

LAS CIENCIAS DE LA TIERRA EN EL AULA: UNA PROPUESTA DE ABORDAJE TRANSVERSAL

Marcelo Darío Bazan

Gisela Vanina Acosta Beiman

DOI: 10.46550/978-65-5397-270-4.307-318

Introducción

Las Ciencias de la Tierra forman parte de un grupo de conocimientos que se ha incorporado al área de las Ciencias Naturales hace poco más de tres décadas. En términos generales, tanto en el ámbito educativo como fuera de él, al hablar de Ciencias Naturales, se hace referencia a la Biología, la Física y la Química, relegando las Ciencias de la Tierra a las Ciencias Sociales, específicamente a la Geografía.

A mediados de la década de 1970 y durante toda la década de 1980, la Geografía experimentó un cambio de paradigma muy significativo (Valenti, 1971). Hasta ese momento, el núcleo de la Geografía era el estudio de la tierra y sus características, con predominio de la geografía física. En la educación secundaria se estudiaba la estructura interna de la tierra, las rocas y los minerales, la deriva continental, los volcanes, las montañas y su formación, así como temas de meteorología como el aire, la presión atmosférica, los vientos, la temperatura y las precipitaciones. Además, se abarcaba la hidrografía, incluyendo ríos, lagos, lagunas, océanos, mares, corrientes marinas y glaciares. Estos contenidos se relacionaban con la geografía humana, aplicándose a las actividades económicas y a la distribución de la población.

La escuela crítica de la Geografía en las décadas de 1970 y 1980 replanteó este enfoque, desarrollando una Geografía Social que priorizaba el estudio del hombre en la tierra por encima de la tierra donde vive el hombre. Este cambio no tardó en llegar a la Geografía escolar, y en las escuelas de todo el mundo, la Geografía dejó de tratar temas relacionados con la “Geografía Física” (Geología, Meteorología, Hidrografía, Biogeografía), enfocándose

en la Geografía Humana y Social (Reboratti, 1996). En Argentina, por ejemplo, este cambio se implementó a partir de la Ley Federal de Educación de los 90, con el equipo del geógrafo Carlos Reboratti estableciendo las bases de la nueva Geografía escolar en los CBC de entonces (Consejo Federal De Cultura Y Educación, 1995; AAVV, 1995).

Este cambio también se dio en América Latina, donde la “nueva geografía” se instaló en los currículos escolares con una perspectiva centrada en el “estudio del hombre en la tierra” por sobre “la tierra donde vive el hombre”. Como resultado, los temas de la geografía física comenzaron a perder su lugar inicial. Los docentes formados con el anterior paradigma tardaron años en adaptarse, y los planes de formación de grado de profesores cambiaron su diseño en consonancia con la nueva Geografía.

En algunos países, ya existían en el currículo escolar contenidos de “Ciencias de la Tierra”, y en algunos casos, como materia de entidad propia. Un ejemplo es España, que desde la Ley Orgánica General del Sistema Educativo (LOGSE) de 1990, incorporó una materia llamada “Biología y Geología”. En América Latina y el Caribe, existen ejemplos diversos: en algunos países hay una materia llamada “Ciencias de la Tierra” o “Geociencias”, mientras que en otros, está asociada a las Ciencias Naturales o la Biología, trabajándose desde una perspectiva geológica y no sistémica. En 2019, la UNESCO elaboró un documento llamado “Geociencias en la Educación Primaria y Secundaria: volumen 1: realidades y oportunidades en América Latina y el Caribe” (Gorfinkel, 2019), analizando el estado de las “geociencias” en la región.

En la formación docente de grado y en las capacitaciones continuas o de posgrado, las Ciencias de la Tierra no están frecuentemente presentes. Si bien existen carreras donde se forman profesores que incluyen alguna materia de Ciencias de la Tierra, estas son escasas, de poca carga horaria, y abordan principalmente temas conceptuales, evidenciando un vacío en su didáctica específica.

Existen asociaciones y redes de docentes que tienen como objetivo desarrollar y fomentar la enseñanza de las Ciencias de la Tierra. En el Reino Unido, la ESTA (Earth Science Teachers Association); en EEUU, la NESTA (National Earth Science Teachers Association); y en España, la AEPECT (Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra), en la cual participan numerosos docentes latinoamericanos. Esta asociación edita una revista de acceso gratuito. En Brasil, un grupo en la Universidad de Campinas trabaja en la didáctica de las Ciencias de la Tierra y edita la revista *Terrae Didáctica*. Hace poco más de dos años, se formó en Argentina

la RedCiTiA (Red de Docentes de Ciencias de la Tierra de Argentina) (BAZAN et al., 2021).

A nivel global, se destaca la IGEO (International Geoscience Education Organisation) y su capítulo latinoamericano, la LATIGEO, donde están representados la mayoría de los países de América Latina y el Caribe. Se desarrollan congresos, simposios y reuniones con frecuencia creciente, destacando el incremento de participantes latinoamericanos en estos eventos.

Poco a poco, las Ciencias de la Tierra se van afianzando en los currículos escolares, y sus contenidos se trabajan en las aulas de diversas maneras y en diferentes situaciones con un crecimiento constante. Como se señaló anteriormente, puede haber una materia específica o estar integrándose con contenidos de otras disciplinas. Una de las características de las Ciencias de la Tierra en la escuela es la versatilidad de sus contenidos para ser trabajados en diversas áreas del conocimiento.

Es difícil que se sumen horas de clase para incorporar Ciencias de la Tierra donde no está presente o que se incremente su carga horaria en los currículos actuales. Es casi imposible pensar en quitar horas a otras asignaturas, ya que todas tienen el mismo valor en la formación de los estudiantes. Por eso, la propuesta es afianzar y profundizar el estatus de las Ciencias de la Tierra a través de un abordaje interdisciplinario.

Mientras se trabaja en propuestas para su incorporación, el trabajo articulado entre materias en diversos formatos mantendrá los contenidos y procedimientos de las Ciencias de la Tierra en las aulas, asegurando que la alfabetización científica de los estudiantes sea lo más completa posible.

Interdisciplinariedad, transdisciplinariedad y multidisciplinariedad en Ciencias de la Tierra

La multidisciplinariedad, la transdisciplinariedad y la multidisciplinariedad suelen ser conceptos que se entienden como sinónimo, y, que sin embargo tienen características propias y distintivas. Tienen en común que son maneras de trabajar y colaborar entre disciplinas.

La multidisciplinariedad supone acciones de colaboración y cooperación entre múltiples disciplinas, aunque no se llegue a una integración en profundidad de sus métodos, de sus teorías o de sus enfoques. En este caso cada disciplina aborda una problemática, pero desde su enfoque, por lo

cual los resultados que surjan pueden ser independientes unas de otras. Caro Saiz et al. (2020) definen a La multidisciplinariedad como:

[...] la práctica de investigación basada en la yuxtaposición de modelos teóricos y metodológicos pertenecientes a diferentes disciplinas para abordar una pregunta de investigación específica; en este enfoque, cada especialista trabaja por separado, existiendo poca o ninguna sinergia entre los investigadores de los diferentes campos involucrados”.

La interdisciplinariedad implica una colaboración e integración profunda entre diferentes disciplinas que tratan un tema común o una problemática. A través de la interdisciplinariedad, se busca combinar metodologías, enfoques y conceptos de varias disciplinas para comprender un problema o un tema de manera más completa y holística. Esto requiere que las disciplinas se comuniquen y compartan tareas para que la integración se produzca desde distintas perspectivas. Lobos (2016) la define como “una respuesta imaginaria para un problema real” y adhiere a la propuesta de Volkheimer (2005), quien describe la interdisciplinariedad como el trabajo de diferentes campos científicos que se fusionan en conceptos generales. Esto es muy útil y eficaz para comprender y resolver problemas ambientales, donde interactúan las ciencias geológicas, biológicas, sociales y la tecnología, permitiendo una concepción holística de la realidad.

La transdisciplinariedad busca una profundidad mayor que la interdisciplinariedad y tiene como objetivo que la integración de las distintas disciplinas logre un nuevo marco conceptual. Se trata de superar las fronteras disciplinarias y desarrollar una perspectiva que integre diferentes enfoques y conocimientos, en lugar de trabajar separadamente. Según Peñuela Velásquez (2005) y Morin (1984), es un esquema cognitivo que permite “atravesar” las disciplinas, evidenciando un constante flujo de información sin centrarse en los métodos (Nicolescu). Así, la transdisciplinariedad puede generar nuevos campos de estudio que aborden un tema o problema desde una comprensión más global.

En resumen, la multidisciplinariedad implica la colaboración de diferentes disciplinas sin una integración profunda. La interdisciplinariedad busca integrar conocimientos y enfoques disciplinarios para abordar una problemática común. La transdisciplinariedad, por su parte, va más allá de la integración de disciplinas, buscando un nuevo marco conceptual para enfrentar un problema. Sin embargo, las características de las instituciones educativas a veces dificultan enfocar una propuesta en alguno de estos “casilleros”.

En muchas escuelas, los docentes no disponen del tiempo institucional necesario para planificar un Proyecto Curricular Institucional (PCI) entre colegas. La mayoría de las veces, esta integración se da en reuniones generales, jornadas institucionales, en recreos o mediante comunicación entre los docentes fuera del tiempo escolar. Este es, sin duda, tiempo no remunerado y depende de la voluntad de cada colega.

Entendiendo que lo que se hace en la escuela es ciencia escolar que promueve la alfabetización científica, el colectivo de docentes que trabaje en un proyecto de este tipo puede enmarcarlo como un trabajo multidisciplinario, interdisciplinario o transdisciplinario. Aunque sería ideal que prevalezca la transdisciplinariedad, la realidad escolar muestra que abordar estas situaciones complejas es muy difícil, aunque no imposible.

Las Ciencias de la Tierra, por sus características, brindan una excelente oportunidad para trabajar en alguno de estos formatos. Como se mencionó anteriormente, no siempre existe una disciplina específica con el nombre de Ciencias de la Tierra, Geociencias o Geología, pero los contenidos relacionados con estas están presentes en muchas disciplinas.

El presente trabajo es una propuesta de abordaje de temáticas de las Ciencias de la Tierra en la cual las distintas áreas o disciplinas pueden colaborar para desarrollar un proyecto conjunto o abordar una situación problemática presentada por el colectivo docente

Alfabetización en Ciencias de la Tierra

La alfabetización científica en Ciencias de la Tierra nos proporciona herramientas esenciales para comprender tanto la Tierra como su influencia sobre nosotros y nuestra influencia sobre ella. La Tierra, como planeta, es un sistema extremadamente complejo. Estar alfabetizados científicamente nos permite abordar el planeta desde una perspectiva sistémica y nos acerca a la comprensión de la complejidad de su funcionamiento.

La Earth Science Literacy Initiative (ESLI), en su documento “Earth Science Literacy Principles, The Big Ideas and Supporting Concepts of Earth Science”, afirma que:

Una persona alfabetizada en ciencias de la Tierra

- comprende los conceptos fundamentales de muchos procesos de la Tierra

- sabe cómo encontrar y valorar la información científicamente creíble sobre la Tierra
- comunica sobre ciencias de la Tierra de manera significativa
- es capaz de tomar decisiones bien fundadas y responsables con respecto a la Tierra y sus recursos (NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, 2009).

El citado documento subraya que la Tierra es el lugar en el que vivimos y nos provee los recursos y materiales necesarios para nuestra existencia. La historia ha demostrado que cualquier cambio en la Tierra, por pequeño que sea, tiene consecuencias para las comunidades y afecta el desarrollo de las civilizaciones. Esta misma historia muestra cómo la humanidad ha enfrentado estos problemas y las huellas que han dejado. Destaca el momento actual que vive la humanidad, marcado por la crisis del agotamiento de recursos, el cambio climático, la escasez de agua y otras problemáticas relacionadas con las Ciencias de la Tierra, las cuales requieren la toma de decisiones por diversos actores de la sociedad que estén científicamente alfabetizados.

El American Geological Institute (AGI) también ha elaborado un documento que, desde su inicio, se muestra muy contundente al afirmar:

¿Por qué Ciencias de la tierra? ¿Porque vivimos en el planeta tierra! así todo lo que hacemos diariamente está vinculado de algún modo a nuestro planeta Tierra, a su suelo, a sus océanos, a su atmósfera, a sus plantas y animales. Los alimentos que comemos, el agua que bebemos, nuestras casas y oficinas, las ropas que vestimos, la energía que usamos y el aire que respiramos son recursos que crecen, se extraen, nos rodean o se mueven a través del planeta. (American Geological Institute, 2009).

El documento de la ELI al igual que el de la AGI, están destinados a la población en general. Por su parte, un colectivo de docentes, presentó un texto similar, con los fundamentos de la alfabetización en Ciencias de la Tierra en la escuela (Pedrinaci et al., 2013). Señalan que entender cómo funciona nuestro planeta debe ser un objetivo básico de la educación obligatoria. Pero reconocen que en sistema educativo (en el caso de este colectivo se refieren al sistema educativo español, que es donde ellos se desempeñan) los conocimientos de Ciencias de la Tierra son escasos y desestructurados, y que no llegan a generar en una alfabetización en estas ciencias. El documento presenta una *“perspectiva alfabetizadora y sintetiza el conocimiento fundamental que todo ciudadano debería tener sobre la Tierra y su funcionamiento.... Puesto que se trata de un conocimiento básico y*

fundamental, coincide con aquello que debería saber todo estudiante al finalizar la Educación Secundaria Obligatoria“. Esta propuesta se presenta a través de 10 ideas clave con sus fundamentos y marcos. Sería muy importante que desde Latinoamérica y el Caribe se pudiera generar un documento similar. Consideramos que es una tarea que no deberíamos olvidar y debería estar en nuestras agendas de trabajo.

Un volcán, poesía, cambio climático y arte en una humanidad en crisis

La relación entre las Ciencias de la Tierra y las expresiones artísticas es muy estrecha y tiene un enorme potencial para el trabajo en el aula. Esta conexión no solo se da por los materiales que la naturaleza proporciona a los artistas (pigmentos, rocas, minerales, etc.), sino también como fuente de inspiración y registro de sucesos históricos (Selles; Bazán, 2004). El arte a menudo recurre a la ciencia para datar fechas, preservar obras, entre otros aspectos. De igual manera, la ciencia se vale del arte para obtener datos, como los que dejan plasmados las pinturas en forma de documentos. Un ejemplo son los pintores que acompañaron a viajeros y naturalistas, y en ocasiones los propios naturalistas como artistas.

Edward Munch es considerado el padre del impresionismo. Una de sus pinturas más conocidas es, sin duda, “El grito”. En esta magnífica obra de arte, se observa al pintor a orillas de un mar con tintes extraños. También destaca un cielo enrarecido, con colores que van del naranja al rojo y ocre. La expresión del personaje principal muestra terror, pánico, miedo y angustia, lo que muchos han relacionado con una posible alteración mental del pintor.

Diversos historiadores del arte han investigado esta pintura y el contexto en el que se realizó. La obra data de fines de 1893 y principios de 1894. Los investigadores rastrearon diversos documentos de la época y observaron que muchos coincidían con la descripción de un cielo y un mar como los pintados por Munch. Bitácoras de abordaje, diarios de la época y relatos militares mencionan cielos con esas mismas características.

¿Qué había ocurrido en ese momento para que el ambiente tuviera ese aspecto? Esto decía Munch en su diario:

Paseaba por un sendero con dos amigos, el sol se puso, de repente el cielo se tiñó de rojo sangre, me detuve y me apoyé en una valla muerto de cansancio. Sangre y lenguas de fuego acechaban sobre el azul oscuro del fiordo y de la ciudad. Mis amigos continuaron y yo

me quedé quieto, temblando de ansiedad, sentí un grito infinito que atravesaba la naturaleza.

Muy lejos de Niza, donde se pintó “El grito”, en la isla de Krakatoa, en Indonesia, sudeste asiático, el volcán Krakatoa hizo erupción en agosto de 1883. Esta erupción es una de las más grandes y violentas registradas en épocas históricas. La explosión se escuchó a más de 5000 km de distancia, los terremotos sacudieron las costas de Asia y Australia, y los tsunamis provocaron decenas de miles de muertes (Martinez et al., 2005; Perrez, 2015). Se estima que murieron cerca de 40,000 personas debido a este fenómeno (Ibáñez; Breton, 2022; Báez, 2020).

Unos años antes, en el verano de 1816, ocurrió un fenómeno similar pero con consecuencias globales, conocido como el “año sin verano”. Existen diversos registros de este fenómeno desde distintas áreas del conocimiento. Uno de los documentos más interesantes y con gran potencial para trabajar con los alumnos son las poesías de Lord Byron. El poeta inglés invitó a varios amigos a pasar ese verano en su casa de Villa Diodati, en Suiza. Sin embargo, lo que pretendía ser un descanso veraniego se convirtió en algo muy distinto. Las temperaturas fueron anormalmente bajas, y durante semanas, incluso meses, el cielo estuvo cubierto por una nube oscura que impedía ver el sol.

Tuve un sueño, que no era del todo un sueño.

El brillante sol se apagaba, y los astros
vagaban diluyéndose en el espacio eterno,
sin rayos, sin senderos, y la helada tierra
oscilaba ciega y oscureciéndose en el aire sin luna;
la mañana llegó, y se fue, y llegó, y no trajo
consigo el día,

Y los hombres olvidaron sus pasiones ante el terror
de esta desolación; y todos los corazones
se helaron en una plegaria egoísta por luz;
y vivieron junto a hogueras —y los troncos,
los palacios de los reyes coronados— las chozas,
los hogares de todas las cosas que habitaban,
fueron quemadas en las fogatas; las ciudades se consumieron,
Y los hombres se reunieron en torno
a sus ardientes refugios
para verse nuevamente las caras unos a otros...

Este es un fragmento de una de las poesías más conocidas de Lord Byron llamada “Oscuridad”. Ese extraño fenómeno que se dio en el verano de 1816 fue tan movilizante que llevó al poeta a dejar una de sus piezas más importantes. Entre sus invitados, una de las que no pudo disfrutar de ese verano fue su amiga, la escritora Mary Shelley. Ella misma reconoció unos años después que la sensación producida en ese verano oscuro y frío, la angustia, el miedo y la desolación fueron un motivo para que iniciara la escritura de la que fue su novela cumbre: *Frankenstein*. Un juego que Lord Byron propuso para pasar el tiempo en ese extraño y aburrido verano fue el inicio de esa obra. Para jugar, los invitados debían escribir un relato de terror. Así, Mary Shelley inició la construcción de su personaje. Otro de los frustrados veraneantes era el médico de Byron, John William Polidori, que también se sumó al juego. De ese cuento inicial surgió su libro “El vampiro” (1819). Años más tarde, en 1897, Bram Stoker tomaría la obra de Polidori para escribir “*Drácula*” (Cubedo, 2018; Gonzalo De Andrés, 2002).

La pregunta es por qué durante el verano las temperaturas fueron tan bajas y por qué el cielo estuvo constantemente cubierto por esas nubes oscuras. La respuesta estaba mucho más al sur, en Indonesia. En ese territorio se había producido pocos días antes la erupción explosiva del volcán Tambora. Esta explosión, para muchos, fue superior a la de Krakatoa, aunque no fue tan difundida en su momento. Las temperaturas fueron tan bajas que en muchos lugares de Europa, Asia y América del Norte nevó durante el verano. Esto provocó la pérdida de cosechas, la muerte de animales, la falta de alimentos, luchas sociales y una crisis económica pocas veces registrada en la historia (Yanes, 2016). Además de las citadas consecuencias que tuvieron tanta influencia en la literatura y en el arte, hubo otras que marcaron hitos importantísimos en la historia y produjeron sucesos que llevaron a cambios en la economía y en la vida cotidiana.

La escasez de alimentos provocó períodos de hambruna que se extendieron por varios meses y la pobreza crecía día a día. Con ello vinieron los disturbios, peleas y saqueos, lo que llevó a una inestabilidad política en Francia, Inglaterra, Alemania, Suiza, entre otros. La salud de la población se vio altamente afectada. Se produjo una gran epidemia de tifus influenciada por las bajas temperaturas. Las migraciones colectivas eran moneda corriente. Pocos meses después de la erupción de Tambora, cuando los cielos estaban oscurecidos, se desarrolló la batalla de Waterloo. Los documentos históricos indican que se habían producido lluvias inusualmente abundantes que, acompañadas a las bajas temperaturas, complicaron muchísimo el desplazamiento de las tropas francesas. Estos

factores, sumados a la inestabilidad política que quizás llevó a Napoleón a tomar malas decisiones, fueron determinantes para la derrota en esa batalla.

El impacto climático de este fenómeno llegó a límites insospechados. En Alemania se sufrió mucho por la muerte del ganado equino. Los transportes que dependían de los caballos se vieron altamente perjudicados y el desplazamiento de los pobladores se vio alterado. Es en este momento en el cual Karl Drais comienza a idear el velocípedo, un antecesor de la bicicleta.

Hasta ahora se han descrito las consecuencias en Europa. Sin embargo, el resto del hemisferio norte también se vio muy perjudicado por este fenómeno. En Oriente, por ejemplo, se sufrieron pérdidas enormes de cosechas. Coincide este momento con la decisión del gobierno de China de incrementar las tierras dedicadas al cultivo del opio para salvar las enormes pérdidas económicas ante la imposibilidad de cosechas de arroz y otros cereales. En la India se desató una epidemia de cólera asociada con la deficiente alimentación, que llegó a países vecinos y se siguió extendiendo por cientos de kilómetros. Un poco más lejos, cruzando el océano, en los Estados Unidos, las nevadas duraron muchísimo más de lo normal y las temperaturas extremadamente bajas provocaron grandes pérdidas de cultivos y ganado, con la consecuente crisis económica. Esto llevó al desplazamiento de muchísimos habitantes hacia los territorios del llamado salvaje oeste, que hasta entonces estaban en manos de las tribus originarias. No es casual que entre 1816 y 1822 se diera una sucesión de declaraciones de independencia en Latinoamérica. Una Europa debilitada por la crisis reinante post Tambora dio la oportunidad a los movimientos independentistas de liberarse del gobierno español, portugués o francés

Consideraciones finales

A modo de cierre es importante destacar que el abordaje de las Ciencias de la Tierra debe darse en el marco de las ciencias naturales. Aunque como se observa, se enriquece y sustenta en diversas disciplinas, que no solo amplía la visión de la misma sino que es posible mejorar las diversas prácticas de enseñanza vinculantes.

Las Ciencias de la Tierra se han ido sumando a las aulas de Ciencias, de manera progresiva y un tanto dificultosa. Incorporar contenidos de la misma es una tarea que tenemos por delante. Hay un gran camino por recorrer y mucho por proponer y llevar adelante. Como docentes de Ciencias Naturales debemos afrontar este desafío.

Referencias

- AMERICAN GEOLOGICAL INSTITUTE. **Por qué Ciencias de la Tierra. 2006.** Disponível em: https://www.earthsciweek.org/sites/default/files/SEED/WES_Spanish.pdf. Acesso em: 22 jun. 2024.
- BÁEZ, A. L. **El catastrófico arte de contar historias sobre el dios Vulcano.** 2020.
- BAZÁN, M. D. **Las Ciencias de la tierra en los diseños curriculares. De su incorporación al trabajo interdisciplinario.** In: Memorias de las Jornadas Nacionales y Congreso Internacional en Enseñanza de la Biología, 2021, vol. 3, ed. Extraordinario, p. 33-35, dezembro.
- BAZÁN, M.; LACREU, H. L.; LÓPEZ, J. P.; FERNÁNDEZ, E. P.; SOLARI, M. J. REDCITIA. **La Red de Educadores en Ciencias de la Tierra de Argentina. Historia, finalidad y propósitos.** In: Memorias de las Jornadas Nacionales y Congreso Internacional en Enseñanza de la Biología, 2021, vol. 3, ed. Extraordinario, p. 726-728, dezembro.
- BAZÁN, M. **El arte para aprender y enseñar la tierra.** Jornadas de Intercambio Docente 2022 - Universidad Nacional de Hurlingham, 2022.
- CARO SAIZ, J.; DÍAZ-DE LA FUENTE, S.; AHEDO, V.; ZURRO HERNÁNDEZ, D.; MADELLA, M.; GALÁN, J. M.; OLMO, R. D. **Multidisciplinarietà, interdisciplinarietà, transdisciplinarietà.** 2020.
- CUBEDO, D. L. **Frankenstein o el moderno Prometeo cumple 2 siglos.** UNED, 2018.
- CUÑARRO, D.; SANMARTÍN, P.; GARCÍA-RODEJA, E. El año sin verano: una propuesta didáctica con la que tratar contenidos del currículo de 2º de Bachillerato de forma interdisciplinar. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, v. 27, n. 1, p. 77, 2019.
- GOZALO DE ANDRÉS, C. 1816, un año sin verano en el hemisferio norte. Revista del aficionado a la meteorología. **Arte para aprender y enseñar la tierra**, 2002.
- GORFINKIEL, D. **Geociencias en la Educación Primaria y Secundaria:** volume 1: realidades y oportunidades en América Latina y el Caribe. 2019.
- IBÁÑEZ, J. M.; BRETÓN, M. Los volcanes en la historia de la humanidad. La Cueva de Nerja: un laboratorio natural para conocer los

cambios climáticos pasados, presentes y futuros. **La Cueva de Nerja**, n. 7, p. 58, 2022.

LOBOS, M. N. **Disciplinas, interdisciplina y transdisciplina. Lo científico de las ciencias sociales: entre los universales y la producción de lo concreto**. I Jornadas Nacionales en investigación en Ciencias Sociales de la UNCuyo, 2016.

MARTINEZ SOLARES, J. Terremotos y tsunamis. **TSUNAMIS. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, v. 13, n. 13.1, p. 15-19, 2005.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. **Earth Science Literacy Principles**. 2009. Disponível em: <http://www.earthscienceliteracy.org/>. Acesso em: 22 jun. 2024.

PEDRINACI, E.; ALCALDE, S.; ALFARO GARCÍA, P.; ALMODÓVAR, G. R.; BARRERA, J. L.; BELMONTE, Á.; ROQUERO, E. Alfabetización en Ciencias de la Tierra. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, v. 21, n. 2, p. 117-129, 2013.

PEÑUELA VELÁSQUEZ, L. A. La transdisciplinariedad: Más allá de los conceptos, la dialéctica. **Andamios**, v. 1, n. 2, p. 43-77, 2005.

PÉREZ-TORRADO, F. J.; RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, A. ¿Cómo se miden las erupciones volcánicas? El índice de explosividad volcánica. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, v. 23, n. 1, p. 24-24, 2015.

SELLES MARTÍNEZ, J.; BAZÁN, M.; SMULEVICI, S. **Una escultura llamada Tierra: Arte y ciencia del paisaje**. In: Documentos del XIII Simposio sobre enseñanza de la Geología, Alicante, 5-10 jul. 2004, p. 286-290. Instituto de Ciencias de la Educación.

SELLES-MARTINEZ, J.; CONCHEYRO, G. **Los fósiles en el arte**. 2018.

SELLES MARTÍNEZ, J.; CASTRO, L. N. Minerales y rocas en el arte, en la ciencia y en la tecnología. **Eudeba**, 2012.

VIÑAS RUBIO, J. M. **Meteorología y pintura: dos mundos convergentes**. 2012.

YANES, J. 1816, **el año sin verano. Ventana al conocimiento**. 2016. Disponível em: <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medioambiente/1816-el-ano-sin-verano/>. Acesso em: 22 jun. 2024.