego que combina retos y diversión al tiempo que motiva al alumnado y favorece aprendizajes significativos [5]. En nuestro caso se han gamificado algunas prácticas de laboratorio de los Grados de Magisterio de la Universidad de Alcalá. Por ejemplo, una de las misiones consiste en un juego de pistas que permite reconstruir una clave dicotómica y así reconocer el polen en otra de las misiones. Para ello los estudiantes deben manejar correctamente el microscopio y realizar el estudio de identificación con ayuda de la clave [6].

En la misma línea los **escape rooms** son actividades de “Aprendizaje Basado en Juegos” cada vez más utilizadas porque los estudiantes centran su atención en el juego y a partir de él disfrutan adquiriendo los distintos conocimientos de manera lúdica. El desafío consiste en escapar de un espacio cerrado en un tiempo limitado como por ejemplo el escape room Terra Sísmica [7] vinculado con las Ciencias de la Tierra.

También las experiencias de aprendizaje que se generan con la **robótica educativa** surgen de la participación activa del alumnado ya que se les otorga gran protagonismo en la realización de actividades (diseño de dinosaurios, sismómetros, etc.).

Buscando medios de acerar la Geología al aula se sugiere el juego de simulación **¡Alto a los desastres!** <https://www.stopdisastersgame.org/>. Con los estudiantes de la

Universidad de Alcalá hemos trabajado la parte más preventiva y operacional de los riesgos naturales, sin dejar de lado el fenómeno natural, ya que entender el mecanismo que lo produce, ayudará a gestionarlo de forma adecuada. Hemos diseñado una plantilla [8] que ayuda a ordenar y a discutir los distintos componentes que forman parte de un sistema de gestión del riesgo (prevención, mitigación, emergencia y reconstrucción). Ganar la partida significa, por una parte, entender que no se puede impedir que ocurran riesgos naturales y, por otra, que las únicas estrategias posibles para reducir los efectos de estos riesgos y protegernos de ellos sean a través de la educación y de la información.

Earth Learning Idea (ELI) <https://www.earthlearningidea.com/> incluye actividades de enseñanza de las Ciencias de la Tierra a través de las cuales los estudiantes adquieren una perspectiva adicional sobre los procesos que tienen lugar en la Tierra. Estas actividades incrementan su comprensión de forma constructivista, reducen sus conceptos erróneos y desarrollan habilidades de pensamiento críticas.

5. Reto 3º: Alfabetización en Ciencias de la Tierra. ¿Cómo divulgar?

El planeta Tierra, y los cambios que en él se han producido a lo largo de los tiempos, no es un conocimiento específico de una determinada ciencia sino un bien cultural cuyo conocimiento debe extenderse a toda la sociedad. Con este fin todas las asociaciones vinculadas con las Ciencias de la Tierra impulsan sus propias publicaciones o apoyan actividades de divulgación. A continuación, se presentan algunos ejemplos.

“**Geolodía**” es una actividad de difusión de la investigación que consiste en la realización de un recorrido de campo por parte de los asistentes guiado por monitores que explican aspectos de la Geología. El éxito de las últimas convocatorias, con más de 6.000 personas disfrutando de Geología en toda España (Figura 2), y sus intenciones de participar en próximos eventos, nos anima a seguir organizando esta actividad http://www.sociedadgeologica.es/divulgacion_geolodia.html



Fig. 2. Visita a las salinas de Armalla (provincia de Guadalajara) durante el primer Geolodía celebrado en 2009.

La **Olimpiada de Geología** es una actividad muy joven cuyo objetivo principal es fomentar el interés de los participantes por la Geología. La gran barrera que a veces existe entre el mundo universitario y científico, y el de Enseñanza Secundaria, está siendo superada por esta actividad que no ha dejado de crecer <http://www.aepect.org/actividades-geologicas/olimpiada-geologia/>. La IESO (International Earth Science Olympiad) se celebra también cada año y desde 2011 participa un equipo español que progresivamente ha mejorado sus resultados. <http://www.igeosced.org/about-the-igeo/officers/> Todo ello consolida un vínculo en torno a las actividades de divulgación científica, además de enriquecer la cultura científica y promover el espíritu divulgador entre los estudiantes preuniversitarios [9].

Partiendo del lema “Geología para todos” el proyecto interdepartamental e interuniversitario **Geodivulgar**, persigue la divulgación de la Geología a todo tipo de público. Cabe destacar las cinco ediciones del del certamen de relatos geológicos “Érase una vez la Geología” y las tres ediciones del concurso amateur de ilustración “Viajando a tiempos pretéritos” o las propuestas desarrolladas para personas con diversidad funcional <https://www.ucm.es/geodivulgar/>

La **Geogymkhana** propone un itinerario costero (3 km) que incluye 10 paradas guiadas en el entorno de la ciudad de Alicante. En cada una de ellas se posibilita el estudio de las Ciencias de la Tierra a través de diversas estrategias educativas que crean un buen ambiente sin perder el rigor científico. Algunas paradas como “Registro Geológico Discontinuo” implica explicaciones directas mientras que otras, como “Human Superposición estratigráfica”, se basan en juegos y actividades dinámicas. <http://www.aepect.org/actividades-geologicas/olimpiada-geologia/>

El principal objetivo del concurso **Ciencia en Acción** es presentar la ciencia de una manera atractiva y motivadora a través de varias categorías <https://cienciaenaccion.org/>

A través del **Concurso de Cristalización** se divulga la cristalografía en los centros de enseñanza españoles y en los de Puerto Rico. http://www.lec.csic.es/concurso_09/Home.html

Cualquier persona física mayor de edad o entidad jurídica constituida legalmente puede apadrinar un Lugar de Interés Geológico (LIG) en el programa **Apadrina una Roca** <http://www.geologiadesegovia.info/apadrinaunaroca/>

La conmemoración del **Día Mundial de los Humedales** el 2 de febrero se está convirtiendo en una de las iniciativas de Educación Ambiental de mayor éxito en España y en el mundo, aunando la divulgación de las Ciencias de la Tierra y de la Vida <https://www.worldwetlandsday.org/>

Otra iniciativa destacada que no podría entenderse sin su componente de Ciencias de la Tierra es el **Día Mundial del Agua** <https://www.worldwaterday.org/>

6. Alfabetización en Ciencias de la Tierra. Retos Futuros

Para llevar a cabo las reflexiones anteriores agrupadas en el marco educativo y en el de la divulgación tenemos que superar varios retos:

- 1) Es necesario que las Ciencias de la Tierra formen parte, **DIGNAMENTE**, del currículo de la Enseñanza Obligatoria. Es evidente que no podemos cuidar lo que desconocemos y, en este sentido, hay que conocer nuestro Planeta para poder “cuidarlo” en condiciones y garantizar el desarrollo de sociedades futuras más saludables y prósperas. En esta línea hay que mejorar los contenidos curriculares de la enseñanza obligatoria considerando las ideas claves comentadas en el apartado 3 (Reto 1º: Alfabetización en Ciencias de la Tierra. ¿Qué enseñar?).
- 2) Es necesario un **CAMBIO DIDÁCTICO** desde métodos de enseñanza tradicionales hacia nuevas fórmulas de enseñar Ciencias de la Tierra más activas y participativas (Aparatado 4). Evidentemente la alfabetización científica no se adquiere memorizando contenidos conceptuales incluidos en libros de textos “enciclopédicos”. En esta línea, hoy más que nunca, es necesario que los jóvenes terminen la Educación Obligatoria con una alfabetización geocientífica básica que les permita conocer, valorar y participar en aquellas cuestiones que les afecten.
- 3) Es necesario potenciar la **DIVULGACIÓN** de las Ciencias de la Tierra. La divulgación es el segundo pilar en la popularización y difusión del conocimiento científico. En ninguna etapa de la historia reciente se habían impulsado tantas iniciativas para divulgar o desvelar el interés por las Ciencias de la Tierra entre el alumnado, el profesorado y la ciudadanía en general (Apartado 5).
- 4) Es necesario que las **CIENCIAS** de la **TIERRA** sean **MÁS VISIBLE**. Si partimos del supuesto de que los retos anteriores no andan muy desencaminados sería necesario plantearse algunas cuestiones a varios niveles [4]: (1) Potenciar conferencias de científicos sobre temas atractivos en centros de Educación Secundaria (cursos, charlas, talleres, excursiones...). (2) Participar en iniciativas como: Semana de la Ciencia, Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia, Concurso de relatos, campos universitarios, etc. (3) Aprovechar los medios de comunicación (TV, radio, prensa...). (4) Solicitar que haya geólogos en equipos pluridisciplinarios (administración, planificación, protección, gestión, etc.). (5) Considerar las Ciencias de la Tierra como parte del conocimiento básico necesario para el desarrollo de la sociedad, Y (6) Gestionar un marco legal para la geoconservación (contra la destrucción, el expolio o el coleccionismo).

7. Consideraciones finales y conclusiones

Tomando como punto de partida las consideraciones anteriores, es fundamental continuar con la tarea de enseñanza, difusión y sensibilización de la sociedad en general. Las ciencias que estudian nuestro planeta no pueden quedar arrinconadas cuando el mundo se ha hecho más pequeño para las personas; y cuando tantas personas y su estilo de vida han convertido a la Tierra en un lugar más frágil para vivir. Por ello el reto más importante no es solo avanzar en el conocimiento de los fenómenos geológicos, sino ser capaces de transferirlo de manera efectiva.

En el caso del primer reto planteado (Alfabetización en Ciencias de la Tierra. ¿Qué enseñar?) hay que recordar que no hay casa, ni puente, ni puerto, ni cualquier obra civil que no requiera estudios geológicos para construirse. No hay recurso natural (agua, combustibles, o recursos minerales) que no requiera de la Geología para obtenerse. No