

# Alfabetización geológica para la formación ciudadana

Héctor Luis Lacreu

**neu**  
NUEVA EDITORIAL  
UNIVERSITARIA

ALFABETIZACIÓN GEOLÓGICA  
PARA LA FORMACIÓN CIUDADANA

## **Universidad Nacional de San Luis**

Rector: CPN Víctor A. Moriñigo

Vicerrector: Mg. Héctor Flores



### **Nueva Editorial Universitaria**

Avda. Ejército de los Andes 950

Tel. (+54) 0266-4424027 Int. 5197 / 5110

[www.neu.unsl.edu.ar](http://www.neu.unsl.edu.ar)

E mail: [unslneu@gmail.com](mailto:unslneu@gmail.com)

### **Edición y revisión crítica:**

Lic. Laura I. Lacreu

### **Diagramación:**

Eliana Puertas - Cecilia Rodoni

### **Foto de tapa:**

Geositio “Salto de la Salamanca” donde el autor a lo largo de 25 años enseñó que la Geología es una ciencia histórica que permite reconstruir la historia de cambios en el paisaje y destacar su valor patrimonial y la necesidad de su protección por parte de la ciudadanía. En este caso los estudiantes, en contacto directo con la naturaleza, pueden interpretar que hace 500 millones de años en este lugar, ubicado en Juana Koslay, San Luis, hubo una cordillera como la de los Andes y al oeste había solo mar.

Héctor L. Lacreu (2008)

---

Prohibida la reproducción total o parcial de este material sin permiso expreso de NEU





**Héctor Luis Lacreu (1950)**

Geolodacta. Profesor Titular UNSL, jubilado luego de 35 años de docencia y 10 años previos en exploración y explotación minera. Dr. Ciencias Geológicas (1993) y Esp. Docencia Universitaria (1999). Premio Juan José Nágera-2017, otorgado por la Asociación Geológica Argentina en reconocimiento por la difusión de las Ciencias Geológicas. Premio Chris King-2023 por los aportes a la educación otorgada por COGE (Commission on Geoscience Education) de la IUGS (International Union of Geological Sciences)

Profesor de grado en “Introducción a la Geología” y de posgrado sobre “Enseñanza de las Geociencias” e “Historia del Paisaje Geológico” en más de 15 cursos de capacitación docente en San Luis, Córdoba, Buenos Aires, La Pampa, Campinas (Brasil), Huelva (España) y Coquimbo (Chile)

Dirigió proyectos de investigación, extensión y divulgación en Geología. Publicó 25 trabajos sobre génesis de ónices calcáreos. Sobre educación en Geología, publicó un libro y participó en otros seis. Además, publicó más de 50 trabajos con arbitraje. Consultor del Ministerio de Educación Nacional, para elaboración de los Contenidos Básicos Comunes de la EGB y EP (1994-6), de los NAP para la Educación Secundaria (2010) y para los diseños curriculares de Ciencias de la Tierra de Buenos Aires, La Pampa, Córdoba y San Luis.

Fue Secretario Académico de la UNSL (1998/01), Director del Departamento de Geología (2007/10) y Coordinador nacional (CEP) del proyecto de NAP- Geociencias para todas las orientaciones de la educación secundaria MCEN (2014).

# **ALFABETIZACIÓN GEOLÓGICA PARA LA FORMACIÓN CIUDADANA**

Hector Luis Lacreu



Universidad  
Nacional  
de San Luis

Lacreu, Héctor Luis

Alfabetización geológica para la formación ciudadana  
Héctor Luis Lacreu - 1a ed - San Luis: Nueva Editorial  
Universitaria - UNSL, 2024. 209 p.; 23 x 17 cm.

ISBN 978-987-733-421-0

1. Geología. I. Título.  
CDD 551

## **Nueva Editorial Universitaria**

### **Coordinador General:**

Esp. Mariano Pérez

### **Director Administrativo**

Sr. Omar Quinteros

### **Administración**

Esp. Daniel Becerra

### **Dpto de Imprenta:**

Sr. Sandro Gil

### **Dpto. de Diseño:**

Tec. Enrique Silvage  
DG Nora Aguirre

---

ISBN 978-987-733-421-0

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723

© 2024 Nueva Editorial Universitaria

Avda. Ejército de los Andes 950 - 5700 San Luis

# Índice

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	12
<b>PRÓLOGO Eduardo Rinesi</b>	14
<b>PRÓLOGO DEL AUTOR</b>	18
<b>INTRODUCCIÓN</b>	22
<b>1. QUÉ ES LA GEOLOGÍA</b>	29
Una definición para la Geología	29
Nacimiento de la Geología como ciencia	29
Algunas definiciones tradicionales	33
La Geología en el ámbito científico académico	35
La Geología como ciencia histórico interpretativa	37
<b>2. GEOLOGÍA Y SOCIEDAD</b>	42
Los geólogos en el imaginario social	42
La Geología en la cultura y el arte	43
La Geología y el ambiente	46
Movimientos ambientalistas y soberanía	49
Los derechos de la Madre Tierra	51
<b>3. ALFABETIZACIÓN GEOLÓGICA</b>	57
Algunas nociones sobre la alfabetización científica	57
Dimensiones de la alfabetización geológica	58
Alfabetización geológica y enseñanza de la geología	59
La alfabetización geológica en los niveles educativos	60
La alfabetización geológica como derecho humano	62
Distopía del analfabetismo geológico	65
Raíces políticas del analfabetismo geológico	69
Desafíos de la alfabetización geológica	76

<b>4. GEOLOGÍA PARA LA FORMACIÓN CIUDADANA</b>	81
Razones político - ideológicas para la enseñanza de las Geología	83
Las relaciones naturaleza-sociedad	85
Las competencias geológicas	89
Ejes curriculares para la enseñanza de la Geología	91
La Geología en la enseñanza preuniversitaria	94
<b>5. BREVE HISTORIA DE LA ENSEÑANZA GEOLÓGICA EN ARGENTINA</b>	99
La enseñanza de contenidos geológicos en el siglo XIX	99
La enseñanza geológica en el siglo XX	106
Últimas reformas educativas del siglo XX	114
Involución de la enseñanza geológica en el siglo XXI	117
Los cambios curriculares propuestos por los Núcleos de Aprendizajes Prioritarios (NAP)	118
Acciones recientes para el mejoramiento de la enseñanza de la geología	120
<b>6. GEOLOGIA Y CIENCIAS DE LA TIERRA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES</b>	123
Impactos de una mutación: de la Geología a las Geociencias	123
Orígenes de la sustitución de la tradicional Geología por las ciencias de la Tierra en nuestro país	127
Ideario docente sobre las ciencias de la Tierra/Geociencias	129
Polisemia e identidad difusa de las ciencias de la Tierra	133
La enseñanza de las Geociencias en Latinoamérica	137
Las Ciencias del Sistema Tierra impulsadas desde el Norte	138
La “colonización” del espacio curricular de la Geología en nuestro país	141

<b>7. GEOLODÁCTICA, DESAFÍOS PARA RENOVAR</b>	
<b>LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGÍA</b>	143
¿Qué es la Geolodáctica?	144
La Geolodáctica como campo disciplinar	146
Conflictos epistemológicos en la didáctica de la Geología	148
La Geolodáctica y la praxis docente	150
¿Por qué es necesaria la Geolodáctica?	151
<b>8. TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA DE LA GEOLOGÍA</b>	155
Los cambios en el conocimiento enseñado	156
Creaciones didácticas en la enseñanza de la Geología	159
Más allá de Chevallard	161
Un modelo para la transposición didáctica de la Geología	164
Obstáculos epistemológicos en Geología	167
Nociones a considerar en la transposición didáctica en Geología	170
Conclusiones	174
<b>9. ALGUNAS PROPUESTAS GEOLODÁCTICAS</b>	176
Reflexiones sobre la Geolodáctica del Paisaje Geológico	180
El paisaje geológico en la enseñanza de la geología	181
El paisaje geológico como recurso didáctico	183
El paisaje geológico como objeto de estudio	185
El alfabeto geológico, llave para comprender la historia profunda del paisaje	188
La historia del paisaje geológico y la alfabetización geológica	193
Metodología de construcción de la historia geológica de un paisaje	196
Algunas consideraciones geolodácticas sobre la historia del paisaje geológico	202

para Ana y Violeta

esposa e hija, que amorosamente  
me acompañaron y lo siguen haciendo

## Agradecimientos

Durante más de 30 años dedicados a la docencia, resultan innumerables y muchas veces se pierden en mi memoria las personas, instituciones y circunstancias que contribuyeron a mi formación. A todos aquellos que la lectura de estas páginas les evoque algún encuentro o intercambio conmigo, quiero agradecerles por ayudarme a reflexionar y revisar mi praxis profesional.

Sin embargo, hubo algunos hitos que fueron jalonando mi propia evolución como Geolodacta. En primer lugar, quiero agradecer al colega y amigo Dr. Mauricio Compiani quien hace 30 años, a través de la “simple divulgación” del congreso de la AEPECT de 1994, me abrió los ojos sobre el movimiento educativo internacional sobre la enseñanza de la Geología. Posteriormente, en los 2000, dirigió mi pasantía de posgrado en la UNICAMP, en donde pude compartir, discutir y aprender junto a colegas como Pedro W. Gonçalves, Celso Dal Re Carneiro, Oscar Lobão y Silvia Figuerôa, entre otros, a quienes también deseo agradecer por su generosidad y sus enseñanzas.

Otras instancias muy fructíferas que deseo agradecer fueron las sucesivas invitaciones y apoyo financiero de las autoridades de la AEPECT para facilitar mi participación en los Congresos de enseñanza de las Ciencias de la Tierra a partir de 1994. Quiero agradecer especialmente a Francisco (Paco) Anguita, David Brussi, Joan Bach y Emilio Pedrinaci por la generosidad, el acompañamiento, sugerencias, generosos obsequios bibliográficos y, en algunos, casos por haberme alojado en sus hogares.

En el orden local, quiero agradecer a la Mgtr. Graciela del R. Sosa, Esp. Noemí N. Casali y Dra. Gabriela Castillo Elías por su acompañamiento en diferentes etapas de la gestión del proyecto de extensión Conociendo el Planeta (COPLA); del Museo de Historia Natural (MHIN) y del Centro de Recursos Geolodácticos (CERGEO) desde donde se realizaron

innumerables tareas de extensión y capacitación de docentes primarios y secundarios a quienes también agradezco su participación. Dichas actividades fueron una valiosa e insustituible fuente de información para la reflexión e investigación educativa que en buena medida ha nutrido el presente libro y cabe señalar que, pese a las dificultades y restricciones, pudieron realizarse gracias a la libertad existente en la Universidad Nacional de San Luis.

Para ir finalizando, quiero agradecer a mi hermana Laura Irene Lacreu por el apoyo y estímulo para avanzar con la recopilación y ordenamiento de las ideas dispersas en mi producción investigativa. Agradecerle muy especialmente por su esmerado trabajo de lectura, críticas y discusiones, amables, pero no menos vehementes, sobre los enfoques expositivos más apropiados.

Por último, mi profundo agradecimiento para mi querida esposa Ana con quien hemos compartido y acompañado durante los últimos 50 años y que pese a mi terquedad y mala administración de los tiempos familiares, siempre me brindó su apoyo y comprensión. Vaya también mi gratitud a Violeta, mi querida hija que tempranamente soportó algunos viajes de campo y las forzadas e insólitas propuestas para “leer las rocas”. Mi agradecimiento a ambas por soportar frecuentes paradas fotográficas (im-pres-cin-dibles) en nuestros paseos de vacaciones.

## Democrático, crítico, humanista

*Eduardo Rinesi*

El ejercicio de “alfabetización geológica” que propone aquí Héctor Lacreu se presenta como un aporte a la “formación ciudadana”, a la formación –entendemos– de hombres y mujeres capaces de vivir a la altura de las exigencias que nos plantean estos tiempos su vida colectiva en la ciudad. Tres rasgos fundamentales del tipo de abordaje que propone Lacreu en este libro, hijo de décadas de estudio y enseñanza sobre los problemas de los que aquí se trata, me importa destacar rápidamente en este puñado de líneas iniciales. El primero, su comprensión fuertemente *democrática* de esa vida ciudadana, si entendemos la palabra “democracia” –como la experiencia histórica nos enseñó a hacerlo últimamente– como la designación de un tipo de sistema político que no solo garantiza a sus ciudadanos y ciudadanas un conjunto amplio de libertades, sino que también promueve para ellos y ellas, y para el pueblo todo, un conjunto igualmente amplio de *derechos*. La mirada de Lacreu sobre los problemas inherentes a nuestros fuertes vínculos con la naturaleza es profundamente democrática en tanto está animada por lo que podemos llamar una perspectiva de derechos”: se trata de, favoreciendo una mejor comprensión de la índole de esos vínculos, promover la capacidad de los ciudadanos, las ciudadanas y la sociedad de ejercer un amplio conjunto de derechos, tales como el derecho al desarrollo, a la paz y a disfrutar de un medio ambiente saludable.

El segundo de los rasgos de la perspectiva que ofrece este libro que querría destacar es su espíritu crítico, si entendemos la palabra “crítica” como la que nos permite adjetivar un tipo de mirada sobre el mundo y sobre nuestro modo de estar en medio de él contraria a cualquier forma de *naturalización* de lo que nos viene dado. La crítica, en efecto, es la actitud contraria al tipo de pensamiento *ideológico* que nos hace figurarnos lo que es contingente como siendo necesario, lo que es artificial como siendo natural y lo

que es histórico como siendo eterno e independiente del sentido de lo que *nosotros* hacemos todo el tiempo sobre el mundo y sobre nosotros mismos. Los así llamados “daños ambientales”, por ejemplo, se nos presentan a menudo como fenómenos naturales, con los que las sociedades humanas no tienen ninguna relación y sobre los que las *decisiones* humanas, demasiado humanas, que *algunos* hombres particularmente poderosos toman todo el tiempo no tienen ninguna responsabilidad. Contra esa idea, una mejor comprensión de los problemas de los que se trata en este libro puede ayudarnos a entender que la mayor parte de esos daños, con su secuela de riesgos y amenazas para nuestra vida colectiva, son el resultado –dice Lacreu– de una “mala praxis” de determinados actores que toman esas decisiones, que actúan sobre la naturaleza, produciendo en ella cambios a veces muy significativos, ora ignorando las consecuencias de sus determinaciones, ora conociéndolas pero despreocupándose por ellas. La mirada crítica (es decir, repito, des-naturalizadora) que nos propone Lacreu nos devuelve el sentido de nuestra *responsabilidad* por el resultado de nuestras acciones.

La tercera y última de las características de la perspectiva de este libro que aquí querría subrayar es su *humanismo*, si entendemos lo que dice esta vieja palabra en el doble sentido que hoy me parece indispensable que le demos. Por un lado, en el sentido de una comprensión de que los problemas que hoy enfrentamos no lo son solo de los habitantes de un cierto país o de una cierta región, sino de los miembros del género humano en su conjunto. Desde el peligro atómico que sabemos que pende sobre el conjunto de la especie humana desde mediados del siglo pasado hasta las epidemias y otros síntomas de los desajustes ambientales producidos por nuestros modos más desaprensivos de trato de la naturaleza, hoy enfrentamos, en efecto, una cantidad de amenazas y peligros que nos involucran a todos los hombres, todas las mujeres y todos los pueblos de la Tierra. El filósofo alemán Karl Jaspers sugería que, frente a la amenaza de la bomba atómica, de lo que se trataba era de ayudar a transformar al género humano, por así decir, “en-sí”, u *objetivo*, objeto –en efecto– de diversos peligros y amenazas, en una humanidad “para-sí”, *subjetiva*, sujeto de la posibilidad de tomar su propio futuro entre sus manos y de actuar de consuno para conjurar esos peligros. Más optimista respecto a las potencialidades de la tecnología en general, y de la que él llamaba “termonuclear” en particular, el antropólogo brasileño Darcy Ribeiro sugería que sería el desarrollo de esa tecnología la que abriría el camino al advenimiento, en el mundo entero, de la que le gustaba llamar “civilización de la humanidad”. Como quiera que sea, podemos llamar *humanismo*, en un sentido primero y muy elemental, a una apuesta por la conformación de ese sujeto

colectivo al que estamos dando el nombre, tan pomposo como hoy inevitable, de “humanidad”, necesario protagonista de los capítulos venideros de nuestra historia común.

En un segundo sentido, complementario del anterior, podemos llamar *humanismo*, como nos sugiere hacerlo el sociólogo argentino Horacio González en su último libro, escrito –en medio de la pandemia que terminaría por cobrarse su propia vida– como un formidable ejercicio de revisión de sus lecturas de medio siglo y como parte de una reflexión muy amplia sobre el conjunto de fuerzas que amenazan por todas partes y en los más diversos planos la realización de esa humanidad hoy amenazada, a una actitud vigilante y crítica frente a lo que llama González “*las diversas formas de menoscabo de lo humano*” que hoy, de manera complementaria y convergente, lo hostilizan y quebrantan en todos los rincones del planeta. Las diversas formas de menoscabo de lo humano: las que producen las fuerzas del colonialismo y el neocolonialismo, las de las finanzas, la comunicación y la información, las de la industria de producción, tecnológicamente muy sofisticada, de semillas y alimentos, las de los monopolios bioquímicos y farmacológicos que dominan la escena planetaria y las derivadas de las formas más desatentas al cuidado del ambiente de las industrias extractivas en general y minera en particular. Fuerzas todas estas que es perfectamente posible y necesario conocer y examinar críticamente, que producen muchas de las decisiones que afectan nuestros modos de relación con la naturaleza y producen como consecuencia muchas de las catástrofes que tendemos, ideológicamente, a naturalizar, y que Lacreu nos invita en este libro a pensar con más información y menos descuido. El espíritu ilustrado y la vocación pedagógica que animan este libro son humanistas en el sentido más clásico y recuperable de la palabra.

Y nos invitan a una última consideración sobre el lugar y el papel de nuestras universidades y de nuestros *saberes* universitarios en la forja de una sociedad emancipada y justa. Hablábamos más arriba del lugar de los derechos en los modos en los que hoy pensamos la vida democrática de nuestras sociedades, y es una gran cosa que un conjunto de transformaciones operadas en nuestra región a comienzos de este siglo haya llevado a que hoy podamos pensar la *propia Universidad* como uno de esos derechos fundamentales que los ciudadanos y los pueblos deben (incluso porque así lo establece, desde 2015, una ley de la nación) tener garantizados. Eso significa, entre otras cosas, que quienes trabajamos en nuestras universidades debemos hacer los máximos esfuerzos por garantizar el pueblo que sostiene nuestro trabajo en ellas el usufructo de los conocimientos que en ellas producimos. Para eso es necesario que esos conocimientos sean puestos a circular en formatos y lenguajes como los que Lacreu propone en este libro,

para que puedan ayudarnos a levantar el nivel de nuestras conversaciones colectivas sobre los grandes problemas de nuestra vida en común y contribuir por esa vía a mejorar también la calidad de las políticas públicas desarrolladas en torno a esos problemas por nuestros gobiernos.

Este trabajo, democrático, crítico y humanista, es también un ejemplo del tipo de intervención lúcida y responsable que tenemos que hacer desde nuestras universidades públicas en este tiempo tan difícil.

## Prólogo del autor

La escritura de este libro tiene varias motivaciones que compartiré a fin de contextualizar las reflexiones críticas, las propuestas y el marco científico, político y filosófico que me sirvió de guía.

En primer lugar, decir que siento gran placer por la enseñanza y divulgación de la Geología debido a su belleza y a su importancia para promover y defender una relación equilibrada y respetuosa de las personas con la naturaleza. Estas ideas fueron compartidas en capítulos de libros, notas periodísticas y en más de 50 artículos científicos publicados en diversos ámbitos. Por ello he creído conveniente reunirlos y organizarlos en esta obra como un nuevo aporte para la reflexión sobre la enseñanza de la Geología, especialmente en la educación argentina, aunque también refleja situaciones similares en los países hispanoparlantes.

Las publicaciones aludidas reflejan parte de mis experiencias y reflexiones realizadas desde 1994 sobre la enseñanza de la Geología en la Universidad de San Luis donde, a lo largo de más de 30 años he participado en proyectos de extensión universitaria, en el dictado de cursos de capacitación docente y en la escritura de diseños curriculares provinciales y nacionales. Dichas tareas se concretaron en informes, propuestas e investigaciones académicas difundidas y varias veces consultados en el portal “Academia”<sup>1</sup>. En efecto, hasta noviembre de 2023, los artículos, en conjunto, recibieron más de 10.000 visitas desde al menos 35 países del mundo, especialmente Argentina (4.700), Venezuela (3000), México (930), España (700), Colombia (460), USA (413), Chile (360), Brasil (320), Perú (252), Ecuador, (150), Panamá (77) como así también en otros países de diversas lenguas y culturas.

Este libro representa también mi gratitud por los reconocimientos recibidos en razón de mis aportes a la enseñanza y divulgación de la Geología. El primer recono-

1 Portal Academia <https://unsl.academia.edu/HectorLacreu/Analytics/activity/documents>

cimiento ocurrió en 2017 cuando la Asociación Geológica Argentina me honró con el “Premio Juan José Nágera” y el segundo sucedió en 2023 al recibir la primera “Medalla Chris King” (2023) por parte de IUGS-COGE<sup>2</sup>.

Otra de las motivaciones de esta obra fue y sigue siendo el sentimiento de pesar que me provoca el analfabetismo geológico de la población, que impide el placer de leer los “textos” grabados en las rocas que “relatan” las historias de sus propios paisajes. Dicho analfabetismo geológico lo he percibido tempranamente durante mi trato con obremos, empresarios y funcionarios a lo largo de mis 10 primeros años de trabajo profesional (1975-1985) en actividades de exploración y explotación minera. También advertí dicha carencia durante mi función como profesor de Introducción a la Geología en la Universidad Nacional de San Luis (1988-2015) a partir de mis vínculos con autoridades educativas, profesionales universitarios y especialmente con los alumnos ingresantes.

Además de pena, dichas falencias me generaron cierto sentimiento de responsabilidad política y académica que me impulsaron a investigar, reflexionar y sugerir alternativas a fin de contribuir en la formación ciudadana mejorando la enseñanza de los contenidos geológicos básicos, enfatizando en el sentido social y político de los mismos. Por estas razones, en 1990 escribí el libro titulado “Costos sociales y riesgos políticos de la indiferencia geológica” y luego de concluir mi doctorado en Geología he “dado el mal paso” de orientar mi profesión a la investigación a tiempo completo sobre la transposición didáctica de la geología.

Esta obra es un nuevo intento para promover la reflexión y sensibilización sobre la importancia social de erradicar el analfabetismo geológico para que los ciudadanos además de aprender sobre la historia geológica de su propio paisaje, puedan comprender las razones de la presencia o ausencia de recursos abióticos y/o de amenazas geológicas y, de este modo, dejar de colaborar inocente e involuntariamente con la indebida naturalización de la mayoría de los daños ambientales.

Al respecto propongo una mirada crítica porque considero que los problemas ambientales son abordados poniendo mayor énfasis sobre las consecuencias sociales, pero no se profundiza adecuadamente en las causas. Aunque los problemas son multi-causales y tienen su origen en decisiones de orden político-económico, en muchos casos hay una importante contribución del analfabetismo geológico y de la incapacidad social de reaccionar en defensa propia.

---

2 The International Union Of Geological Sciences - Commission on Geoscience Education, <https://iugscoge.org/the-chris-king-medal/>

Por todos estos motivos sentí la necesidad política y académica de compartir algunas reflexiones y propuestas que considero necesarias para invitar a trabajar en el mejoramiento de la Alfabetización Geológica.

## **Advertencia**

Es posible que los lectores se pregunten: ¿por qué el título de este libro alude a la Geología y no a las Geociencias? que es la denominación de uso corriente en el ámbito educativo.

La respuesta es sencilla: luego de haber utilizado profusamente el constructo “Geociencias” en numerosos artículos y capítulos de libros, he reflexionado sobre mi praxis docente y he llegado a la conclusión de que ello ha sido un error. En efecto, en la mayoría de mis trabajos previos a 2012, aunque se inscribían en el campo “geocientífico”, en su escritura sólo empleaba conceptos y argumentaciones propios de la Geología y no tuve necesidad de mencionar a las otras ciencias del campo de las geociencias (Meteorología, la Climatología, la Oceanografía, la Paleontología o Astronomía).

Con el tiempo, sin embargo, comencé a sentir una creciente incomodidad por la utilización del significante Geociencias como sinónimo de Geología siendo consciente de que ésta es sólo una de las tantas disciplinas geocientíficas. Dicha incomodidad surgía de la percepción de estar contribuyendo a promover una confusión semiótica y, a la vez, de un cierto sentimiento de “culpa” por haberme dejado influenciar por la corriente de pensamiento imperante en este campo de las Ciencias Naturales sin una oportuna reflexión crítica. Es así que hasta el año 2012 mantuve dicho estilo paradójico y confuso asumiendo que esa disociación entre el significante Geociencias y su significado no revestía mayor importancia pues la Geología estaba (y está) dentro de dicho campo. Bajo este razonamiento superficial, consideré que cometía una “herejía” minúscula y tenía el consuelo de que esa era (y es) la práctica común.

Sin embargo, a partir del año 2012, con la publicación del trabajo “Raíces políticas del analfabetismo geológico”<sup>3</sup>, sentí la necesidad de reconstruir mi coherencia discursiva, epistemológica y pedagógica y, adhiriendo al enunciado que dice: “lo que no se nombra no existe”, resolví llamar a la Geología por su nombre para contribuir a evitar su extinción en el ámbito educativo.

Finalmente, deseo ofrecer mis disculpas anticipadas a los lectores que pudieran sentirse molestos por algunas expresiones “políticamente incorrectas” ya que no ha sido -ni es- mi intención personalizar las responsabilidades sobre los problemas sistémicos de naturaleza político-académica. Se trata de interpretaciones realizadas a la luz de mi experiencia empírica y subjetiva sin más pretensión que la de aportar argumentos para un necesario debate en los ámbitos pertinentes.

---

3 Lacreu, H L., 2012 Raíces políticas del analfabetismo geológico <https://bit.ly/3NmIXUZ>

# Introducción

Antes de avanzar con los temas específicos de la alfabetización se presenta el **Capítulo 1: "¿Qué es la geología?"** que ofrece una breve historia de esta ciencia desde sus orígenes en el siglo XVII, cuando el naturalista danés Nicolás Steno introduce en 1669 el concepto de estrato, y formula los denominados principios básicos que junto con el principio del uniformismo-actualismo de James Hutton, construyeron las bases de la Geología como una "*ciencia histórica de la naturaleza*", que permite explicar el origen y evolución de los paisajes. Se exponen diferentes caracterizaciones tradicionales de esta ciencia y se ofrece un panorama de algunas especializaciones que abordan estudios particulares de materiales como rocas o minerales y de procesos como terremotos y vulcanismo, entre otros. Más adelante se detalla un conjunto de disciplinas referidas al estudio del funcionamiento de la Tierra y sus productos cuyas investigaciones exceden el campo estrictamente geológico. Se trata de ámbitos académicos en los que se realizan investigaciones disciplinares e interdisciplinares que, en conjunto, adoptan el nombre más amplio de Geociencias. Finalmente, se realiza la caracterización de la Geología como ciencia histórica e interpretativa y se analiza la confusión epistemológica que condujo a considerar a la Geología como una disciplina de la Física y sus consecuencias pedagógicas negativas al enfocar su didáctica como una ciencia experimental, distorsionando así sus raíces históricas.

En el **Capítulo 2: "Geología y sociedad"** se desarrolla un panorama de las principales necesidades sociales donde interviene la Geología como es el caso de la provisión de recursos abióticos (agua, rocas, minerales) y la protección de amenazas naturales (terremotos, vulcanismo, inundaciones) que favorecen y/o limitan el desarrollo y la calidad de vida de la sociedad, y se sugieren preguntas para reflexionar. Más adelante se describen algunos objetos de investigación de la geología vinculados con el arte, la cultura y el albergue en el pasado remoto. Por otra parte, se comparten algunas reflexiones críticas sobre el concepto de medio ambiente y la educación ambiental. En relación con los da-

ños ambientales se advierte el riesgo de su naturalización ya que impide asumir que, en su mayoría, son de origen antrópico. Se ofrece una mirada crítica sobre las consignas de “salvar el planeta” y las propuestas pedagógicas que sólo promueven acciones individuales sin considerar que aunque necesarias son insuficientes, puesto que invisibilizan los conflictos de intereses originarios y sus responsables. Al mismo tiempo se propone la enseñanza y la práctica de investigaciones y acciones escolares participativas amparadas en el acuerdo de Escazú. Finalmente se proponen algunas reflexiones sobre el sentido pedagógico y político de las efemérides relacionadas con la Pachamama y el Planeta Tierra que, en ocasiones resultan superpuestas o ambiguas. Se propone transitar desde una actitud bucólica a la reflexión política para impulsar acciones eficientes que contribuyan al desarrollo sustentable.

Sobre la base de las consideraciones expuestas en los capítulos 1 y 2 se propone entrar de lleno en el **Capítulo 3: “La Alfabetización Geológica”**, donde se reflexiona sobre la necesidad de la construcción de una cultura científica que no solo valoriza el dominio del conocimiento para leer y comprender parte del mundo que nos rodea, sino que también promueve el compromiso social para reflexionar sobre las consecuencias sociales y políticas de la aplicación de esos saberes. Se considera que la alfabetización geológica es multidimensional y propone la consideración de tres dimensiones: a) la “alfabetización geológica práctica”, b) la “alfabetización geológica cívica” y c) la “alfabetización geológica cultural”. Posteriormente se analiza la presencia de estas dimensiones en los diferentes niveles educativos y se reflexiona sobre el desequilibrio en el tratamiento de la dimensión cívica y la cultural respecto del énfasis que se pone en la alfabetización práctica en las universidades nacionales y en los planes de estudio de Geología. Se considera que la alfabetización geológica es un derecho humano que si no está garantizado, se obstaculiza la comprensión del origen y distribución de los recursos y amenazas geológicas que inciden cotidianamente en la vida de la sociedad. A modo de contraste, se ofrecen algunos ejemplos para ilustrar cómo el analfabetismo geológico alimenta la distopía de profundizar modelos de desarrollo insostenibles como viene ocurriendo hasta nuestros días. Para finalizar se ofrecen algunas reflexiones sobre las raíces políticas del analfabetismo geológico, tratando de poner a la luz cuáles son los motivos por los que no son atendidos los argumentos científicos y pedagógicos que promueven la alfabetización geológica. Sobre la base de los problemas planteados, el capítulo finaliza con una enumeración de algunos desafíos “clave” de la alfabetización geológica.

En el **Capítulo 4: “Geología para la formación ciudadana”** se desarrolla la idea de que tanto la formación ciudadana como las problemáticas ambientales constituyen “asuntos políticos” razón por la cual se profundizan las reflexiones y propuestas sobre las dimensiones cívica y cultural de la Geología que fundamentan parte de las innovaciones de la alfabetización geológica. En efecto, se considera que los conceptos y métodos geológicos constituyen una herramienta cognitiva que enriquece y amplía la mirada sobre las problemáticas ambientales permitiendo poner en perspectiva y dimensionar con mayor precisión el impacto (local, regional y/o global) de las actividades que el hombre realiza en diferentes regiones del planeta. Entre otras cosas se propone cambiar la “visión” intuitiva sobre algunos procesos naturales para desnaturalizar y “humanizar” las causas de muchos de los daños que erróneamente se les adjudica. Se hace la advertencia de que la estrecha dependencia que el hombre tiene de los recursos mineros, el agua y los suelos, está tan naturalizada que muchas veces facilita la confusión perversa entre desarrollo sustentable y crecimiento económico, ignorando otros dos factores clave para entender la sustentabilidad como son el equilibrio ecológico y la equidad social. Por tales motivos se propone que la formación ciudadana debe promover al menos seis “competencias geológicas” que permitan entre otras cosas: i) identificar las verdaderas causas de los procesos geológicos que generan daños, y a la vez, ii) develar en qué medida los daños podrían ser evitados mediante la intervención preventiva o correctiva por parte de los organismos estatales o privados responsables. El presente capítulo finaliza reflexionando y sugiriendo algunos ejes curriculares para la formación ciudadana en la enseñanza preuniversitaria de la Geología, enmarcados en el paradigma de la Geología como “ciencia histórica de la naturaleza”.

Posteriormente y antes de avanzar con un diagnóstico actualizado sobre la enseñanza de la Geología parece apropiado hacer memoria y explorar su recorrido histórico, el cual se presenta en el **Capítulo 5 “Breve historia de la enseñanza geológica en Argentina”**. En él se analiza la evolución del espacio curricular de la Geología como parte de las Ciencias Naturales desde la época de la independencia argentina hasta la actualidad, recorrido que pretende aportar algunas explicaciones sobre el origen del analfabetismo geológico de nuestra sociedad. La investigación histórica incluyó antiguos libros de texto, documentos históricos oficiales y programas escolares y propone un recorrido que, en forma documentada, se inicia en 1863 cuando el presidente Bartolomé Mitre crea en Buenos Aires el primer Colegio Nacional y le da impulso a la enseñanza de Zoología, Botánica, Mineralogía, Geología y Paleontología. Sin embargo, la enseñanza geológica for-

mal comienza en 1869 cuando el presidente Domingo F. Sarmiento funda las cátedras de mineralogía en los colegios nacionales de las provincias de Catamarca y San Juan. Entre los textos escolares del s. XIX se cuenta el libro “Ciencias Naturales, Botánica, Mineralogía, Geología” de Paul Bert (1890), destinado al cuarto grado de las escuelas primarias. A principios del siglo XX, se publicaron los primeros libros de texto argentinos sobre Mineralogía y Geología, escritos por naturalistas o químicos y también geólogos, adaptados a los programas oficiales de la formación docente y de la educación secundaria.

Los documentos analizados demuestran que durante casi 80 años (1890 hasta 1968) en la educación secundaria existió el espacio curricular de “Geología y Mineralogía”, que luego de un período de transición comienza una etapa de lenta “extinción” debido a la transferencia de sus contenidos a otras materias del campo de las Ciencias Naturales. Posteriormente, después de una cancelación de casi 25 años, tiene lugar una segunda etapa de cambios que suceden durante la reforma iniciada en 1995 en la cual el campo de las Ciencias Naturales “recupera” los contenidos geológicos que son incorporados en los Contenidos Básicos Comunes (CBC) tanto de la Educación General Básica (EGB) como de la Educación Polimodal (EP). A continuación se describen algunas objeciones realizadas a raíz de estos cambios, y se analiza críticamente la metodología mediante la que, en años posteriores, se seleccionaron contenidos durante la elaboración de los llamados Núcleos de Aprendizajes Prioritarios (NAP) en el año 2006.

Sobre la base de la evolución histórica de los contenidos geológicos y sus espacios curriculares descriptos en el capítulo anterior surgen algunas reflexiones que se abordan en el **Capítulo 6: “La Geología y las Geociencias en las Ciencias Naturales”** en el que se intenta responder a la pregunta: ¿por qué en la educación preuniversitaria, se decidió sustituir la denominación Geología por la de ciencias de la Tierra, cambiando un espacio curricular disciplinar por otro interdisciplinario de mayor complejidad. Al respecto se proponen cuatro hipótesis relacionadas con conflictos corporativos y con enfoques epistemológicos y pedagógicos opinables, concluyendo que la mutación de la Geología en ciencias de la Tierra no ha contribuido a la superación del analfabetismo geológico. Se afirma que al ser “ciencias de la Tierra” una asignatura multidisciplinar que difiere de las otras materias disciplinares de las ciencias naturales, se hace difícil definir su identidad epistemológica y elaborar la didáctica más conveniente en cada región. En efecto, la ambigüedad epistemológica y la falta de adecuadas orientaciones oficiales motivan que cada docente seleccione los contenidos geológicos a ser enseñados según su formación inicial y acorde a sus preferencias. Por último, a modo de hipótesis se interpreta que

estos cambios experimentados no solo en Argentina sino también en América Latina a mediados del s. XX, pudieron estar influenciados por la reforma curricular realizada en Estados Unidos en esa misma época. Esta estuvo orientada por una mirada holística para la enseñanza de las Ciencias Naturales con un enfoque ambientalista, aunque con una fuerte impronta de la Física. Cabe señalar que en Estados Unidos estos cambios fueron asimilados con bastante equilibrio, dentro de una profunda reforma global en la enseñanza del conjunto de las Ciencias Naturales, enfocándose de modo coordinado en el Sistema Tierra. Se debe señalar que dicha coordinación no se practicó en la Argentina y, por el contrario, se concluye que el “histórico” espacio curricular de la Geología fue “colonizado” por las otras disciplinas.

Considerando que las estrategias pedagógicas precedentes no tuvieron resultados satisfactorios, se elaboró el **Capítulo 7: “Geolodáctica”** donde se profundiza el análisis sobre el origen del analfabetismo geológico y las posibles alternativas para su superación. Pensamos que dicho analfabetismo se verifica, por una parte, en una escasa vinculación entre la Geología y la vida cotidiana de los ciudadanos y por otra parte, en la consideración popular de que las rocas, minerales, fósiles, geoformas y paisajes representan una curiosidad lúdica, bucólica o museológica con escaso valor práctico; en tanto que un estudio más profundo sólo tiene un valor utilitario que debe quedar en manos de los expertos. Se postula que dicho ideario es erróneo, históricamente construido sobre la base de una enseñanza enciclopédica, con una didáctica poco apropiada que ha dificultado la valoración social de la Geología. En este capítulo se critica el enfoque sistemático y utilitario con el que se seleccionan sus contenidos, el aprendizaje memorístico que se promueve y la didáctica puramente experimental aplicada a su enseñanza. Por el contrario, se propone la Geolodáctica como una didáctica específica, motivadora y anclada en las raíces históricas de la disciplina, la cual se fundamenta en la adopción del paradigma de la Geología como una ciencia de la naturaleza, de carácter histórico-interpretativo, y en el compromiso de contribuir a la formación de ciudadanos críticos y reflexivos comprometidos con el desarrollo sustentable. Se estimula el crecimiento de la Geolodáctica y su reconocimiento como un campo de especialidad disciplinar tanto de Geólogos como de Pedagogos y docentes de las Ciencias Naturales, con el fin de que la investigación y perfeccionamiento en este campo deje de ser una tarea ocasional de la extensión universitaria o un pasatiempo lúdico, para transformarse en una de las funciones sustantivas de la profesión docente. Se considera que la Geolodáctica debe orientar los procesos de transposición didáctica mediante la incorporación de trabajos de campo

reales y/o virtuales para construir la historia geológica del territorio natal o de residencia, de manera de aportar a la construcción y defensa de la identidad territorial y a la comprensión de las bondades y limitaciones del territorio donde vive cada comunidad. Este enfoque, otorga un sentido social a los contenidos geológicos promoviendo la reflexión sobre la naturaleza política de las interacciones sociedad-naturaleza y sus consecuencias sobre la vida cotidiana de la sociedad.

Para completar el marco teórico de la Geolodáctica se elaboró el **Capítulo 8: “Transposición didáctica de la Geología”** donde se toma en cuenta el concepto creado por Ives Chevallard (1997) para la didáctica de la Matemática, debido a que propone aspectos muy interesantes para iluminar la didáctica de la Geología. En efecto se considera que ofrece una perspectiva teórica adecuada respecto de la transformación de los conceptos eruditos de la Geología al formato de contenidos geológicos para ser enseñados a los alumnos, teniendo en cuenta cada franja etaria, la cultura e idiosincrasia de la sociedad, así como las características del territorio que ellos habitan. Se defiende la idea de que el proceso de enseñanza y aprendizaje de conceptos geológicos y su investigación requiere de un marco teórico apropiado como el constructivismo y el aprendizaje significativo para superar las prácticas repetitivas y memorísticas. Así, se promueven los razonamientos y la resolución de problemas geológicos de tipo histórico como la construcción de la historia de un paisaje geológico contextualizado. Dicho proceso debe considerar la posible existencia de obstáculos epistemológicos que dificultan el proceso de construcción de nuevos conocimientos. Al respecto se ofrece una sistematización que ilustra la influencia que dichos obstáculos tienen en la inhibición de competencias ciudadanas y las consecuencias actitudinales ambientalmente nocivas en relación, por ejemplo, a riesgos naturales, suelo, agua, recursos mineros y paisaje. El capítulo finaliza con una propuesta de conceptos geológicos motivantes para diferentes comunidades que podrían ser de ayuda en los procesos de Transposición Didáctica de la Geología.

Finalmente, en el **Capítulo 9: “Algunas propuestas geolodácticas”**, se ofrecen algunas reflexiones y propuestas didácticas para la enseñanza de la Geología que pueden desarrollarse especialmente en la educación secundaria e inspirar actividades para la primaria. Se pone mayor énfasis en la adopción del Paisaje Geológico como objeto de estudio, aunque también es valorado como recurso didáctico, y se reflexiona sobre la distinción entre ambos conceptos. La ventaja de realizar investigaciones sobre la historia del paisaje geológico radica en que se recupera el carácter de la geología como ciencia histórica e interpretativa y propone inspirarse en la historia de la construcción y evolución

de los conocimientos geológicos. Se plantea la conveniencia de plantear la construcción de la historia del paisaje como punto de partida que permita la introducción paulatina de contenidos conceptuales y metodológicos como herramientas para lograrlo.

En tal sentido, este capítulo desarrolla las nociones básicas y aplicaciones del “Alfabeto Geológico” con el cual se podrán leer los signos presentes en las rocas e interpretar tanto la historia de cualquier paisaje como construir una idea sobre la eventual existencia de amenazas geológicas y/o de recursos abióticos.

# 1. QUÉ ES LA GEOLOGÍA

## Una definición para la Geología

En el imaginario ciudadano, la Geología es aquello que hacen los geólogos a quienes frecuentemente se los relaciona con la investigación de las rocas y los minerales, el estudio de volcanes y terremotos como así también con la búsqueda y explotación tanto minera como petrolera y de aguas subterráneas. En algunos casos, además, se concibe a la Geología como la ciencia que estudia la Tierra y su historia.

Sin embargo, este imaginario no incluye otros aspectos que hacen a la disciplina geológica como aquellos principios conceptuales y las metodologías empleadas para construir esos conocimientos, así como el reconocimiento de su importancia social.

En relación con su enseñanza en los distintos niveles educativos, el autor prefiere adoptar una sencilla definición para esta disciplina:

*“la Geología es la ciencia histórica de la naturaleza” (Potapova, 1968)*

Esta definición será de invaluable ayuda para orientar la transposición didáctica de los conocimientos geológicos a contenidos escolares.

A continuación, se expondrán algunos aspectos históricos, científicos y epistemológicos que justifican esta preferencia.

## Nacimiento de la Geología como ciencia

Podemos asumir que la Geología como ciencia nace a partir de que el científico danés Nicolás Steno (1638-1686) propone un sistema interpretativo embrionario para el estudio de los materiales expuestos en la superficie terrestre. Este sistema incluye los conceptos básicos para reconocer y diferenciar, entre otros, a las rocas, los minerales, los fósiles. Y,

sobre todo, aporta una metodología para investigarlos, caracterizarlos e inferir su historia. Es decir, intenta explicar el origen de cada material y el orden cronológico de su aparición en el lugar de estudio.

En su obra fundamental, el “Prodomus”, publicado en 1669, Steno introduce el concepto de *estrato*, y los denominados *Principios de Steno*: horizontalidad original, continuidad lateral y superposición de los estratos. Estos conceptos, junto con la dilucidación del significado de las conchas fósiles de Toscana, fueron utilizados por este investigador para interpretar la historia geológica de la isla de Malta. Así, tal como lo plantea Leandro Sequeiros (2003: 217-242), la geología debe considerarse una ciencia histórica.



**Principio** es un constructo equivalente a una ley, pero no necesita ser demostrada. Se trata de enunciados evidentes, cuya justificación no requiere de “otras verdades” ni deducciones a partir de conceptos previos. El criterio de verdad es el consenso de la comunidad basado en la coincidencia entre lo que se dice (el enunciado) y lo que ocurre (objetos o acontecimientos). Desde esta perspectiva, el constructo principios de la Geología, surge a partir de las regularidades observadas por Steno al estudiar los estratos de rocas sedimentarias:

**Principio de Horizontalidad Original:** Los estratos sedimentarios al formarse adoptan formas tabulares horizontales.

**Principio de Continuidad Lateral:** Los estratos sedimentarios son continuos y cubren grandes extensiones. Sólo se interrumpen al encontrarse con relieves positivos.

**Principio de Superposición de Estratos:** En una sucesión normal de estratos sedimentarios, los inferiores son más antiguos que los superiores.

**Principio de intrusividad:** sólo se aplica para relaciones entre rocas endógenas. Cuando una roca se presenta en forma de veta (cualquiera sea su posición), que corta a otro cuerpo rocoso más extenso, podemos afirmar que la veta es más joven que la roca que la contiene. Significa que en un gran macizo rocoso hubo una grieta que debido a presiones internas fue abierta y rellenada por un líquido magmático o hidrotermal.

Además de los aportes de Steno, cabe señalar los del escocés James Hutton (1726-1797) quien a través de su trabajo “Teoría de la Tierra”, cuestiona las ideas catastrofistas imperantes en esa época y propone que el actual relieve es producto de la acción continua, gradual y uniforme de los procesos geológicos durante un tiempo indefinido. Estas ideas se denominaron *Principio de Uniformismo* nombre que hoy ha sido reemplazado por el de *Actualismo*. El *Actualismo metodológico*, junto con los *Principios de Steno*,

aportan conceptos fundamentales para la reconstrucción histórica de cualquier paisaje geológico.



**Catastrofismo:** Denominación que alude a las primeras ideas sobre la historia de la Tierra, asociadas a los relatos bíblicos. El origen de las rocas, los fósiles y los paisajes se explicaban mediante procesos naturales catastróficos como terremotos, volcanismo e inundaciones como el diluvio universal.

**Uniformismo:** Escuela surgida como oposición a las ideas teológicas e introduce la noción de tiempos geológicos más prolongados. Sostiene la evolución lenta, continua y uniforme de los procesos formadores de rocas y paisajes. (Hutton 1778)

**Actualismo:** Denominación más moderna, que reemplaza al uniformismo. Refuerza la idea de la inmensidad del tiempo geológico, pero reconoce que los procesos geológicos no son uniformes, pueden tener intensidad variable y coexisten con procesos violentos y catastróficos.

**Actualismo metodológico:** Es también conocido como Principio del Actualismo o Ley de las causas actuales y usualmente se lo expresa con la idea fuerza: “el presente es la clave del pasado”. Es un método que permite relacionar los procesos actuales con los procesos ocurridos en el pasado a partir de las marcas que han dejado en las rocas y las geoformas. Cuando las marcas antiguas son análogas a las actuales, se infiere que los procesos generadores fueron los mismos.

Por otra parte, las observaciones de campo de Hutton y sus especulaciones teóricas le permitieron concebir a la Tierra como un sistema complejo en el que operan procesos cíclicos que dejan sus marcas en la superficie terrestre y que “no se sabe dónde comienzan ni dónde acaban”, transmitiendo de ese modo, la idea de la inmensidad del tiempo profundo. Cabe agregar que los razonamientos de Hutton no siguieron las tradiciones analíticas cuantitativas de las ciencias exactas, y su metodología no se limitó a los aspectos descriptivos y taxonómicos de la naturaleza. Por el contrario, desarrolló una estructura histórico narrativa basada en razonamientos analógicos y comparativos propios del actualismo. (Gonçalves, 2004)

En este brevísimo pantallazo histórico, se puede apreciar que en sus orígenes, la Geología constituyó una manera científica de reconstruir la historia geológica de lugares concretos, basándose en dos aspectos fundamentales. Por un lado, en la descripción de los materiales y la interpretación de sus orígenes y por otro lado, en la elaboración

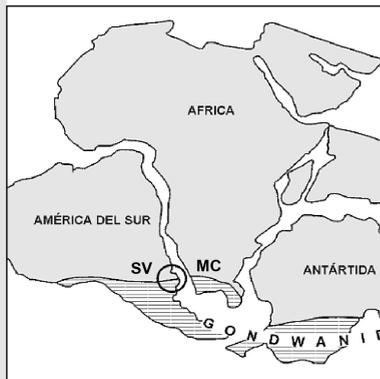
de narrativas históricas según la cronología de las rocas de un afloramiento (afloran, están presentes en un cierto lugar), conforme a las edades relativas establecidas según los principios de Steno.

A lo largo de la historia, estos primeros estudios, realizados en ciertos lugares de singular interés geológico o *geositios*, se reiteraron en otros, estableciéndose entonces comparaciones y analogías a partir de las cuales se fue construyendo la historia geológica de regiones cada vez más extensas. De esta manera, diferentes equipos de investigadores avanzaron simultáneamente en el estudio de geositios en diferentes continentes y a través de intercambios y apasionadas discusiones se construyeron acuerdos transitorios sobre una historia que paulatinamente se hizo extensiva a todo el planeta.



#### Del paisaje local al global

Como ejemplo de la construcción de la historia del Planeta partiendo de la historia singular de sitios alejados entre sí, se puede citar una de las tantas pruebas que contribuyeron a justificar la existencia de PANGEA. que fue un súper continente que existió hasta mediados de Mesozoico y que incluía lo que hoy conocemos como Sudamérica, África, Australia y Antártida. Se trata de las analogías establecidas entre las rocas, fósiles y estructuras presentes en la Sierra Ventana de Argentina y las Montañas del Cabo en Sudáfrica. Esto fue posible a partir de 1916, cuando el geólogo alemán radicado en Argentina, Juan Keidel, publicó el resultado de sus investigaciones sobre la geología de la Sierra de la Ventana (Argentina). Unos de sus hallazgos fue una serie de estratos de rocas marinas del paleozoico superior que culminaba con una roca típica de ambientes glaciarios (diamictita) y que todo el conjunto poseía una deformación intensa con pliegues muy singulares. Esta información llegó a manos del geólogo sudafricano Alexander du Toit quien advirtió grandes semejanzas con las rocas que él había estudiado en las Montañas del Cabo (Sudáfrica). Por tal motivo, du Toit visitó la Argentina en 1923 y junto con varios geólogos visitó las rocas descritas por Keidel llegando a la conclusión que la única explicación posible para que ambas regiones tuvieran idénticas composición, estructura y edades es que se



*Disposición del PANGEA mostrando la continuidad geológica entre Sa. de la Ventana (SV) en Argentina y las Montañas del Cabo (MC) en Sudáfrica*

hubiesen formado compartiendo las mismas condiciones geológicas. Estas evidencias confirmaron la idea de Wegener que en 1915 propuso la denominada “Deriva Continental”, explicando que la fragmentación de PANGEA en África y América del sur era equivalente a una hoja de diario rota en dos trozos y que al unirlos se advierte que coinciden tanto sus contornos como la posición de los renglones escritos y además es posible realizar una lectura que tenga sentido.



### Apuntes para pensar la enseñanza

Dos herramientas para pensar la enseñanza: La historia de la Geología y la Geología como ciencia histórica

En síntesis, la historia de la geología nos aporta un posible camino para organizar la enseñanza de la geología, recuperando elementos de la construcción histórica de sus conocimientos: la observación e investigación del paisaje. A la vez, y siguiendo a quienes son reconocidos como los “padres de la Geología”, dicho camino deberá incorporar también la noción de la Geología como ciencia histórica. Es sobre esta base que propongo incorporar en la enseñanza la indagación del paisaje cercano y la reconstrucción de su origen y evolución, introduciendo los contenidos pertinentes que luego podrán ser ampliados y profundizados.

## Algunas definiciones tradicionales

En los diccionarios y libros de texto se pueden encontrar definiciones que poseen diferentes matices y generalmente son más complejas que la ya citada de Potapova, a saber:

a) Geología es “la ciencia natural que estudia la composición y estructura tanto interna como superficial del planeta Tierra, y los procesos por los cuales ha ido evolucionando a lo largo del tiempo geológico” (Wikipedia)

b) “La complejidad de la Tierra hace que, para conocer su dinámica y estructura, la Geología se apoye en otras ramas científicas como la Física, Química y la Matemática. La Geología entendida en su sentido más amplio, se ocupa del estudio de la estructura de la Tierra, su origen, formación y evolución. Estudia su estructura, desde el núcleo interno hasta la capa más superficial –la litósfera- las fuerzas internas que provocan la deformación de las zonas más superficiales, generando océanos y montañas, y los procesos superficiales que modelan y destruyen el relieve. Además, la Geología trata aspectos fundamentales para el desarrollo de la vida en nuestro planeta. Por ejemplo, se ocupa de la evaluación y la prospección de recursos naturales, de los cambios del medio ambiente

(sinónimo de naturaleza) producidos por la interacción de los seres vivos y en especial de nuestra sociedad, de la predicción y localización de terremotos, erupciones volcánicas y otros riesgos naturales” (Tarradellas y Escasany, 2000)

c) “Geología (Geo: tierra y logos: estudio) es una ciencia que, fundamentalmente, estudia nuestro planeta desde el punto de vista de su composición, origen y evolución a lo largo del tiempo. Sus investigaciones suelen enfocarse en dos grandes campos que son complementarios: a) *Geología Física*, dedicada al estudio de los materiales y los procesos físico químicos asociados a la formación, transformación y deformación de los mismos.

b) *Geología Histórica*, establece la sucesión cronológica de los cambios ocurridos en los materiales del exterior e interior del planeta” (López, et al, 2017)

d) “La Geología (a veces conocida, de forma más amplia, como Ciencias de la Tierra o Geociencias) estudia la estructura de la Tierra y los procesos que le han dado forma a lo largo de su historia y que continúan dándose. En ella se sustenta la mayoría de los recursos que la población y la industria necesitan, como son: energía, minerales, agua y alimentos. Una amplia gama de servicios vitales dependen de la geología, como son: la gestión de los residuos que producimos; el conocimiento y la obtención de materiales para la construcción de edificios, carreteras, presas, túneles y otros grandes proyectos de infraestructuras; así como la solución de una amplia gama de problemas medioambientales, entre los que se pueden citar la descontaminación de suelos afectados por la industria.”(ICOG)

Como se puede apreciar, la mayoría de las definiciones o caracterizaciones de la Geología aluden a múltiples objetivos y finalidades relacionadas con “las cosas” de la Tierra y su interés social. Algunas de ellas incluyen también la producción de conocimientos teóricos como la aproximación a la formación del planeta Tierra y otras detallan algunas aplicaciones concretas en campos específicos del quehacer humano. Tal es el caso de la geotecnia y la ingeniería civil, e incluso la geofísica que ayuda a la comprensión y prevención de fenómenos terrestres de gran envergadura, como los terremotos.

Este enfoque descriptivo, da cuenta de la diversidad y complejidad de los procesos naturales que ocurren en el planeta Tierra, en el estudio de los cuales no solo interviene la Geología tradicional sino también algunas de las nuevas especialidades. Por

tales motivos, a menudo se utilizan expresiones en plural como: “Ciencias Geológicas”, “Ciencias de la Tierra” o “Geociencias” ya que engloban ramas especializadas en el estudio de diversos aspectos de la Tierra, tales como el clima, la exploración mineral, la dinámica tectónica y un prolongado etcétera. Incluso pueden aplicarse, por extensión, a investigaciones sobre otros astros del Sistema Solar.



### Apuntes para pensar la enseñanza

Como veremos en el próximo apartado, la mayoría de estas caracterizaciones han sido elaboradas en ámbitos académicos o eruditos. Al pensar en el ámbito educativo, considero necesario adoptar una definición que favorezca la transposición didáctica en cada nivel del sistema educativo, especialmente en lo referido a la selección y secuenciación de contenidos para una enseñanza de la Geología que se enfoque en la formación de ciudadanos.

Por tal motivo es que sugiero la adopción de la definición de “Geología como ciencia histórica de la naturaleza”. A partir de ella, será necesario precisar los contenidos que permitan a todos los ciudadanos construir la historia geológica de cualquier lugar de la naturaleza, comenzando por el entorno cercano, como se mencionó al finalizar el apartado anterior.

## La Geología en el ámbito científico académico

Desde un enfoque historiográfico se puede señalar que la Geología, en el campo académico e investigativo, ha evolucionado y se fue subdividiendo en varias disciplinas, cada una de las cuales posee objetos de estudio, marcos teóricos, y metodologías singulares. Se trata de especialidades que estudian aspectos parciales de los grandes procesos geológicos y de los resultados que tuvieron y tienen lugar en el planeta Tierra. Por ejemplo, la **Petrología** es la disciplina que se ocupa del origen de las rocas que a su vez se subdivide en especialidades según sean rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias. Otros casos son la **Geología de yacimientos** que estudia el origen y distribución de aquellas rocas y minerales de interés industrial, la **Hidrogeología** que se ocupa de establecer la presencia, movimiento y cantidades de agua en el subsuelo, o la **Sismología** que se ocupa de

medir de modo continuo las “vibraciones” en diferentes sitios y de reconocer las rupturas en rocas y terrenos, así como sus edades. De esta manera se establece la frecuencia de los sismos históricos en un lugar y, sobre la base de esta información, se elaboran las probabilidades estadísticas de eventuales repeticiones e intensidades en el futuro.

Algunos autores de textos de Geología Introductoria para el nivel universitario denominan geología al conjunto de especialidades “geológicas” que corresponden a diversas áreas de estudio y que se relacionan con diferentes ciencias “no geológicas” (ver Cuadro 1.1).

**Cuadro 3.1: Especialidades derivadas de la Geología y su amplia relación con otras ciencias**

ESPECIALIDAD	ÁREA DE ESTUDIO	CIENCIA RELACIONADA
Geocronología Geología Planetaria	Tiempo e historia de la Tierra Geología de los planetas	Astronomía
Paleontología	Fósiles	Biología
Geología económica Geología ambiental Geoquímica Hidrogeología Mineralogía Petrología	Recursos minerales y energéticos Medio Ambiente Química de la Tierra Recursos hídricos subterráneos Minerales Rocas	Química
Geofísica Geología estructural Sismología Vulcanología	Interior de la Tierra Deformación de las rocas Terremotos Volcanes	Física
Geomorfología Oceanografía Paleogeografía Estratigrafía	Formas del relieve terrestre Océanos Rasgos y distribución de geografías antiguas Distribución de las rocas	Historia

El conjunto de disciplinas enunciado en el cuadro precedente demuestra la variedad y complejidad de las investigaciones sobre el planeta Tierra y la variedad de especialidades derivadas de la Geología que intervienen en los trabajos interdisciplinarios.

Vale la pena advertir que, las especializaciones y súper especializaciones se fueron creando como respuesta a la complejidad de los objetos de estudio y a la creación de otros nuevos. Las nuevas especialidades fueron bautizadas con nuevas denominaciones

(Hidrogeología, Paleontología, Vulcanología, Sedimentología, etc.) con el doble objetivo de lograr por un lado un mejor reflejo de sus actividades y por otro lado, en un sentido bourdiano, promover la construcción de un espacio de poder desde donde disputar mayores cuotas de presupuesto y recursos humanos y también, espacios físicos para el desarrollo de las mismas.

Este tipo de investigaciones, desarrolladas en ámbitos académicos fueron agrupadas bajo la denominación “Ciencias de la Tierra” o “Geociencias” y con esas denominaciones se han creado diversos institutos universitarios. Ejemplo de ello son: IGEBAs<sup>4</sup> e IBIGEOs<sup>5</sup> en Argentina, IGE<sup>6</sup> en Brasil, IGC<sup>7</sup> en Panamá, o IGEOs<sup>8</sup> en Madrid. Incluso, en alguno de ellos está incorporada la Geografía que como ciencia social realiza importantes aportes a algunas investigaciones de las ciencias naturales.

Por otro lado, existen asociaciones internacionales como IGEO<sup>9</sup> orientada por la consigna: “La educación en geociencias estudia cómo las esferas de la Tierra, la geosfera, la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera interactúan a través del sistema dinámico de la Tierra.” También existen programas de UNESCO como el IGGP<sup>10</sup> que promueven con mucha razonabilidad el desarrollo de geoparques en todo el mundo explicando en la presentación de su página web que “Las Ciencias de la Tierra nos brindan un conocimiento invaluable sobre nuestro planeta, sus sistemas y su historia de 4.600 millones de años. Este conocimiento es esencial para responder a los desafíos actuales de la sociedad humana tales como: preservar los recursos de nuestra Tierra para las generaciones futuras, mitigar el impacto del calentamiento global y mitigar los riesgos de los peligros geológicos”.

## La Geología como ciencia histórico interpretativa

Las descripciones y definiciones anteriores nos muestran *qué* se investiga en Geología. Sin embargo, si queremos pensar a la Geología como la disciplina científica de referencia para una adecuada transposición didáctica, preferimos aquellas definiciones que dan cuenta de *qué* es la Geología, *por qué* (motivos), *para qué* (finalidades) y *cómo* (metodo-

4 Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires, <http://igeba.gl.fcen.uba.ar/>

5 Instituto de Bio y Geociencias del NOA de Salta, <https://ibigeo.conicet.gov.ar/>

6 Instituto de Geociencias de la UNICAMP, <https://portal.ige.unicamp.br/>

7 Instituto de Geociencias – Universidad de Panamá, <https://www.panamaigc-up.com/>

8 Instituto de Geociencias, Univ. Complutense, Madrid, <https://igeo.ucm-csic.es/>

9 International GeoScience Education Organisation, <http://www.igeoscienced.org/>

10 International Geoscience and Geoparks Programme, <https://bit.ly/39yachd>

logías) se construyen los conocimientos geológicos sobre el funcionamiento de la Tierra. En consecuencia, para caracterizar a la geología, en este libro el autor apelará a un enfoque epistemológico que recoge los aportes de la historia de la ciencia y que, a la vez, la caracteriza como ciencia histórico-interpretativa.

La Geología aborda los problemas históricos del origen y evolución de cada región del planeta. Sea esta pequeña o extensa, se trate de una región montañosa, de una meseta o de llanura, en cualquier caso, las geoformas y sus materiales abióticos constituyentes (rocas, minerales y suelos) poseen registros o marcas que permiten interpretar una parte de la historia de cada lugar. Decimos “una parte” ya que es imposible reconstruir la historia completa porque una porción de las rocas estará oculta en el subsuelo y algunas rocas habrán desaparecido como consecuencia de la erosión. Se trata de un fenómeno parecido a la reconstrucción de la historia humana de un pueblo en una determinada región en donde nunca se estará seguro de contar con todos los registros o documentos, sea porque aún no fueron descubiertos, porque alguien los ocultó o porque se destruyeron.

En ambas circunstancias, geológica y humana, sus historias se construyen sobre la base de investigaciones de los registros (marcas o documentos) hallados y son provisionarias ya que siempre es posible que en algún momento aparezcan nuevos datos, teorías o enfoques que modifiquen las interpretaciones previas. Por otro lado, así como la humanidad reconstruyó (provisoriamente) su historia integrando e interpretando los episodios locales y estableciendo posibles vínculos entre ellos, también en la Geología la integración de las historias singulares de cada región permitió construir una narrativa sobre la historia del planeta Tierra. En esta reconstrucción han sido fundamentales los recientemente mencionados aportes de Steno y de Hutton. En particular, el Principio de Actualismo que permite establecer qué tipo de procesos actuaron en el pasado para dar origen a las geoformas y a las rocas que actualmente observamos en la superficie o en las galerías mineras o en las muestras obtenidas mediante perforaciones.

Como se puede advertir, el enfoque que aquí propongo resulta novedoso en relación con las definiciones escolares tradicionales de los manuales y libros de texto mencionadas en un apartado anterior. Y la principal “novedad” es que para definir a la Geología se tiene en cuenta su epistemología, es decir la historia de la construcción de los conocimientos geológicos revalorizando sus orígenes.

Las ideas expuestas en los párrafos anteriores fueron claramente teorizadas por diferentes autores, entre ellos la ya mencionada Potapova (1968). Posteriormente, Fro-

deman (1995) ofrece una profundización epistemológica y Compiani y Gonçalvez(1996) desarrollan este enfoque con fines pedagógicos.

Así, en primer lugar, antes que considerar a la Geología como una ciencia de carácter nomotético (basada en la enunciación de leyes o principios generales), se destaca su carácter ideográfico (interpretación de los signos de cada objeto). “La geología, puesto que reconstruye y explica las manifestaciones de la superficie terrestre como testimonio de fenómenos contingentes acontecidos durante una historia pasada, guardaría mayor semejanza con la historia de los Papas de Roma que con las del monótono e inexorable proceso que relaciona los huevos con las gallinas (Álvarez Muñoz 2004).

En segundo lugar, se asume la necesidad de caracterizar a la geología por su objeto de estudio: *historia de la Tierra* y por la metodología del trabajo específico que la caracteriza más ampliamente: *Actualismo* para la reconstrucción histórico-interpretativa.

En este punto, creo necesario hacer una distinción entre el concepto “objeto de estudio de una ciencia” (interrogantes y problemas a resolver) y el concepto “objeto de investigación” (cosas a ser investigadas) ya que la confusión entre los dos conceptos conduce a menudo a malos entendidos. Así, a menudo se escucha decir que el objeto de la geología es, por ejemplo, la corteza terrestre (Potapova, op. cit: 86). Esta autora, destaca que la corteza y su superficie no son más que los objetos principales e inmediatos de investigación geológica, pero en cuanto al objeto de estudio de la geología, puede definirse como el proceso histórico-geológico. La tarea de la geología es estudiar la historia de la Tierra como un todo: no se puede estudiar la corteza aisladamente del manto y del núcleo, ni al margen del proceso histórico general de la evolución de nuestro planeta. En efecto, el objeto el estudio de la geología es un todo estructurado, dialéctico, que no es sólo un conjunto de relaciones, hechos y procesos de nuestro planeta, sino que también incluye su origen, estructura y génesis (Compiani, 1990:295).

Entonces, si se quiere acceder al conocimiento de la historia de un sitio o de todo el planeta como objeto de estudio (problema), se deberán utilizar los objetos de investigación (cosas) que están disponibles en la corteza terrestre como son las rocas, los minerales y las estructuras (pliegues, fallas y sus orientaciones en el espacio), que reflejan los fenómenos que ocurrieron en el pasado geológico.

Esta perspectiva pone de relieve la distinción epistemológica entre las ciencias experimentales y la geología, porque “sus objetos de investigación resultan más complejos y son irreductibles a los procesos de laboratorio y al uso de variables controladas.

Las evidencias a ser estudiadas por la Geología, están en el campo y la extracción de muestras parciales requiere su estudio en el contexto original” (Frodeman, 2001:44).

Es muy frecuente la expresión que dice que “el campo es el laboratorio de la geología”, sin embargo, habría que aclarar que se trata de una metáfora poco feliz por diversos motivos. Por una parte, la idea de laboratorio se asocia con experimentación y como muchos consideran que la geología es una ciencia experimental igual que biología, física y química, entonces se asume que su ámbito de estudio debe ser un laboratorio, el cual se encuentra en el ámbito de la naturaleza. El término laboratorio se asocia a un ámbito cerrado en el que se realizan experimentos manipulando sustancias, artefactos e instrumentos para poner de manifiesto algunas relaciones entre ciertos procesos y los cambios ocurridos en un objeto de estudio. Sin embargo, nada de esto es posible realizar en el campo con las rocas, los minerales, los suelos, las aguas que son los principales objetos de investigación de la geología.

Frodeman (1995), rechaza la idea de que la Geología es una ciencia derivada, o sea, una ciencia que apenas aplica las leyes y las técnicas de la Física y de la Química. Según este autor, analizar la Geología bajo la perspectiva de la Física nubla nuestra comprensión del razonamiento geológico porque supone una vinculación con el modelo clásico del razonamiento científico. Por el contrario, sostiene que el razonamiento geológico se fundamenta en técnicas hermenéuticas y ciencias históricas, recuperando de esta manera el carácter interpretativo e histórico de la Geología. En este sentido, el campo no es el laboratorio sino la fuente de información.

Este enfoque epistemológico que resalta la caracterización de la Geología como *ciencia histórica*, es decisivo para el establecimiento y definición de una nueva disciplina bautizada por el autor como “Geolodáctica” (ver capítulo 7) que resalta tanto el sentido político de la geología como la elección de un enfoque particular para su enseñanza.

## Bibliografía citada

- Alvarez Muñoz, Evaristo, 2004. Filosofía de la ciencias de la tierra. El cierre categorial de la geología. Ed Pentalfa. Madrid
- Compiani, Mauricio, 1990. Uma breve comparação entre as concepções de ciência geológicas e as concepções dialéticas. En I Colóquio Brasileiro de História e Teoria del Conhecimento Geologico. Pag. 295. <https://www.researchgate.net/publication/316584645>
- Compiani, Mauricio, Gonçalves, Pedro Wagner, 1996. Epistemología e historia de la geología como fuentes para la selección y organización del curriculum Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (4.1), 38-45 <https://bit.ly/3sZ7RCT>
- Frodeman, Robert, 2001 A Epistemología das Geociencias. En Geociências: dos currículos dos ensinos básicos e secundario. Pag 44
- Frodeman, Robert, 1995 O raciocínio geológico: a geologia como uma ciência interpretativa e histórica <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637460>
- Gonçalves, Pedro W. 2004. James Hutton: taxonomía, interpretación de cuerpos geológicos y enseñanza de la ciencia del sistema tierra. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, (12.2) 133-141.
- ICOG, 2015 Geología para la sociedad (Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España) [http://www.icog.es/TyT/files/geo\\_sociedad.pdf](http://www.icog.es/TyT/files/geo_sociedad.pdf)
- López, José Pablo (ed), S. Nieva, V. Rosas, C. Bazán, M. E. Vides, M. A. Báez, A. M. S. Córdoba y D. L. Herazo, 2017. Geología Imprescindible. Contenidos para enseñar las Ciencias de la Tierra en la escuela secundaria. SB editorial
- Potapova, Marina, 1968 La geología como ciencia histórica de la naturaleza autores <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637480>
- Sequeiros, Leandro, 2003 Las raíces de la geología. Nicolas Steno, los estratos y el diluvio universal. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (10.3) 217-242 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2897820>
- Trabuck, E.J., Lutgens F.K, 2013. Ciencias de la Tierra. Una introducción a la Geología Física. Ed Pearson Educación, Madrid Pag.5
- Tarradellas, E.B, Escasany, M.T., 2000. Geología. Ed. Santillana Polimodal. Argentina
- Wicander, R, Monroe J.S., 1999. Fundamentos de Geología Ed. International Thompson Editores, México. Pag .6

## 2. GEOLOGÍA y SOCIEDAD

### Los geólogos en el imaginario social

La caracterización más frecuente de la función social de los geólogos es el resultado de la percepción que tiene la sociedad de los problemas en los que intervienen y las soluciones que aportan. Sin embargo suelen ser los problemas los que más amplia difusión periodística tienen ya que los daños y riesgos provocados por accidentes mineros o hídricos, o los derivados de terremotos, volcanes, derrumbes o inundaciones, tienen consecuencias concretas sobre las comunidades afectadas y, además, suelen tener amplio impacto en la población en general.

Así, la mayor difusión de las noticias se concentra en los daños, los damnificados y los presuntos responsables, entre los que suelen encontrarse los geólogos. Ese fue el caso del terremoto de L'Aquila en 2009<sup>11</sup>, o el derrumbe que sepultó a 33 mineros en Chile en 2010<sup>12</sup>. Por el contrario, cuando suceden logros importantes como el hallazgo de nuevas reservas mineras, petroleras o hídricas, el protagonismo lo tienen los políticos y financistas que impulsaron las acciones y los beneficios sociales que se esperan. De este modo, se suele poner mayor énfasis en los geólogos como parte de los problemas mientras se enmascara su participación como parte de las soluciones.

Da la impresión de que la sociedad ha naturalizado la posibilidad de abastecimiento continuo de agua o de recursos mineros y la protección frente a amenazas geológicas mientras ignora a los actores y los procesos que permitieron y garantizan la calidad de vida que estas acciones proveen. Si bien son múltiples los motivos que generan este imaginario, me interesa destacar dos de ellos.

---

11 El País, 2011 ¿Que lo paguen los científicos? <https://bit.ly/3d8HogB>

12 28 RTVE, 2011 La comisión investigadora del accidente de los mineros de Chile culpa a los dueños de la mina <https://bit.ly/3SGmWEf>

Por una parte podemos atribuirlo a la “alienación” de la mayoría de los geólogos que se desprecupan de la divulgación de sus propias actividades que dan cuenta de su función social y que redundan en beneficios para la comunidad.

Por otra parte una educación básica deficitaria en temas geológicos, contribuye en ese mismo sentido. Muchas de las problemáticas que afectan a los pueblos y las comunidades requieren de conocimientos geológicos para comprenderlas, para abordarlas e intentar aportar soluciones. Sería deseable que en el marco de la enseñanza geológica escolar se abordaran algunas de estas problemáticas que son sensibles a la comunidad y se diseñaran estrategias didácticas que tornen significativos los contenidos geológicos escolares.

La ausencia de estas estrategias de enseñanza dificultan la superación del “analfabetismo geológico” y no contribuyen a poner en cuestión ideas intuitivas erróneas como aquella de que las rocas y minerales presentes en el Planeta son inagotables y que podremos disponer eternamente de ellas en las cantidades que necesitemos. Mientras que otros fenómenos como las sequías, las inundaciones o los terremotos (que se manifiestan sorpresivamente y con una evolución más o menos rápida) son motivo de preocupación y angustia por la inminencia de sus consecuencias, o la posibilidad de agotamiento de los bienes naturales no suele percibirse como problema.

No obstante ello, una parte de los argentinos, que vive directa o indirectamente de la actividad minera, sí son conscientes de la posibilidad cierta de agotamiento de las reservas de una mina o cantera, con la consiguiente pérdida de la fuente de trabajo y las angustias derivadas de tal situación.

## **La Geología en la cultura y el arte**

De un modo indirecto, los procesos geológicos y sus resultados están reflejados en los materiales y en las geoformas del paisaje, y suelen estar presentes en diversas expresiones culturales y artísticas. Las rocas y minerales tienen amplia difusión en obras arquitectónicas, orfebrería, tallas y esculturas. Por su parte algunos minerales son usados como pigmentos para cosmética y pinturas, tal es el caso de la hematita, goethita o limonita, que son óxidos e hidróxidos de hierro que proveen pigmentos de tonalidades rojizas y amarillentas como las usadas en pinturas paleolíticas. A la vez, diversas culturas, utilizan piedras y minerales como objetos de culto y se los suele relacionar con propiedades energéticas y curativas. Aunque desde el punto de vista de la ciencia no se



### Apuntes para pensar la alfabetización geológica

Para favorecer la alfabetización geológica en relación con las problemáticas derivadas de la naturalización de la existencia de ciertos recursos, proponemos el planteo de preguntas-problema, que pueden ser reales o ficticios, que serán más estimulantes si están orientadas a la búsqueda de posibles respuestas a través de la investigación. Por ejemplo:

En relación con la provisión de agua: ¿de dónde se obtiene el agua que el municipio distribuye a las casas, escuelas e industrias?, Imaginemos que un terremoto destruyera todos los depósitos y cañerías y nos quedaríamos sin agua ¿dónde y cómo habría que buscar nuevas fuentes de agua?, ¿podría haberse evitado dicho problema? ¿qué se debería haber hecho para ello? ¿está prevista esta emergencia? El planteo es contra intuitivo porque hay una idea generalizada de que las reservas son inagotables. Esta situación puede replicarse con rocas o minerales y en todos los casos, en el momento de plantear la búsqueda de nuevas reservas de recursos o la prevención de amenazas se pondrá en evidencia el rol predictivo de los geólogos.

Otro tema disparador podría ser el vulcanismo: ¿podría haber amenazas volcánicas en nuestra ciudad?, ¿a qué distancia y en qué dirección se encuentran los volcanes activos más próximos?, ¿será posible que las coladas y cenizas volcánicas lleguen hasta nuestro barrio?, ¿es posible preverlo? ¿cuáles serían los efectos de una lluvia permanente de cenizas durante un año o más?

Estas preguntas-problemas son válidas independientemente de las amenazas reales que pueda tener la región que ocupe la población escolar. En efecto, representan situaciones conflictivas sobre las cuales es conveniente promover un pensamiento crítico y el desarrollo de una investigación con bases científicas para su eventual resolución. Los alumnos que se encuentren en regiones amenazadas podrán “sentir” un mayor compromiso con su identidad y con el cuidado de sus paisajes y los que no tengan esas amenazas podrán experimentar sentimientos de “empatía” con los primeros, sobre todo si se promueve un intercambio entre ambas poblaciones.

En relación con los recursos mineros, se podría considerar el caso de una ciudad como Olavarría (provincia de Buenos Aires), donde una gran parte de la población trabaja en forma directa o indirecta en canteras de piedra caliza para la fabricación de cales y cemento. En este caso, se puede plantear un disparador contra intuitivo como: ¿qué ocurrirá con las fuentes de trabajo si se agotaran las reservas de calizas o su explotación

han encontrado evidencias sobre las propiedades que se les atribuye, se trata de saberes ancestrales que forman parte de las cosmovisiones de distintas comunidades y dan forma a sus culturas, razón por la cual merecen el debido respeto.

Algunas sociedades humanas, han utilizado geoformas como morada como es el caso de los trogloditas, que ocupaban cuevas y aleros. A lo largo de todo nuestro territorio y también en otros países y continentes, es posible encontrar pinturas rupestres y petroglifos en esta clase de geoformas, lo que permite suponer su utilización con fines rituales. También se han construido paisajes rituales (Leibowicz et al. 2014) como los estudiados en los municipios de Totolapan y Atlatlahucan (Morelos, México), en Alto Ancasti (Catamarca), el Pucará de Tilcara (Fig 2.1) en la Quebrada de Humahuaca (Jujuy, Argentina) o los sencillos cúmulos de piedras denominadas Apachetas (Fig 2.2) dispersos en diferentes zonas de Argentina y América Latina. Dichos paisajes son espacios naturales culturalmente modificados en función de las cosmovisiones correspondientes a culturas ancestrales de las diversas comunidades que habitan el planeta, quienes toman posesión simbólica del paisaje introduciendo transformaciones singulares.



Fig 2.1 Pucará de Tilcara, Jujuy



Fig 2.2 Apacheta en el Abra del Acay, Jujuy



Fig. 2.3 Los Altares, Provincia de Chubut

Por otra parte, existen paisajes naturales que ofrecen a nuestra vista siluetas curiosas como es el caso de “Los altares” en la provincia de Chubut (Fig. 2.3) o la “Esfinge” (Fig. 2.4) y el “Submarino” (Fig. 2.5) en Valle de la Luna, San Juan, todos ellos en Argentina. En su mayoría son el resultado del modelado de las rocas sedimentarias que fueron erosionadas de manera diferencial según su grado de consolidación.

Por su singularidad y belleza, estos modelados, son aprovechados con fines turísticos. En ese sentido hacemos una salvedad ya que estas formas suelen ser presentadas a los visitantes como “formaciones”, lo cual constituye un error desde el punto de vista geológico. En efecto, el constructo “Formación” se utiliza para caracterizar la composición y edad de un conjunto rocoso. Es el caso de la *Formación Ischigualasto* en el Valle de la Luna, compuesta por la acumulación de areniscas fluviales y que se formó en

el período Triásico. El “submarino” y la “esfinge” como muchas otras, son *siluetas* (y no formaciones) que fueron labradas por el viento en las rocas sedimentarias exhumadas de dicha *Formación*.



Fig 2.4: La Esfinge (Valle de la Luna, San Juan)



Fig 2.5: el Submarino (Valle de la Luna, San Juan)

## La Geología y el ambiente

Al referirnos al ambiente no solo aludimos a la naturaleza, sino también al entorno social, económico, político, cultural del que forma parte una sociedad o un grupo humano. Se trata del conjunto de condiciones resultantes de la interacción de los seres humanos entre sí y con los entornos naturales. Por estos motivos tanto los problemas ambientales como sus soluciones son esencialmente de naturaleza política.

Sin embargo, en diversos ámbitos, científicos, intelectuales, periodísticos y escolares, suele utilizarse erróneamente el término “medio ambiente” o “ambiente” como sinónimo de naturaleza. Este uso indiferenciado de los términos puede resultar contraproducente toda vez que promueve o refuerza la construcción de algunas ideas intuitivas que tienden a naturalizar las causas de los problemas ambientales, dificultando así la comprensión de la dimensión política de lo ambiental. Es posible que la sinonimia mencionada tenga su origen en el uso práctico que suele darse al término ambiente. En efecto en el ámbito de la Geología y la Biología esta noción es utilizada para designar el entorno en el que se estudian ciertos fenómenos particulares. Por ejemplo, en Geología se utiliza: ambientes tectónicos, magmáticos, volcánicos, fluviales, marinos; y en Biología: ambiente de pradera, tundra, lacustre, selvático, eutrófico, oxidante. Incluso, en diferentes laboratorios, industrias y otros ámbitos, se utilizan términos como ambiente esterilizado, contaminado, insonorizado y otros. De ahí la importancia de definir con cla-

ridad los términos que utilizamos para designar objetos o fenómenos en los diferentes ámbitos.

Además de los aspectos socio – culturales que conforman los ambientes, se debe considerar que estos están configurados por la mayor o menor disponibilidad de recursos tales como el relieve típico de cada territorio, el agua en calidad y abundancia necesaria, el suelo con una determinada fertilidad y capacidad portante. El ambiente también está condicionado por las características climáticas (lluvias, viento y temperatura), y el acceso a recursos mineros naturales (arenas, piedras, lajas, etc.) o transformados (hierro, aluminio, cobre, yeso, cemento, vidrio, entre otros).

¿Cuál es el aporte de la Geología en relación con los problemas ambientales? En principio diremos que participa en estudios interdisciplinarios sobre los ambientes de la actualidad. En particular interviene en aquello que hemos llamado “amenazas” asociadas a procesos geológicos que pueden ser naturales como el vulcanismo o los sismos, o ser inducidas como es el caso del incremento de inundaciones o derrumbes de laderas debido a la construcción de embalses y carreteras.

Las comunidades que ocupan cierta porción de un territorio, necesariamente interactúan con procesos geológicos que pueden constituirse en amenazas y representar diferentes clases de riesgos para la sociedad. En este sentido, basta recordar los riesgos sísmicos, volcánicos (cenizas o lavas), y también los riesgos por derrumbes, hundimiento de suelos o inundaciones. Algunos riesgos son de carácter local, pero otros como las cenizas volcánicas, pueden tener alcance regional y hasta global. En este sentido vale la pena recordar que en el año 2011, debido a la actividad del volcán Puyehue, hubo cenizas volcánicas que desde la Patagonia llegaron a Buenos Aires y dificultaron el tránsito aéreo.

Los mencionados riesgos y amenazas representan problemas ambientales que afectan a la calidad de vida de muchas comunidades y, si bien existe un margen de incerteza, la mayoría de las amenazas geológicas son estadísticamente predecibles y sólo los conflictos de intereses hacen posible que algunas comunidades carezcan de una adecuada protección. De ahí el riesgo de la mencionada naturalización de estos fenómenos ya que no permite asumir que la mayoría de los daños provocados se deben a las acciones u omisiones de las instituciones gubernamentales, ya sea en la planificación de las urbanizaciones o en la explotación de los recursos naturales.

En el primer caso, un ejemplo es la excesiva tolerancia respecto de la realización de loteos y urbanizaciones en zonas inundables, o la realización de edificaciones sin estudios previos de suelos o, en el caso de los terremotos, el descuido (o encubrimiento) de

fallas en las estructuras sismoresistentes y la falta de adecuación a normas constructivas específicas. En el caso del vulcanismo se puede mencionar la escasa información sobre las zonas vulnerables o el desinterés de las autoridades en la realización de simulacros de evacuación planificada.

En relación con el manejo y explotación de los recursos naturales no renovables, muchos de los problemas ambientales surgen de la mala praxis y de conflictos de intereses en el manejo y explotación de rocas y minerales, y también el agua y los suelos que, lamentablemente desde hace algún tiempo, se incluyen en esta categoría debido a su escasez y contaminación.

Dicha mala praxis no sólo es atribuible a empresas y profesionales, sino también a las autoridades políticas encargadas de controlar el cumplimiento de las legislaciones ambientales y las buenas prácticas de convivencia, aunque no estén reguladas. Como consecuencia de estas malas prácticas suceden los denominados “daños colaterales” que, como lo señala Zygmunt Bauman, afectan principalmente a los sectores sociales más vulnerables. Bauman explica que los daños colaterales, que por lo general afectan a sectores marginales, provienen de riesgos que no se previenen ya sea porque tienen escasa probabilidad de ocurrir o se les otorga escasa importancia y no se justifican los costos que implicaría su protección.

Cita el ejemplo del Huracán Katrina que en 2005 arrasó Nueva Orleans (USA) y reflexiona que esa “amenaza natural” no fue igualmente natural para toda la población. Aunque todos sufrieron pérdidas materiales, los sectores “pudientes” pudieron defenderse o evacuar mientras que los “marginales” sufrieron casi 1000 pérdidas humanas. Asimismo se puede considerar que la tragedia de la minera Vale ocurrida en 2019 en Brumadinho<sup>13</sup>, Brasil, es un caso que muestra tanto la falta de prevención de accidentes mineros como los “daños colaterales” que se tradujeron en 270 muertes, destrucción de parte de la ciudad y pérdidas de fuentes de trabajo.

A pesar de los intentos de algunos empresarios de naturalizar tales daños, hay suficientes evidencias de que la mayoría de los “accidentes” ocurren debido a una combinación nefasta entre la elevada ambición por rápidas ganancias y la falta de inversiones en la adopción de adecuadas medidas de seguridad. La corrección (mitigación, eliminación) de esas malas prácticas requiere, además de una buena legislación y la presencia de funcionarios y empresarios probos, la participación consciente y activa de los ciudadanos, que son los más vulnerables y los primeros afectados por los impactos ambientales negativos.

13 La minera brasileña Vale pagará u\$s7.000 millones por la tragedia de Brumadinho <https://bit.ly/3vHTpQq>

Si bien los ciudadanos, en general, son capaces de enunciar algunos recursos y riesgos naturales que influyen en su vida cotidiana, y son conscientes de que el aprovisionamiento y manejo de los primeros y las medidas de seguridad para la protección de los segundos requiere de la intervención humana, suelen carecer de una alfabetización geológica como parte de su formación ciudadana. Esto dificulta la comprensión científica elemental de las razones por las cuales ocurren los impactos ambientales ocasionados tanto por la modificación del territorio, como por la interferencia con los procesos naturales de una localidad. De este modo las personas se ven privadas de la posibilidad de opinar y actuar con fundamento en defensa del medio ambiente y de su calidad de vida. Un ciudadano socialmente responsable, debería poder actuar fundadamente si sospecha que una intervención humana, en cualquier territorio, puede provocar un impacto negativo. Dificultar dicho empoderamiento, va en sentido contrario a las actuales políticas de estado del acuerdo de Escazú<sup>14</sup> favoreciendo de la explotación de los recursos naturales.



El **Acuerdo de Escazú** fue firmado por Argentina en 2021, su principal objetivo es garantizar la implementación plena y efectiva en América Latina y el Caribe de los derechos de acceso a la información ambiental, a la participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales y acceso a la justicia en asuntos ambientales, así como la creación y el fortalecimiento de las capacidades y la cooperación, contribuyendo a la protección del derecho de cada persona, de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un ambiente sano y a su desarrollo sostenible.

## Movimientos ambientalistas y soberanía

Como resultado de las experiencias negativas relacionadas con las guerras químicas<sup>15</sup>, la explotación de los recursos no renovables y la contaminación de las aguas y los suelos y de la toma de conciencia del riesgo que esto significa, en los últimos cincuenta años fueron creciendo los movimientos ambientalistas que, con diversos matices, intentan evitar la persistente destrucción de los espacios naturales y degradación de la calidad de vida.

14 Acuerdo de Escazú ratificado por Argentina el 22 de enero de 2021 <https://bit.ly/3QvjdrR>

15 El Uso del Napalm y el agente naranja en Vietnam, además de la deforestación y las muertes, produjo una severa contaminación del suelo. Entre otros motivos estos hechos promovieron la propuesta de creación del Día de la Tierra, en 1970, por parte de senador estadounidense Nelson Gaylord.

La actividad de estos movimientos sumada al sufrimiento sufrido en distintas poblaciones por las pérdidas personales y sociales, de familiares y bienes materiales, han contribuido a desarrollar una creciente sensibilidad en las personas y en las comunidades. Dicha sensibilidad ha derivado, en algunos casos, en actitudes fundamentalistas contrarias a la exploración y explotaciones petroleras y mineras, al punto de llegar a exigir a las autoridades la prohibición total de las actividades de las empresas extractivas. Sin embargo, muchas veces no se tiene en cuenta que la expoliación y los problemas ambientales provocados por dichas empresas tienen su origen principalmente en la imposición de políticas coloniales del capitalismo neoliberal. Así, la oposición irracional y acrítica a la explotación y utilización de los recursos naturales puede resultar funcional a dichas políticas ya que conspira contra el desarrollo de las naciones, impulsando una cada vez mayor dependencia de los países centrales con la consecuente pérdida de soberanía.

La idea de la necesidad de una buena administración, del uso sustentable o de la conservación del Medio Ambiente, se ha tornado un lugar común que la mayoría de las veces adolece de la ausencia de una adecuada conceptualización científica y el reconocimiento de que se trata de un problema político. Por ello, un análisis más informado y pormenorizado de cada situación, y el desarrollo de un pensamiento crítico en la sociedad debería conducir a la organización de agrupaciones que incidan en la toma de decisiones de los estados para que garanticen el desarrollo sustentable, así como la defensa y conservación de los espacios naturales amenazados. Por otro lado, es deseable que estos enfoques y reflexiones se incorporen como acciones concretas en el ámbito escolar.

Muchas organizaciones y proyectos escolares, atendiendo a esta creciente demanda social, se organizan en torno de la consigna de “salvar el planeta” pero, lamentablemente, sólo promueven acciones individuales que si bien son necesarias, resultan insuficientes puesto que invisibilizan los conflictos de intereses y las responsabilidades asociados a las problemáticas que se tratan. En realidad, el planeta no necesita ser salvado, necesita ser respetado sobre la base del conocimiento de las interacciones que existen entre los diferentes subsistemas y entre estos y los seres humanos. Lo que se requiere es no abusar en el uso de los recursos y alterar lo menos posible esas interacciones. Los humanos no tenemos el derecho a utilizar más de lo que necesitamos para una vida digna y por su parte, a la naturaleza, siguiendo las ideas de Zaffaroni y Gudynas, le asiste el derecho de ser respetada para mantener su equilibrio sistémico.

Como viene ocurriendo desde hace más de medio siglo, el 22 de abril de cada año se conmemora el Día de la Tierra que fue propuesto por el senador norteamericano Nelson Gaylor en 1970, señalando que “La batalla para restaurar una relación adecuada entre el hombre y su entorno, entre el hombre y otras criaturas vivientes, requerirá un compromiso político, moral, ético y financiero prolongado, sostenido, mucho más allá de cualquier esfuerzo realizado anteriormente”.



### **Apuntes geológicos para una educación ambiental de la ciudadanía**

Para la educación ambiental se debería tener en cuenta que no sólo se trata de respetar el derecho de la naturaleza a conservar su equilibrio, también se trata de comprender que el desequilibrio perjudica a la humanidad en su conjunto y que los ciudadanos deben actuar responsablemente para evitar abusos o destrucción de sus recursos. Para ello es insuficiente con el individualismo, se requieren acciones colectivas en el marco de la formación ciudadana.

Por eso proponemos para la educación escolar (especialmente en la escuela media), el desarrollo de proyectos de investigación ambiental que apunten a resolver algunos interrogantes sobre problemas ambientales que sean significativos para la comunidad en la que está inserta la escuela. Estos proyectos se pueden orientar mediante una o varias preguntas cuyas respuestas deberán ser construidas por los alumnos con una adecuada orientación docente: ¿Qué problemas ambientales se advierten en la localidad?, ¿Cuál es el mapa y la ubicación dónde se manifiesta cada uno de los problemas? ¿Quiénes se ven perjudicados y de qué manera? ¿Perjudican a todos por igual? ¿Quiénes son los responsables?, ¿Qué medidas deberían adoptarse para resolver estos problemas y evitarlos en el futuro?

Para su desarrollo es conveniente diseñar estrategias de trabajo en equipo, involucrando a docentes de diferentes disciplinas y, de ser posible, a la comunidad educativa toda.

## **Los derechos de la madre tierra**

Esta iniciativa tuvo gran éxito porque se produjo en un momento trágico de la historia mundial, y especialmente de los Estados Unidos, ya que su pueblo estaba altamente sensibilizado por la guerra de Vietnam. Recordemos que en dicha guerra, mediante las acciones bélicas y el uso de defoliantes como Napalm<sup>16</sup> y el agente Naranja<sup>17</sup>, junto con la

<sup>16</sup> Napalm: <https://bit.ly/3PnPyPn>

<sup>17</sup> Agente Naranja <https://bit.ly/3bQZS4W>

irreparable aniquilación de vidas humanas, se provocó una impactante destrucción del entorno natural.

Mucho más tarde, en 2009 a instancias del Estado Plurinacional de Bolivia, la Asamblea general de la ONU<sup>18</sup>, mediante la Resolución 63/278 rebautizó al “Día de la Tierra” como “Día Internacional de la Madre Tierra”. Según se explica en esta resolución, uno de los motivos del cambio obedece al reconocimiento de que “Madre Tierra” es una expresión común utilizada en diversos países y regiones para referirse al planeta Tierra, aludiendo a la “interdependencia entre los seres humanos, las demás especies vivas y el planeta que todos habitamos”. Otro de los motivos esgrimidos por la ONU es que la Tierra y sus ecosistemas son nuestro hogar y que, “para alcanzar un justo equilibrio entre las necesidades económicas, sociales y ambientales de las generaciones presentes y futuras, es necesario promover la armonía con la naturaleza y la Tierra.”

Aunque se puede acordar y apoyar con entusiasmo dichas motivaciones, no se puede perder de vista que dicho cambio de nombre, además de reconocer las tradiciones culturales y proponer bellas expresiones de deseos, también podría estar cancelando la reflexión crítica sobre el contexto histórico que llevó a la creación del Día de la Tierra en 1970 y ocultando los intereses en juego durante la guerra colonial en Vietnam, así como sobre las persistentes políticas colonizadoras de USA y la OTAN para el dominio del petróleo y otros recursos primarios en Medio Oriente y otras regiones del mundo.

Por otra parte, desde el año 2020, la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2 puso en evidencia el impacto global de prácticas humanas dañinas que, a través de la deforestación, la emisión de gases invernadero y la contaminación del aire, el suelo y el agua, contribuyeron a la aparición y expansión del virus en la población humana y ha provocado severos cambios en la vida social y cultural, en la industria y la economía del mundo que hasta 2022 quedaron prácticamente paralizadas. Ello nos lleva a preguntarnos si esos cambios en la dinámica social podrían tener influencia en la “salud” de la Tierra. Sobre el particular, insistimos en la necesidad de no cometer el error de confundir la Tierra o la naturaleza con el medio ambiente en su sentido social. En efecto, este último es un objeto inmaterial que, como dijimos, resulta de las relaciones entre los humanos y entre la humanidad y la naturaleza.

Por ello, al analizar las relaciones entre la humanidad y la naturaleza, es necesario que tengamos en claro que es lo que se conmemora el 22 de abril en el Día de la Tierra y en qué se diferencia del Día del Medio Ambiente, que se celebra en otra fecha, el

<sup>18</sup> Resolución 63/278 de la ONU <https://bit.ly/3QuECjU>

5 de junio. Ambas fechas tienen algo en común: la relación de la humanidad con la naturaleza. Sin embargo, el hecho de que se celebren en dos momentos distintos nos lleva a reflexionar cuáles son las prioridades y los objetivos en uno y otro caso.

Cabe señalar que las promociones que realiza la ONU de ambos días internacionales, resultan tan inocentes y bucólicas como confusas y no ayudan a esclarecer la complejidad de los problemas porque no propician la reflexión político-ideológica. En efecto, en ambos casos se alude a la humanidad como beneficiaria de las bellezas, de los recursos para la vida y también como receptora de las amenazas (naturales o inducidas) que atentan contra la calidad de vida. Así, se configura un **enfoque antropocéntrico** de la naturaleza anteponiendo las prioridades de la humanidad y promoviendo la preocupación por los sistemas naturales en tanto estos son funcionales al desarrollo sustentable de la sociedad.

Estas motivaciones antropocéntricas son muy apropiadas para la conmemoración del **Día Mundial del Medio Ambiente** y son imprescindibles para que los hombres y mujeres nos hagamos responsables de nuestros actos, y para promover políticas de desarrollo sustentable. Estas políticas deberían priorizar acciones y reflexiones que, por un lado favorezcan iguales condiciones para el crecimiento económico, la equidad social y el equilibrio ecológico y, por otro lado, deberían promover la denuncia pública de los daños causados tanto por el consumismo y la explotación de los recursos de la Tierra, como por la falta de atención para mitigar las amenazas geológicas, señalando al mismo tiempo a los responsables.

Por su parte, las reflexiones y las políticas relacionadas con el **Día de la Madre Tierra**, aunque complementarias de las anteriores, deberían tener como objetivo central la preservación del equilibrio entre los subsistemas de la naturaleza: Geosfera, Atmósfera, Hidrosfera y Biosfera. Ello implica el compromiso para evitar que los cambios naturales y/o antrópicos en los paisajes “borren” tanto los rasgos actuales como los registros histórico-geológicos que nos hablan de la historia de nuestro planeta.

Estos objetivos para el Día internacional de la Madre Tierra responden a un **enfoque geocéntrico** que se orienta a promover el respeto humano hacia la naturaleza, entendido como el compromiso humano de evitar alteraciones en y entre los subsistemas antes mencionados. Estas precauciones, se basan en una idea muy generalizada de la Tierra como “bien común” como albergue para todas las especies, incluida la humana. En efecto, varias culturas a través de sus cosmovisiones, sus religiones y mitos, promueven la preservación de la naturaleza y consideran que los cambios drásticos inducidos en

sus paisajes son una ofensa a esas tradiciones ancestrales, a su cultura y a la de su descendencia. La responsabilidad y el respeto por la preservación de las condiciones naturales de nuestro planeta es un imperativo cultural fundado en el humilde reconocimiento de nuestra ignorancia sobre cuáles serán las necesidades de las generaciones futuras.

Por otro lado, el enfoque geocéntrico nos permite colocar a la naturaleza en el centro de las reflexiones y, como seres humanos, imaginarnos junto a las otras especies vivientes que nos dan el ejemplo de convivencia en un equilibrio armónico con la naturaleza. Así, podremos sentirnos parte de la evolución de la vida en la Tierra, desprendernos de nuestra omnipotencia, no entorpecer, en la medida de lo posible, la evolución natural en los territorios y, también, comprender que difícilmente se podrá eternizar nuestra actual forma de relacionarnos con la Naturaleza. Como parte de esa búsqueda para promover el respeto a la naturaleza se han creado los parques nacionales y las regiones consideradas patrimonio de la humanidad. El objetivo, es la preservación de los rasgos de una naturaleza que de otro modo podría desaparecer por la colonización y destrucción humana.

En este sentido, cabe recordar que en América Latina los pueblos originarios andinos se refieren a la naturaleza como la “Pachamama”. Al respecto, en su libro “La Pachamama y lo Humano” Eugenio R. Zaffaroni se refiere a estos aspectos culturales e identitarios y menciona que en la constitución de Ecuador (2008), la Pachamama está incorporada como sujeto de derecho y en su Art 71 dispone: *“La naturaleza o Pachamama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. // Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. // El estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema”*. Algo similar se incorporó en la constitución de Bolivia (2009).

Bajo la consideración de la Pachamama como *sujeto de derechos*, una mirada retrospectiva nos lleva a advertir que la humanidad no los ha respetado y que el sistema capitalista ha considerado a la naturaleza como un *objeto de explotación*, provocando marcas tan profundas que dieron lugar a la nominación de una nueva época geológica: el Antropoceno.

En relación con las actividades de conmemoración, desde hace décadas los medios de comunicación difunden actividades institucionales de algunas ONG´s, gobier-

nos y escuelas, que generalmente se concentran en promover la “conciencia ciudadana” para el cuidado de la naturaleza. Muchas veces las acciones que se proponen se basan en la perspectiva y recomendaciones que plantea la ONU, ya comentada, y ponen el acento en una reflexión ingenua sobre la belleza y la biodiversidad de los paisajes, lo cual suele reflejarse en simpáticos y sentidos dibujos en carteleras escolares o barriales.

Sin desmerecer la importancia motivadora que pueden tener dichas actividades para los niños del nivel pre escolar y quizás para los primeros años de la escuela primaria, cabe señalar que la continuidad de estas estrategias con los alumnos mayores de la primaria y del secundario representa una banalización de la conmemoración del Día de la Madre Tierra. La formación de la conciencia ciudadana requiere que haya una transición desde la contemplación y representación de la naturaleza más centrada en los aspectos emocionales, hacia un pensamiento crítico y a la reflexión política. Esta reflexión es necesaria para evaluar la necesidad y pertinencia de ciertas intervenciones humanas en el paisaje natural que ocultan o destruyen registros históricos (emblases, carreteras, minas, etc.) o alteran la dinámica de los procesos naturales (el cauce de los ríos, el desarrollo de pastizales, el hábitat de las diferentes especies).

Por otra parte, con cierta frecuencia se observa que el Día de la Madre Tierra suele ser “celebrado” erróneamente con actividades de cuidado medioambiental que se centran en la plantación de árboles o en actividades como las desarrolladas en 2018 por el Ministerio de Medio Ambiente, Campo y Producción de la provincia de San Luis, Argentina<sup>19</sup>. En esa oportunidad se organizó una celebración del Día de la Tierra como una jornada ambiental, bajo el lema “Vos pedaleás, la Tierra respira”, con la intención de promover una actividad saludable y amigable con el medio ambiente.

Las actividades saludables, las tareas de reciclaje, selección de basura, la forestación e incluso las prácticas para evitar el derroche de agua y electricidad, son acciones irreprochables en sí mismas. Sin embargo, cuando son realizadas de manera aislada corren el riesgo de transmitir un mensaje engañoso respecto de las verdaderas soluciones a los problemas ambientales. Las acciones individuales, si bien tienen el valor de generar conciencia para promover actitudes amigables con el medio ambiente, resultan insuficientes si se omite la discusión acerca de las decisiones políticas y económicas como causas principales de las problemáticas ambientales.

Sobre la base de lo expuesto, se debería considerar con mayor cuidado el modo de conmemorar y fomentar las acciones de respeto y “preservación de los subsistemas

19 Grandes y chicos pedalearon para “darle un respiro al planeta” <https://bit.ly/3QAXeir>

naturales”. Para ello, es necesario salir del nivel de las generalizaciones y contextualizar los proyectos en un tiempo y un espacio concreto. En ese sentido, considero que la formación ciudadana será más eficiente si se realiza sobre problemáticas referidas al paisaje del propio entorno, identificando los problemas, sus causas y sus responsables y, sobre esta base, elaborando propuestas de acciones políticas para la restauración y preservación de los sectores de interés patrimonial.

### **Bibliografía citada**

- Bauman, Zygmunt 2011. Daños colaterales. Desigualdades sociales en la era global, Reseña <https://bit.ly/3zXF2do>
- Gudynas, Eduardo, 2015. Derechos de la naturaleza, ética biocéntrica y políticas ambientales. Ed Tinta Limón
- Leibowicz, Ivan, Cristian Jacob, Félix Acuto y Alejandro Ferrari, 2014, Paisajes rituales incaicos. Una mirada desde las crónicas coloniales, REVISTA HAUCAYPATA, Investigaciones arqueológicas del Tahuantinsuyo Año 3 8):123-130 <https://bit.ly/45bqHHo>
- Zaffaroni, Eugenio, R. 2011. La Pachamama y el Humano Ed. Colihue

## 3. ALFABETIZACIÓN GEOLÓGICA

### Algunas nociones sobre la alfabetización científica<sup>20</sup>

El término “alfabetización”, se comenzó a usar a fines del siglo XIX, como una metáfora de la capacidad de leer y escribir de un modo similar a otros términos “autopositivos”, como ‘libertad’, ‘justicia’, ‘felicidad’, que asumimos en nuestra cultura, por sus necesarios y deseables atributos (Braslavsky, 2003). Desde entonces, el término se fue resignificando en diferentes ámbitos de la educación y de la cultura. En el caso de la enseñanza de las ciencias se construyó un consenso en torno al concepto de Alfabetización Científica y Tecnológica (ACT) que “designa un tipo de saberes, de capacidades o de competencias que, en nuestro mundo técnico-científico, corresponderá a lo que fue la alfabetización en el siglo pasado” (Fourez, 1997:15). Además, este concepto, propicia la formación en la ciudadanía de una cultura científica que no solo valoriza el dominio del conocimiento sino también el compromiso social para reflexionar sobre las consecuencias sociales y políticas de su aplicación.

Dentro de esa orientación, se ha señalado que “Ante la complejidad de los desafíos mundiales presentes y futuros, la educación superior tiene la responsabilidad social de hacer avanzar nuestra comprensión de problemas polifacéticos con dimensiones sociales, económicas, científicas y culturales, así como nuestra capacidad de hacerles frente. La educación superior debería asumir el liderazgo social en materia de creación de conocimientos de alcance mundial para abordar retos globales, entre los que figuran la seguridad alimentaria, el cambio climático, la gestión del agua, el diálogo intercultural, las energías renovables y la salud pública” (UNESCO, 2009).

---

<sup>20</sup> Extraído de Lacreu, 2018 Desafíos de la Alfabetización Geológica Actas XX CGA p. 20-24, Tucumán. <https://bit.ly/3lie9J7>

Para la National Science Education Standards, el concepto de alfabetismo científico<sup>21</sup> “significa que una persona puede preguntar, encontrar o determinar respuestas a preguntas derivadas de la curiosidad acerca de las experiencias diarias. Significa que una persona tiene la habilidad para describir, explicar, y predecir fenómenos naturales. Implica que una persona pueda identificar aspectos científicos que soportan las decisiones de tipo local o nacional y exprese opiniones al respecto sustentándose tanto científica como tecnológicamente”.

En este marco, podemos asumir que la alfabetización geológica es necesaria para mejorar la calidad en la participación de los ciudadanos en la toma de decisiones, políticas y económicas que involucran conocimientos geológicos y que suceden en diversos ámbitos. Por ejemplo en proyectos legislativos de los estados municipales, provinciales y/o nacionales, así como también en las Audiencias Públicas convocadas cuando se realizan acciones que modifican el entorno natural y podrían perjudicar al ambiente. Dicha participación oportuna y pertinente requiere de los ciudadanos “más que un nivel de conocimientos muy elevado, la vinculación de un mínimo de conocimientos específicos, perfectamente accesible a la ciudadanía, con planteamientos globales y consideraciones éticas que no exigen especialización alguna.” (Gil y Vilches, 2003)

## Dimensiones de la alfabetización geológica

En concordancia con lo dicho en el apartado anterior, podemos considerar que la alfabetización geológica es multidimensional y por lo tanto, toda acción que involucre dicho propósito, incluidas las propuestas curriculares de enseñanza de la Geología para todos los ciudadanos, debería tener en común las siguientes dimensiones: *Alfabetización geológica práctica*: que permita utilizar los conocimientos geológicos en la vida diaria, con el fin de mejorar las condiciones de vida, comprender los rasgos, recursos y riesgos naturales del entorno. *Alfabetización geológica cívica*: para que todas las personas puedan intervenir socialmente en decisiones políticas con diversos criterios, incluyendo los científicos. *Alfabetización geológica cultural*: relacionada con la naturaleza de la ciencia, con el significado de la ciencia y la tecnología y su incidencia en la configuración social (adaptado de Marco, 2000. Citado en Gil-Pérez et al., 2005). Desde esta perspectiva, en la enseñanza formal, la alfabetización geológica en un sentido amplio debería integrar la

21 Citado por Lidia Caro “Cómo acabar con el analfabetismo científico” <https://tinyurl.com/593zkyvh>

alfabetización práctica, la cívica o ciudadana y la cultural para los ciudadanos en general, con las adecuaciones pertinentes a cada nivel educativo.

En ese sentido, especialmente en el nivel universitario, terciario o secundario superior, se recomienda, además, la incorporación de otras dimensiones como la historia de los conceptos geológicos, la epistemología, la naturaleza de la Geología, las técnicas y métodos específicos, las prácticas profesionales, y su papel en la vida personal y social. (adaptado de Bybee, 1997. Citado en Gil-Pérez et al., 2005).

## **Alfabetización geológica y enseñanza de la geología**

El carácter multidimensional de la alfabetización geológica constituye un desafío que requiere de nuevas propuestas curriculares superadoras de la tradicional enseñanza de contenidos geológicos conceptuales y metodológicos.

Las dificultades observadas en el proceso de enseñanza y aprendizaje universitario en materias introductorias a la Geología para el profesorado y Licenciatura en Biología, para la Licenciatura en Geología y otras carreras como Ingeniería en Minería, por ejemplo, pone en evidencia la escasa alfabetización geológica de los egresados del secundario lo cual requiere un análisis más detallado de su enseñanza en todo el sistema preuniversitario y de los Institutos de Formación Docente. Esta apreciación es motivo de desvelos y discusiones entre los profesores universitarios de dichas materias y desde hace muchos años la conclusión es que la enseñanza de los saberes geológicos es deficiente.

Sobre la base de este diagnóstico se han intentado diversos modos de intervención en la capacitación docente para el mejoramiento de la enseñanza de los contenidos geológicos. En muchas ocasiones se puso demasiado énfasis en los conceptos de “enseñanza” y de “saberes” sin haberlos articulado adecuadamente con el otro concepto fundamental como es el de “aprendizaje”, y sin la adecuada consideración simultánea de los tres conceptos en el marco de las condiciones fácticas en que interactúan. Por lo general esto ha ocurrido en aquellas instancias en las que, con las mejores intenciones, han intervenido geólogas/os sin una adecuada formación pedagógica. Por ello es necesario revertir el voluntarismo de los profesionales en geología que asumen la tarea de asesorar o capacitar a docentes del sistema preuniversitario, y profesionalizar su labor. Es en este sentido que se requiere a la comunidad geológica que se interese por la enseñanza, que pueda incorporar el concepto de alfabetización geológica y comprender

la especificidad de este campo profesional, incorporando las complejidades propias de cada ámbito institucional: gobierno, técnicos, escuelas y otros.

La enseñanza de la Geología desde una perspectiva que incluya la alfabetización geológica implica tanto una ampliación de contenidos como un nuevo enfoque centrado tanto en la enseñanza como en el aprendizaje, de modo que tanto la selección de los contenidos como las metodologías de enseñanza estén orientadas más por una mirada pedagógica que tome en cuenta las finalidades de las instituciones educativas, que en la estructura lógica de la disciplina. De este modo la enseñanza de los conceptos deberían compartir su protagonismo tradicional con la de las habilidades, valores y actitudes en la construcción y utilización de los mismos. Este enfoque requiere de nuevas didácticas adecuadas a los diferentes contextos: al nivel educativo, al paisaje geológico que rodea a cada institución, a los recursos disponibles, etc., todo lo cual configura un conjunto de herramientas específicas que constituyen los objetos de estudio, de creación e investigación propios de un nuevo campo disciplinar: la “Geolodáctica” (Lacreu, 2012a) cuyas características serán desarrolladas en capítulos posteriores.

## **La alfabetización geológica en los niveles educativos**

En el imaginario social, en las normativas educativas y en los diseños curriculares, se prevé que la educación preuniversitaria debe orientarse a la formación de ciudadanos de manera simultánea con la formación para la inserción laboral y la formación prope-  
dética.

En el nivel primario de Argentina, la “alfabetización geológica práctica” incluye contenidos geológicos insuficientes, especialmente en lo referido a procesos internos y externos y su relación con la historia del paisaje, las amenazas geológicas y los recursos naturales abióticos. Además, la secuenciación y gradualidad son inadecuadas, y las estrategias didácticas suelen eludir los trabajos de campo y los enfoques CTS. (Lacreu, 2015).

Por otra parte, según se aprecia en los NAP (Núcleos de Aprendizajes Prioritarios) de Ciencias Naturales, para el ciclo común de todos los bachilleratos en el nivel secundario argentino, los contenidos geológicos son cuasi nulos. También están ausentes en la mayoría de los bachilleratos orientados, exceptuando las orientaciones en “Ciencias Naturales” y “Medio Ambiente”, en las que se incluyó un nuevo espacio curricular específico de “Ciencias de la Tierra”. Sin embargo, no es posible un desarrollo con la pro-

fundidad que requiere la orientación ya que la currícula no contempla los prerrequisitos necesarios (Lacreu, 2014).

En relación con este nivel educativo, cabe señalar un importante aporte sobre la Alfabetización en Ciencias de la Tierra realizado por un conjunto de colegas españoles (Pedrinaci et al., 2013) que han logrado sintetizar 5 objetivos y 10 ideas clave que, desde el punto de vista del autor, constituyen una referencia insoslayable para revisar los currículos argentinos.

Con referencia al nivel universitario, las carreras de Geología ofrecen una adecuada formación superior en los aspectos específicamente geológicos, superando obviamente con creces las necesidades de la “alfabetización geológica práctica”. Sin embargo, es necesario advertir que las carencias en la “alfabetización geológica cívica” y la “alfabetización geológica cultural”, salvo excepciones, persisten durante toda la etapa formativa debilitando la formación integral y, por ende, el perfil profesional de los geólogos. Precisamente por este motivo, existe una gran preocupación en los ámbitos internacionales como en la UNESCO y en las CRES (Conferencias Regionales de Educación Superior), sobre la necesidad de intensificar la formación integral de los futuros profesionales en toda la educación superior.

Por otra parte, a través de mi experiencia de más de 30 años en la docencia universitaria, en actividades de extensión y de capacitación de docentes, he podido percibir la insuficiente alfabetización general de los aspirantes universitarios. Esto se manifiesta en los escasos conocimientos geológicos y matemáticos, y un notable déficit en las competencias lecto-comprensivas y comunicativas. Frente a estas dificultades, desde hace varios años, las universidades nacionales vienen adoptando políticas de apoyo para reforzar esas competencias instrumentales y paliar la deserción estudiantil. Como parte de estas políticas, en algunas carreras de Geología se incluyen materias como Introducción a la Geología y cursos sobre lectura, comprensión y escritura de textos científicos, como una forma de compensar el déficit en la “alfabetización geológica práctica” de los ingresantes.

Sin embargo, no se conocen mecanismos que intenten revertir tanto la insuficiente *alfabetización cultural*, referida a los aspectos históricos, epistemológicos y metodológicos de la Geología, como el déficit en la *alfabetización ciudadana*, que se refleja en las dificultades para identificar causas principales y secundarias de los problemas ambientales o expresar las ideas propias, teniendo en cuenta diferentes puntos de vista,

entre otras competencias. En definitiva, este diagnóstico nos indica que son insuficientes las habilidades de esta población de estudiantes para participar activa y plenamente en la vida cívica.

Finalmente, así como al inicio del capítulo reflexionamos sobre la alfabetización científica de los ciudadanos, también deberíamos interrogarnos sobre la alfabetización ciudadana de los científicos, en particular de los geólogos. Este aparente juego de palabras, nos remite al concepto de la alfabetización como metáfora de la formación integral de los ciudadanos que ya hemos valorado como insuficiente. Por esta razón cabe formularse algunas preguntas retóricas que podrían ayudar a pensar los desafíos del siglo XXI:

¿Por qué las universidades nacionales y los planes de estudio de Geología no abordan las carencias en la alfabetización “cívica” y “cultural”, con el mismo esmero con el que se aborda la superación de la alfabetización práctica?

¿Cuánto mejor sería la formación de los Geólogos, cuánto mejor podrían ser sus prácticas profesionales y sus aportes al desarrollo sustentable, si se incorporasen explícita y formalmente las dimensiones de la alfabetización “cívica” y “cultural” en los planes de estudio?

Las respuestas, lamentablemente, quedarán pendientes hasta tanto se coordinen políticas adecuadas mediante la interacción entre geodactas, profesores, autoridades académicas y funcionarios políticos provinciales y nacionales que comprendan la necesidad de mejorar la alfabetización geológica en la educación primaria, secundaria y superior, conforme a la complejidad que se vislumbra para el siglo XXI.

## La alfabetización geológica como derecho humano<sup>22</sup>

Los ciudadanos, como sujetos políticos, tenemos el Derecho Humano a la educación en general y en particular a la alfabetización geológica. Así como la lectura de textos literarios o técnicos permite la comunicación, organización y comprensión de la vida en sociedad, la interpretación del lenguaje de las rocas, de los textos y mapas geológicos posibilita que la ciudadanía comprenda las características singulares de la región que habita y valore la relación sociedad-naturaleza en dicha región o cualquier otra que desee conocer. Y esta comprensión comienza por el conocimiento de la historia de ese entorno, se trate de la tierra natal o de residencia, aún desde tiempos anteriores a la presencia de cualquier ser humano.

<sup>22</sup> Extraído de Lacreu, H. L. 2018. La alfabetización geológica como derecho humano <https://bit.ly/3tOOqg2>

La importancia otorgada a la alfabetización geológica radica en que la Geología es la única disciplina científica que nos permite reconstruir el pasado de un territorio y así comprender el origen de las geoformas que nos rodean, o las razones por las que en él se encuentran determinados recursos hídricos y mineros, o por las que estamos sometidos a ciertos riesgos geológicos.

“El pasado es la razón del presente y la llave del futuro” Este axioma alude a una idea muy característica del conocimiento geológico que se comprende si tenemos en cuenta que los procesos geológicos que provocan amenazas y riesgos como los volcanes, terremotos, derrumbes e inundaciones han ocurrido desde hace millones de años dejando marcas muy claras de su ocurrencia. Precisamente, esas marcas quedaron registradas en las rocas que vemos en el presente y son las que nos indican lo que podría repetirse en el futuro.

El conocimiento de ese pasado es fundamental en la vida de una sociedad ya que aporta conocimientos que permiten anticipar posibles consecuencias, negativas o positivas, derivadas de las acciones humanas sobre nuestro territorio. Por ejemplo, ofrece herramientas para evaluar críticamente las expectativas que empresarios o funcionarios generan en la población cuando intentan promover la extracción de recursos, o presentan panoramas promisorios como resultado de la realización de construcciones, embalses, cultivos, minería y/o extracción de aguas superficiales o subterráneas, en determinadas regiones.

Dicho axioma también es válido si queremos, por ejemplo, comprender dónde habrá que buscar con chances de encontrar ciertos materiales como caliza, yeso y arcilla necesarios para fabricar cemento; o dónde hallar granitos o lajas para revestimientos u ónix para las artesanías. Cabe agregar, que en general, una región contiene varias rocas asociadas y no todas tienen interés económico. Sin embargo, el conocimiento geológico de las asociaciones de rocas permite interpretar sus orígenes y, con esa “clave informativa”, saber dónde buscar en el presente y donde continuar buscando en el futuro, cuando las actuales reservas mineras se agoten o su extracción se torne antieconómica.

Es obvio que las tareas de exploración geológica y de explotación no están en manos de la ciudadanía en general, sino que la realizan las empresas mineras, hídricas, ingenieriles, privadas o públicas, en las cuales participan geólogos y geólogas que aportan sus conocimientos específicos. Como resultado de dichas intervenciones humanas en el medio natural, siempre ocurren impactos positivos (los que motivan el emprendimiento) y también impactos ambientales negativos.

Lo que es menos conocido por la población en general, es que existen instancias de control sobre estas actividades. En efecto, tanto las actividades profesionales como los objetivos de las empresas deben obtener lo que informalmente se denomina Licencia Social Operativa (LSO)<sup>23</sup>. Se trata de la obtención de un “permiso” para iniciar y desarrollar algún emprendimiento que modifique el entorno natural y que se obtiene luego de reuniones informativas, acuerdos y compromisos entre una empresa y los representantes de la comunidad. Además, antes de comenzar las labores deben someter cada proyecto a Audiencias Públicas que están establecidas en la Ley General del Ambiente Nro 25.675, Art 20, que posee reglamentaciones provinciales. Aunque las audiencias no son vinculantes, tienen un valor fundamental en la vida de una comunidad ya que constituyen un espacio en el cual es posible preguntar y enterarse del tipo de proyecto que se emprenderá, los impactos negativos que se esperan, las medidas preventivas para evitarlos, la generación de puestos de trabajo, la vida útil de las actividades, entre tantos otros. Es en este marco en el que la ciudadanía puede opinar y realizar críticas que las autoridades de aplicación podrán tener en cuenta antes de aprobar los proyectos.

Luego de esta breve descripción, se podrá comprender la importancia de que los ciudadanos ejerzan su derecho a recibir una adecuada alfabetización geológica teniendo presente que si no se garantiza ese derecho humano, no tendrán la libertad necesaria para el ejercicio de la ciudadanía (Rinesi, 2015). Por el contrario, la alfabetización promoverá mejores condiciones de intervenir responsable y eficientemente en las Audiencias Públicas, acordar una LSO y defender otro derecho humano como es el goce de vivir en un ambiente sano.

Además de los mencionados aspectos ambientales y pragmáticos, quiero destacar que la alfabetización geológica hace posible y consolida la posibilidad de disfrutar con la construcción de relatos sobre las historias de los Paisajes Geológicos en los que habitamos o visitamos en plan turístico.

Durante mucho tiempo se ha considerado, erróneamente, que el paisaje con sus montañas, llanuras, valles y rocas es inmutable y siempre ha estado y estará tal como hoy lo vemos.

Sin embargo, la alfabetización geológica ofrece herramientas muy sencillas con las que todo ciudadano puede reconstruir la historia geológica del paisaje natal o cualquier otro. Ello le permitirá gozar con ese acto creativo, con la divulgación y demostra-

<sup>23</sup> Licencia social para operar: el diálogo como requisito empresarial <https://tinyurl.com/m9nfk8ba>

ción de la historia de su hábitat y la reflexión acerca del aporte que ha recibido en la construcción de su identidad.



Fig. 3.1 Dique La Estrechura, en construcción. El Volcán, San Luis

## La distopía del analfabetismo geológico<sup>24</sup>

El título de esta sección utiliza un recurso metafórico para describir un futuro indeseable en el que persisten y se incrementan los daños ambientales que hoy padecemos y que obedecen al predominio de un modelo de desarrollo insustentable que las sociedades hegemónicas establecieron en su relación con la naturaleza.

La mayoría de dichos daños derivan de la mala praxis relacionada con el aprovechamiento de procesos u objetos materiales geológicos que constituyen recursos naturales necesarios para el desarrollo de la humanidad. Nos referimos al paisaje, al agua superficial y subterránea, al suelo, a las rocas y minerales. Además del uso inadecuado y la explotación de estos recursos, también existe cierta negligencia en las políticas de protección contra las amenazas naturales como son las inundaciones, los derrumbes, el volcanismo y los terremotos.

<sup>24</sup> Extraído de Lacreu, H. L., 2020. La distopía del analfabetismo geológico. Ponencia en la Mesa Redonda “La enseñanza de las ciencias naturales, su impacto en las practicas docentes” en V Congreso latinoamericano de humanidades, ciencias sociales y naturales (4-5/08/20 San Luis) <https://bit.ly/3MuAxv7>

Se puede señalar, que las problemáticas ambientales, como ya se puso de manifiesto en el capítulo 2, son fundamentalmente de naturaleza política y por lo tanto no se resolverán sólo con la alfabetización geológica, pero tampoco sin ella. Es por eso que insistimos en que los actores políticos, económicos, académicos y la sociedad en general deben adquirir una comprensión básica de las razones geológicas que explican la actual distribución de recursos no renovables y de las amenazas naturales.

Bajo estas condiciones, será posible reflexionar críticamente sobre los “daños colaterales” provocados como consecuencia de la aplicación y sostenimiento del actual modelo de desarrollo e identificar, entre otras cuestiones, el grado de irresponsabilidad de algunos profesionales y de quienes toman las decisiones políticas y económicas que dan como resultado los problemas que hoy sufre la humanidad. Esta situación actualmente indeseable, será también la del futuro distópico, a menos que se resignifique el concepto de Desarrollo Sustentable.



### Acerca del Desarrollo Sustentable

En su versión más extendida, el adjetivo “sustentable”, unido al concepto de desarrollo, se utiliza como sinónimo de “crecimiento económico” o de “rentabilidad”. Se trata de una distorsión (muchas veces de intenciones dudosas) del concepto original propuesto por la ONU en el Informe Brundtland\* de 1987, en el que, precisamente se propuso ampliar la antigua noción de desarrollo que sólo contemplaba los aspectos económicos.

El legado de dicho informe sobre el desarrollo sustentable fue incorporado en el artículo 41 de la Constitución Nacional Argentina de 1994: “Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo”

Al respecto, cabe preguntarse ¿satisfacer las necesidades presentes... de quién o quiénes?, y también ¿cómo saber cuáles serán las necesidades de las futuras generaciones?

Para dar respuestas a estas preguntas, preferimos ampliar el concepto de Desarrollo Sustentable (DS) como aquel que en forma simultánea asegura: Crecimiento Económico (CE), Equidad Social (ES) y Equilibrio Ecológico (EE). Así, la ecuación  $DS = CE + ES + EE$  permite evaluar la sustentabilidad de los proyectos, preguntándonos si las futuras generaciones además de CE recibirán un planeta con el debido cuidado de la ES y del EE.

\* <https://www.cepal.org/es/temas/desarrollo-sostenible/acerca-desarrollo-sostenible>

Durante el año 2020, ninguna actividad de la Tierra quedó exenta de la influencia de la pandemia de COVID-19 originada en una zoonosis derivada en parte, de la explotación de los recursos naturales debido a un modelo de desarrollo insustentable que, de no mediar cambios nos conducirá hacia un planeta distópico. Sin embargo, la pandemia no afectó a todas las poblaciones por igual, y puso en evidencia las enormes desigualdades existentes en nuestro planeta.

Otra consecuencia de este modelo de desarrollo es el calentamiento global, uno de cuyos efectos es el derretimiento de los hielos continentales que provocará el ascenso del nivel mundial de los mares y la consecuente inundación de amplias zonas costeras. Este pronóstico, lejos de ser una profecía bíblica, se fundamenta en la existencia de registros geológicos en el subsuelo de diferentes regiones del mundo que nos muestran que algunas de las actuales tierras emergidas estuvieron bajo el mar en el pasado. Por ejemplo, en la provincia de Buenos Aires, Argentina, se presenta una alternancia de estratos marinos y continentales que reflejan los sucesivos ingresos y retiros del mar<sup>25</sup>.

La inevitable inundación de zonas costeras obligará a la relocalización de 1.000 millones de personas antes del 2100, lo cual constituye un enorme desafío ya que implicará construir ciudades en territorios hoy deshabitados. Para ello será necesario no repetir los errores del pasado y del presente como es la construcción de mega urbes con el consecuente hacinamiento y aumento de la vulnerabilidad a los contagios sanitarios y las pandemias.

Esta distopía podrá evitarse si el proceso de relocalización, en lugar de realizarse bajo los criterios del libre mercado como ha ocurrido hasta el presente, es puesto en marcha responsablemente por el Estado mediante una planificación territorial dentro de un modelo de desarrollo sustentable con participación ciudadana.

La distopía del analfabetismo geológico interpela a los enfoques de las prácticas docentes sobre la enseñanza de las Ciencias Naturales y en especial de la Geología, tanto en el nivel universitario como en la educación obligatoria. De continuar con las mismas prácticas será difícil que los ciudadanos logren participar con fundamentos para contribuir al control de las acciones de las autoridades como por ejemplo, la adecuada ocupación de los nuevos territorios que se preanuncia en los párrafos anteriores.

---

25 Pereyra, 2004 <https://tinyurl.com/5yr9a5ja>



### Apuntes para la enseñanza

#### El desinterés por la enseñanza y el aprendizaje de la Geología

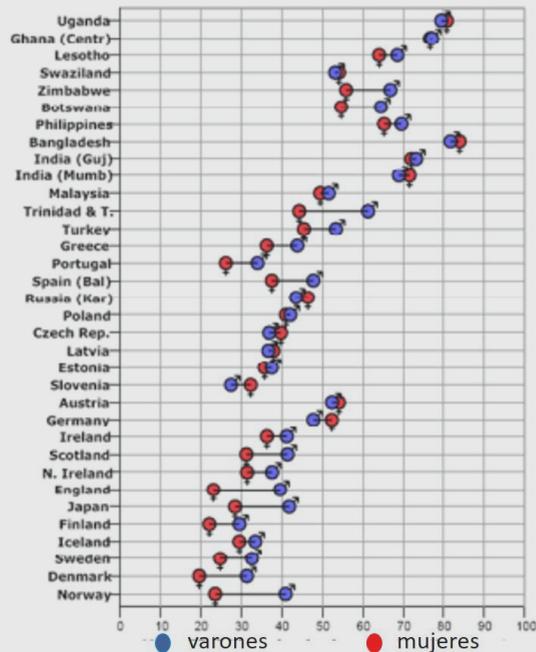
Conviene reflexionar que los esfuerzos para mejorar la alfabetización geológica se desarrollan en un escenario en el que la enseñanza de las ciencias va perdiendo terreno en los currícula y en el interés de los alumnos del mundo desarrollado. En efecto, algunas investigaciones detectaron un proceso global del desinterés por los aprendizajes en ciencia y tecnología en alumnos de la enseñanza básica (-15)

Esta circunstancia, fue analizada en el proyecto ROSE \* que investigó la valoración de los alumnos sobre sus experiencias con la ciencia escolar en 34 países y entre las conclusiones, se señala que en algunos de los países más desarrollados (Inglaterra, Japón, Finlandia y otros) los alumnos de enseñanza básica demuestran menos interés por la CyT que en los países menos desarrollados (Uganda, Ghana, Zimbawe, etc.)

Estos resultados constituyen un dato socio-político a considerar en cada país ya que seguramente sus respectivas economías, culturas, expectativas y relaciones políticas podrán orientar las estrategias didácticas.

Aunque es un tema que requiere mayor profundización, resulta oportuno considerarlo para reflexionar sobre la praxis docente contextualizada y emocionalmente orientada a motivar el interés de los alumnos. En el marco del retroceso general de las ciencias parece inevitable innovar e investigar con mayor enjundia nuevas estrategias para expandir la alfabetización geológica. Entre ellas se encuentra el enfoque geolodáctico sobre el cual nos extenderemos en el siguiente apartado.

En alguna medida, el desinterés de los alumnos (y docentes) está relacionado con la dificultad para encontrarle sentido social y político a los contenidos geológicos que se enseñan. El autor entiende que, en parte, esto se debe a un deficiente proceso de trasposición didáctica y, como parte de ella, al empleo de textos “universales” que con escasas referencias hacia el contexto geológico y a los sucesos locales y regionales.



\* Fuente: Sjøberg, Svein & Camilla Schreiner, 2010 The ROSE Project an overview and key findings. University of Oslo <https://bit.ly/4eMX0ka>

## Raíces políticas del analfabetismo geológico<sup>26</sup>

Desde hace aproximadamente dos décadas, se publican investigaciones y experiencias sobre la enseñanza de la Geología y sobre su importancia para la formación de ciudadanos. Son muchas las contribuciones publicadas en revistas especializadas como AEPECT (España), ESTA (Inglaterra) y NAGT (Estados Unidos de América), que aportan recursos didácticos y argumentan adecuadamente acerca de la alfabetización geológica. En ellas se exponen las razones por las cuales los contenidos geológicos deben formar parte de dicha alfabetización científica, aludiendo tanto a la importancia de los conocimientos sobre el funcionamiento del Planeta, como a la necesidad de comprender el origen y distribución de los paisajes, los recursos y riesgos naturales.

Pese a todo el esfuerzo realizado, se advierte que dichas razones no han sido atendidas por las autoridades educativas, ni de Argentina ni de España, lo cual promueve una permanente “militancia” para destacar la relevancia social, la trascendencia económica, el estímulo de vocaciones científicas y la importancia formativa de la alfabetización geológica. Ejemplo de ello es el manifiesto sobre la alfabetización científica producido en 2012<sup>27</sup> por la AEPECT y varias asociaciones científicas españolas. En igual sentido se manifestó LAIGEO (2020) (Capítulo Latinoamericano de la International Geoscience Education Organization) a través de la Carta Abierta “Promover una educación en ciencias de la Tierra para todos y de calidad en bien de nuestras naciones”.

Entonces, si consideramos por un lado las reiteradas, numerosas y buenas razones para mejorar la enseñanza obligatoria de la Geología y, por otro lado, tenemos en cuenta la falta de respuestas adecuadas, parece haberse delineado un problema: ¿por qué motivos no son atendidos tantos y tan sólidos argumentos científicos y pedagógicos?

Dado que ninguna autoridad ha rebatido desde un punto de vida pedagógico las razones apuntadas, la respuesta a esta pregunta requiere reorientar la mirada hacia la reflexión sobre la naturaleza política e ideológica de dicho problema. En tal sentido se propone la hipótesis de que las razones sociales y pedagógicas que justifican la enseñanza obligatoria de la Geología cuestionan los fundamentos de los modelos neoliberales y por ende son rechazadas por aquellas autoridades educativas que, por acción u omisión, contribuyen en mayor o menor medida a la persistencia de dichos modelos. En cualquier caso, resultan funcionales al sometimiento de las mayorías y se oponen al desarrollo de una cultura emancipatoria, una cultura que postula la utopía de la participación ciuda-

26 Extraído de Lacreu, 2012. Raíces políticas del analfabetismo geológico. <https://bit.ly/3NmlXUZ>

27 Manifiesto por una alfabetización científica (2012) <https://bit.ly/3HDp6iH>

dana con el fin de transgredir la cultura de la modernidad, a través de sujetos que estén efectivamente presentes en la vida ciudadana (Sposati, 2001, p. 24-25).

A continuación, expondré algunas situaciones conflictivas que dificultan la alfabetización geológica con una doble finalidad: por un lado, sensibilizar a los funcionarios “técnicos” y políticos y, por otro, sugerir a la comunidad de educadores la necesidad de incorporar, con mayor énfasis aún, el debate sobre todos los aspectos que ayuden a esclarecer la naturaleza política de este problema pedagógico. En este sentido, este libro se constituye en un acto político.

### **Conflictos Político-Ideológicos**

Lo expresado anteriormente, se enmarca en el pensamiento crítico de Paulo Freire (2003) quien supo expresar: “En primer lugar, la crisis de la educación no es privativa de los países subdesarrollados. En segundo lugar, creo que la crisis no es propia de la educación, sino que es la crisis de la sociedad toda, es la crisis del sistema socioeconómico en el cual estamos insertos que necesariamente se refleja en la educación. Por mi parte, no tengo duda que **la confrontación no es pedagógica sino política**. No es peleando pedagógicamente que voy a cambiar la pedagogía. No son los filósofos de la educación los que cambian la pedagogía, son los políticos bajo nuestra presión los que van a hacerlo, si los presionamos. La educación es una práctica eminentemente política”.

Compartiendo esas ideas sobre la formación de ciudadanos es que propongo aquí ampliar las estrategias de enseñanza incorporando la problematización de casos sobre relaciones conflictivas entre la sociedad y los recursos naturales no renovables y la formación para formular buenas preguntas sobre estos y otros tópicos. De este modo, se promueve una idea de la ciencia que excede las concepciones que la ubican en un estatus pretendidamente “puro y neutro” y la sitúa en el terreno de la política, espacio privilegiado de actuación de los ciudadanos, independientemente de sus profesiones.

En ese sentido, considerando los costos sociales y los riesgos políticos derivados del analfabetismo geológico (Lacreu, 1990) se torna necesario “politizar” e “ideologizar” el empleo de los conocimientos geocientíficos en la resolución de situaciones problemáticas. Por ejemplo, preguntas como las siguientes, permitirán considerar en la enseñanza secundaria, terciaria o universitaria, la combinación de conceptos geológicos con consideraciones políticas:

*¿En qué medida, la sociedad del siglo XXI podrá compatibilizar la demanda*

*de recursos mineros indispensables para la sociedad, con las reservas declinantes y los problemas ambientales derivados de su explotación?*

*¿Por qué la mayoría de los Estudios de Impacto Ambiental no han logrado evitar la continua degradación de suelos, pérdida de biodiversidad y la contaminación de aguas?*

*¿Es posible actuar preventivamente para evitar la especulación inmobiliaria y evitar la venta de territorios bajo riesgos geológicos (inundaciones, derrumbes, colapsos)?*

La enseñanza básica de la Geología, desde este enfoque político, contribuirá a poner en debate los impactos negativos de algunas decisiones u obras, respecto de las cuales el poder económico y la prensa que lo representa, sólo difunde sus impactos positivos. Esta posibilidad es rechazada por los sectores liberales quienes, por el contrario, prefieren mantener la falta de regulación y la ausencia de control estatal sobre la explotación de recursos no renovables y el uso de territorios vulnerables.

Lamentablemente, la mayoría de los modelos educativos, adhieren tácitamente la idea cartesiana del hombre como “dominador de la naturaleza” lo cual se traduce en conductas de manejo de recursos para la satisfacción de un deseo o conveniencia particular, sin tener en cuenta el bien común. En oposición a dichas ideas, cabe señalar que existen otras visiones como la expresada mediante la hipótesis GAIA (Lovelok, 2007) o el mensaje indigenista del presidente boliviano (Morales, 2009) en las Naciones Unidas y otras que, como fue expresado en el capítulo 2, sostienen que la naturaleza es sujeto de derechos (Zaffaroni, 2011).

### ***Conflictos curriculares sobre la enseñanza de la Geología en Argentina:***

En el año 2009, a partir de la Resolución del Consejo Federal de Educación (CFE N° 084/09) es posible advertir una impronta en la educación que pone énfasis en la formación de ciudadanos socialmente responsables y la valoración de la persona como sujeto político configurando una visión diferente y contrapuesta a las políticas educativas de los años 90, de corte netamente neoliberal.

Pese a este avance, una lectura atenta de la citada Resolución deja ver la omisión de la Geología como espacio curricular o como contenido de enseñanza. Este hecho constituye una distorsión en la enseñanza de las Ciencias Naturales y pone en eviden-

cia una falta de consistencia interna como se verá más adelante. Esto fue denunciado oportunamente (Lacreu, 2010) responsabilizando al Consejo Federal de Educación (Integrado por los Ministros de educación de la Nación y las Provincias, Representantes de las Universidades y del Parlamento) como promotor (ya sea por acción u omisión) del analfabetismo geológico. Volviendo a la pregunta formulada en los primeros párrafos de este apartado, resulta obvio que en la redacción de dicha resolución, se desconocieron los avances en la enseñanza de la Geología comunicados hace más de una década en publicaciones nacionales e internacionales (Lacreu, 1997, 1998b, 2004 y 2009).

Para fundamentar las expresiones anteriores cabe señalar que en el apartado 3.3.2, ítem 87, de la citada Resolución, se formulan una serie de propósitos, entre los que se mencionan como objetivos:

- a.- “interactuar con los fenómenos naturales”
- b.- “profundizar en la construcción de los modelos explicativos básicos de las ciencias”
- c.- “comprender el mundo natural y su funcionamiento”
- d.- “tender puentes entre los saberes cotidianos y los científicos”

Dicho apartado concluye señalando que “Para ello será necesario considerar los aportes específicos de la Física, la Química y la Biología”, omitiendo a la Geología y poniendo en evidencia la falta de consistencia epistemológica y pedagógica entre los postulados y lo que se espera lograr, lo cual se expresa de modo claro y contundente en el Cuadro 3.1.

**Cuadro 3.1:** Inconsistencia entre los postulados y las expectativas de la Res 84-09 del Consejo Federal de educación (CFE), derivadas de la omisión de la Geología como espacio curricular dentro de las Ciencias Naturales.

<b>Propósitos expresados por el CFE</b>	<b>Competencias que estarán ausentes como consecuencia de la omisión de la Geología</b>
a.- “interactuar con los fenómenos naturales”	La comprensión de las causas (prevención y soluciones) sobre los fenómenos naturales que ponen en riesgo a las comunidades (terremotos, inundaciones, avalanchas, erosión de suelos, contaminación de suelos y aguas, etc.) Esta ausencia, contribuirá a mantener los mitos y dogmas existentes sobre los fenómenos mencionados, así como, también, respecto del origen y distribución de los recursos naturales no renovables, entre otros aspectos.

<p>b.- “profundizar en la construcción de los modelos explicativos básicos de las ciencias”</p>	<p>La comprensión del modelo de la Tectónica de Placas para explicar/se el funcionamiento de Planeta en general, o de aspectos singulares como las variaciones de biodiversidad en la tierra, las extinciones masivas y los cambios que ocurrirán en el futuro.</p> <p>El conocimiento de modelos construidos a lo largo de la historia que hoy permiten explicar el origen y distribución de los recursos y riesgos geológicos. Esta ausencia impedirá comprender las razones, métodos y criterios para la búsqueda de los primeros y prevención de los segundos.</p>
<p>c.- “comprender el mundo natural y su funcionamiento”</p>	<p>El conocimiento de que el mundo natural está evolucionando desde hace unos 4800 millones de años y que la aparición de la vida y del hombre provocaron cambios que sólo se pueden comprender (y valorar) tomando como referencia lo que hubiese ocurrido en un mundo sin dichas modificaciones.</p> <p><i>Estas carencias acerca del carácter histórico de la Geología privan a los ciudadanos de la única disciplina científica capaz de reconstruir la Historia Geológica de la Tierra y que permite comprender las consecuencias que las obras humanas provocan en el entorno natural. De este modo se dificultará, por ejemplo, participar responsablemente en las Auditorias Públicas que por ley se deben realizar para que la comunidad se exprese sobre los Estudios de Impacto Ambiental, cada vez que una obra civil interfiera con el funcionamiento del mundo natural.</i></p>
<p>d.- “tender puentes entre los saberes cotidianos y los científicos”</p>	<p><i>La distinción entre uno y otro tipo de conocimiento y la valoración del conocimiento geológico como una manera de explicar ciertos fenómenos del mundo natural.</i></p> <p><i>La ausencia de estos conocimientos favorecerá que se mantengan dogmáticamente ideas erróneas, populares, como por ejemplo 1: aquellas que llevan a establecer relaciones lineales entre el clima y el volcanismo con los terremotos, alejando la posibilidad de asumir la responsabilidad humana sobre el cambio climático; 2: la extracción ilimitada de aguas del subsuelo, imaginando la existencia de ríos subterráneos; o 3: aquellas que llevan a atacar de manera indiscriminada cualquier actividad minera, por desconocimiento de la posibilidad de desarrollar una minería “limpia”, sin la cual debería paralizarse la mayor parte de la industria mundial de artefactos que usan recursos no renovables.</i></p>

## **Conflictos corporativos en la Educación Secundaria**

Hasta fines de 2011, sólo dos provincias (Buenos Aires y Córdoba), habían creado el espacio curricular de Ciencias de la Tierra en 5° año de la Educación Secundaria Orientada en Ciencias Naturales, luego se incorporó en otras provincias y recientemente ocurrió en la provincia de San Luis<sup>28</sup>. Esta demora no fue casual ya que la inclusión de este espacio en el plan de estudios y en los diseños curriculares suele ser resistida por la corporación de docentes “estables”. Esta resistencia requiere la mayor atención ya que se funda en el riesgo de vulneración de las condiciones laborales de ese colectivo docente que incluye y excede al colectivo de profesores de las Ciencias Naturales.

Este conflicto latente podrá tener variadas vías posibles de solución razonables y válidas dependiendo del contexto, pero debe advertirse que en todos los casos será necesario tomar decisiones políticas que ofrezcan soluciones integrales y creativas que permitan la inclusión de dichos contenidos a la vez que prevean evitar las consecuencias negativas para los docentes que legítimamente puedan sentirse afectados.

Una respuesta posible es la inclusión progresiva, con una primera etapa de capacitación de los docentes en ejercicio dispuestos a permutar “sus horas” y recibir eventualmente acompañamiento pedagógico y disciplinar proveniente de ámbitos geológicos universitarios, siempre que ello sea posible (ver próximo apartado).

Una segunda etapa, deberá incluir la formación de posgrados (postítulos, especializaciones, actualizaciones) para los actuales responsables del espacio curricular, y la formación inicial de un profesorado en Geología, desafío que también es de naturaleza política y que puede tener diferentes alternativas como es el caso de un “Profesorado de Ciencias de la Tierra y de la Vida” (Lacreu, 1998a). También resulta inspiradora la valiosa experiencia realizada en Campinas, Brasil donde se desarrollaron experiencias de investigación acción en escuelas primarias que tomaban como objeto de estudio la cuenca hidrográfica donde se hallaban las escuelas. Al respecto, Compiani (2002) expresa que: “El tratamiento de los temas socio-ambientales desde una postura interdisciplinar, la formación de profesores reflexivos y el constructivismo son pilares fundamentales para la formación de sujetos autónomos y críticos. A partir de una perspectiva crítico-dialógica, vamos a discutir el papel de la formación de profesores como profesionales críticos,

28 En San Luis, el autor participó del equipo que escribió el diseño curricular y que defendió la re-ubicación del espacio curricular en cuarto año en lugar de quinto como era usual en el resto del país. El fundamento de este cambio fue el de hacer posible una mayor dedicación de los alumnos y la posibilidad de emplear los conocimientos geológicos (e internalizarlos) mediante su empleo en la resolución de problemas ambientales durante el 5to año. Res ME-229-20 p.267-274 <https://bit.ly/3AP4www>

favoreciendo el espíritu crítico, la autonomía, el respeto a la diversidad, a la cooperación y a la acción transformadora por una sociedad más justa y más integrada con la naturaleza”.

Por otra parte, la capacitación en ejercicio, es también un campo de lucha política debido a las dificultades prácticas para su concreción ya que habitualmente se tropieza con escaso apoyo institucional, con falta de tiempo por parte de los profesores y además con políticas educativas locales que niegan o dificultan los permisos alegando carencia de reemplazos.

### ***Conflictos académicos en ámbitos universitarios***

La comunidad geológica, salvo excepciones, no se hace presente en estos debates o sólo lo hace esporádicamente con discutibles fines corporativos. Por otra parte, existen dificultades para sostener proyectos de investigación educativa en ámbitos donde dominan las “ciencias duras” y los científicos “impermeables”. El autor puede dar testimonio de ello. Así, en su calidad de profesor titular en la Universidad Nacional de San Luis (UNSL), logró sostener un proyecto de investigación en la enseñanza de la Geología durante casi 12 años, hasta que las fatigas personales condujeron a su cierre formal. Durante ese tiempo, invirtió enormes cuotas de tiempo y energía en explicar a los evaluadores disciplinares de CyT de la UNSL y, sobre todo a los evaluadores externos, obviedades tales como la pertinencia de desarrollar investigaciones sobre la Formación Docente y la validez científica de las publicaciones de los resultados obtenidos.

Así, en las facultades de Geología, de hecho, se desalienta la incorporación de jóvenes al ámbito de la Geología aplicada a la educación, poniendo en evidencia otro conflicto: la convicción de la falsa idea de que “para enseñar geología, sólo hace falta saber mucho de la materia” poniendo en evidencia el desprecio por el valor que tienen los saberes pedagógico-didácticos como la transposición didáctica, que es el proceso que transforma los saberes eruditos en saberes para ser enseñados.

En efecto, habitualmente, los docentes universitarios están convencidos de que para poder enseñar una disciplina es suficiente con dominar los conocimientos propios de ese campo disciplinar. No suelen reconocer que la enseñanza constituye también un amplio campo de conocimientos que es requerido para llevar a cabo la tarea docente. Se da así la paradoja de que los docentes universitarios se actualizan en sus disciplinas, pero no en el ejercicio de su profesión docente, Lacreu (1997).

y las posibilidades objetivas de los diferentes agentes o instituciones en las luchas presentes” Bourdieu (op. Cit.).

## ***Conflictos en el campo científico: Geolodáctica ¿un nuevo campo disciplinar?***

Los párrafos precedentes, intentan promover la reflexión acerca de la orfandad existente para quienes trabajamos en un campo que formalmente no está reconocido en el ámbito científico y académico, como lo es la Geología Aplicada a la Educación. En las facultades de Geología la praxis docente está subvalorada por parte de los propios geólogos, quienes salvo honrosas excepciones, no admiten la necesaria participación y especialización de estos profesionales en los procesos de transposición didáctica y de formación docente aplicada a la educación básica. Asumiendo el carácter político de esta problemática y los intereses en juego, parece oportuno propiciar la creación de espacios académicos y científicos donde los citados conflictos se puedan hacer explícitos. En ese sentido, se propone la constitución de un campo disciplinar específico denominado con el neologismo Geolodáctica (ver capítulo 7), a fin de dar cuenta de una disciplina perteneciente al campo de la Geología, pero con objetos de estudio, sujetos y problemas que pertenecen al campo de la educación y de la política.

A modo de conclusión, podemos decir que los problemas referidos a la alfabetización geológica, son consecuencia de las decisiones políticas de los gobiernos, corporaciones y universidades quienes, por acción u omisión, contribuyen a sostener modelos neoliberales, expropiativos y excluyentes de los sectores marginados. En consecuencia, la labor que desarrollan los integrantes del denominado campo de la Geolodáctica, constituye una labor política de resistencia responsable para que, pese a todo, se pueda continuar la mejora en la formación de ciudadanos geológicamente alfabetizados.

## **Desafíos de la alfabetización geológica**

Sobre la base de lo anteriormente expuesto, a continuación se exponen algunos desafíos a resolver por la comunidad geológica y las autoridades educativas:

***Crear instancias favorables para el desarrollo de la geolodáctica:*** La escasa formación geológica de los profesores pre-universitarios y la falta de recursos geolodácticos, suele generar cierto grado de inseguridad y temor para la enseñanza de la geología. Un paso importante para solucionar este problema es la formación de un mayor número de especialistas en geolodáctica de los que existen actualmente en el país. Consecuentemente las UUNN tienen la responsabilidad política

de favorecer la creación y el desarrollo de centros de investigación geológica, así como de incorporar investigadores con dedicación exclusiva, proveniente de la geología y la pedagogía. (Lacreu, 2107a). Se hace imperiosa la formación, capacitación, actualización de los profesores para que abandonen la enseñanza memorística de la Geología y la reemplacen con nuevos enfoques que promuevan aprendizajes geológicamente significativos. En ese sentido se debe trabajar en la resignificación de la geología como una ciencia histórica y en su transposición didáctica (Lacreu, 1997).

***Renovar la enseñanza de la Geología privilegiando el carácter de ciencia histórica:*** La enseñanza primaria y secundaria debería renovarse incorporando enfoques diferentes de los habituales. Por un lado, se deberían promover aprendizajes significativos a través de investigaciones escolares que pueden incluir o no salidas al campo, resolución de problemas o estudios de casos. Por otro lado, es necesario renovar el enfoque epistemológico y desarrollar estrategias que permitan comprender el carácter histórico e interpretativo de la Geología (Frodeman, 1995). Desde hace tiempo se propuso que “la geología es una ciencia histórica de la naturaleza por cuanto estudia los procesos naturales a través de las formas reflejadas (osificadas en el original) en las estructuras geológicas” (Potapopva, 1968). En ese sentido, se pueden considerar algunas experiencias relacionadas con la construcción de la historia geológica del paisaje (ver capítulo 9), incluyendo trabajos de campo (Lacreu, 2007) o mediante aula virtual (Lacreu, 2012b). Estas propuestas procuran desnaturalizar los errores conceptuales sobre la inmutabilidad del relieve, sus rocas y estructuras, y promueven la concientización sobre el impacto humano en la naturaleza.

***Promover la coherencia epistemológica en la enseñanza de las ciencias naturales:*** No se puede afirmar que se enseñan ciencias naturales si la geología está ausente. Este desafío incluye la reformulación de los currículos del nivel secundario, pre-universitario, y también del profesorado y de los cursos de capacitación en ciencias naturales para que incorporen la geología como disciplina inmanente a dicho campo. Ello constituye una deuda política de las autoridades universitarias y un desafío para la comunidad geológica que por acción u omisión ha tolerado dicha ausencia. Tal permisividad ocurre bajo el supuesto que se trata de un problema

educativo, ajeno a la geología, sin percibir que su resolución inevitablemente requiere de la participación comprometida de geólogos en general y geodactas en particular. En ese sentido, considerando la necesidad de enseñar ciencias naturales de modo integral, se sugiere usar el enfoque histórico para poner énfasis en el hecho de que muchos de los procesos biológicos, físicos y químicos ocurridos en el pasado, han quedado registrados en los materiales geológicos<sup>29</sup>, en diferentes momentos y lugares a lo largo de la historia de la tierra.

***Contribuir al desarrollo sustentable y al esclarecimiento de su significado:*** En páginas anteriores hemos mencionado las limitaciones de la definición de *desarrollo sustentable* del informe Brundtland y la propuesta de ampliarla tomando en cuenta no sólo el crecimiento económico sino también la equidad social y el equilibrio ecológico.

En efecto, la mayoría de los problemas ambientales son el resultado de emprendimientos que se autodefinen como sustentables pero que, con demasiada frecuencia, sólo privilegian el crecimiento económico, en detrimento de la equidad y del equilibrio ecológico. Estas situaciones requieren que los geólogos tomen conciencia del rol (pasivo o activo) que juegan en la generación/solución de dichos problemas (Lacreu, 2017b).

## **Bibliografía citada**

- Bauman, Zygmunt. 2011. Daños colaterales. Fondo de Cultura Económica p. 233, Bs As.
- Bourdieu, Pierre. 2003. Los usos sociales de la ciencia. Nueva Visión,
- Braslavsky, Berta, 2003 Qué se entiende por alfabetización. Lectura y Vida. Año 24, 2:2-17
- BYBEE, Robert, 1997. Towards an Understanding of Scientific Literacy. En Graeber, W. y Bolte, C. (Eds) Scientific Literacy. Kiel
- CFE 84-09 <http://www.me.gov.ar/consejo/resoluciones/nap-anexo01.pdf>
- Carneiro, C.D.R., Toledo, M.C.M. de; Almeida, F.F.M. de. 2004. Dez motivos para a incluso de temas de Geologia na Educação Básica. Rev. Bras. Geoc. 34(4):553-560. URL: [http://semanact.mct.gov.br/upd\\_blob/0000/152.pdf](http://semanact.mct.gov.br/upd_blob/0000/152.pdf)

<sup>29</sup> La importancia de considerar estos materiales en la enseñanza es que en su gran mayoría han sufrido cambios de forma y de posición y muchos de ellos constituyen recursos mineros necesarios para la sociedad, por ello la búsqueda de nuevos recursos requiere de la reconstrucción histórica de los paisajes geológicos.

- Compiani, Mauricio. 2002. Formación de profesores, profesionales críticos, en la enseñanza de geociencias frente a los problemas socio-ambientales. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra 10.2, 162-172, Barcelona. <https://bit.ly/3qRHrAY>
- Freire, Paulo. 2003. El Grito Manso. Siglo XXI Buenos Aires
- Follari, Roberto. 2008, La selva académica, Homo Sapiens, p. 109 Rosario.
- Fourez, Gérard, 1997. Alfabetización Científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias Ed Colihue 255p.
- Frodeman, Robert, 1995. Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science. Geological Society of America Bulletin, 107(8):960-968
- Gil, Daniel y Vilches A., 2003. La contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. Cultura y Educación, 16 (3):259-272. Valencia
- Gil Pérez, Daniel, Sifredo, C., Valdés, P., y Vilches, A. 2005, ¿Cuál es la importancia de la educación científica en la sociedad actual? Santiago OREALC/UNESCO:15-28
- Lacreu, Héctor L., 1990. Costos sociales y riesgos políticos de la indiferencia geológica. 142 p. UNSL, San Luis
- Lacreu, Héctor L., 1997. La transposición didáctica de las Geociencias. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, (5.1):37-48. España
- Lacreu, Héctor L. 1998a. Un profesorado en ciencias de la tierra y de la vida. Documentos del X Simposio sobre Enseñanza de la Geología, p. 36-41 Mallorca,
- Lacreu, Héctor L., 1998b. Las geociencias en la alfabetización científica Capítulo 7:239-270, en: Enseñar Ciencias Naturales, reflexiones y propuestas didácticas. Comp: M. Kaufman y L. Fumagalli. Ed. Paidós 270 pp. Buenos Aires
- Lacreu, Héctor L., 2004. ¿para qué enseñar Geología?, y ¿cómo hacerlo? Congreso Nacional de Educación en Ciencias Naturales UNC. Córdoba, Argentina.
- Lacreu, Héctor L., 2007. La historia geológica del paisaje como contenido esencial en la enseñanza obligatoria. Alambique N° 51:76-87 España. <https://tinyurl.com/msua7uux>
- Lacreu, Hector L. 2009. La importancia de las geociencias para la construcción de ciudadanía en el currículo de la enseñanza básica. En *Proceso Curricular, Diferentes Dimensiones*, Cap 1:17-36, Org. Por Laguna Sicca, N.A., Moreira Da Costa, A.D. y Sousa Fernández De, S. A. Editora Insular, Florianópolis. <https://tinyurl.com/4y5rywjb>
- Lacreu, Héctor L., 2010. Reflexiones, fundamentos y propuestas para la incorporación de las ciencias de la tierra en la enseñanza secundaria obligatoria, aporte para los marcos de referencia de la orientación en ciencias naturales (inédito)
- Lacreu, Héctor L., 2012a. Raíces políticas del analfabetismo geológico. XVII Simposio sobre Enseñanza de la Geología, Actas:91-99. <https://tinyurl.com/yb6rhwuz>
- Lacreu, Héctor L., 2012b. Recursos virtuales para la interpretación geológica del paisaje. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra Vol. 20.2: 198-202, España. <https://tinyurl.com/2s36hkfz>

- Lacreu, H. L., 2014. Aciertos, distorsiones y falacias en la enseñanza de las ciencias naturales de la educación secundaria obligatoria de Argentina. *TERRÆ DIDATICA* 10-3:217-226. Campinas, Brasil.
- Lacreu, H.L., 2015. La Geología en la educación primaria y secundaria. *IBIGEO*, Temas BGNoa Vol. 5, Núm. 2:25-28. <https://bit.ly/3pIKLyj>
- Rinesi, Eduardo, 2015. Filosofía (y) Política de la Universidad. (p. 50) IEC -

## 4. GEOLOGÍA PARA LA FORMACIÓN CIUDADANA<sup>30</sup>

La enseñanza de contenidos geológicos en la educación obligatoria, debe ser analizada en diferentes dimensiones. Por un lado, se hace necesario acordar los objetivos que se quieren lograr y cuáles son los contenidos indispensables para alcanzarlos. A la vez, tanto contenidos como objetivos están orientados por unas finalidades educativas. En particular es necesario que la sociedad en general, así como sus docentes y los geólogos dedicados a la educación (geolodactas) adviertan que la finalidad de la educación obligatoria es la formación de una ciudadanía crítica y participativa de la vida en sociedad. Esta idea se contrapone con otra más generalizada según la cual la finalidad de la enseñanza de las ciencias es la de formar “pequeños científicos” o, en el caso de la geología, “pichones de geólogos/as”. En consecuencia, tanto la selección de los contenidos como su transposición didáctica deben considerar, además de los conceptos y procedimientos de los contenidos geológicos escolares, métodos de razonamiento, habilidades y actitudes propias de este campo.

En este libro, la enseñanza de la Geología es concebida desde una perspectiva epistemológica según la cual se considera a la ciencia como un campo en el que las teorías y metodologías específicas son socialmente construidas y condicionadas. Este enfoque pedagógico - didáctico se complementa con la intencionalidad de formar ciudadanos mediante la enseñanza de conocimientos científicamente relevantes y al mismo tiempo socialmente útiles para aportar al desarrollo sustentable. Esto es, que tengan sentido social de tal modo que las personas puedan gozar, aprovechar y comprender algunos de los sorprendentes procesos que han sucedido y suceden en la actualidad y

---

30 Basado en el artículo, de Lacreu, H.L. 2009 La importancia de las Geociencias para la construcción de ciudadanía en el currículo de la enseñanza básica. Disponible en: <https://bit.ly/3tzykWw>

estimular su curiosidad. Junto con ello, y sobre dicha base, puedan imaginar/predecir y desarrollar un espíritu crítico en relación con los procesos (y los resultados) que podrán suceder en el futuro, si la humanidad continúa con el mismo esquema de desarrollo insustentable aplicado hasta el momento.

Estas enseñanzas y sus aprendizajes deben contribuir a formar a las/os futuros ciudadanas/os en las competencias geológicas fundamentales para comprender el funcionamiento del planeta y desarrollar un pensamiento crítico que posibilite advertir y actuar asertivamente en procesos de “anticipación”. Dichas competencias constituyen herramientas para evaluar el desarrollo de emprendimientos que pudieran comprometer el equilibrio ambiental, y oponerse a ellos de manera fundamentada mientras no se demuestre que contribuyen al desarrollo sustentable.

En este proceso formativo, un primer paso consiste en “desnaturalizar” la visión intuitiva sobre las causas de muchos de los daños que, erróneamente, son adjudicados a procesos naturales. La comprensión profunda de los efectos que tienen y han tenido los fenómenos geológicos en el condicionamiento de la evolución de los ecosistemas y el desarrollo de la vida, requiere de ciudadanos que perciban y asimilen el carácter transitorio y cambiante de los paisajes geológicos. Para lograrlo, es necesario el acceso a explicaciones que involucran a las interacciones entre los subsistemas terrestres, y entre estos y la sociedad, así como su evolución (los cambios a lo largo del tiempo).

No es una novedad que en una sociedad democrática, la actuación de los sujetos y su capacidad transformadora, se relacionan con su bagaje cultural (Compiani 1990). Los conceptos y metodologías de la Geología constituyen una herramienta cognitiva que enriquece la mirada sobre las problemáticas ambientales y permiten poner en perspectiva y dimensionar con mayor precisión el impacto (local, regional y/o global) de las actividades que el hombre realiza en diferentes regiones del planeta.

Por todo ello considerar a la alfabetización geológica como parte de la formación ciudadana se constituye en un acto político, en el sentido de que potencia la capacidad de promover cambios en las realidades adversas y mejorar la calidad de vida en diferentes ámbitos sociales.

En este capítulo, se pone énfasis en la defensa político-ideológica de la necesaria presencia curricular de la Geología en la enseñanza básica, a fin de sensibilizar y responsabilizar políticamente a quienes se oponen a ello, o “se hacen los distraídos”.

## Razones político - ideológicas para la enseñanza de las Geología

Actualmente es habitual que en la enseñanza de las ciencias naturales se afirme que sus contenidos son importantes para explicar y comprender la complejidad del mundo que nos rodea. Tal como lo plantea Morin (1999:17) "...existe complejidad cuando no se pueden separar los componentes diferentes que constituyen un todo (como lo económico, lo político, lo sociológico, lo psicológico, lo afectivo, lo mitológico) y cuando existe un tejido interdependiente, interactivo e inter-retroactivo entre las partes y el todo, el todo y las partes. Ahora bien, los desarrollos de nuestro siglo y de nuestra era planetaria nos enfrentan cada vez más y con mayor frecuencia y de manera cada vez más ineluctable con los desafíos de la complejidad". Para afrontar el desafío que plantea Morin, se hace imprescindible y urgente avanzar en la construcción de algunas hipótesis de abordaje a fin de garantizar buenas y mejores condiciones de vida a la sociedad y sobre todo, evitar que sean peores que las actuales.

En este camino, el manejo de los recursos naturales y la prevención de los efectos negativos causados por las intervenciones humanas requieren de políticas de estado y de funcionarios técnicos altamente especializados y capacitados para el trabajo multidisciplinario. Sin embargo, ello no es suficiente y resulta indispensable la presencia de una sociedad científicamente-alfabetizada que adquiera competencias ciudadanas para actuar con ética, responsabilidad y compromiso social en el control de tales intervenciones. Como así también con el compromiso político de denunciar situaciones de mala praxis y señalar a los responsables que por acción u omisión hayan estado involucrados.

Este compromiso debe manifestarse no sólo en la actitud individual de conservación del ambiente sino también en la acción colectiva, oportuna y asertiva para reclamar la efectiva implementación de las audiencias públicas establecidas por las leyes vigentes. Además, exige participar con opiniones responsables cada vez que sea necesario realizar un balance entre los impactos ambientales positivos y negativos resultantes de cualquier modificación humana en el espacio natural y el entorno social.

Parte de las competencias ciudadanas, consiste en advertir que uno de los requisitos para el desarrollo sustentable es la comprensión del funcionamiento de los sistemas naturales en diferentes escalas: global, regional y local. Dicha comprensión es científicamente imposible sin el aporte teórico y metodológico de la Geología cuyas explicaciones son, por lo general, contraintuitivas. Por ejemplo, el pensamiento basado

en el sentido común, interpreta intuitiva y erróneamente que el paisaje es estático e inmutable, que las rocas son inalterables y siempre resistentes, o que las inundaciones se producen, simplemente, a causa de la lluvia<sup>31</sup>. La construcción de los conocimientos geológicos que explican el mundo desde otra perspectiva, requiere de estrategias didácticas que pongan en cuestión el pensamiento intuitivo y lo amplíe y complejice.

El control y la regulación pública y estatal sobre la explotación de recursos no renovables (mineros, suelos, aguas, paisajes, etc.), o la regulación para la venta, urbanización u ocupación de territorios sometidos a riesgos geológicos, o para la realización de acciones como la deforestación, construcciones de rutas o de embalses de agua, que alteran los procesos naturales existentes, o que desencadenan otros derivados de acciones humanas negligentes; son todos ejemplos de aspectos que inciden en la vida cotidiana de la sociedad, que deberían ser enseñados a través de la Geología, y que los sectores neoliberales prefieren que no se cambien.

La intencionalidad de la educación siempre es política. Lo es, cuando intenta introducir cambios en la cultura para hacer un mundo “sustentable”, diferente del actual. También lo es, cuando renuncia tácita o inconscientemente (nunca explícitamente) a la formación de ciudadanos críticos con el propósito (no declarado o no percibido) de ofrecer una educación para el sometimiento y la naturalización de la pobreza, la desigualdad y la conservación de un mundo “insustentable” como en la actualidad.

Consecuentemente, intentaré situarme desde una perspectiva política e ideológica para reflexionar y fundamentar, con una visión estratégica, sobre el aporte insustituible de la Geología para mejorar la Formación Ciudadana y la necesidad de su intervención tanto en el currículo de la educación formal como en los diseños de la educación no formal.

Dicha intervención procura ayudar a generar una “cultura emancipatoria”, que postule la utopía de la participación ciudadana con el fin de transgredir la cultura de la modernidad, con la intervención de sujetos que estén efectivamente presentes en la vida ciudadana y que “sean capaces para defender propuestas con argumentos, que tengan capacidad de decisión y de construcción colectiva. Para ello no es suficiente analizar la situación en los planos técnicos ya que el éxito y la amplitud de los resultados suponen el trabajo con la subjetividad de los participantes” (Sposati, 2001, p. 24-25).

---

31 Otras causas de inundaciones obedecen al ascenso de las napas freáticas debido a la deforestación y la consiguiente reducción del consumo del agua subterránea, como así también a la construcción de terraplenes que dificultan el escurrimiento natural.



### **Algunas transgresiones a la cultura de la modernidad**

Una de las recientes transgresiones está motivada por la adopción de una perspectiva ambiental que está reflejada en la introducción del concepto de “Bienes Comunes Naturales” \* en reemplazo del concepto tradicional de recursos naturales debido a que estos, desde una visión antropocéntrica, son considerados fuente de insumos para la producción capitalista, asignándoles un valor como mercancía. Por su parte, el término Bienes Comunes Naturales surge en el contexto de las luchas sociales por la apropiación, el manejo y el uso de la naturaleza en consonancia con las culturas y tradiciones indígenas, y supone un mayor respeto por ella así como el reconocimiento de su valor ambiental y simbólico.

Otra innovación es el intento de modificar el sentido de la relación entre la sociedad y el Planeta Tierra. Me refiero a la reciente declaración del “Día de la Madre Tierra” (22 de abril de 2009) por parte de la ONU (Organización de las Naciones Unidas), conforme a la propuesta del presidente boliviano Evo Morales, que, en un discurso de corte humanista expresó: “la tierra no nos pertenece, sino que nosotros pertenecemos a la tierra, y que la tierra también tiene derechos, no sólo los humanos”. Y más adelante agrega, de un modo metafórico: “Tenemos el desafío de consensuar una declaración para la Madre Tierra, por ello quiero proponer cuatro derechos: el derecho a la vida, que significa el derecho a existir; segundo, el derecho a la regeneración de su capacidad, sus recursos no pueden ser ilimitados, es más importante producir oxígeno que dióxido de carbono; tercero, a tener una vida limpia, la Madre Tierra tiene derecho a vivir en un ambiente sano y, cuarto, el derecho a la armonía entre todos y de todo”. Estas palabras pueden resultar polémicas, pero merecen ser analizadas críticamente y de manera contextualizada.

\* Ivars, J.D 2013 ¿Recursos naturales o bienes comunes naturales? algunas reflexiones <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/1209>

## **Las relaciones naturaleza-sociedad**

Las características naturales de las diferentes regiones del planeta, inicialmente han condicionado la evolución de la especie humana y han orientado su desarrollo en diversos sentidos. En efecto, las singulares características topográfico-geológicas de cada territorio han contribuido, junto con otros factores, a delinear los rasgos culturales de las distintas comunidades, asociados a las formas de interacción entre sus integrantes y

estas entre si y con el territorio en el que se localizan. Cabe señalar que las comunidades nómades o sedentarias en sus asentamientos temporales o permanentes, han tenido y siguen teniendo especial consideración hacia ciertos atributos del territorio. La presencia o ausencia de dichos atributos, los procesos que determinaron su existencia y su posible evolución, sólo pueden ser comprendidos y anticipados con el auxilio de los conocimientos que aporta la Geología.

Por lo general, no suele prestarse atención a ciertos rasgos geológicos y geomorfológicos que son indicadores de eventuales amenazas y que deben ser considerados para seleccionar territorios seguros para el asentamiento humano. Por ejemplo, la presencia de cenizas volcánicas es un indicador de una acción volcánica pasada que podría volver a ocurrir aún en el caso en que no se encuentre un volcán a la vista. Otro ejemplo es la presencia de elementos limosos en las barrancas de zonas de llanuras que son indicadores de inundaciones ocurridas en el pasado y que podrían repetirse.



### **La Construcción de una ciudad en terrenos inundables**

El 27 de mayo de 1987, por iniciativa del Presidente Dr. Raúl Alfonsín y con el objetivo de descentralizar el poder político y separarlo del poder económico, el Congreso de la Nación sancionó la Ley 23.512 que declaraba a la región Viedma-Carmen de Patagones como Distrito Federal. Más tarde se creó el ENTECAP, (Ente para la Construcción de la Nueva Capital) - Empresa del Estado.

Simultáneamente se produjeron críticas y fuertes presiones económicas y políticas para impedir el desarrollo del proyecto y en 1989, durante la presidencia de Carlos Menem fue anulado y el ENTECAP, disuelto.

Sin embargo, cabe señalar que el gran estado de debate y “peleas” entre los diferentes actores económicos y políticos se podría haber evitado si antes de lanzar el proyecto, se hubiesen realizado los estudios ambientales de rigor. De haberlo hecho, inmediatamente se hubiese puesto de manifiesto su inconveniencia debido a que la nueva Capital Federal se hubiera fundado en terrenos inundables, tal como lo evidencian los registros geológicos como son los restos de sedimentos presentes en las terrazas del margen sur del Río Negro.

A ello debe agregarse la amenaza que significa la cercanía de la represa El Chocón ubicada 650 km aguas arriba en el Río Negro, ante una eventual rotura de la misma que provocaría una inmensa ola de agua.

Por otra parte, el desarrollo de la humanidad, ha requerido, sigue y seguirá requiriendo del abastecimiento de recursos vitales como el agua y los materiales (meta-líferos y no metalíferos) para la construcción de sus moradas y artefactos cotidianos, como así también del aprovechamiento del suelo para la producción de sus alimentos. La estrecha dependencia que el ser humano tiene de estos bienes, está tan naturalizada que termina pasando desapercibida y por lo tanto ignorada. También en estos casos, la Geología contribuye a la formación de ciudadanos, en la medida que éstos puedan comprender que dichos recursos pueden agotarse o destruirse y que las alternativas consistirán en elegir entre obtenerlos de sitios más lejanos con mayores costos, emigrar, o bien (¿utópicamente?), desarrollar una nueva cultura prescindente de los “recursos perdidos”. Dicha conciencia ciudadana se adquiere no sólo con esta comprensión, sino con el desarrollo de competencias para la identificación oportuna de los problemas, la realización de diagnósticos adecuados y la adopción de medidas asertivas que neutralicen o reduzcan los efectos negativos derivados del uso no sustentable del territorio y sus recursos.

Las interacciones sociedad-naturaleza, no solo están influenciadas por la disponibilidad de los recursos naturales y/o por la seguridad frente a amenazas geológicas, sino también por la distribución de poder dentro de las comunidades, así como de los intereses involucrados en la ocupación del territorio. Esta ocupación suele hacerse bajo una supuesta racionalidad que considera que la construcción de barrios es un indicador positivo de desarrollo. Sin embargo, en muchos casos se perciben diversas situaciones promotoras de inequidad, como por ejemplo que las tierras elevadas, (a resguardo de las inundaciones) son más caras que las tierras bajas e inundables. Este hecho, de por sí inadmisibles, es más grave aún en aquellos casos en los que no se aplican las normas existentes que impiden la urbanización de regiones con riesgo de inundación. Un agravante suele producirse cuando se introduce otro indicador de desarrollo como son las obras de pavimentación realizadas prioritariamente en las calles de las urbanizaciones más cotizadas, las cuales aumentan la superficie de suelos impermeabilizados que se suma al terreno ya cubierto por las casas construidas. Consecuentemente, en las épocas de lluvia, un mayor volumen de agua se escurre hacia las zonas más deprimidas y el citado indicador de desarrollo válido para una región “elevada”, se traduce, paradójica y simultáneamente, en mayor subdesarrollo e inequidad social para los barrios de las zonas deprimidas.

Se trata obviamente, de un problema que podría evitarse realizando obras de desagües pluviales apropiados o, en su defecto, diseñando una ocupación territorial

que evite estos inconvenientes. Sorprendentemente, estas situaciones se repiten con una frecuencia mayor de lo esperado, de donde se puede inferir que además de la obvia inescrupulosidad de algunos funcionarios y empresarios, también existe un analfabetismo en la población que ha “naturalizado” el problema de las inundaciones sin advertir que estas son previsibles, controlables y evitables en la gran mayoría de los casos. Este ejemplo puede extrapolarse a otras situaciones en las que los procesos naturales causan “daños colaterales” debido a la imprevisión o negligencia como es el caso de construcciones cercanas a ríos de caudales variables. Ello también sucede en obras realizadas en regiones sísmicas, volcánicas o bajo amenazas de derrumbes o avalanchas sin que la ciudadanía considere la posibilidad de impedir la ejecución de dichas obras, o al menos, exigir obras complementarias para evitar/mitigar daños.

La devastación del medio ambiente no sólo refiere a los cambios evidentes en la biodiversidad, como sucede con la tala de bosques. También afecta al relieve mismo y a los procesos naturales propios de un lugar como es el caso de los cambios en el flujo superficial y subterráneo del agua, la interrupción en la evolución de los suelos, sea por laboreos excesivos o por su impermeabilización. Dichos cambios pueden ser más o menos evidentes en la escala de tiempo y espacio humano, pero innegables y muy bien conocidas en la escala de tiempo geológico. Pero, como sabemos, son inmanentes a la evolución de la humanidad y es de prever que continuarán con el consecuente deterioro, en ocasiones irreversible, de recursos naturales antes llamados renovables, como el agua y el suelo que, en virtud de la explotación abusiva, ya no lo son. Por ello se destaca la necesidad de fomentar, en la formación ciudadana, el uso y la comprensión de las escalas de tiempo y espacio a fin de poder explicar el origen y las consecuencias globales de procesos geológicos locales (terremotos, volcanes entre otros) así como las consecuencias locales y regionales de procesos globales (fusión de hielos, cambios en el nivel de los océanos). Dichos conceptos contribuyen al fomento de acciones solidarias y a la comprensión de las problemáticas sociales que ocurren en diferentes lugares de nuestro planeta y que se relacionan con el deficiente uso de los recursos y la falta de previsión de riesgos geológicos.

En los párrafos precedentes intenté aportar datos que justifican la necesidad de que los ciudadanos accedan al conocimiento de algunos criterios básicos sobre el funcionamiento de los procesos geológicos exógenos y endógenos que han sido los responsables de la configuración del territorio en el que habitan, ya que dichos procesos seguirán actuando, con diferentes ritmos, oportunidades e intensidades. Como ya se ha

dicho, este conocimiento es el que posibilita predecir y prevenir daños y comprender que muchos de los problemas atribuidos a los procesos naturales no son tales, sino que en realidad son “problemas antrópicos” derivados de una inapropiada intervención del hombre en el entorno natural. Por esta razón, la comprensión de los fenómenos geológicos debe formar parte de la alfabetización científica para que los ciudadanos puedan analizar críticamente las consecuencias de las acciones, individuales y/o colectivas, en relación con la sustentabilidad en el uso del territorio.

## Las competencias geológicas

La alfabetización geológica permite “desnaturalizar” y “humanizar” el origen de algunos “daños colaterales”. Esta nueva visión, de carácter netamente político, involucra un cambio de concepción derivada de la reinterpretación de los mismos hechos bajo nuevos marcos teóricos.

Aunque aisladamente esta alfabetización sea insuficiente, es un paso necesario e imprescindible para que los ciudadanos como sujetos políticos, dispongan de herramientas para interactuar con otros con el propósito de mejorar aquellos aspectos de la realidad que permitan mejorar su calidad de vida, tanto en aspectos culturales y económicos como en los estéticos. Pero además, la alfabetización también aportará, a la calidad de la democracia, toda vez que los “mandantes” es decir los integrantes del pueblo tendrán mayor conciencia y capacidad crítica para evaluar las acciones políticas de sus mandatarios.

Desde este punto de vista, no se trata de impedir cualquier actividad económica o social que involucre modificaciones al territorio o al entorno paisajístico, sino de exigir que las mismas sean sustentables, en el sentido mencionado en el capítulo anterior. Es decir que se orienten claramente al bien común y junto con el desarrollo económico, incremente la equidad social y preserve el equilibrio ecológico en la región de influencia. Al mismo tiempo, tal como se mencionó en el apartado anterior, será necesario que las competencias geológicas sean ejercidas con responsabilidad social y solidaridad con el objeto de asegurar que las acciones consideradas sustentables localmente, lo sean también en los ámbitos regionales y globales<sup>32</sup>. A modo de conclusión, se puede afirmar que el desarrollo de competencias geológicas contribuye a la formación de ciudadanos porque les permitirá:

32 Una prolija y exhaustiva enumeración y valoración política de estas problemáticas ambientales y los profundos cambios que provocan en la Tierra puede consultarse en Gil et al, (2008)

- 1) Comprender que los humanos somos una entre las tantas especies que habitan este planeta, y que como tal, tenemos un biocrón<sup>33</sup> indeterminado cuya extensión seguramente podríamos manipular alargándolo. Sin embargo, hasta ahora, a través de conductas no sustentables, parece que lo estuviéramos acortando.
- 2) Reconocer que el paisaje geológico es un bien natural que configura el sustrato físico único y singular del paisaje, donde conviven individuos de una sociedad que se aprovecha de él. En efecto, todo paisaje está constituido por formas y materiales (rocas, suelos, agua, vida) que condicionan las actividades económicas, sociales y culturales de la comunidad, y le imprimen rasgos particulares de identidad.
- 3) Valorar el paisaje a través del conocimiento de su historia geológica para comprender que sus materiales constituyentes no siempre estuvieron allí del modo en que hoy se los encuentra (Lacreu, 2007) y que seguirán modificándose a través del tiempo. En efecto, los paisajes actuales representan el resultado parcial y transitorio de varios ciclos en los que interactuaron procesos geológicos endógenos y exógenos entre sí y con otros agentes de la atmósfera, hidrosfera, biosfera y la sociosfera.
- 4) Reestructurar aquellos conceptos aprendidos a través de experiencias personales e intuitivas dentro de las escalas de tiempo y espacio humanas como es el caso de las concepciones sobre la inmutabilidad del relieve y las rocas, así como también las concepciones erradas sobre las reservas inagotables de recursos como el agua y los productos del suelo y de la minería. Esto implica incorporar algunos conceptos contraintuitivos construidos en el marco de las escalas de tiempo y espacio geológico.
- 5) Desnaturalizar las causas de algunos daños como los que ya hemos mencionado (inundaciones de barrios marginales, desmoronamiento de edificios y de construcciones precarias, el arrasamiento de casas por avalancha o coladas de lava, el sepultamiento de ciudades por cenizas volcánicas, y otros) que suelen ser atribuidos a procesos naturales. Los estudios geológico-geomorfológicos y la historia geológica de una región ofrecen herramientas teóricas para anticipar los cambios que podrían ocurrir, incluso los daños causados por terremotos, salvo algunas excepciones.

---

<sup>33</sup> Biocrón: es el intervalo (duración temporal) de una especie (género o familia) fósil en la escala geocronológica, desde que aparece hasta que se extingue. Esta duración puede variar entre menos de un millón (graptolites) hasta varios millones de años (amonites)

6) Tomar conciencia de que esos daños, obedecen al desconocimiento genuino de la población afectada pero, sobre todo, a la negligencia cuando no a la corrupción de funcionarios técnicos y políticos que privilegian sus intereses particulares por sobre el bien común.

En relación con el último punto, la alfabetización geológica permitirá a la ciudadanía distinguir entre los daños geoambientales naturales y los de origen antrópico, identificar las verdaderas causas de los procesos geológicos que podrían generar daños y a la vez, develar en qué medida podrían ser evitados mediante la intervención preventiva o correctiva por parte de los organismos estatales o privados responsables. De este modo los ciudadanos se empoderan al reconocerse capaces de cuestionar la autoridad de técnicos y profesionales que suelen presentarse como garantía de objetividad y fuente de “razón y justicia”, descartando los saberes, tradiciones y experiencias populares.

## **Ejes curriculares en la enseñanza de la Geología para la ciudadanía**

Tal como mencionamos en el capítulo 1, el aporte singular de la Geología, para la comprensión del funcionamiento de la Tierra (Pedrinacci, 2001), deriva de la naturaleza histórica de sus conceptos y métodos de estudio. Por ello resaltábamos allí la importancia del “Principio del Actualismo” que se puede expresar diciendo que los cambios observados en el presente, son la “llave” para comprender la historia de la Tierra y a la vez, predecir futuras transformaciones naturales en diferentes regiones. El pronóstico de la evolución de los procesos naturales en un territorio representa una poderosa herramienta teórica para prever los efectos de las acciones antrópicas que podrían alterar el normal desarrollo de dichos procesos.

La enseñanza de este marco teórico y metodológico que aporta la Geología requiere del despliegue de un conjunto de estrategias didácticas que faciliten la construcción de marcos conceptuales que en muchos casos resultan contra-intuitivos, ya que contradicen el sentido común y el conocimiento cotidiano (Lacreu, 2007).

Los elementos centrales de dicho marco teórico son:

- Los procesos naturales no ocurren aisladamente, sino que son la resultante de interacciones complejas. Por lo tanto, lo que percibimos son resultados parciales y transitorios, y obedecen a múltiples causas.

- La configuración de las geoformas del relieve, así como los recursos no renovables y los riesgos geológicos de cualquier región son el resultado de una historia jalonada por la interacción de procesos geológicos endógenos y exógenos que se han sucedido en el tiempo y continúan sucediendo, con diversas intensidades.
- Las “pistas” para buscar recursos y prevenir riesgos están en los materiales (rocas y suelos) que integran el “Paisaje Geológico”

Al diseñar la enseñanza de estos conceptos es necesario recordar que las observaciones que se realizan pueden ser interpretadas de maneras diferentes según la experiencia y el marco teórico que utilice el “investigador”. Por lo tanto, las “pistas” mencionadas en el último punto – que son los efectos en las rocas y en el paisaje provocados por los hechos y fenómenos naturales y antrópicos – pueden ser utilizados como evidencias para la reconstrucción histórica, siempre y cuando se disponga de una teoría geológica para interpretarlos. En este camino se requiere que los alumnos sean capaces de concebir la idea de cambio y reconstruir la historia geológica con un adecuado manejo de escalas de tiempo geológico que trascienden la escala humana, así como el desarrollo de la imaginación y la abstracción para concebir la dinámica de las transformaciones en las tres dimensiones del espacio geológico, más la dimensión temporal.

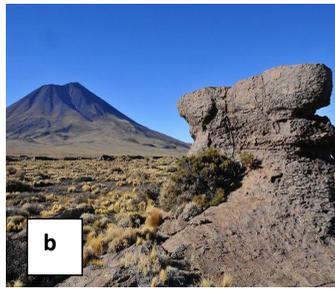
Desde el punto de vista de las estrategias didácticas, la construcción de estos marcos conceptuales requiere la implementación de metodologías de investigación escolar, fundamentalmente de naturaleza abductiva, mediante las cuales es posible reconstruir la historia geológica de cualquier región sobre la base de las marcas que quedaron registradas como “huellas digitales” en las rocas, sedimentos y estructuras que están presentes en el paisaje.

La *abducción*, es una forma particular del razonamiento, como lo es la inducción y la deducción, que permite reconstruir hechos y circunstancias del pasado sobre la base de evidencias, aunque estén incompletas. Se trata de una forma de razonamiento “detectivesco” que es inmanente a la aplicación del Principio del Actualismo. Recordemos que dicho principio establece que los procesos geológicos que en la actualidad dan origen a “productos” como rocas, geoformas o estructuras, son similares a los que ocurrieron en el pasado, aunque sus intensidades hayan cambiado.

Consecuentemente, en el caso de hallar analogías (grandes semejanzas composicionales, texturales y estructurales) entre “un producto” del pasado, y otro formado en

el presente, se puede afirmar que el primero fue originado por un proceso equivalente al actual (de aquí lo de actualismo). Por ejemplo, si a orillas de una ruta encontramos una ladera que muestra una sucesión de estratos alternantes de arenas y gravas, podríamos interpretar que el origen de esa disposición es análogo a procesos fluviales actuales en los que, en las épocas de crecientes, se transportan y acumulan materiales gruesos como las gravas, y cuando la energía disminuye, solo transportan y acumulan estratos de arenas. Esto nos permite abducir que las rocas de esa montaña tienen un origen fluvial. Siguiendo con el ejemplo, si entre los estratos de esa misma ladera se observara intercalada una roca volcánica (basalto) muy diferente a las demás, podemos abducir que se trata de una colada originada durante una erupción volcánica que constituye un episodio histórico de ese lugar (Fig. 4.1).

**Fig. 4.1: Vista de una colada y roca volcánica**



Volcán Payún Matrú (Mendoza, Argentina)

a: Vista vertical desde un satélite. Las manchas negras son coladas recientes ocurridas hace 7.000, 4000, 3.000 y 500 millones de años

b: Vista horizontal, desde el terreno. En primer plano una colada de basalto

Roca Volcánica (Basalto)

La reconstrucción histórica del pasado geológico de una región puede realizarse frente a cualquier exposición de materiales, sea en la ladera de una montaña, la barranca de un río o en las excavaciones para la fundación de obras urbanas. La situación más conveniente, desde el punto de vista formativo, es el planteo de situaciones problemáticas y la realización de investigaciones escolares fuera del aula escolar o bien a través de experiencias de carácter virtual, a través de recursos didácticos contextualizados, constituidos por muestras e imágenes de campo trasladadas al aula.

Tanto en el campo como en el aula, se trata de interpretar los rasgos que presentan los materiales (tipo de roca, color, textura, minerales y estructuras, etc.), a fin de

establecer la cronología (edad relativa) de todas las rocas y materiales bajo análisis e interpretar cual fue el proceso que generó cada una de ellas.

Con estos ejes centrales se intenta superar la idea generalizada y simplista de que el objeto central de la Geología es el estudio de las rocas y los minerales de la Tierra. En realidad, estos constituyen objetos de investigación que no se agotan en su descripción y sistematización, sino que representan vehículos para alcanzar otras finalidades que pueden ser de orden teórico o aplicado. En el primer caso, los datos servirán para establecer los procesos formadores de las rocas, su localización espacio – temporal y de esta manera alcanzar la reconstrucción histórica de la región donde las rocas fueron halladas. Esta reconstrucción, no sólo brinda el placer del y por el conocimiento, sino que es un puente para profundizar la comprensión de la identidad y la relaciones económico – sociales de una comunidad. También representa un conocimiento imprescindible para inferir las posibilidades de localizar recursos naturales necesarios para la sociedad. Desde el punto de vista de las aplicaciones, el estudio de estos objetos de investigación permitirá conocer sus propiedades y aptitudes para ser utilizados en diversos destinos industriales.

## **La Geología en la enseñanza preuniversitaria**

Los ejes curriculares enunciados brevemente en la sección anterior se presentan como un marco teórico general que deberá ser especificado en los diseños curriculares dependiendo de los niveles de aplicación y de la intensidad con que se decida incluir la enseñanza de la Geología en la educación preuniversitaria.

El tema central deberá girar alrededor de la comprensión de la Tierra como un subsistema singular del sistema solar en evolución. La singularidad es que la Tierra posee una dinámica promovida por procesos endógenos y exógenos que han configurado las geoformas de la superficie del Planeta y son los responsables de la distribución de los recursos, así como la ocurrencia de amenazas geológicas. En síntesis, se propone conocer el funcionamiento de la Tierra en el pasado, comprender las actuales interacciones con otros subsistemas naturales y culturales y, sobre esta base, desarrollar competencias para predecir la evolución de regiones particulares, teniendo en cuenta la influencia de las acciones humanas y sus necesidades.

Poner el eje en el funcionamiento de la Tierra requiere la consideración de la Tectónica de Placas como la teoría más moderna que permite organizar los conociemien-

tos que se tienen del planeta, sus propiedades, procesos y resultados.

Sobre la base de lo expuesto, y considerando una situación hipotética (de mínima), en la cual se dispongan de 3 hs semanales para la enseñanza de la Geología en el segundo ciclo de la enseñanza secundaria (15 -17 años), se propone una organización similar a la del diseño curricular de la provincia de San Luis en cuya redacción participó el autor como parte del equipo de la UNSL. En este caso, los contenidos geológicos se incluyeron en el espacio curricular de Ciencias de la Tierra que se encuentra ubicado en la malla curricular de 4to año de la Educación Secundaria Orientada en Ciencias Naturales<sup>34</sup>. Su organización prevé 5 ejes en los cuales se va profundizando, progresivamente, el conocimiento sobre el funcionamiento del planeta y de las relaciones que se establecen entre sus procesos y productos con la sociedad, a saber:

### **Eje I: La geología en la sociedad**

- La geología es una ciencia histórica-interpretativa, destacando que sus objetos de estudio son los procesos geológicos responsables de los cambios internos y externos de los paisajes. De este modo puede reconstruir la historia y evolución del planeta Tierra a través de la interpretación del sentido histórico de las rocas, los minerales y las geoformas.
- Los procesos geológicos en la historia humana, reconociendo los aspectos culturales sobre la prevención geológica e influencia identitaria en las poblaciones que conviven con procesos geológicos “bruscos” (terremotos y vulcanismo) y/o “lentos” (desertización, glaciaciones globales, erosión de suelos, entre otros.).
- La evolución de los conocimientos geológicos, a través de las diferentes cosmovisiones del origen de las rocas (neptunistas - plutonistas), edad de la tierra, los cambios en el paisaje (catastrofistas – uniformitaristas - actualistas) y el origen de los relieves planetarios (fijistas - movi listas). Se sugiere abordar la Deriva Continental y los fundamentos de Wegener para proponer PANGEA, así como los acuerdos y desacuerdos sobre dicha teoría.
- La geología como práctica profesional, analizando los principales campos laborales y el rol de las mujeres, incluyendo su discriminación histórica y actual en diversos ámbitos incorporando la reflexión geológica para el análisis de situaciones históricas y actuales sobre la explotación de recursos abióticos y de violación de los derechos humanos y

<sup>34</sup> Hasta 2020 los contenidos de Ciencias de la Tierra estaban en 5to año y se logró su ubicación en 4to para que hubiese mayores chances de un dictado que no tuviese las alteraciones propias de la finalización del secundario y para su eventual aplicación en asignaturas propias del último año relacionadas al ambiente y la economía.

atentados al Desarrollo Sustentable (explotación infantil y de los pueblos originarios en el ambiente laboral).

### **Eje 2: Los paisajes geológicos<sup>35</sup>**

- Introducción al concepto paisaje geológico, análisis de las geoformas e identificación de sus materiales abióticos constituyentes. Caracterización de los paisajes geológicos, especialmente locales, interpretación de imágenes aéreas y fotos horizontales desde el terreno en diferentes escalas.
- Análisis de la formación y deformación de las rocas, presentando el ciclo de las rocas, en el marco de un modelo subductivo. Diferenciación y caracterización de ambientes geológicos endógenos y exógenos teniendo en cuenta los principales procesos y factores dominantes.
- Se analizan las rocas exógenas en relación con los agentes externos (*agua, viento, hielo*), con el clima y con la formación de sedimentos reconociendo (sus) rasgos texturales, estructurales y composicionales e interpretando su significado como registros históricos de la “memoria de la Tierra”. Se estudia el Suelo como recurso no renovable, producto de las interacciones entre la geósfera, atmósfera, hidrósfera y biósfera, y de la humanidad que lo utiliza.
- Se analizan las geoformas exógenas y endógenas como la expresión superficial de las interacciones entre procesos geológicos endógenos (*Tectónica de Placas, volcanismo*) y exógenos (*eólico, hídrico, glaciarios y remoción en masa*). Considerar especialmente ejemplos de San Luis.

### **Eje 3: Las transformaciones de la geósfera**

- Identificación de los modelos geoquímico y dinámico para comprender la estructura interna de la Tierra y su composición, destacando las evidencias directas (afloramientos y perforaciones) e indirectas (ondas sísmicas, meteoritos). Se destaca el rol del calor interno en la dinámica endógena y en el origen de algunas propiedades (magnetismo, densidad, plasticidad).
- Delimitación de las placas litosféricas, discutiendo el significado de la relación espacial y temporal entre la distribución de volcanes y terremotos, señalando la composición

<sup>35</sup> Nota del autor: Los conceptos entre paréntesis y con cursiva reemplazan partes del texto oficial en el que se deslizaron errores de redacción

mixta de la litosfera (continental y oceánica).

- Se presenta la Tectónica de Placas, analizando las etapas del Ciclo de Wilson identificando los efectos internos y externos del movimiento de las Placas, especialmente en las zonas de subducción y de expansión, destacando la influencia de esta teoría en otras disciplinas científicas (Biología, Geografía, Antropología)
- Se abordan las rocas endógenas profundizando los principales tipos de rocas metamórficas e ígneas presentadas en los Ejes 1 y 2 en el marco de ambientes subductivos, señalando la íntima relación de la composición, textura y color de las rocas con los ambientes y los procesos de formación, distinguiendo a las rocas ígneas procedentes de magmas anatócticos y mantélicos y su eventual contribución a la formación de yacimientos. Considerar especialmente las rocas de San Luis.

#### **Eje 4: Recursos y riesgos geológicos**

- Abordaje de los recursos no renovables: y reservas en los casos de minería, agua, suelos, territorio y patrimonio geológico, desarrollando los conceptos de renovabilidad y vida útil y caracterización de los criterios geológicos para la exploración y explotación de reservas e introduciendo el concepto de desarrollo sustentable.
- Se introducen los procesos geológicos que representan amenazas y riesgos para la sociedad, diferenciando sus conceptos e identificando y caracterizando aquellos que podrían suceder en el ámbito local, como así también los lejanos pero que repercuten en la sociedad. Se analizan también los aspectos positivos y negativos de las modificaciones en el paisaje provocadas por el hombre.

#### **Eje 5: historia del paisaje geológico**

- Se analizan las nociones de espacio, representando el paisaje geológico en mapas, perfiles estratigráficos y bloques 3D a diferentes escalas, teniendo en cuenta una visión del mismo como un cuerpo tridimensional con algunas rocas parcialmente visibles y otras ocultas debajo de la superficie.
- Se introduce el concepto de las rocas como documentos históricos, analizando perfiles reales o virtuales, interpretando el significado histórico de las rocas mediante los contenidos de los ejes anteriores, e incorporando los *Principios Básicos de la Geología* para establecer la cronología de los procesos genéticos que formaron y/o deformaron las rocas.

- Se introducen nociones de tiempo geológico de los métodos de cálculo y las diferencias entre edades relativas y absolutas. Se distinguen las diferentes categorías de Escalas Geocronológicas y sus finalidades resaltando que indican momentos de la historia de la Tierra en los que sucedieron profundos cambios en la configuración paleogeográfica, climática y en la evolución biológica.
- Se incorpora la historia del paisaje geológico local o regional como un objeto de estudio, debatiendo y desarrollando las metodologías de investigación más pertinentes, incluyendo la realización de trabajos de campo, mapas y perfiles geológicos y la interpretación de columnas estratigráficas.

### **Bibliografía citada**

- Lacreu, Hector L. 2007. La Historia del Paisaje como contenido esencial en la enseñanza obligatoria. *Alambique* 51: 76-87, Ed Grao, España.
- Lacreu, H.L. 2009 La importancia de las Geociencias para la construcción de ciudadanía en el currículo de la enseñanza básica, en Laguna Sicca, N.A., Moreira da Costa, A.D. y Sousa Fernández de, S. A., (organizadoras) *Processo Curricular, diferentes dimensões*, Cap 1:17-36, Editora Insular, Florianópolis <https://bit.ly/3tzykWw>
- Lacreu, Hector L, 2012. Recursos virtuales para la interpretación geológica del paisaje <https://bit.ly/3PsWtYY>
- Morin E. 1999. Los siete saberes necesarios para la educación del futuro. UNESCO
- Pedrinacci, E., 2001. Cómo funciona la Tierra: una perspectiva sistémica. *Alambique*. [https://www.researchgate.net/publication/39145579\\_Como\\_funciona\\_la\\_tierra\\_una\\_perspectiva\\_sistemica](https://www.researchgate.net/publication/39145579_Como_funciona_la_tierra_una_perspectiva_sistemica)

## 5. BREVE HISTORIA DE LA ENSEÑANZA GEOLÓGICA EN ARGENTINA

### La enseñanza de contenidos geológicos en el siglo XIX

La enseñanza escolar de temas geológicos en Argentina, comienza en los primeros años de la independencia cuando el Cabildo de Buenos Aires, en 1814, otorgó a Félix Moreno Barchico una licencia para instalar una academia teórico práctica destinada a la enseñanza del arte minero (Groeber, 1938:29). Esta medida se enmarcó en las disposiciones de la primera Ley de Fomento Minero, promulgada el 7 de mayo de 1813, con el objeto de promover localmente las inversiones en la explotación del oro y de la plata, para reemplazar el aprovisionamiento que se resintió cuando el Río de la Plata se separó de Chile y del Alto Perú.

Se puede reconocer un segundo intento de desarrollar la enseñanza secundaria de la Geología en 1823, cuando Bernardino Rivadavia como ministro de gobierno creó el colegio de Ciencias Morales como parte de un plan que también incluía a un Colegio de Ciencias Naturales, que no prosperó, (Manganiello y otro 1957:272).

Aunque de esa época se carece de datos sobre la enseñanza, resulta interesante recordar que recién en ese momento comenzaban a divulgarse los primeros tratados sobre Geología en el mundo occidental. Tal es el caso de la publicación de la primera edición del libro de Charles Lyell, "Principles of Geology (1830), donde por primera vez se presentaron de un modo organizado los conocimientos que circulaban en publicaciones de modo fragmentario, referidos al gradualismo en los cambios geológicos y al significado histórico de sus evidencias. Dichas publicaciones pioneras fueron realizadas por diversas personalidades entre las cuales se destacaron Nicolaus Steno (1669) y James Hutton (1788).



### En palabras de Charles Lyell

“Los Principios de Geología contienen una *esposición* sistemática de los efectos producidos por las causas inorgánicas, tales como los ríos los manantiales, las mareas, las corrientes, los volcanes y los temblores de tierra, considerando más particularmente sus efectos, bajo el punto de vista de ilustrar los fenómenos geológicos. En los principios también se hace mención de los cambios que ha experimentado el mundo orgánico en los tiempos modernos; de la distribución geográfica de diferentes especies de plantas y de animales; de las causas de su multiplicación y de sus *extinción*; de su primera aparición sobre la superficie del globo, así como también de los diversos modos como se verifica la fosilización de sus restos en los depósitos recientes”

*Extraído textualmente del prólogo de Charles Lyell al libro “Elementos de Geología” (pag. XI-XII) traducido por Don Joaquín Ezquerro del Bayo y publicado en 1847 en Madrid. Facsímil realizado en 1998, por la Comisión de Historia de la Geología de la Sociedad Geológica de España.*

Otra referencia significativa, es el paso de Charles Darwin por Argentina durante el viaje del Beagle. En efecto, en 1832 pasó por Buenos Aires en cuyas costas realizó observaciones geológicas, y en 1835 cruzó los Andes rumbo a Chile, regresando a la Argentina por Mendoza. Durante todo su viaje se valió de los conocimientos geológicos expuestos en el libro de su amigo Lyell, con el fin de desentrañar el significado histórico de las rocas y de los terrenos que visitó.

El 14 de marzo de 1863, el presidente Bartolomé Mitre crea en Buenos Aires el primer Colegio Nacional, que luego habría de servir de modelo, para otros tantos inaugurados en las provincias. En dichos colegios, se impulsaba la enseñanza de las ciencias en general y especialmente de la Historia Natural, que por entonces comprendía Botánica, Mineralogía, Geología y Paleontología.



### **Integración de conocimientos biológicos y geológicos**

Durante su viaje en el barco HMS Beagle (HMS: Her/his Majesties Ship), Charles Darwin fue testigo casual del terremoto de Concepción de 1835 y sus observaciones, sumadas a las del capitán Robert Fitz Roy en la Isla Santa María mostraron la elevación del terreno original. Relacionaron correctamente el terremoto con un ascenso del terreno de 3,5 metros, lo que provocó que las tierras antes sumergidas, ahora estuvieran sobre el nivel del mar.

Para la estimación de este desplazamiento tomaron como referencia la ubicación de los mejillones sumergidos antes del terremoto, según las referencias de los pobladores que los recogían buceando durante la marea baja. Este dato obtenido en las costas chilenas, junto con el principio de uniformismo, llevó a Darwin a sostener que la repetición de este fenómeno durante tiempos muy prolongados permitiría explicar por un lado la altura alcanzada por la cordillera de los Andes y por otro, el hallazgo de fósiles marinos en sus cumbres.

*Fuente: Darwin, Charles, 1951." Viaje de un naturalista alrededor del mundo Pag 361: "11. Una Gran Ola. Elevación del suelo" Ed. El Ateneo, buenos Aires*

Sin embargo, se considera que recién en 1869 comienza la enseñanza geológica formal, a partir de que el presidente Domingo Faustino Sarmiento funda las cátedras de mineralogía en los colegios nacionales de las provincias de Catamarca y San Juan (Catalano op.cit.:221). En esa misma fecha, mientras Darwin redactaba la quinta edición del "Origen de las Especies", se enseñaba Historia Natural en el Departamento de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires y en el Colegio Nacional.

A fines del siglo XIX se publicó el libro "Ciencias Naturales, Botánica, Mineralogía, Geología" (1890) destinado al cuarto grado de las escuelas primarias cuyo texto fue traducido y adaptado según el nuevo programa oficial, por el profesor Pablo Pizzurno. Su autor, Paul Bert (1890) fue un médico, fisiólogo y político francés que se desempeñó como ministro de Educación Pública y Culto de ese país entre 1881 y 1882.

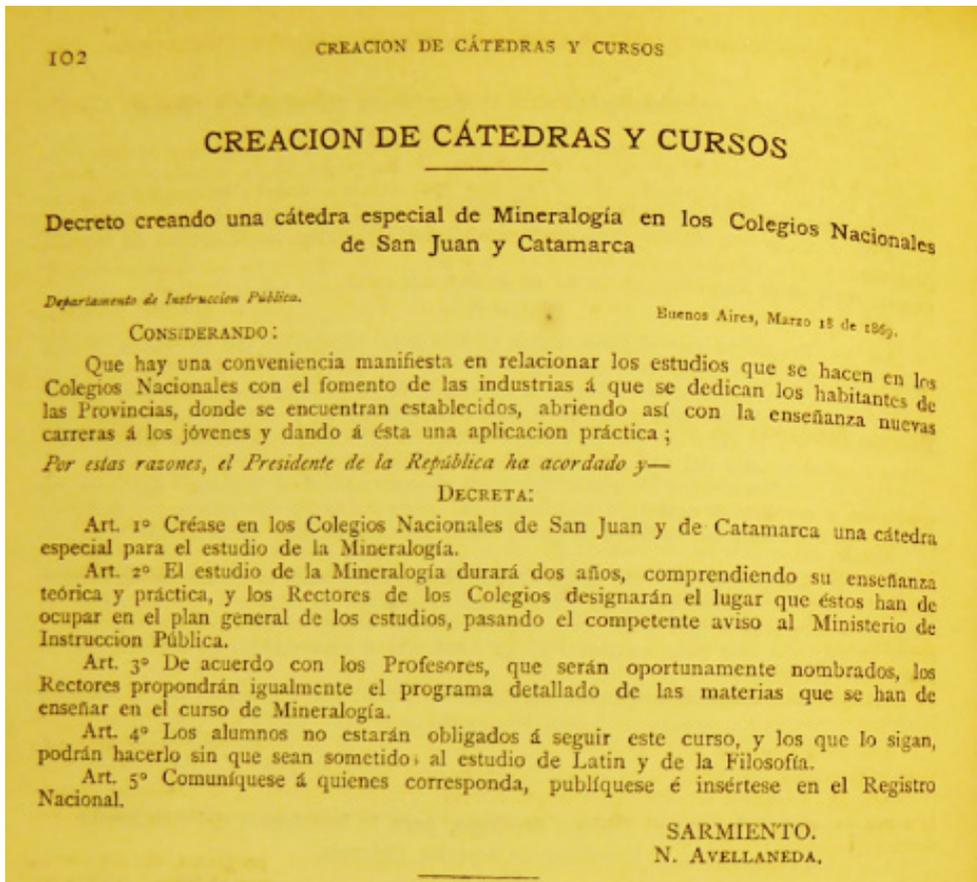


Fig 5.1 Archivo de Memorias del Ministerio de Justicia, Culto e Instrucción Pública. Biblioteca Pablo Pizzurno

Dicho libro se desarrolla en tres partes y cada una de ellas contiene temas específicos, algunos de los cuales se mencionan a continuación:

**Vegetales (p. 1-74):** \*Estructura de las plantas, \*Fisiología de las plantas, \*Clasificación vegetal, \*Plantas sin Flores, \*Ojeada sobre la flora argentina.

**Mineralogía (p. 75-120):** \*Forma de los minerales, \* Caracteres físicos, ópticos, químicos de los principales de los minerales, \*Clasificación de los minerales Metaloides (5 clases) y Metálicos (4 clases) e incluye ejemplos argentinos.

**Geología (p. 121-148):** \*Diversos elementos del suelo, \*Acción del ácido sobre las piedras, \*Piedras calcáreas y silíceas,\*Los Terrenos y su verdadera división, \*Causas del movimiento del suelo (incluye ejemplos sobre terremotos y volcanes

de Mendoza), \*Terrenos acuosos e ígneos, \*Orden en que están colocados los terrenos (ver Figura 5.3), \*Calor central y corteza terrestre, \*Formación de la Tierra, \*Naturaleza Geológica de la República.

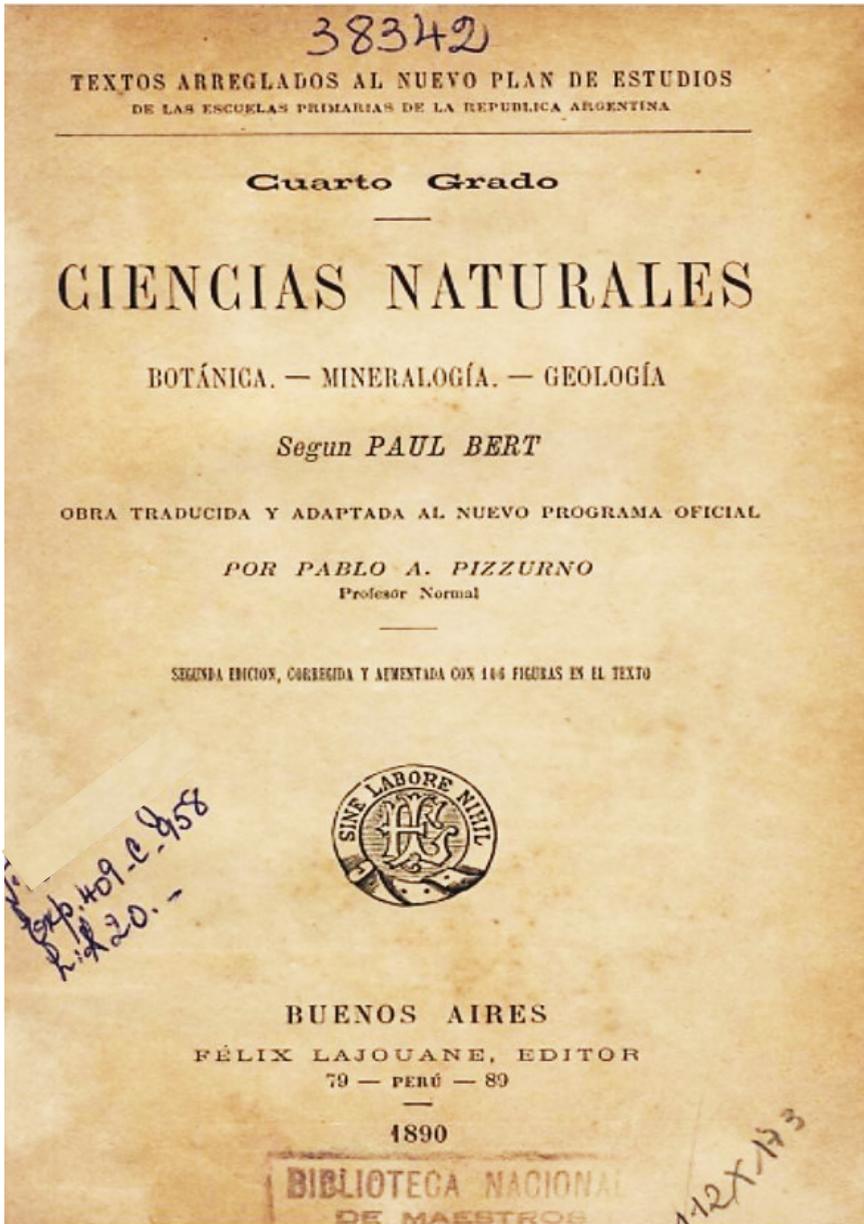


Fig 5.2. Bert, Paul, 1890. Ciencias Naturales: Botánica, Mineralogía, Geología.

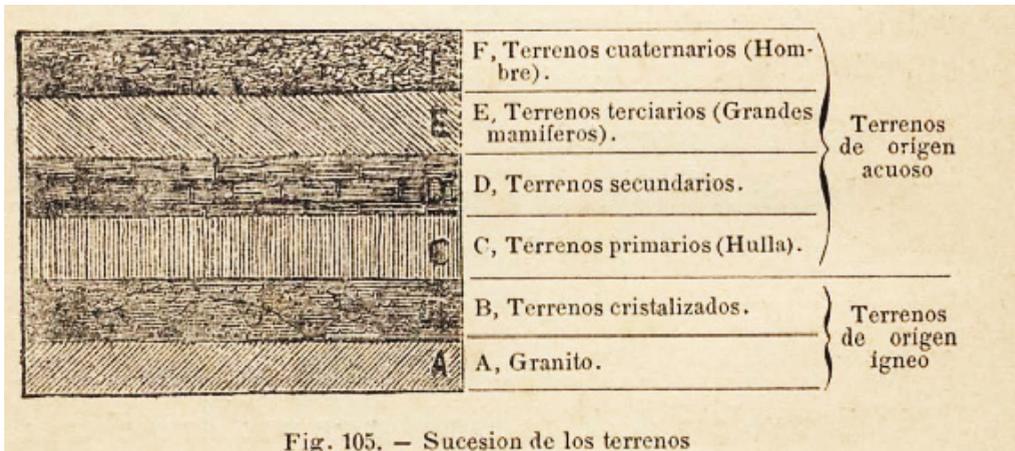


Fig. 5.3: Reproducción de la sucesión de terrenos de lo que hoy sería una columna estratigráfica. Bert. Paul, 1890 Ciencias Naturales, Botánica, Mineralogía, Geología

Como se puede observar, los contenidos mineralógicos ocupan 45 páginas mientras que los geológicos sólo 27. Este señalamiento refleja el predominio de una única disciplina (mineralogía) en relación con el desarrollo del conjunto de contenidos geológicos entre los cuales sólo hay una frase que alude a los terremotos y volcanes. No obstante cabe señalar que el Dr. Pizzurno en su adaptación a la Argentina, incluye como ejemplo de “movimientos del suelo” (p. 133) al terremoto de 1861 que destruyó la ciudad de Mendoza. Sin embargo, están ausentes los procesos de la geodinámica externa, como es el caso de la erosión y la sedimentación, que ya se conocían en el siglo XIX y que provocan algunos de los cambios más evidentes y atractivos para la enseñanza primaria. La extensión de la sección mineralógica puede explicarse por el hecho de que además de las propiedades de los minerales, se incluyen referencias sobre la importancia práctica y localización de minerales en la Argentina. Si bien los contenidos son adecuados, se percibe cierta exageración en el énfasis puesto en la descripción de los sistemas cristalinos y los aspectos químicos de los minerales, aunque ello se comprende ya que responde al enfoque enciclopedista y sistemático propio de la época. En consonancia con dicho enfoque, todo el texto muestra una fuerte pregnancia de una perspectiva analítica y experimental estrechamente vinculada con la química, mientras que se encuentran ausentes los conocimientos de las raíces históricas de la Geología, que es lo que se desprende de los escritos de Lyell y los otros autores antes mencionados.

Estas características permiten anticipar, a modo de hipótesis, que la enseñanza enciclopédica, memorística y experimental de estos conocimientos geológicos no fue

acompañada por estrategias didácticas apropiadas que pusieran en juego el significado histórico de las rocas y las geoformas. Este enfoque epistemológico impidió que se enseñaran métodos de investigación sencillos para reconstruir la historia geológica como había propuesto Lyell, lo cual hubiera favorecido que los contenidos geológicos tuvieran “sentido” para los alumnos, ya que la comprensión de los cambios en los objetos de investigación (rocas, minerales, paisajes) promueven el interés de los alumnos de manera similar al que despiertan los cambios biológicos, químicos y físicos y que, por otra parte pueden reproducirse experimentalmente y percibirse en tiempos breves.

Como dato histórico, cabe señalar que el Dr. Franco Pastore, nacido en la provincia de San Luis, Argentina, fue el primer geólogo argentino. Egresado en 1914 con título de doctor en Ciencias Naturales otorgado por la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, tuvo una notable actividad en la docencia universitaria y realizó algunos aportes para la enseñanza secundaria. Uno de sus artículos fue publicado en 1921 en un Boletín de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, versó sobre la clasificación de rocas (Pastore, 1921) . En la introducción señala: *“La Mineralogía es una materia casi desconocida en nuestro país, a pesar de figurar en los planes de estudios primarios, secundarios y superiores, y no es exagerado decir que en general se le tiene horror. Los directores de los establecimientos docentes se preocupan de adquirir colecciones de minerales y rocas nacionales para dar realce a sus museos y exposiciones anuales, pero los profesores se la ingenian para evitar la asignatura, dedicando todas o casi todas las clases del año a las materias más o menos afines que en los programas se asocian a ellas, o cuando menos abrevian mucho la ingrata tarea de su enseñanza abstracta, tortura de estudiantes, para que no se les reproche de recurrir a la cómoda escapatoria usual”*.

En dicho artículo realiza una propuesta de clasificación de rocas que el supone sencilla, pero de dudosa aplicación en el contexto que el mismo describe.

En síntesis, históricamente, los contenidos y la didáctica geológica no han resultado atractivos para los alumnos ni para los docentes. Este hecho, entre otros factores, contribuyó a que en una primera etapa se dejaran de lado (currículum nulo) y en una segunda etapa fueran eliminados, tanto en el nivel primario como en el secundario. Obviamente, existen otros motivos que coadyuvaron a la “exclusión” de la Geología de la enseñanza y que a modo de hipótesis ya fueron expuestos en el Cap 3 bajo el título “Raíces políticas del analfabetismo geológico”.

## La enseñanza geológica en el siglo XX

A principios de siglo XX, en 1903 (Fig. 5.4) el plan de estudios de la Enseñanza Secundaria y Normal formulado por la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales que preveía 7 años de estudio de 32 semanas c/u e incluía 23 asignaturas (Fig. 5.5). En el caso que nos ocupa, se incluye la asignatura Historia Natural en lo que se interpreta como una introducción a las Ciencias Naturales. Poseía un crédito de 3 hs en 4to año y posteriormente en 5to año se observa Mineralogía y Geología con un crédito de 2 hs equivalente a Cosmografía y comparativamente con una hora menos que Botánica y Zoología. Por otra parte, se advierte que Física y Química muestran su preeminencia con 3 hs c/u, en 3 de los 7 años, especialmente en el 6° y 7° años.



PAG 960

Plan de estudios para la enseñanza secundaria formulado por la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

ASIGNATURAS	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	Totales generales por asignaturas, en 7 años de 32 semanas
Castellano .....	3	3	3	3	3	3	3	672
Francés .....	4	4	2	—	—	—	—	320
Inglés .....	3	3	3	3	—	—	—	354
Historia .....	3	4	2	2	3	3	3	640
Geografía .....	3	2	3	—	—	—	—	256
Matemáticas .....	5	5	3	4	3	4	4	896
Caligrafía .....	2	—	—	—	—	—	—	64
Estenografía .....	1	1	1	1	—	—	—	128
Dibujo .....	2	2	2	2	2	2	2	354
Alemán .....	—	3	3	3	3	3	3	480
Contabilidad .....	—	2	—	—	—	—	—	64
Química .....	—	3	—	—	—	3	3	288
Instrucción Cívica .....	—	—	2	—	—	—	—	64
Higiene .....	—	—	2	—	—	—	—	64
Historia Natural .....	—	—	3	—	—	—	—	96
Física .....	—	—	3	—	3	3	3	288
Latín .....	—	—	—	—	3	3	3	288
Cosmografía .....	—	—	—	2	—	—	—	64
Mineralogía y Geología .....	—	—	—	2	—	—	—	64
Botánica .....	—	—	—	3	—	—	—	96
Zoología .....	—	—	—	3	—	—	—	96
Filosofía .....	—	—	—	—	3	3	—	192
Ejercicios Físicos .....	—	—	—	—	—	—	—	—

Fig 5.4 y 5.5: Antecedentes sobre la Enseñanza Secundaria y Normal de la República Argentina (año 1903). Búsqueda en la Biblioteca Nacional del Maestro [www.bnm.me.gov.ar/catalogo/Record/000181155](http://www.bnm.me.gov.ar/catalogo/Record/000181155)

En esa época se publicaron los primeros libros de texto argentinos sobre Mineralogía y Geología, especialmente adaptados a colegios nacionales y escuelas normales, donde se formaban las maestras y los maestros. La mayoría de los libros de texto, fueron escritos por licenciados en química como el Dr. Augusto Rouquette (1903), quien publicó uno sobre Mineralogía y Geología, mencionando que se adaptaba al plan de estudios secundarios. En su estructura se mantiene el criterio ya mencionado con la prevalencia de

contenidos mineralógicos y petrográficos, y orientados con un enfoque experimentalista y memorístico.

Por su parte, Clemente Onelli, un naturalista italiano que entre 1904 y 1924 dirigió el Zoológico de Buenos Aires, publicó en 1905 el libro “Nociones de Geología” que respondía al programa de segundo año del nuevo plan de estudios de los colegios nacionales. Además, hubo otros textos, como el de Juan Beltrán (1928), donde se enfatizaban los aspectos geográficos ya que, sobre un total de 496 páginas, sólo 50 se refieren específicamente a la Geología, 30 a los climas y 20 a las aguas subterráneas. Pero, la primera obra argentina específica sobre Geología, fue escrita en 1929 por el Dr. Anselmo Windhausen (Fig 5.6), eminente geólogo investigador y profesor de la Universidad Nacional de Córdoba. Su obra se denomina “Geología Argentina – un libro para la Enseñanza y los

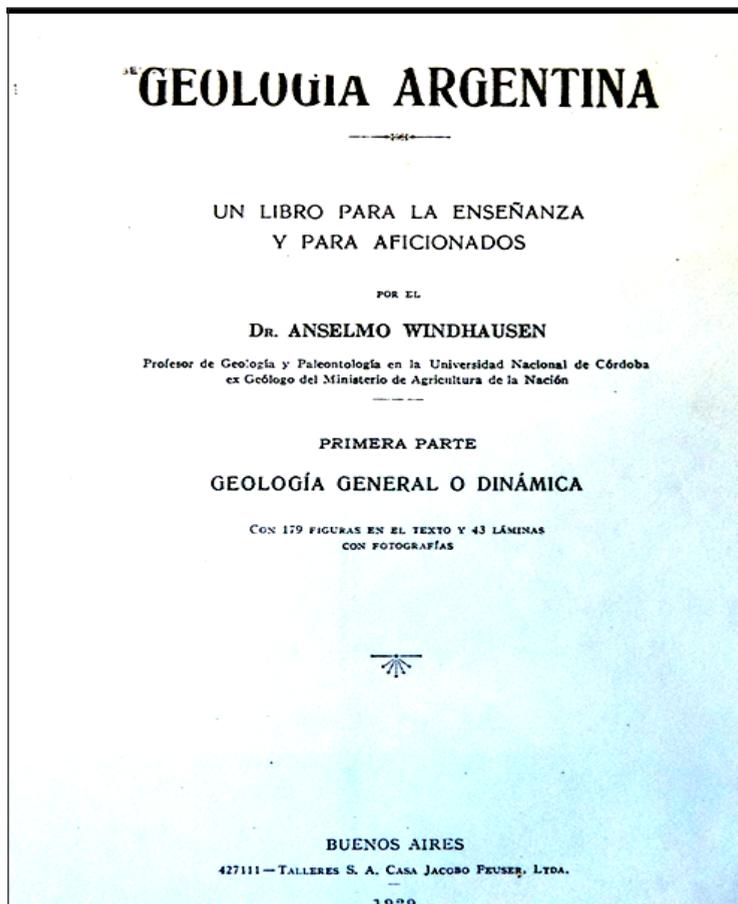


Fig 5.6 Geología Argentina, Windhausen, 1929)

aficionados” y tiene dos partes, la Primera se denomina “Geología General o dinámica” de 435 páginas y la segunda “Geología Histórica y Regional del Territorio Argentino” de 648 páginas. Ambos tomos poseen un desarrollo exhaustivo sobre los diferentes temas y aunque fueron pensados para un público aficionado a la Geología y también para su empleo en los Colegios Nacionales y Escuelas Normales, tiene una elaboración compleja con un estilo de una escritura erudita y de carácter enciclopédico.

Posteriormente, el Dr. Pablo Groeber (1938), publicó “Mineralogía y Geología” que fue el primer texto escrito por un geólogo adaptado especialmente a la enseñanza para 5to año de los colegios nacionales. En este caso, se advierte una estructura temática con la siguiente distribución: Minerales (129 páginas), Rocas (53 páginas), Procesos Geológicos (166 páginas), Geología Histórica (82 páginas). Aunque se percibe un mayor equilibrio entre los aspectos sistemáticos (minerales y rocas) y los temas que explican el funcionamiento e historia de la Tierra, su enfoque es netamente narrativo y descriptivo, similar al de Windhausen y no se analiza ni reflexiona sobre la metodología para la reconstrucción histórico-geológica de las regiones.

Entonces, a modo de una nueva hipótesis, se puede plantear que el carácter erudito de los últimos textos, junto con la falta de geólogos y geólogas efectivamente involucrados y comprometidos en un apropiado desarrollo didáctico, pudieron haber desalentado la formación docente y “tolerado” el abandono de su enseñanza. En dicho contexto, se puede explicar la realización de algunos “recortes” de los contenidos mineralógicos y su migración a la materia Química. También fueron recortados los contenidos restantes sobre la Tierra, siendo incorporados en la materia Geografía.

Si se toma como referencia los planes de estudio del Colegio Nacional Buenos Aires (CNBA), asumiendo que se trata de una prestigiosa institución dependiente de la Universidad de Buenos Aires, podemos verificar que, desde mediados del siglo XX, la materia “Mineralogía y Geología” fue suprimida de los diseños curriculares. Por ejemplo los programas de 1908 del 5to año del CNBA tenían Geología y Mineralogía que junto con botánica, integraban la materia de Ciencia Naturales. En 1913 (ver Fig. 5.7 y 5.8) el programa de 4to año incluía Química inorgánica y Mineralogía. En 1915 Geografía de 5to año constaba de dos partes: Geografía física y Geología y se mantuvo así hasta 1925. A partir de entonces en Geografía se redujo la presencia de algunos contenidos geológicos aunque se mantuvieron los contenidos referidos a los recursos minerales de algunas de las regiones.

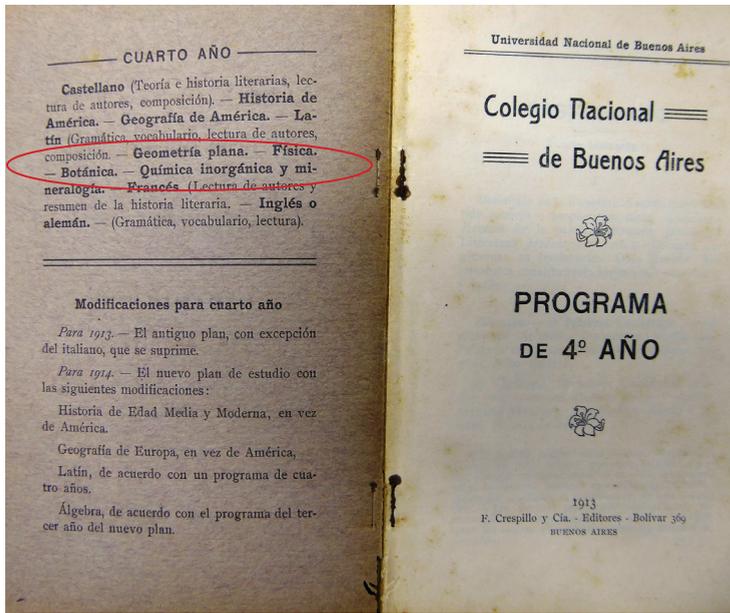
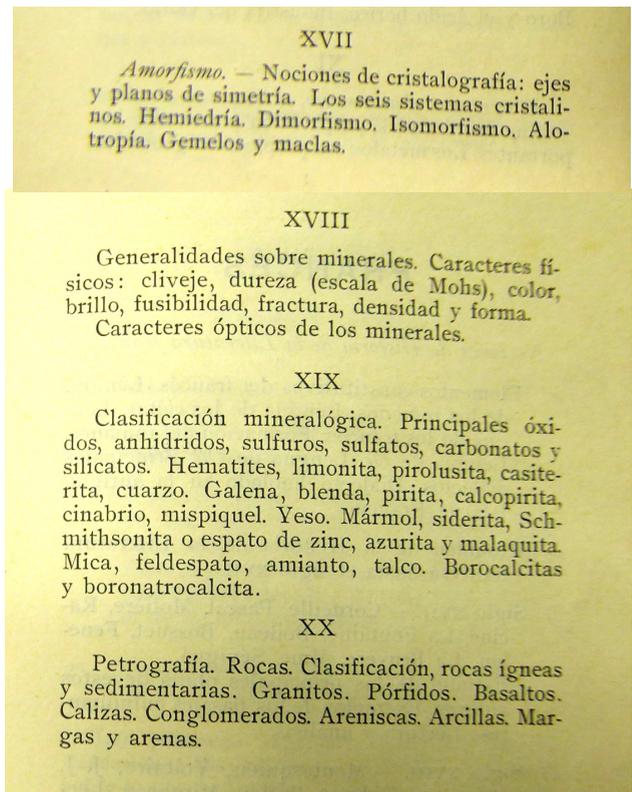


Fig 5.7 Programa de 4º año del Colegio Nacional de Buenos Aires, 1913

Fig 5.8 Fragmento del programa de Química Inorgánica y Mineralogía (p. 44-45) del Programa de 4º año del Colegio Nacional de Buenos Aires, 1913



Conforme a los antecedentes del Ministerio de Educación de la Nación, la Materia “Geología y Mineralogía” estuvo incluida hasta 1949 en los planes de estudio nacionales, en el ciclo básico (3er año) del Bachillerato. Por otra parte, la investigación documental realizada en la Escuela Juan Pascual Pringles dependiente de la UNSL (Universidad Nacional de San Luis) posibilitó el hallazgo de programas de Mineralogía y Geología del año 1962 dictados por la profesora Angélica Calcagno de Cabrera Moreno. (Fig. 5.9a y b).

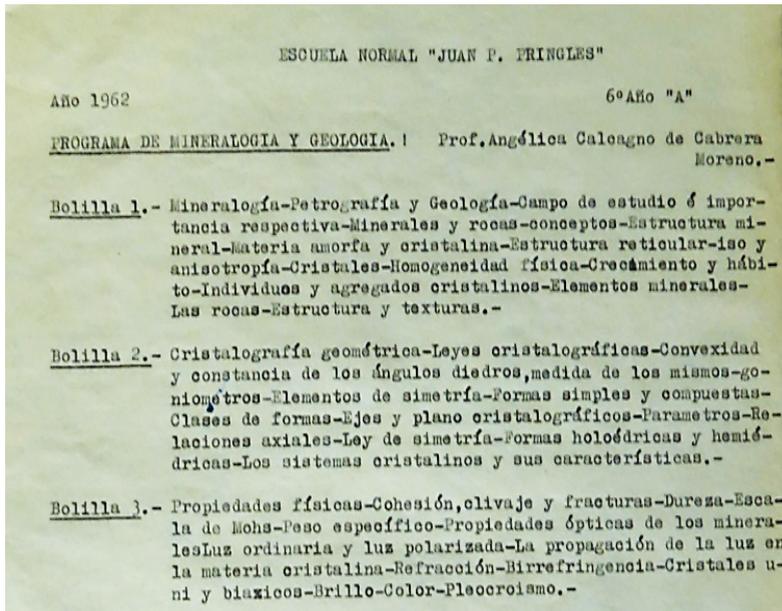


Fig. 5.9a Programa de Mineralogía y Geología año 1962

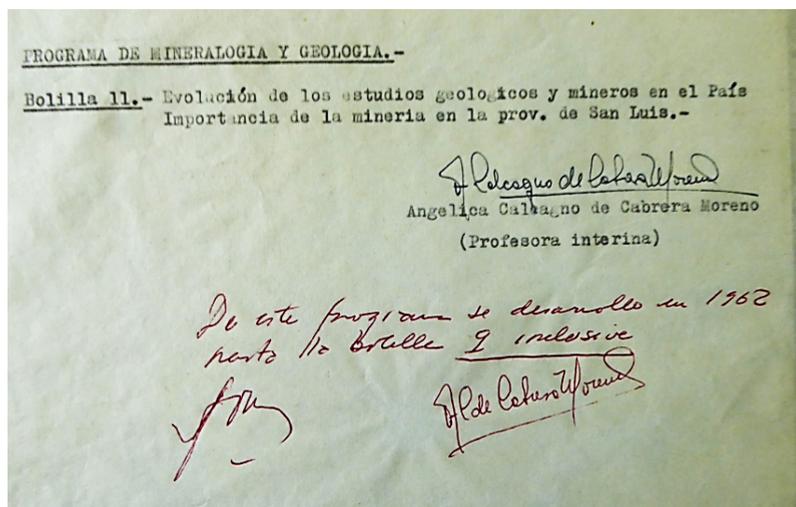


Fig. 5.9b Programa de Mineralogía y Geología año 1962

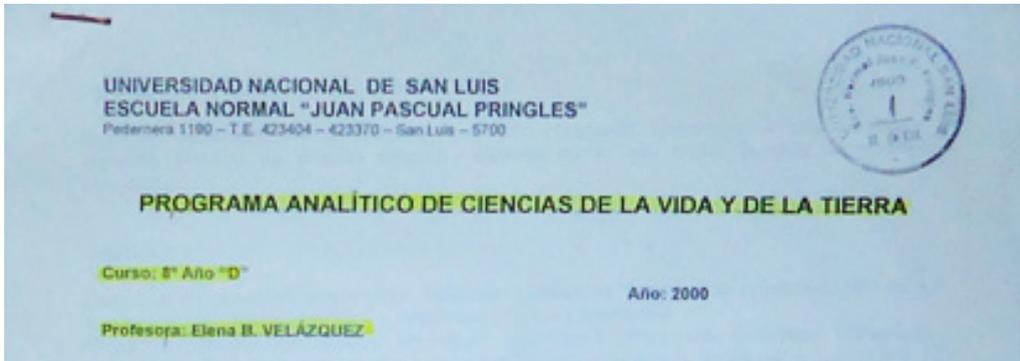
Luego, durante los años 1967 y 1968 dicha materia fue dictada por el geólogo Juan Carlos Blasco (1939 - 2020) a quien tuve el placer de entrevistar en 2018 (Fig, 5.10) y enterarme que durante su gestión decidió eliminar la Bolilla 2 referida a Cristalografía y en su lugar incorporar las salidas de campo en las cercanías de la ciudad para facilitar la comprensión de los procesos geológicos externos y sus rocas.



Fig. 5.10 Geol. Juan Carlos Blasco - Foto HLL (2018)

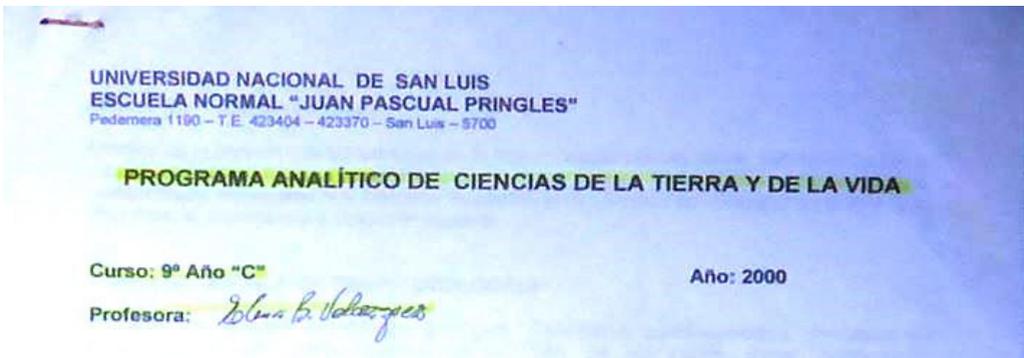
Más recientemente a fines de siglo XX, debido a una gestión del autor quien se desempeñó como Secretario Académico de la UNSL se realizaron reformas en los programas de Ciencias Naturales de la enseñanza secundaria Polimodal, y en el año 1999 se incorporó una materia denominada “Ciencias de la Vida y de la Tierra” (Fig. 5.11) luego de haber consensuado su necesidad y contenidos con los docentes responsables que hasta entonces sólo dictaban Biología. Sin embargo, su implementación resultó efímera y desde 2002 se discontinuó por falta de compromiso y apoyo institucional.

Se hace necesario remarcar que, sobre la base de esta breve historiografía y del análisis de la bibliografía citada, queda en claro que en el siglo XIX y hasta mediados del siglo XX, los contenidos geológicos (Mineralogía y Geología) estaban incluidos en los diseños curriculares y que, en lugar de evolucionar hacia una mejor enseñanza, han involucionado hasta casi su extinción.



Ciencias de la Vida y de la Tierra (8 año)

- I. Clima y tiempo atmosférico
- II. Sistemas morfoclimáticos
- III. Recursos Naturales
- IV. Geología Histórica



Ciencias de la Tierra la Vida (9 año)

- I. Procesos de diferenciación y evolución de los Subsistemas terrestres
- I. Dinámica de la Corteza
- II. Ciclo de las Rocas
- III. Escala de tiempo geológico

Fig. 5.11 Programas de Ciencias de la vida y de La Tierra de 8° y 9° años- Año 2000- Escuela Juan Pascual Pringles- Universidad Nacional de San Luis.

En la descripción anterior se han sugerido algunas hipótesis que intentan explicar parcialmente la paulatina exclusión de los contenidos geológicos de los diseños curriculares de primaria y secundaria, a saber: a) contenidos enciclopedistas alejados de

los intereses y percepciones cercanas a los estudiantes y b) textos eruditos con escasas o nulas propuestas pedagógicas motivantes.

Se puede agregar una tercera hipótesis relacionada con los campos de acción gremial de los profesores de Geografía y Geología: no existe un instituto de formación específico para la Geología, ya que se dió por supuesto que los geógrafos estaban en condiciones de dictar los contenidos geológicos. En efecto, en el siglo XX (y de hecho hasta 2010) la presencia curricular de los contenidos geológicos, sucedía principalmente en los programas de Geografía (Tectónica de placas, Minería, Aguas, Terremotos, Volcanes, y otros) y ocasionalmente en Biología (Paleontología, Suelos, Tiempo geológico) aunque con enfoques alejados de la raíz epistemológica de la geología como ciencia histórica - interpretativa.

Un hecho anecdótico pero significativo sobre la relación entre los contenidos de geología y geografía es la sorpresa del autor al visitar el bello edificio neoclásico francés del CNBA (Colegio Nacional de Buenos Aires), inaugurado en 1938. Dicha visita fue realizada con el propósito de entrevistar a docentes y administrativos para recabar información acerca de la historia de la enseñanza de la Geología en dicha institución. Algunas de las entrevistas con los profesores se realizaron en el Gabinete de Geografía ubicado en un amplio local con antiguos anaqueles de madera y vidrio que contienen algunos fósiles, rocas y modelos del planeta Tierra. Este local, a través de una antigua y pesada puerta de madera, se conecta con un amplio salón donde se distribuyen mesas de trabajo y banquetas para clases prácticas de Geografía cuyas paredes también están cubiertas de anaqueles que contienen una importante colección de rocas y minerales. Frente a mi grata sorpresa por el volumen de rocas minerales y fósiles en las oficinas de geografía, me aclararon que en realidad dicho ámbito había estado destinado a la materia Geología, pero desde su eliminación de los planes de estudio fueron asignados al departamento de Geografía. Debo destacar que el encuentro y las conversaciones con los profesores fue muy amable e ilustrativa y me brindaron generosamente materiales e informaciones. Por ello, el relato compartido de ninguna manera responsabiliza a mis interlocutores, sino que describe un hecho real de las vicisitudes sobre las pérdidas de espacios curriculares y físicos de algunos campos de conocimiento que suceden cuando no hay suficientes cultores que los practiquen y los defiendan institucionalmente, no como una cuestión corporativa sino en beneficio de la formación de los estudiantes.

## Últimas reformas educativas del siglo XX

A fines del el siglo XX, en abril de 1993, se sancionó una nueva Ley Federal de Educación Argentina, (Ley 24.195). Entre otras modificaciones, se estableció una nueva estructura para el sistema educativo consistente en: una Educación General Básica (EGB) obligatoria de nueve años, dividida en tres ciclos de tres años cada uno; una Educación Polimodal (EP) no obligatoria, de tres años con dos trayectos simultáneos. Uno de ellos, común para todos los alumnos que fue denominado Formación General de Fundamento (FGF). El otro trayecto, se denominó Formación Orientada (FO) dentro de la que los alumnos podían elegir entre cinco posibles orientaciones.

En el marco de dicha transformación, entre 1993 y 1994, el Ministerio de Educación de la Nación conformó equipos de trabajo para la elaboración de una propuesta de Contenidos Básicos Comunes (CBC) tanto para la EGB como para la EP. El autor formó parte de dichos equipos y escribió el capítulo de Geología (Lacreu, 1996) que constituyó una referencia para la selección de contenidos y elaboración de una propuesta que luego fue analizada y discutida en varios circuitos provinciales con el propósito de llegar a un consenso federal. Los resultados se conocieron entre 1995 y 1996 y a partir de ellos, se reformularon algunos aspectos de la formación docente.

En el marco de este proceso, luego de variados esfuerzos, podemos afirmar que la reforma ha marcado un hito en varios aspectos. A continuación reseñaremos lo atinente a los CBC referidos a la Geología (Lacreu, 1997).

### **Contenidos Geológicos en la Educación General Básica (EGB)**

Sus títulos son “Los subsistemas del planeta Tierra”, “La superficie terrestre y sus transformaciones” e “Historia de la Tierra”, En cada uno de ellos se detallan los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, con el objetivo que, al finalizar la EGB se alcancen las siguientes expectativas de logro:

- *Identificar los grandes subsistemas (geosfera, atmósfera, hidrosfera, y biosfera), que caracterizan al sistema “planeta Tierra”; explicar el origen de los mismos, su evolución, así como los procesos mediante los cuales continuarán transformándose.*
- *Reconocer que los subsistemas interactúan entre sí y que, como resultado de ello, se desarrollan y evolucionan los distintos ambientes y recursos naturales disponibles en la superficie terrestre.*

- *Desarrollar una forma de indagación escolar que les permita asumir una actitud crítica con respecto a la calidad de vida, el aprovechamiento y/o degradación de los recursos naturales y del ambiente por parte de las personas.*

## **Contenidos Geológicos en la Educación Polimodal (EP)**

I. *Formación General de Fundamento (FGF)*: se incluyó el **Bloque 4: “La Tierra, recursos y riesgos naturales”** dentro de las Ciencias Naturales y se propusieron las siguientes expectativas de logro al finalizar la EP:

- *Reconocer que el ambiente, los recursos y las reservas naturales pueden deteriorarse, agotarse o inutilizarse según el manejo que se haga de ellos e identificar estrategias de manejo de los recursos y reservas naturales que contribuyan a un desarrollo sostenible.*

Dentro del capítulo de Ciencias Naturales, luego de casi 50 años de ausencia, aparece la Geología<sup>36</sup> con una presencia específica en el **Bloque 4: La Tierra y sus Cambios** (CBC, 2005).

- *Analizar la distribución de la minería, aguas y suelos de las diferentes regiones del país y relacionar con las características e implicancias sociales de las diferentes actividades extractivas.*
- *Identificar los riesgos potenciales y daños reales ocasionados en el ambiente de diferentes regiones y evaluar críticamente las políticas de prevención y corrección.*

II. *Formación Orientada (FO)*: los contenidos geológicos específicos, se incluyeron en la Orientación Ciencias Naturales, Medio Ambiente y Salud, particularmente en el Capítulo 2, **Bloque 2: “La Tierra y su dinámica”**, cuyas expectativas de logro al finalizar la EP son:

- *Conocer las explicaciones geológicas de los principales procesos endógenos y exógenos propios de la dinámica de la Tierra a través de su historia y los riesgos ambientales que implica esta dinámica, formulando hipótesis acerca de posibles medidas preventivas y correctivas.*

Se destaca que, a partir de los acuerdos logrados en los circuitos federales, se inició una incipiente adecuación de los diseños curriculares jurisdiccionales. De este

<sup>36</sup> Nótese que en los artículos de la época, el propio autor utilizaba la denominación de geociencias, pero los contenidos eran estrictamente geológicos.

modo, se lograron algunos avances en el primer y segundo ciclo de la EGB y en la Educación Polimodal. Sin embargo, cabe señalar que en esa época fue difícil promover la participación de geólogos/as universitarios para acompañar dicho proceso educativo debido a que, en forma coincidente, el gobierno nacional lanzó el denominado “Programa de Incentivos a Docentes Investigadores de Universidades Nacionales”. Consecuentemente, dicho programa revolucionó la vida académica y en lugar de equilibrar las funciones docencia e investigación tal como se había previsto, en los hechos produjo un desequilibrio con un aumento en la producción de “papers” asumiendo que ello incrementaría sustancialmente los magros ingresos y ofrecía mayor “prestigio” en la carrera académica (Sarthou y Araya, 2015). En definitiva ello no ocurrió y mientras tanto se desatendieron las funciones universitarias de extensión, gobierno y articulación con otras instancias de la sociedad.

Dentro de dicho escenario se sumó la inestabilidad política de fines de los '90<sup>37</sup> y principios de los 2000, todo lo cual dificultó las tareas de la capacitación docente como así también, del acompañamiento por parte de los equipos del ministerio de Educación.

Pese a dichas adversidades, hubo intentos de reunir a geólogos interesados en la educación para analizar las formas de acompañamiento de la reforma educativa. En tal sentido, en 1996 se organizó el I Simposio Nacional de Enseñanza de las Geociencias, en la Universidad Nacional de San Luis, coordinado por el autor, al que asistieron numerosos geólogos y pedagogos, incluyendo referentes del Ministerio de Educación (Laura Fumagalli y Laura Lacreu). Al año siguiente, se realizó un segundo simposio en Bahía Blanca y más tarde, fueron discontinuados por falta de compromiso de las Universidades restantes.

Cabe señalar que, como resultado de esta movilización, se implementaron profesorado de Geociencias en los departamentos de Geología tanto de la UBA (Universidad de Buenos Aires) como en la UNS (Universidad Nacional del Sur) de Bahía Blanca, con la estructura tradicional en la que había escasa articulación entre las materias pedagógicas y las geológicas. Además, estas últimas eran compartidas con las licenciaturas, lo cual era y sigue siendo una práctica común que no favorece, ni la interdisciplinariedad ni el surgimiento de un colectivo profesional especializado en la didáctica de la geología. (ver capítulo 7: Geolodáctica).

Completando esta síntesis, se puede advertir que el regreso de la Geología a la educación primaria y secundaria, generó un desafío para la elaboración de los diseños

37 Finales del menemismo y comienzos de la alianza encabezada por De la Rúa.

curriculares y la investigación educativa. Por otro lado, puso en evidencia un vacío en cuanto a la formación de formadores que aún persiste y en el que existen responsabilidades académicas y políticas en varios ámbitos: ministerios de educación nacional y provinciales, institutos de formación docente, universidades y colegios profesionales.

## **Involución de enseñanza geológica en el siglo XXI<sup>38</sup>**

Luego de la convulsionada época político económica de finales del siglo XX y comienzos del XXI, se inicia una nueva etapa, a partir del 25 de mayo del año 2003, con la presidencia del Dr. Néstor Carlos Kirchner, durante la cual se mejoraron los indicadores socio económicos. Entre otras acciones, en 2006 se promulgó la Ley de Educación Nacional (N° 26.206), que reemplazó a la anterior de 1993, modificándose la estructura del sistema educativo.

En el marco de la nueva estructura, se analizaron los contenidos curriculares, mediante un proceso que incluyó trabajo técnico, consultas regionales, discusiones y acuerdos federales y se elaboraron los llamados Núcleos de Aprendizajes Prioritarios (NAP) para la Educación Inicial, Primaria y Secundaria. En ese proceso, participaron representantes de las provincias argentinas y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y equipos técnicos del Ministerio Nacional (Lacreu, 2017). Dichos NAP fueron aprobados por las autoridades educativas de las jurisdicciones, en sesiones del Consejo Federal de Educación (CFE), en etapas sucesivas entre 2004 y 2012. Cabe aclarar que los NAP surgen como respuesta a un conjunto de problemáticas detectadas, luego de casi diez años de la implementación de los Contenidos Básicos Comunes. Entre ellas señalaremos que dichos contenidos resultaban excesivos, que se desarrollaban con una gran diversidad de opciones curriculares en las diferentes provincias argentinas y con una notoria desigualdad en la implementación y en los aprendizajes.

Por tales motivos, mediante un Acuerdo Federal (Res. 214/04-CFE) sin haber derogado los CBC, se establecieron los mencionados Núcleos de Aprendizajes Prioritarios (NAP) que fueron definidos como aquellos aprendizajes que de manera prioritaria deberían alcanzar todos los alumnos del territorio nacional. El documento oficial señalaba que “Se aspira a que los aprendizajes prioritarios contribuyan a “asegurar una base de unidad del Sistema Educativo Nacional... y a garantizar que todos los habitantes alcan-

38 Lacreu, 2014. Aciertos, distorsiones y falacias en la enseñanza de las ciencias naturales en la formación general de la educación secundaria obligatoria de Argentina, Brasil <https://bit.ly/3wV9TUX>

cen competencias, capacidades y saberes equivalentes con independencia de su ubicación social y territorial”. Además, expresaba que estos “aprendizajes prioritarios actúen como referentes y estructurantes”.

A grandes rasgos, los NAP correspondientes a los contenidos geológicos, fueron seleccionados entre los correspondientes al Bloque 4: “La Tierra y sus Cambios” de los CBC vigentes hasta 2006, pero de un modo cuestionable por varias razones. La primera, es que dicho “Bloque 4” incluía contenidos geológicos con un desarrollo progresivo, mientras que en los NAP sólo se seleccionaron algunos contenidos que a juicio de los “técnicos” resultaban prioritarios. El resultado de dicha selección eliminó varios contenidos importantes referidos al origen y distribución de recursos y riesgos geológicos y los temas de mayor complejidad conceptual fueron ubicados tempranamente en 4to grado. La segunda, es que en la Secundaria Obligatoria su inclusión resulta muy difusa, privilegiándose contenidos de Astronomía y Climatología, en detrimento de los “recursos naturales y riesgos ambientales” anteriormente vigentes. La tercera, se refiere a que las orientaciones sobre la enseñanza de la Geología son sumamente exiguas en relación con las ofrecidas para Biología, Física y Química, profundizando así la distorsión en los aprendizajes del conjunto de las Ciencias Naturales como ya se mencionó en el capítulo 3. Finalmente, se destaca que en el Bachillerato Orientado sólo en las orientaciones en Ciencias Naturales y en Agro y Ambiente se incluyó un espacio curricular obligatorio, “Ciencias de la Tierra” en el último año.

Cabe señalar, que los cambios curriculares realizados en la enseñanza de la Geología fueron realizados principalmente por docentes primarios, secundarios y universitarios con escasa formación geológica y que en esta oportunidad fue prácticamente nula la participación de geólogos especializados en Geolodáctica, es decir, del campo de investigación de la Geología aplicada a la Educación.

## **Los cambios curriculares propuestos en los Núcleos de Aprendizajes Prioritarios (NAP)**

Se destaca que, en algunas provincias, la enseñanza de la Geología en el nivel primario se redujo debido a la “estricta” adaptación de la currícula a los denominados “Cuadernos para el Aula” y otros documentos basados en los NAP, publicados por el Ministerio de Educación Nacional que, como se ha dicho, excluyeron a la mayoría de los contenidos que estaban presentes en los CBC sin que estos hubiesen sido formalmente derogados.

Como resultado de ello, muchos contenidos geológicos fundamentales para la alfabetización geológica no son enseñados. Tal es el caso de las diferencias conceptuales entre Deriva Continental y Tectónica de Placas, los principios básicos de la Geología, el sentido que tiene el estudio de las rocas para construir historias de los paisajes y la acción transformadora de los procesos geológicos externos e internos.

Por otra parte, los saberes seleccionados fueron secuenciados de tal manera que, sensatamente, a los niños de 7 años solo se les enseña algunas geoformas del paisaje sin profundizar sobre la génesis de las mismas, pero esta profundización tampoco sucede más adelante. Recién en 4to grado (9 años de edad), se aborda la Tierra como sistema material, los subsistemas, características de la Geósfera y los principales procesos como terremotos y volcanes. A los 10 años, se trata la hidrósfera y el ciclo del agua y a los 11, algunos aspectos astronómicos y climáticos. Como se puede apreciar, a la edad de 9 años y sin el desarrollo de prerrequisitos, se colocó la mayor densidad de saberes geológicos que en los CBC estaban propuestos para alumnos de entre 12 y 13 años. Así, los alumnos del nivel primario, salvo excepciones, egresan con un déficit de saberes geológicos básicos sobre recursos y riesgos ambientales, así como sobre su relación genética con la Tectónica de Placas. Esto es preocupante, sobre todo, porque dicho déficit, tampoco se remedia en la educación secundaria obligatoria.

Por otro lado, en la Educación Secundaria hubo cambios tanto positivos como negativos. Los cambios positivos están reflejados en la incorporación de un espacio curricular específico de Ciencias de la Tierra, sobre el que hubo un acuerdo federal para elaborar un marco de referencia (Res.142/11 - CFE) que incluye conceptos como: La comprensión de la dinámica litosférica y su evolución; origen, emplazamiento y exploración de yacimientos minerales; confección e interpretación de mapas temáticos; procesos geomorfológicos derivados del cambio climático y algunas actividades antrópicas; recursos no renovables: aguas subterráneas y suelos.

Ahora bien, el tratamiento de estos temas con cierta profundidad requiere que en forma previa se hayan desarrollado los fundamentos más elementales de la Geología. Estos pre-requisitos, no sólo están ausentes en el Bachillerato Orientado, también faltan en los NAP de Ciencias Naturales para el ciclo común (1° a 3° año) de todos los bachilleratos. Ello obedece a que los anteriores contenidos sobre “recursos naturales y los riesgos ambientales” no fueron seleccionados para integrar los NAP.

En consecuencia, en el secundario, la situación es más grave aún que en la primaria porque en la normativa que define los NAP de las Ciencias Naturales se omitió a la

Geología y ello constituye un mensaje muy fuerte que fue asumido por amplios sectores del sistema educativo. Sin embargo, es posible que algunos docentes de motu proprio hayan “rescatado” algunos contenidos de los CBC y los hayan incluido en otras materias ya que los espacios curriculares específicos fueron eliminados.

El resultado, es que bajo estas condiciones la enseñanza de las Ciencias Naturales continuará ofreciendo aprendizajes “distorsionados” a la ciudadanía y, por ende, una deficiente preparación para comprender y actuar fundadamente sobre los problemas ambientales derivados del manejo inadecuado de los recursos naturales abióticos.

## **Acciones recientes para el mejoramiento de la enseñanza de la geología**

Entre 2013 y 2015 la Asociación de Facultades de Geología (AFAG), a través de la Comisión de Enseñanza Preuniversitaria (CEP)<sup>39</sup>, elaboró un anteproyecto de “NAP de Geociencias” (NAP Geociencias, 2015) para toda la Educación Secundaria Obligatoria. Se redactó con los mismos criterios que los NAP de Biología, Física y Química, y se propuso su incorporación como un complemento necesario para evitar la distorsión existente en la enseñanza de las Ciencias Naturales.

El documento se fundamenta en los problemas derivados del déficit señalado en la enseñanza de la Geología, y enfatiza en la necesidad de mejorar la formación de sujetos políticos, tal como se prevé en las normativas educativas nacionales. Además, se procura que dichos sujetos puedan actuar como ciudadanos socialmente responsables, en relación con el manejo de los recursos naturales y con su participación activa en las Audiencias Públicas previstas en el Art 20 de la Ley General del Ambiente (25675).

La propuesta hace hincapié en la necesidad de considerar a la Geología como ciencia histórica y alienta la inclusión en los aprendizajes de los trabajos de campo, como forma de abordaje de la complejidad de la naturaleza. Se espera también, contribuir a la cultura de la interdisciplinariedad que es otro déficit educativo y constituye una estrategia necesaria y complementaria al uso actual, casi excluyente, de los laboratorios.

En mayo de 2014, el anteproyecto fue presentado ante el Consejo Universitario de Ciencias Exactas y Naturales (CUCEN), acompañado de una solicitud de apoyo para realizar gestiones a nivel nacional. Además, se solicitó que dicho organismo analice la

<sup>39</sup> Las ciencias de la Tierra en el secundario. Sitio de la CAP: <https://geocien.wixsite.com/geociencias>

temática en profundidad, toda vez que en dicho ámbito se ofrecen profesorados vinculados a las Ciencias Naturales.

Mediante otras gestiones, en junio de 2015, se concretó una reunión con el equipo técnico de Ciencias Naturales del Ministerio de Educación de la Nación, oportunidad en la que se presentó formalmente el mencionado Anteproyecto de NAP de Geociencias y se dialogó acerca de las observaciones antes mencionadas. No obstante ello, hasta el 2023, no hubo respuestas ni del MCEN ni del CUCEN.

A pesar de ello, existen iniciativas para reunir a docentes que enseñan Geología y Geociencias, como es el caso de la Red de Educadores en Ciencias de la Tierra (REDCITIA)<sup>40</sup> creada en mayo del 2021 con la finalidad de conformar un espacio de colaboración para difundir las Ciencias de la Tierra en la sociedad y contribuir especialmente a consolidar la presencia de las Ciencias de la Tierra en la educación argentina, como contenidos indispensables en la formación de ciudadanos comprometidos con el cuidado del ambiente.

### Bibliografía citada

- Beltrán, Juan B., 1928. Geografía Natural y Humana de la Argentina. Ed F. Crespillo. 496p
- Bert, Paul, 1890. Ciencias Naturales: Botánica, Mineralogía, Geología. Segunda Edición. Editor Felix Lajouane, Perú 89, Buenos Aires
- CBC, 2005. Bloque IV “La Tierra y sus Cambios” (p. 154-163). En Contenidos Básicos Comunes para la Educación General Básica. Ministerio de Cultura y Educación de la Nación, Consejo Federal de Cultura y Educación. <https://bit.ly/3qJfjRH>
- Catalano, Edmundo F., 1984. Breve historia minera de la Argentina. Ed. Depalma 274p.
- Groeber, Pablo, 1938. Mineralogía y Geología. Ed Espasa-Calpe Arg. Bs. As 492.
- Lacreu, H.L 1996 Geología, en Fuentes para la transformación Curricular, Ciencias Naturales MCEN. p 179- 200 <https://biblioteca.org.ar/libros/5lacreu.pdf>
- Lacreu, Héctor L., 1997. Aportes de las geociencias a la formación ciudadana. Revista Alternativas, Serie Espacio Pedagógico, Año II, N°7:63-89. LAE ISSN 0328-8064 consultado el 8/3/22 20:24 <https://bit.ly/363PzHy>
- Lacreu, Héctor L., 2017. La enseñanza de la Geología en la educación preuniversitaria argentina Conferencia XX Congreso Geológico Argentino San Miguel de Tucumán <https://bit.ly/3i53dNp>
- Manganiello, E.M. y V.E. Bregazzi, 1957. Historia de la Educación general y argentina. Lib.del Colegio, Bs. As. 328p.

40 Sitio de REDCITIA <https://www.instagram.com/redcitia/>

- NAP Geociencias, 2015 Proyecto de NAP de Geociencias elaborado por la Comisión de Enseñanza Preuniversitaria. AFAG. <https://bit.ly/3Nv6sLz>
- Onelli, Clemente, 1905. Nociones de Geología. Ed Biedma. 87p.
- Pastore, Franco, 1921. Cuadros sinópticos sencillos para la clasificación de las rocas en la enseñanza secundaria Boletín N° 4. Pag1-12. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Ministerio de Agricultura de la Nación.
- Res. 214/04- CFE. Acuerdo Federal para “reducir desigualdades y recuperar la centralidad de los aprendizajes” <https://bit.ly/3G9u8mi>
- Res. 142/11- CFE. Marco de referencia para el Bachiller en Ciencias Naturales <https://bit.ly/45gF38t>
- Rouquette, Augusto, 1903. Mineralogía y geología. Ed. Lib. del colegio
- Sarthou, N F y Araya JM, 2015 El Programa de Incentivos a Docentes Investigadores en Argentina: a dos décadas de su implementación. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-17162015000100001](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17162015000100001)
- Windhausen, Anselmo, 1929. Geología Argentina – un libro para la Enseñanza y los aficionados. p. 435. Ed. Peuser, Buenos Aires.,

## **6. GEOLOGIA Y CIENCIAS DE LA TIERRA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES**

Como venimos comentando, el reemplazo de la Geología por las Geociencias o las Ciencias de la Tierra implica la sustitución curricular de una disciplina por un campo con varias disciplinas. Ello nos interpela sobre los aspectos epistemológicos a considerar para el diseño de los dispositivos didácticos. Hasta el presente las estrategias didácticas de la Geología, como ya se mencionó, adoptaron equivocadamente un enfoque analítico y experimental propio de la Física sin tener en cuenta la epistemología de la Geología como ciencia histórica e interpretativa. Recordemos que la Geología es la disciplina que estudia la historia de los procesos geológicos que condujeron a la actual configuración del territorio y la distribución de sus paisajes, sus recursos y riesgos. Por su parte, las Ciencias de la Tierra involucran una mayor complejidad y diversidad para el mismo espacio curricular por cuanto abordan el estudio de las interacciones entre los subsistemas Geosfera, Hidrósfera, Atmósfera, Biosfera y Sociosfera, para lo cual se requiere la contribución de conocimientos geológicos, físicos, biológicos, químicos y sociológicos.

### **Impactos de una mutación: de la Geología a las Geociencias**

En la segunda mitad del siglo XX, las sociedades, las instituciones gubernamentales y también gran parte de los docentes en el mundo se vieron sensibilizados por la crisis ambiental relacionada con las atrocidades cometidas durante la guerra de Vietnam en los años '70. Estos hechos, junto con las crecientes problemáticas ambientales abordadas

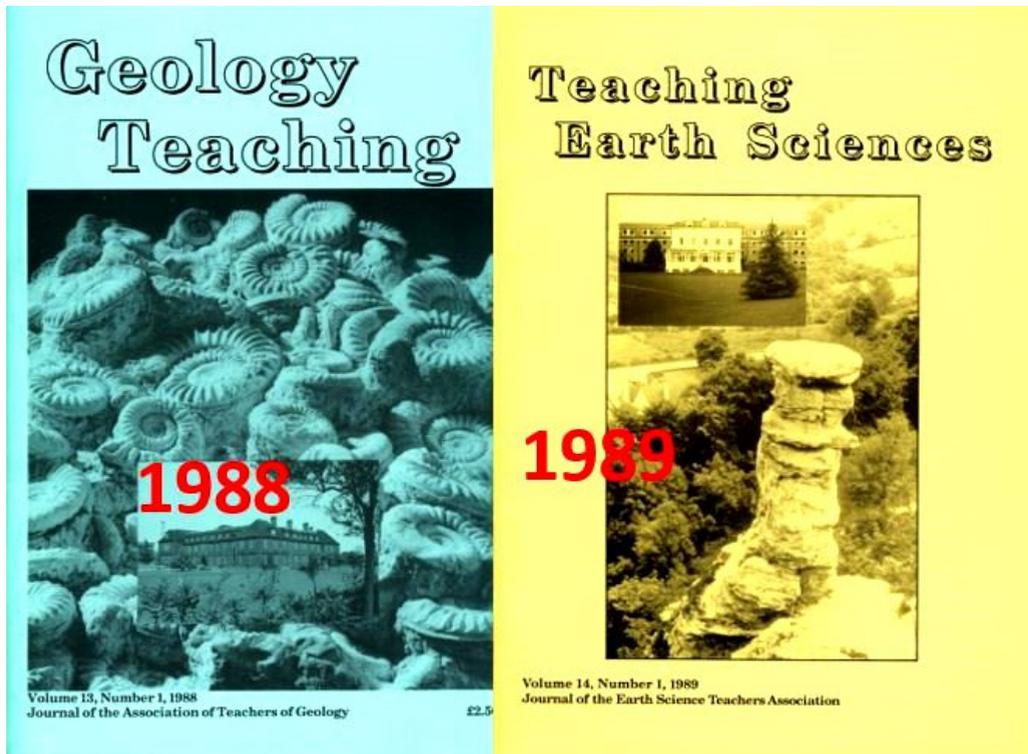
por la Naciones Unidas a través de la UNESCO, condujeron a que este organismo declarara el Día de la Tierra, el 22 de abril de 1970.

En interpretación del autor, esta sensibilización generalizada, condujo a que muchos profesores de diferentes países, responsables de la enseñanza de la Geología comenzasen a incorporar “de hecho” nuevos contenidos transversales sobre el ambiente, la meteorología, paleontología, astronomía y otros, con la idea de ofrecer una visión integradora del planeta Tierra. Dicho incremento de contenidos “extra geológicos” quedó reflejado por un lado en los nuevos diseños curriculares y por otro en los artículos que comenzaron a publicarse en revistas especializadas en investigación educativa de diferentes países: Inglaterra, Estados Unidos, España y Brasil.

De esta manera tanto los responsables de cursos escolares como de las revistas hasta esa época identificadas con la enseñanza de la “Geología”, comenzaron a percibir cambios importantes en el contenido de las publicaciones: con anterioridad estas incluían investigaciones educativas, experiencias y propuestas relativas a la mineralogía, geofísica, hidrogeología y otras disciplinas afines a la geología, sin embargo las nuevas revistas comenzaron a incluir una menor proporción de estas temáticas e incrementar temáticas ambientales e interdisciplinarias. Se aclara que estas temáticas emergentes son importantes para el campo de la Ciencias Naturales, pero debilitó y distorsionó las finalidades de la enseñanza histórico geológica.

Con referencia a dichas revistas se ofrece una breve descripción cronológica señalando que hasta 1994 las de mayor reconocimiento fueron las publicadas por las asociaciones de profesores de Geología de Estados Unidos desde 1952 y del Reino Unido desde 1976.

En el Reino Unido, en 1989 luego de 22 años se abandonó la denominación original “Geology Teaching” y se adoptó la actual denominación “Earth Sciences Teachers” (ESTA) argumentando que: “(a) La moderna geología es sólo una de las especialidades científicas que nos sirven para comprender la Tierra. Junto a ella, la geofísica y la geoquímica han crecido hasta convertirse en ciencias separadas; y la meteorología, la climatología y la oceanografía (lo que los anglosajones suelen llamar conjuntamente ciencias de la Tierra fluida) son indispensables para comprender muchos procesos geológicos. Así pues, las ciencias de la Tierra, son mucho más que geología. (b) Este concepto ampliado es imprescindible para poner en contexto muchos de los problemas actuales relacionados con la Tierra, y específicamente los problemas ambientales. (c) En el aula de secundaria, una especialización muy estrecha (como la que se derivaría de la



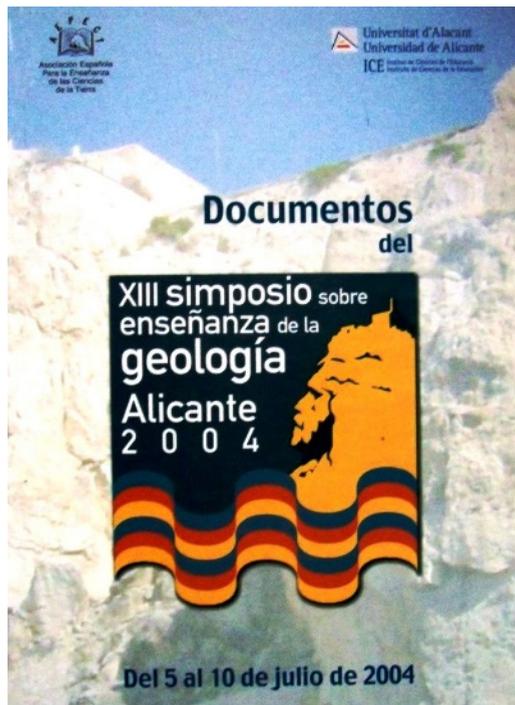
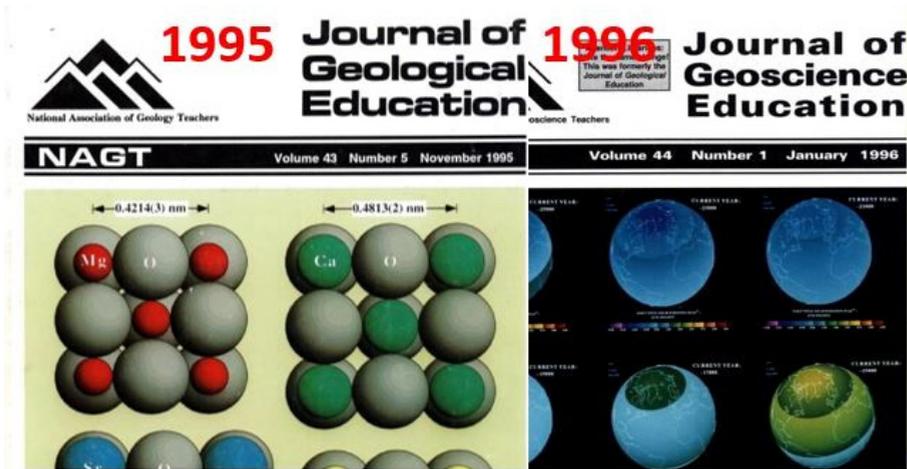
geología clásica) podría disuadir a los alumnos de seguir una carrera científica” (Anguita, 1994:16-17).

Posteriormente, la revista estadounidense “Journal of Geological Education” en 1996, luego de 44 años cambió su denominación por “National Association of Geoscience Teachers” (NAGT), debido a la necesidad de “cubrir una parte más amplia de la ciencia que la sola geología. Aunque el énfasis abrumador en los últimos años ha estado en la geología como tal, numerosos artículos han abordado temas como la geoquímica, oceanografía, geofísica, astronomía, planetología, meteorología y la historia y filosofía de la ciencia. Entonces el cambio de denominación se realiza para reflejar al conjunto de las geociencias” (Shea, 1995).

En relación con las revistas en lenguas latinas, se indica que en 1994 inicia su publicación la revista española “Enseñanza de las Ciencias de la Tierra” y en 2005 la revista brasilera “Terrae Didática” que alude a las Geociencias.

Cabe señalar un dato curioso que pone de manifiesto las tensiones existentes en los `90 sobre las denominaciones y que se mantiene hasta la actualidad: desde 1980, en

España se realizan bianualmente los Simposios de Enseñanza de la Geología. Pero, en 1991, cuando se creó la Asociación de docentes, se la bautizó como “Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra” (AEPECT) que, desde el año siguiente publicó su revista con esta nueva denominación (Anguita, 1994:17) sin embargo, los simposios que organizaron con posterioridad, mantuvieron la denominación “Geología”.



## Orígenes de la sustitución de la tradicional Geología por las ciencias de la Tierra en Argentina

Cabe preguntarse los motivos por los cuales, en la educación preuniversitaria, se decidió reemplazar la denominación Geología por ciencias de la Tierra, cambiando un espacio curricular disciplinar por otro interdisciplinario de mayor complejidad. Para reflexionar sobre las motivaciones de este cambio, formulamos aquí algunas hipótesis acerca de su origen.

A modo de una primera hipótesis de trabajo, se puede expresar que dicho cambio probablemente obedeció a que los diseñadores curriculares, en consonancia con la tendencia mundial, y en la búsqueda de una estrategia para ofrecer una visión sistémica e integral del planeta Tierra, imaginaron la posibilidad de reproducir en el ámbito escolar el trabajo interdisciplinario erudito que se realiza en institutos y organizaciones académicas y científicas de Geociencias. Aunque se comparte este loable objetivo, se cuestiona la asignación de dicha responsabilidad a un único espacio curricular: “Ciencias de la Tierra”, en lugar de promover estrategias institucionales como proyectos o espacios curriculares específicos que pudieran favorecer una adecuada articulación entre las materias del campo de las Ciencias Naturales que resultaran pertinentes. Es probable que la introducción de este espacio curricular haya resultado una estrategia más “sencilla” para tal abordaje interdisciplinario, ya que facilitó sortear las dificultades institucionales y la resistencia corporativa de los profesores de las disciplinas tradicionales (Biología, Física y Química) para coordinar dicho abordaje.

Una segunda hipótesis sería que la nueva denominación surge como consecuencia de las dificultades de los docentes para enseñar las nociones básicas de la Geología, para motivar a los alumnos en la investigación de la historia profunda de su territorio y en la comprensión del sentido social de los procesos geológicos. En consecuencia, a mediados del siglo XX tal como se comentó en el capítulo anterior, cuando en la escuela secundaria aún se dictaba la materia Mineralogía y Geología, comenzaron a tener mayor protagonismo algunos “temas más interesantes” de la Geología referidos a los dinosaurios, los desastres causados por terremotos, volcanes, inundaciones y los daños vinculados a la minería. De este modo la enseñanza se orientó a las consecuencias ambientales de los procesos geológicos antes que profundizar en sus fundamentos.

Si bien los estudios de problemáticas ambientales tienden puentes interesantes para abordar las interacciones entre estos procesos con la biósfera, atmósfera e hidrós-

fera, hay que considerar que estos aspectos ambientales insumen gran parte del escaso crédito horario asignado y habitualmente impiden profundizar en los fundamentos teóricos y prácticos de la Geología, a diferencia de lo que sucede con las otras disciplinas de las Ciencias Naturales. Es por ello que insistimos en que estas cuestiones deberían ser abordadas en espacios curriculares diferenciados.

Por otra parte, conviene tener en cuenta que la ampliación de contenidos que “justifica” la nueva denominación de Ciencias de la Tierra, se basa en la consideración de la Geología como ciencia experimental. Sin embargo la Geología como ciencia histórica, tal cual lo postulamos aquí, se basta por sí misma para permitir la introducción al estudio de sistemas complejos con un abordaje interdisciplinario. En efecto, como ya se dijo, la Geología como ciencia histórica tiene por objeto de estudio la historia y evolución de los procesos geológicos, y se basa en la investigación de las marcas que estos han dejado en los materiales y las geoformas como resultado de las diferentes interacciones entre todos los subsistemas: Geósfera, Atmósfera, Hidrósfera, Biósfera y Sociosfera, que configuran el marco de la complejidad del sistema terrestre.



### **El carácter integrador de la Geología**

Un ejemplo claro surge de la adopción de un objeto de estudio como puede ser la evolución de la vida en una sucesión de estratos sedimentarios de cierto lugar. En efecto, por ejemplo, en una barranca fluvial o vial, o en testigos de perforaciones es posible investigar el contenido paleontológico y sus edades relativas, así como los indicadores ambientales que permiten inferir tanto los paleoclimas como los lugares de sedimentación (lacustre, marino o desértico, entre otros) en los que quedaron atrapados los eventuales fósiles que se encuentren. Estas investigaciones requieren un conocimiento básico de algunos procesos característicos de la atmósfera, hidrósfera y biósfera sin necesidad de profundizar en los aspectos teórico y prácticos de las disciplinas específicas que estudian esos procesos.

Además de las hipótesis desarrolladas conviene indagar otras alternativas para explicar la sustitución del constructo Geología por Ciencias de la Tierra, habida cuenta de que estos cambios no son neutrales y que sus finalidades, además de los aspectos pedagógicos, pueden incluir razones institucionales y corporativas, entre otras.

Obviamente, el esbozo de las problemáticas aquí planteadas, requieren de nuevas reflexiones e intercambios entre los equipos docentes de las Ciencias Naturales, in-

cluidos los y las geolodactas y las autoridades educativas para que, en conjunto, logren reformular y equilibrar los contenidos escolares, especialmente en la escuela secundaria y contribuir así, efectivamente a la formación de los ciudadanos con una visión integral del funcionamiento de la naturaleza.

A modo síntesis, se comparten algunas reflexiones sobre la necesidad de atender con mayor énfasis a la enseñanza de la Geología con la finalidad de promover su identidad y utilizarla como “puente” para articular y contextualizar diferentes saberes escolares (Lacreu,1996). Al respecto, resulta muy enriquecedor analizar el artículo de Compiani y Gonçalvez (1996) sobre la diferencia entre el enfoque de la Geología y el de las Ciencias de la Tierra para la enseñanza del funcionamiento de la Tierra orientado a la formación de ciudadanos.

En ese sentido, cabe señalar y ratificar los motivos por los cuales el autor defiende la preferencia por el término Geología y su preeminencia dentro del espacio curricular, a saber:

1) La Geología es la “ciencia de referencia” para comprender las características actuales y la evolución histórica del territorio, en cambio los contenidos propuestos dentro del espacio de ciencias de la Tierra y su didáctica, no contribuyeron a la superación del analfabetismo geológico para que los ciudadanos puedan comprender las causas históricas de la actual distribución de recursos y amenazas geológicas que caracterizan a la región y el país que habitan.

2) Los docentes se hallan en una situación paradójica, y en cierto modo perversa, ya que intentan cumplir con su responsabilidad académica mediante propuestas de investigaciones escolares sobre medio ambiente en las que los estudiantes deben utilizar conceptos geológicos, pero no disponen del tiempo ni los espacios necesarios para desarrollarlos previamente con el fin de promover un adecuado aprendizaje conceptual y metodológico sobre los mismos.

## **Ideario docente sobre las ciencias de la Tierra/Geociencias**

Como resultado de la mencionada sustitución, se ampliaron los contenidos del espacio curricular de ciencias de la Tierra sin que ello estuviera acompañado por una adecuada justificación ni mayor crédito horario, ni suficientes instancias de capacitación de los docentes, provocando en ellos cierta desorientación.

Esta circunstancia se puso en evidencia durante las XIV Jornadas Nacionales y el IX Congreso Internacional en Enseñanza de la Biología, organizado en 2021 por la Asociación de Docentes de Ciencias Biológicas de la Argentina (ADBIA). En esa oportunidad, se desarrollaron varias actividades relacionadas con el Eje 10: “Ciencias de la Tierra: un área para contribuir a la educación interdisciplinar”.

Cabe señalar que, fueron aceptados 17 trabajos, de los cuales 14 eran de Argentina (CABA, La Plata, La Pampa, Mar del Plata, Tucumán, Tandil y San Luis) y 3 trabajos de otros países latinoamericanos (Brasil, Colombia y México). Las contribuciones fueron difundidas en una instancia asincrónica a través de un Foro virtual y posteriormente se debatieron en una instancia sincrónica.

En la instancia sincrónica llegaron a participar 48 asistentes quienes señalaron que en varios países de Latinoamérica los contenidos de las Ciencias de la Tierra del nivel secundario, tanto podían hallarse en el espacio curricular homónimo como en otros como Geografía, Medio Ambiente, Biología o Ecología, generándose cierta confusión sobre el enfoque disciplinar de su didáctica.

En esta misma instancia se propuso intercambiar ideas sobre el enfoque de los profesores sobre la enseñanza de los contenidos de Ciencias de la Tierra. A tal efecto, se realizó un ejercicio mediante la implementación de tres preguntas para construir “nubes de palabras” a partir de las respuestas “on line”<sup>41</sup>. Las tres preguntas fueron:

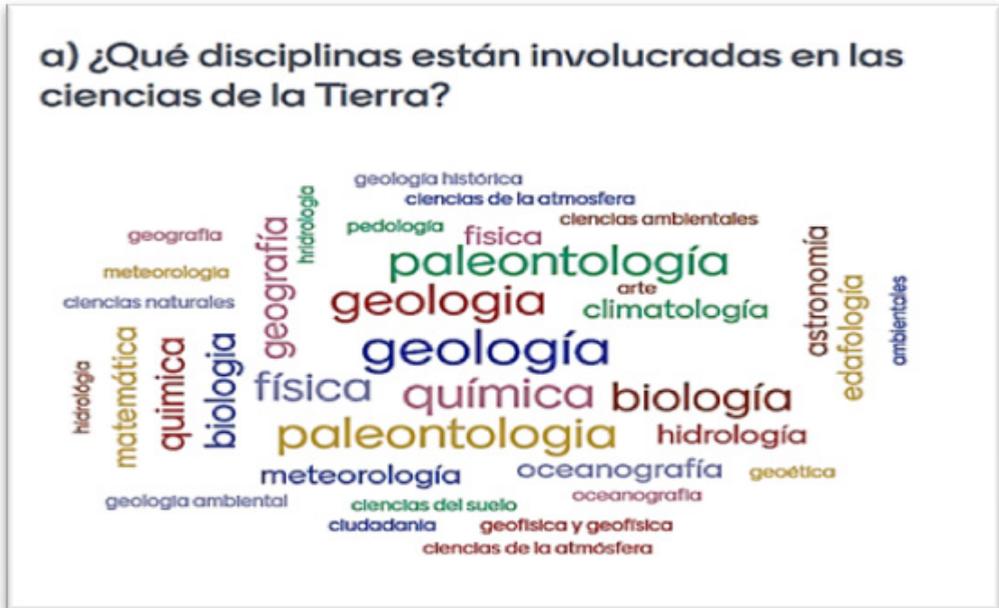
1. *¿Qué disciplinas están involucradas en las ciencias en la Tierra?*
2. *¿Qué contenidos de ciencias en la Tierra no pueden faltar en la formación de ciudadanos?*
3. *¿Qué contenidos de las ciencias de la Tierra son más propicios como anclaje para una propuesta interdisciplinar?*

Durante este ejercicio se advirtió la diversidad de concepciones sobre las ciencias de la Tierra lo cual pone en evidencia la dificultad en la construcción de la identidad de este campo para definir sus contenidos propios y las maneras de articularlos con el abordaje de temas/problemas interdisciplinarios.

De manera tentativa se comparten algunas reflexiones sobre las nubes de palabras que, a modo de hipótesis, deberían ser objeto de nuevas reflexiones y futuros debates.

41. Cabe señalar que la realización y el registro de las nubes de palabras contaron con la inestimable colaboración de la Lic. Gabriela Rusnok Dra. Gabriela Castillo Elias y la Alumna Ana Vedia

La primera nube de palabras se organizó sobre la base de la pregunta *¿Qué disciplinas están involucradas en las ciencias en la Tierra?*



Las repuestas mayoritarias señalaron a **Geología, Paleontología, Química, Biología y Física**. También hay menciones relevantes de Hidrología y Edafología, que contribuyen a la comprensión de algunos importantes procesos geológicos mediante un enfoque interdisciplinario. También se menciona a **Geografía**, sin embargo, tratándose de una ciencia social, se considera que su mención en ciencias de la Tierra alude a una posible articulación antes que a su pertenencia específica a este campo. Con menor relevancia se mencionaron otras áreas muy vinculadas con la Física como es el caso de la *Astronomía* vinculada a la astrofísica teórica y también *Oceanografía, Meteorología, Climatología*. Estas últimas tienen afinidad con la física de los sistemas fluidos del planeta y se encuentran articuladas con la geología en lo referido al efecto que los procesos atmosféricos producen sobre las geoformas y los materiales abióticos.

La segunda nube de palabras se organizó en base a la pregunta *¿Qué contenidos de ciencias de la Tierra no pueden faltar en la formación de ciudadanos?*

Las respuestas con mayores coincidencias aludieron a contenidos tales como: **Tiempo geológico, Recursos naturales, Suelo, Tectónica de Placas, Paisaje Geológico, Dinámica interna**.





la Tierra incorporó diversos contenidos de medio ambiente, meteorología, astronomía y oceanografía. De esta manera se “diluyó” la ya escasa presencia de los contenidos geológicos provocando una diversidad de interpretaciones acerca de la identidad del campo disciplinar.

El origen de la polisemia y la consiguiente identidad difusa de las Geociencias /ciencias de la Tierra, se debe en parte a que el prefijo “geo” se utiliza para denominar disciplinas que abordan el estudio del sistema Tierra desde perspectivas diferentes: Geología, Geofísica, Geodesia, Geomorfología, Geociencias y Geografía. Ello se percibe tanto en el ámbito científico disciplinar como en el ámbito pedagógico en sus facetas teóricas y prácticas. Desde hace tiempo, se han promovido reflexiones sobre la nomenclatura y terminología en ciencias de la Tierra, especialmente en el ámbito científico-académico y ello puede verificarse en un volumen especial de la AEPECT (Asociación Española para la Enseñanza de las ciencias de la Tierra) que incluye un interesante artículo de Francisco Anguita (1996), donde se expone que el campo de conocimientos de la Geología es diferente al de las Ciencias de la Tierra. En efecto, en el resumen de su artículo puede leerse: “la Geología clásica se construyó sobre una tradición geográfica, mientras que las Ciencias de la Tierra están basadas en una síntesis de la tradición naturalista con metodologías propias de las Ciencias Físicas, como la modelización y la cuantificación”.

Por otra parte, el constructo Geociencias tiene variados significados en diferentes países según sea empleado en el ámbito científico o en el pedagógico. Así, en el ámbito científico académico la denominación Geociencias se creó para denominar al conjunto de disciplinas científicas que reconocen a la Geología como disciplina original ya que sus marcos teóricos tienen alguna impronta común en su carácter de ciencias históricas y una afinidad metodológica para la reconstrucción espacio-temporal de los sucesos ocurridos en el pasado de nuestro planeta. (Ver capítulo 1.) Con el transcurso del tiempo, se diferenciaron algunas nuevas disciplinas con una delimitación de objetos de estudio más específicos. Tal es el caso de Hidrogeología, Neotectónica, Geotecnia y Volcanología, que se agregan a las ya tradicionales: Mineralogía, Geomorfología, Estratigrafía, Petrología y otras. Además, surgieron otras especialidades interdisciplinarias que dieron lugar a la creación de carreras universitarias como es el caso de Paleontología, Geoquímica y Geofísica, jerarquizando así al amplio campo de las Geociencias en la órbita académica e investigativa.

Por el contrario, en el ámbito pedagógico el término Geociencias se creó para connotar al conjunto de ciencias que estudian a los diversos subsistemas terrestres y sus

interacciones. En efecto, además de la Geología se incluyen la Climatología, Meteorología, Oceanografía que son disciplinas emparentadas con la Física de los fluidos. Incluso, algunos incorporan a la Astronomía, vinculada con la Física teórica.

Desde el ámbito específico de la Geología, esta ampliación del campo en el ámbito curricular es considerada como una distorsión epistemológica porque incluye disciplinas más afines a la Física que a la Geología. Aún admitiendo que en el ámbito pedagógico es necesaria cierta flexibilidad y que no es necesario ni conveniente el mimetismo con el campo científico, tampoco puede justificarse que se altere por completo la identidad del espacio curricular respecto de la disciplina de referencia porque, entre otros motivos, dificulta la identificación de los contenidos pertinentes, su organización, secuenciación y jerarquización.

Esta distorsión epistemológica se ha naturalizado a tal extremo que ha quedado incorporada en un estudio estadístico de UNESCO sobre la caracterización de las ciencias. En efecto, se trata de un relevamiento realizado en instituciones de todo el mundo, publicado bajo el título “Clasificación Internacional Normalizada de la Educación, Campos de educación y formación 2013 - Descripciones detalladas de los campos”.

Dicha publicación, versa sobre “Los programas y calificaciones básicas diseñados para proporcionar a los participantes los conocimientos fundamentales habilidades en lectura, escritura y aritmética junto con una comprensión elemental de otras materias como historia, geografía, ciencias naturales, ciencias sociales, arte y música, y en algunos casos instrucción religiosa. Estos programas y calificaciones normalmente se ofrecen en primaria y niveles secundarios inferiores. También se ofrecen programas amplios y no especializados en el nivel secundario superior.” (ISCED, 2013:5)

Aunque “a priori” resulta interesante la propuesta de estos enunciados preliminares, es necesario señalar que dicho documento, en lugar de esclarecer contribuye a la confusión de la delimitación epistemológica de la Geología y dificulta la selección de los contenidos escolares de las Geociencias. Al respecto se señalan algunas objeciones:

1) En el Apéndice I de dicho documento, se propone una sistematización de los campos educativos, uno de los cuales incluye a las Ciencias Naturales (Item 06), junto con Matemática y Estadística (ISCED, 2013:56). Sin embargo, en esta clasificación no aparece la Geología sino las ciencias de la Tierra (ítem 0532) y “sorpresivamente” queda incluida como parte de las ciencias Físicas, situación que se interpreta como un grueso error epistemológico.

2) Por otra parte, se observa que la Geología aparece incluida como una de las disciplinas de las ciencias de la Tierra (ISCED, 2013:67) junto con muchas otras disciplinas cuya pertinencia en el campo de la educación preuniversitaria es discutible (Cuadro 6.1). Además, se destaca que la Petrología (disciplina que estudia la génesis de las rocas), ha sido excluida de este campo y resulta “intrigante” la concepción epistemológica que condujo a su incorporación como una disciplina de la Química (ítem 0531).

*Cuadro 6.1: Disciplinas incluidas por UNESCO en el campo de las ciencias de la Tierra*

Ciencias atmosféricas	Geografía (naturaleza)	Tecnología geoespacial	Mineralogía
Investigación del clima	Geografía (física)	Hidrogeología	Ciencias de la vida oceánica
Ciencia de la Tierra	Geoinformática	Hidrología	Oceanografía
Geodesia	<b>Geología</b>	Ciencia Marina	Paleontología
Sistemas de información geográfica (SIG)	Geomática	Meteorología	Sismología
	Geofísica		Vulcanología
	Geociencia		

Como se puede ver en el cuadro 6.1, existe una diversidad de concepciones para delimitar el campo de las ciencias de la Tierra, pero lamentablemente no se profundiza en el significado de cada término. En consecuencia, se da lugar a posibles superposiciones semánticas como por ejemplo entre Geología, ciencia de la Tierra y Geociencias o entre ciencias atmosféricas, investigación del clima y Meteorología.

Esta breve caracterización de UNESCO sobre la organización disciplinar en el campo de las ciencias de la Tierra, muestra una situación compleja que no puede ser trasladada en forma “directa” al ámbito de la educación primaria, secundaria ni la formación de docentes. Por un lado, es necesario realizar un análisis crítico para decidir que contenidos serán enseñados en dichos niveles, así como también en la formación de sus docentes. Por otro lado, las confusiones señaladas ponen en evidencia la necesidad de profundizar la caracterización epistemológica de la Geología y de discutir sus aportes a la educación obligatoria.

## La enseñanza de las Geociencias en Latinoamérica

En relación con la enseñanza de las Geociencias y la interpretación de la identidad del campo disciplinar, resulta importante tener en cuenta un reciente diagnóstico realizado por UNESCO en Latinoamérica, entre cuyos antecedentes, se menciona que “Cada vez más los países deberían orientarse, en la construcción de sus nuevos currículos de Ciencias Naturales y Ciencias de la Tierra, en ser capaces de determinar: cuáles son sus conocimientos estructurantes y sus modelos teóricos - Disciplinary core ideas- y cómo incluir y tratar los conceptos meta disciplinares -Crustting concepts- y las prácticas científicas -Science and engineering practices” (Macedo, 2019a:20).

En dicho diagnóstico se constata la existencia de diferencias respecto de los contenidos de ciencias de la Tierra que se enseñan en los diferentes países: “según estas informaciones, once de los catorce países incluyen los temas: El universo: su origen, su exploración y sus componentes principales, y Grandes partes de la Tierra: litosfera, hidrosfera y atmósfera, en el dominio La Tierra y el sistema solar; siete países incorporan: Origen del Sistema Solar y las características de los planetas, y La Tierra, sus características y movimientos; mientras que solo cuatro incluyen el tema Edades geológicas. Es muy claro por todo lo expuesto que hay mucho para trabajar y reflexionar para que se logre una verdadera cultura en Ciencias de la Tierra en toda la población.” (Macedo op. cit., p.21).

Además, la misma autora señala que “los análisis realizados de los informes evidencian las dificultades que han tenido las Ciencias de la Tierra para ser reconocidas con una identidad propia dentro de los currículos de primaria y secundaria. Se detecta, como tendencia transversal a la mayoría de los países que, primeramente, sus contenidos se sitúan dentro de las Ciencias Sociales y, en especial en Geografía” (Macedo op. cit., final de p.21). Este hecho no es nada menor pues, según su ubicación curricular, la conceptualización y abordajes son muy diferentes, y otro tanto sucede con la priorización de los contenidos que se aprenden y enseñan.

Por otra parte, “En otros países se observa que, mayoritariamente, sus contenidos se sitúan en el ámbito de las Ciencias Naturales, pero quedando relegados a estudios superficiales de contenidos de Geología. En síntesis, los contenidos seleccionados para ser aprendidos y enseñados, según la ubicación que se le adjudique, no son los mismos, aunque se encuentren dentro del área de esos saberes, y las aproximaciones didácticas a los contenidos seleccionados tampoco son semejantes”. (Macedo op. cit., p.22)

En otra publicación basada en el mismo diagnóstico, Macedo señala que en muchos países de Latinoamérica las temáticas de ciencias de la Tierra no forman parte de las pruebas o son escasas y agrega que “El no contemplar las temáticas de las CT, podría encerrar un mensaje implícito dando a entender que estos aprendizajes no son importantes o necesarios para todos y cada uno de los alumnos. ¿Las Ciencias de la Tierra contribuyen como ingrediente indispensable de la formación ciudadana o no? Si la respuesta es Si, sus contenidos deberían ser evaluados al mismo nivel jerárquico que otros contenidos que se ven priorizados en estas pruebas” (Macedo, 2019b:72).

Por otra parte sugiere que considerando las fortalezas existentes “se deben basar las líneas de proyectos regionales que permitan situar a las CT<sup>42</sup> dentro de las Ciencias Naturales, con una identidad propia, lo que significa objetos de aprendizaje y enseñanza que le son propios, maneras de desarrollar el conocimiento y abordarlo también específicos. No es el deseo, querer aislar a las CT de las otras Ciencias, muy por el contrario, se trata de encontrar los puentes y las interfases de trabajos inter y multidisciplinarios, pero sin que ello signifique perder de vista lo que le es propio” (Macedo<sup>92</sup>, op.cit:72). A la vez, destaca (pág. 73), el hecho de que los contenidos de Geociencias se ubiquen dentro de diferentes asignaturas es un indicador de su falta de identidad puesto que “no se les reconoce un objeto o campo propio de estudio, “por lo tanto, se entiende que forman parte, según sus temas, de unas u otras asignaturas de existencia ya asegurada, desde hace tiempo, en los currículos de primaria y secundaria”.

Otra consecuencia de la falta de identidad es que influye de diferentes modos en los abordajes, epistemológicos, pedagógicos y didácticos ya que CT “no se enseñará de la misma manera si lo aborda un profesor de Geografía, de Educación Ambiental, de Física o de Química, solo por mencionar algunas de las varias posibilidades”.(Macedo op cit:72).

## **Las Ciencias del Sistema Tierra impulsadas desde el Norte**

Creemos necesario considerar la influencia externa sobre las políticas educativas de Argentina y de Latinoamérica, en particular respecto de los contenidos geológicos. Tal vez, una de las primeras medidas “copiadas” del Norte haya sido la supresión de la materia Geología de los currículos latinoamericanos en la primera mitad del siglo XX. En efecto, a fines del siglo XIX, en los EEUU los contenidos geológicos se hallaban incluidos en la

42 Nota del autor CT: Ciencias de la Tierra

denominada “Historia Natural” o en “Geografía Física” y con esta última denominación, junto con Biología, Física y Química formaban parte del currículum de ciencias, conforme a la propuesta realizada en 1893 por un comité de reconocidos científicos (Anguita, 1994:16). Sin embargo, el mismo autor expresa que la materia Geografía Física luego fue suprimida y se pregunta hasta qué punto la carencia en Geología en nuestra región no es, al menos en parte, el reflejo de la misma situación en Estados Unidos. Cabe proponer entonces, a modo de hipótesis, que una parte de los problemas en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias de la Tierra y en particular de la Geología en nuestra región obedece a una implementación descontextualizada de modelos desarrollados en Estados Unidos de Norteamérica.

Probablemente una de las primeras fuentes de inspiración haya sido el Proyecto Curricular Sistema Tierra (ESCP) implementado en Estados Unidos, desde 1962-3 por iniciativa del *American Geological Institute* y avalado por la *National Science Fundación*. Dicho proyecto, junto con otras propuestas de renovación de la enseñanza de las ciencias, intentaba revertir la decadencia en la enseñanza científica en USA y cobró impulso en 1957, con algunos incentivos oficiales motivados por la puesta en órbita de la *Sputnik I* y la desazón de EEUU de estar “perdiendo” la carrera científica frente a la URSS. Bajo esas circunstancias, se realizaron diversas acciones relacionadas con la cultura curricular, las trayectorias educativas, de formación y reconocimiento docente muy diferentes a las de Latinoamérica.

En efecto, este programa difería de los anteriores por su abordaje interdisciplinario. Los materiales del ESCP fueron “planificados, escritos y producidos por astrónomos, geólogos, geofísicos, geoquímicos, meteorólogos, oceanógrafos y geógrafos físicos, todos ellos trabajando estrechamente con los profesores de las escuelas secundarias y educadores de ciencia”.

Los objetivos principales del ESCP fueron la producción de un paquete de materiales para mejorar la capacitación de los docentes que usarían esos materiales en las clases. El paquete incluía textos, manual de laboratorio, guías para los profesores, filmas, y otros, todos los cuales debían seguir los siguientes criterios: 1) La redacción debía ser comprensible por las capacidades intelectuales de los alumnos del secundario 2) Evitar la pretensión de cubrir la totalidad de los conocimientos sobre el planeta Tierra, aunque se debía enfatizar en las ideas de base para futuros aprendizajes; 3) Desarrollar actitudes y aptitudes hacia la ciencia. 4) Los materiales deberían tener un fuerte énfasis hacia los estudios de laboratorio y de campo para la participación activa de los estudian-

tes en el proceso genuino de investigación más que el relleno mecánico de un “recetario de cocina”.

Posteriormente a partir de 1996, con el liderazgo de Víctor Mayer, se desarrollaron programas vinculados a la idea de promover una alfabetización científica global a través de la denominada “Educación del Sistema Tierra”. Uno de los argumentos mencionados por Mayer era que habiendo terminado la “guerra fría”, era necesario mejorar la enseñanza de la ciencia para contrarrestar la devastación ambiental de las guerras precedentes. Para ello, los educadores de ciencia deberían revisar la naturaleza de los sistemas científicos culturales y políticos. En lo referido a la ciencia, un nuevo punto de vista sería considerar el estudio del Sistema Tierra en el que todos vivimos y no la búsqueda de cada vez más tecnología.

De este modo, el Sistema Tierra podría servir como tema organizador para el desarrollo de un currículo de ciencia integrada en la cual los alumnos de todas las naciones podrían experimentar con el clima, los flujos de los arroyos y las rocas como partes de su ambiente. Así, con una pretensión de universalizar la enseñanza de las ciencias, el currículo podía ser organizado alrededor del ambiente que rodea a los alumnos. Estos criterios fueron implementados con diversa intensidad en Estados Unidos, Alaska, Japón, Venezuela y Brasil (Carneiro et al, 2005), entre otros países. Cabe señalar que en algunos países se presentaron dificultades debido a la falta de apoyo político y financiamiento para el mejoramiento de los recursos materiales y de los diseños curriculares así como de la formación docente.

En efecto, las ideas de adoptar la fórmula de alfabetización científica de Estados Unidos de Norteamérica (ESLI a) no sólo es pretenciosa, sino que tiene la apariencia de un colonialismo científico y educativo que no necesariamente respetará las necesidades, condiciones y culturas del resto de los países. Al respecto cabe señalar, por ejemplo, que en Sudamérica existe una cultura andina en la que se rescata la figura de la Pachamama y la consideración de la naturaleza como sujeto de derecho. Dicha pretensión colonizadora, además propone un tipo de integración de saberes que traería más complicaciones que soluciones. Para verificar esta afirmación, conviene analizar la Matriz de Estándares (ESLI b) resultante de la interdisciplinariedad mencionada que surge de proponer un nuevo enfoque para la enseñanza del conjunto de las ciencias y que exige un nivel de formación docente y coordinación, muy alejado de la praxis docente argentina contemporánea.

Es menester que tanto la Argentina como el resto de los países de Latinoamérica, herederos de otras tradiciones culturales y educativas, puedan desarrollar propuestas

propias y consistentes con dicha herencia y también con las posibilidades reales y potencialidades que nuestros sistemas educativos ofrecen. En este sentido, para que las transformaciones puedan encarnar efectivamente en la enseñanza se requiere de un amplio consenso entre los diferentes actores de las comunidades educativas de nuestra región.

## **La “colonización” del espacio curricular de la Geología en nuestro país.**

Haciendo honor al adagio: “lo que no se nombra no existe”, el primer acto de “colonización” fue la sustitución de nombres de los espacios curriculares.

Así en Argentina el anterior espacio curricular de “La Tierra y sus Cambios” (1996-2006), que incluía contenidos prioritariamente geológicos, fue sustituido por el nuevo nombre “La Tierra, el Universo y sus Cambios”. De este modo sutil, se borró la identidad disciplinar incorporando el tratamiento del planeta Tierra como un astro.

Sin embargo, no hubo un adecuado tratamiento de la construcción pedagógica de los diversos contenidos de las Geociencias escolares tal como hubiese sido necesario al incluir disciplinas con diferentes recorridos epistemológicos. De esta manera, se dificultó la construcción tanto de la identidad disciplinar del campo en su conjunto como de las respectivas didácticas.

En síntesis, se interpreta que bajo la influencia de la reforma curricular en Estados Unidos, de mediados del s. XX, comenzó una mutación hacia un enfoque holístico para la enseñanza de las Ciencias Naturales con una perspectiva ambientalista, pero con una fuerte impronta de la Física. Cabe señalar que en Estados Unidos estos cambios fueron asimilados con bastante equilibrio, dentro de una profunda reforma global en la enseñanza de las Ciencias Naturales, enfocándose de modo coordinado en el Sistema Tierra.

Por el contrario, la forma en que se introdujeron estos cambios en la última reforma de Argentina, en el año 2006, permite interpretar cierta puja corporativa entre los responsables del diseño curricular de las Ciencias Naturales, tradicionalmente representados por profesores de física, química y biología. Dicha puja está parcialmente reflejada en la disputa por las cajas curriculares asignadas a cada disciplina en cada año escolar.

Al respecto es posible interpretar que la “hegemonía cultural” de la Física y del enfoque analítico que impregna tanto a la Física como a la Química tuvo una influencia importante para seleccionar e incorporar los contenidos de astronomía, meteorología y

climatología que desplazaron absolutamente los contenidos geológicos curriculares de los últimos años de la escuela primaria y de los primeros años del secundario obligatorio.

### **Bibliografía citada**

- Anguita, F., 1994. Geología, Ciencias de la Tierra, Ciencias de la Naturaleza: Paisaje de un Aprendizaje Global. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (1): 15-21, Barcelona, España
- Anguita Francisco, 1996. Geología y ciencias de la tierra: etimología y un poco de historia. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra* (4.3) 177-180
- Carneiro, Celso D. R., Pedro W. Goncalves, Oscar B. M. Negr.,o & Carlos A. L. Cunha, 2005. *Ciência do sistema terra e o entendimento da “máquina” planetária em que vivemos* <https://www.researchgate.net/publication/291258368>
- Compiani, Mauricio y Gonçalves, Pedro Wagner, 1996. Epistemología e historia de la Geología como fuentes para la selección y organización del currículum. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1996. (4.1),38-45 <https://bit.ly/3sZ7RCT>
- ESCP, 1964. Earth Science Curriculum Project <https://bit.ly/35MeHm7>
- ESLI, (a) Earth Science Literacy Initiative <http://www.earthscienceliteracy.org/>
- ESLI, (b) Earth Science Literacy Initiative [http://www.earthscienceliteracy.org/esli\\_matrix\\_28may09.pdf](http://www.earthscienceliteracy.org/esli_matrix_28may09.pdf)
- ISCED, 2013 International Standard Classification of Education – Fields of education and training-2013-detailed-field-descriptions <https://bit.ly/30xTPMr>
- Lacreu, Hector L. 1996, La geología en la educación argentina
- Lacreu, H. L. L. (2014) La polisemia de las geociencias y sus consecuencias pedagógicas [https://www.academia.edu/36824038/La\\_polisemia\\_de\\_las\\_Geociencias\\_y\\_sus\\_consecuencias\\_pedag%C3%B3gicas](https://www.academia.edu/36824038/La_polisemia_de_las_Geociencias_y_sus_consecuencias_pedag%C3%B3gicas)
- Macedo, B. 2019a Antecedentes en Geociencias en la educación primaria y secundaria. UNESCO, Vol 1 (16:37) <https://bit.ly/3MKNssa>
- Macedo, B. 2019b Opportunities for decisión making in LAC, en Geoscience in primary and secondary education, UNESCO, Vol 2 <https://bit.ly/3LGfGTV>
- Mayer, Victor, 1997. Science for All: an Earth System en Learning about the Earth as a System. International Conference on Geoscience Education Conference Proceedings (2nd, Hilo, HI, July 28-31, 1997). ED: Fortner, Rosanne W., Ed.; Mayer, Victor J., Ed. pp 169 – 170 <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED422163.pdf>
- Shea, J. H., 1995. Forty-Five years of the Journal of Geological Education. *Journal of Geological Education* 43 (5):450

## **7. GEOLODÁCTICA, DESAFÍOS PARA RENOVAR LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGÍA**

Como ya fue señalado, la enseñanza de la Geología viene disminuyendo el escaso protagonismo curricular que pudo haber tenido en el campo de la enseñanza de las ciencias en Argentina (Lacreu, 2014), Brasil (Araujo y Toledo, 2014) y España (Casas et al, 2016). A modo de diagnóstico, se recuerda que varias investigaciones señalan que la enseñanza de la Geología en Argentina, Brasil y España está en problemas, por su retroceso curricular, debido a un enfoque epistemológico errado (Lacreu, 2015, p.471) y porque su enseñanza, es frecuentemente realizada por profesores con una inadecuada e insuficiente preparación (Del Toro y Morcillo, 2011; Araujo y Toledo, 2014). Paralelamente a dicho retroceso, una mirada crítica permite advertir que al mismo tiempo existió un incremento en publicaciones y congresos sobre enseñanza de las Geociencias, lo que parece constituir una paradoja que analizaremos con el auxilio de la Geolodáctica (Lacreu, 2012).

La deconstrucción de esta paradoja, requiere de una reflexión sobre los actuales enfoques de la didáctica de la Geología y sobre sus consecuencias en la formación de ciudadanos. En ese sentido, el análisis de la problemática del desinterés de alumnos y profesores por la Geología y el retroceso curricular mencionado, requiere la consideración de al menos las tres hipótesis que venimos desarrollando en este libro.

La primera, alude a los objetivos de la enseñanza de la Geología preuniversitaria, que se tornaron ambiguos y con escasa relevancia social, ya que su presencia dentro del conjunto de las Geociencias quedó “diluida” y carente de significados y emociones para el ciudadano común. La segunda refiere a que la Geología ha sido caracterizada, erróneamente, como una ciencia experimental como Física o Química y no como una ciencia

histórico-interpretativa (Frodeman, 2010) y esto se trasladó a una didáctica epistemológicamente impropia y desmotivadora. La tercera hipótesis, alude a que en el colectivo de profesores de Geología hay pocos referentes académicos y gremiales que participen en las “luchas del poder académico”. Es decir: en la defensa de la pertinencia curricular de la Geología y su importancia en la formación de ciudadanos.

En capítulos anteriores hemos abordado profusamente la distorsión epistemológica en el ámbito curricular que representa la omisión de la Geología del campo de las ciencias naturales, así como las confusiones entre Geología y Geografía o entre Geología y Geociencias. Esta ambigüedad ha influido en la paulatina desjerarquización de la enseñanza de la Geología y dificulta el fiel reconocimiento de sus objetos de estudio e investigación y la singularidad de sus metodologías, así como el desarrollo de un adecuado proceso de transposición didáctica. De un modo pragmático y sin profundizar las críticas de la actual situación, asumimos y respetamos los acuerdos curriculares por los cuales la Geología forma parte de las ciencias de la Tierra. Sin embargo, la habitual expresión “didáctica de las Geociencias” representa una supuesta unidad conceptual que dificulta la posibilidad de apreciar la singularidad epistemológica de la Geología y su consecuente valoración social.

Por eso nos interesa aquí abordar y jerarquizar la didáctica de la Geología de manera diferenciada y específica, esperando que otros especialistas se ocupen de la didáctica de la climatología, oceanografía, astronomía, paleontología, etc. Con este fin, en este capítulo, (a) se intentará delimitar el campo de la didáctica de la Geología, (b) se presentará una breve caracterización de la situación en el presente, (c) se compartirán algunas reflexiones con el objetivo de promover la renovación y mejoramiento de la enseñanza de la Geología en los niveles preuniversitarios.

## ¿Qué es la Geolodáctica?

El neologismo Geolodáctica es un acrónimo cuya configuración utiliza el elemento “geolo” en lugar del tradicional “geo” y permite su pronunciación como una única palabra. Se trata de un vocablo formado por la unión de dos elementos representados por las tres primeras sílabas de geolo-gía y las últimas tres de di-dáctica, y denomina un campo disciplinar cuyo objeto de estudio (problema) es la alfabetización geológica en todas sus dimensiones (didáctica, política, cultural, laboral, propedéutica). Con dicha finalidad, promueve la reflexión y la reorientación de la didáctica de la Geología sobre la base de

fundamentos epistemológicos basados en su singularidad como ciencia histórico-interpretativa. De este modo, se establece una clara diferenciación con la didáctica de las ciencias experimentales y la Geodidáctica de las ciencias sociales.

Los actores de este campo disciplinar son los “Geolodactas”, quienes mayoritariamente son biólogos, geólogos y pedagogos especializados en la enseñanza de la Geología en los niveles preuniversitarios. Su praxis, además de la enseñanza, incluye la investigación educativa y la consiguiente comunicación de sus resultados y experiencias en diversas revistas y en congresos. Estas actividades, constituyen elementos importantes del campo geolodáctico, de forma análoga a lo que ocurre en otros ámbitos científicos académicamente más consolidados como es el caso de la didáctica de la Biología, de la Física y de la Química.

Desde la perspectiva de esta disciplina, la enseñanza de los contenidos geológicos (tiempo y procesos geológicos, materiales, geoformas y estructuras) en la educación obligatoria y en la formación inicial de docentes, debería incorporar nuevos criterios pedagógicos y didácticos. Así, se requiere, en primer lugar una selección contextualizada de contenidos destinados a la formación de ciudadanos en su calidad de sujetos políticos y no de “potenciales geólogos”. En segundo lugar, readecuar la formulación de situaciones problemáticas para complementar los enfoques experimentales mediante la incorporación de las nociones de espacio-tiempo, y en tercer lugar promover el pensamiento crítico y reflexivo no solo en la resolución de problemas sino sobre el sentido político de los contenidos geológicos.

Sostenemos la conveniencia de poner en práctica estos criterios mediante la problematización de la historia del paisaje natal o de la región en la que se habita, de forma tal que no sólo resulte un recurso didáctico más, sino que se constituya en un objeto de estudio. De esta manera, los conocimientos estarán al servicio de la interpretación de la historia del paisaje geológico en el que se ubica la escuela y donde nacieron y/o viven la mayoría de sus alumnos, familias y profesores; asumiendo que ello redundará en una mayor significatividad de los contenidos que se aprenden y, por lo tanto, en mejores aprendizajes.

En este sentido la contextualización resulta indispensable para configurar dispositivos didácticos que involucren el planteamiento de problemas cuya resolución no solo implique la necesidad de acudir (y por lo tanto aprender) a contenidos geológicos, sino también la incorporación de estrategias de formación ciudadana articulando la enseñanza de la geología con el debate acerca de las causas, responsabilidades y posibles

soluciones a las problemáticas del lugar natal o de residencia, en contraposición con el enfoque “puro y neutral” de la ciencia expuesto en manuales de uso “universal”.

Así, la selección de los problemas y sus estrategias de resolución deben involucrar la reflexión y emisión de opiniones sobre factores que tienen influencia en la calidad de vida de la comunidad escolar local o de otras comunidades cercanas. Estos factores, como es el caso de los recursos y amenazas geológicas, son motivo de interés social y político, y por lo tanto deben ser motivo de reflexión e investigación escolar como parte de la formación ciudadana del estudiantado. De este modo se contribuirá a que sean capaces de involucrarse de manera fundamentada en debates ambientales y en audiencias públicas que procuran la licencia social para utilizar recursos geológicos y/o prevenir amenazas y evaluar riesgos geológicos.

En consecuencia, la Geolodáctica, al promover la alfabetización geológica, posee una función política, ya que alienta el pensamiento crítico sobre el actual modelo de desarrollo insustentable, que construye una cultura en la cual se incentiva y tolera el mal uso del territorio y la expoliación de los recursos. Además, la Geolodáctica estimula la comprensión y la solidaridad con ciudadanos de otras regiones, también sometidos a las mismas políticas neoliberales. Si bien sabemos que la enseñanza de la Geología desde una perspectiva política, no resolverá “per se” los problemas planteados, estamos convencidos que estos no tendrán una resolución satisfactoria sin la alfabetización geológica.

## **La Geolodáctica como campo disciplinar**

La Geolodáctica es un campo que existe “de hecho” a nivel internacional, gracias a la actividad de numerosos colegas que han protagonizado y protagonizan una fecunda y creativa producción tanto en la transposición didáctica de contenidos de la Geología, como en una débil puesta en valor de sus aportes para la formación ciudadana.

Por dichas razones, se considera que el campo disciplinar ha madurado de una manera excepcional pero aún resta su institucionalización. En otras palabras, se requieren acciones potentes y decididas para que la Geolodáctica sea reconocida como una especialidad dentro del colectivo geológico de las instituciones universitarias, en igualdad jerárquica con las otras especialidades geológicas, sobre todo, valorando el impacto social y político de sus objetivos.

El capital simbólico, en sentido bourdiano, de este campo disciplinar está constituido, por un lado, por las instituciones (asociaciones de profesores, simposios y congresos, ONU, universidades), por los sujetos (geólogos, geocientíficos, biólogos, pedagogos, entre otros.), así como por las producciones (artículos, libros, guías, recursos didácticos, capacitaciones) que buscan el mejoramiento de la enseñanza de una Geología orientada a la formación de ciudadanos. Dicho mejoramiento, debe profundizar los enfoques basados en las raíces históricas y epistemológicas de la Geología e innovar permanentemente en las didácticas fundadas en los procesos emocionales y cognitivos de los aprendizajes. Por otra parte, se torna necesario mantener y actualizar las investigaciones educativas sobre la formación docente y los procesos de transposición didáctica contextualizadas.

Cabe agregar que, la caracterización de la Geolodáctica como campo disciplinar, implica el reconocimiento de la existencia de conflictos de poder internos y sobre todo externos en los ámbitos universitarios. Conforme a esta visión sociológica del campo, la enseñanza de la Geología, además de los conflictos didácticos y epistemológicos, también debe enfrentar problemáticas políticas e institucionales. En consecuencia, se hace necesario desarrollar estrategias para competir por el capital científico (prestigio y reconocimientos de los geolodactas) en absolutamente todos los escenarios, especialmente dentro del sistema educativo.

Por su naturaleza, el campo de la Geolodáctica será necesariamente heterónimo (Bourdieu, 2003:76), es decir que no será autónomo ni neutral respecto del medio socio - político - económico del lugar en que se inserte, ya que los contenidos geológicos a enseñar estarán condicionados por ese “microcosmo”. Estas consideraciones procuran advertir que la construcción colectiva de la Geolodáctica involucrará conflictos de intereses y requerirá de estrategias de reorganización del capital simbólico existente para poder salir de la “burbuja académica” y dar una “batalla política” tendiente a promover la alfabetización geológica de los ciudadanos.

Finalmente cabe señalar que este tipo de reflexiones no son habituales en la comunidad geológica universitaria argentina resultando que, en lugar de ser parte de la solución, su ausencia es parte del problema ya que se ha desentendido política y académicamente de la cuestión de la alfabetización geológica. Por tal motivo, hago un enfático llamado a las autoridades de las Facultades que forman profesores de Ciencias Naturales para que asuman sus responsabilidades académicas, políticas y sociales y propicien la creación de espacios académicos y científicos donde la Geolodáctica para la alfabetización geológica, se constituya en una política universitaria. (Lacreu 2012, 2017a). En este

sentido quiero destacar la falta de compromiso de los decanos, que en sus campañas políticas promocionan una supuesta mejora en los profesados de Ciencias Naturales existentes, pero no abordan la necesaria reforma de su estructura curricular para dejar de naturalizar la ausencia de la Geología.

Otro tanto sucede a nivel nacional con el Consejo Universitario de Ciencias Naturales (CUCEN) que reúne a los decanos de las facultades de todo el país donde se forman los profesores de Biología, Física y Química. En efecto, dicho organismo ignoró este problema, pese a las intervenciones del autor en algunas de las reuniones periódicas realizadas en 2013, en las que se solicitó que el consejo asumiese el compromiso para mejorar el protagonismo de la Geología. Tampoco hubo respuesta en 2014 a la nota presentada a ese organismo por la Comisión de Enseñanza Preuniversitaria (CEP) perteneciente a la Asociación de Facultades de Geología. En dicha nota, en la que se señalaba que la temática era competencia del CUCEN, se solicitaba la conformación de una comisión para analizar propuestas sobre los NAP (Núcleos de Aprendizajes Prioritarios) sobre Geociencias y se reclamaba el acompañamiento para realizar gestiones en el CFE (Consejo Federal de Educación).

## **Conflictos epistemológicos en la didáctica de la Geología**

Aunque existe el riesgo de caer en algunas simplificaciones e ignorar o subvalorar experiencias valiosas, sostendremos aquí que algunos de los problemas que enfrenta la enseñanza de la Geología y que han favorecido el analfabetismo geológico, obedecen a una confusión epistemológica que resulta inadecuada para su didáctica. Dicha confusión consiste en haber adoptado o tolerado el trasvasamiento lineal de didácticas propias de la Física o de la Geografía, a la enseñanza de la Geología.

Probablemente, este fenómeno se deba al escaso involucramiento de geólogos especializados en investigaciones educativas y al hecho de que los contenidos geológicos generalmente son enseñados por profesores de Biología, Geociencias o Geografía (Pedrinaci 2012 y Calonge 2012), sin una adecuada preparación.

Por un lado, se percibe cierta mimetización entre la didáctica de la Geología y la didáctica de las ciencias experimentales (Compiani, 1990; Frodeman, 2001; Lacreu, 2017b). Entre otros aspectos, dicho mimetismo consiste en dar una preeminencia excesiva a las experiencias/experimentos con modelos didácticos como los que explican la permeabilidad y erosión de suelos, el funcionamiento de los terremotos y volcanes

e incluso sobre la deformación de rocas. Este enfoque tradicional se complementa con la promoción de aprendizajes (y evaluaciones) memorísticos sobre la sistemática de las rocas, minerales, geoformas, escala de tiempo, entre otros, sin que se establezcan nexos entre esos contenidos, ni entre ellos y los abordajes experimentales. Pero lo más grave, es la enseñanza espacial y temporalmente descontextualizada.

Por otro lado, la enseñanza de contenidos geológicos en la materia Geografía con frecuencia se realiza desde el enfoque de las ciencias sociales y se los considera instrumentos para estudiar las relaciones entre las sociedades y la naturaleza, en particular, las problemáticas ambientales. De esta manera, al no profundizar en los aspectos genéticos y las variables de espacio y tiempo relacionadas con dichos contenidos, no se contribuye a la comprensión profunda de los fenómenos naturales. Estas desviaciones epistemológicas y didácticas han generado conflictos innecesarios con las ciencias sociales que se podrían salvar estableciendo una adecuada formación inicial de los docentes.

Dicha formación inicial debe incorporar la reflexión epistemológica que permita reconocer con claridad que la Geología, a diferencia de la Geografía, es la única disciplina que permite advertir que los componentes abióticos que forman parte de los paisajes, están constituidos por asociaciones de rocas, estructuras y geoformas que responden a una secuencia cronológica de procesos geológicos. Precisamente esa historia es lo que se requiere desentrañar para comprender la evolución de un territorio y de este modo tener criterios científicos para buscar nuevos recursos y prevenir amenazas geológicas.

Aunque se considera que la comprensión profunda de las problemáticas ambientales derivadas de las relaciones entre la sociedad y el paisaje es imprescindible en la formación ciudadana, su desarrollo debe articularse a través de trabajos interdisciplinarios en los que se puedan reconocer los aportes específicos desde la identidad de cada disciplina.

En efecto, la complejidad de los problemas ambientales, requiere la incorporación de estrategias didácticas tales como la resolución de problemas y los estudios de caso, a fin de ofrecer escenarios interdisciplinarios de aprendizaje en los que las distintas disciplinas puedan iluminar los diferentes aspectos de cada situación problemática. En ese contexto la Geología resulta indispensable ya que es la disciplina por excelencia que podría aportar los conceptos básicos para abordar problemáticas que requieran del conocimiento, por ejemplo, de: el origen y evolución de los suelos, la dinámica de las aguas subterráneas, el origen de diferentes yacimientos de rocas y minerales, las probabilidades ciertas de prever daños volcánicos, sísmicos, inundaciones, derrumbes, avalanchas, etc.

La valoración de las problemáticas ambientales relacionadas con los recursos y riesgos mencionados, requiere de una adecuada transposición didáctica para que los alumnos puedan comprender el funcionamiento del planeta en general y, específicamente, cómo funcionan los procesos geológicos generadores de los recursos y riesgos mencionados, es decir superar la mera enunciación y/o descripción de los mismos.

## La Geolodáctica y la praxis docente

Se puede apreciar que el optimismo transmitido en la mayoría de las publicaciones sobre enseñanza de la Geología referidas al inicio de este capítulo, no se condice con las decisiones políticas de las autoridades educativas tanto en Argentina, como en España, donde se van extinguiendo los contenidos geológicos en la educación preuniversitaria (Lacreu, 2014; Casas et al., 2016, Pascual, 2017). Se trata de una lamentable paradoja que se replica y profundiza en varios países europeos y latinoamericanos, donde los escasos contenidos geológicos del currículum se refieren a procesos geológicos externos, suelos, rocas y minerales y recursos mineros (Calonge et al., 2012) pero está ausente la geodinámica interna y los objetos de estudio que involucran conceptos y métodos aplicables a la historia geológica de un lugar.

La “extinción” de la Geología en la educación secundaria, es analizada severamente por varios autores como Pedrinaci (2012) que en su excelente trabajo sobre la Alfabetización en Ciencias de la Tierra, señala que: “El problema es que tanto la administración educativa como buena parte del profesorado de ciencias tienen una idea de la Geología más propia de las propuestas que esta ciencia hacía hace 40 años, que de su perspectiva actual. Y esa idea es la que plasma en unos currícula repetitivos y trasnochados que tienen poca conexión con la vida cotidiana y que no consiguen interesar ni a alumnos ni a profesores”. Y continúa: “En definitiva, estamos atrapados en lo que, en términos sistémicos, denominaríamos un bucle de realimentación positiva que tiende a expulsar a la Geología del sistema, con unos programas anticuados, incapaces de interesar a sus destinatarios que, en buena medida por eso, apenas se trabajan y que, en consecuencia, animan a la administración educativa a reducir su presencia.”

Se considera que el retroceso curricular de la Geología, reconoce causas políticas y pedagógicas de la praxis docente, derivados de la insuficiente formación, capacitación y actualización de los profesores, principalmente de Biología y Geografía, que enseñan o enseñarán Geología. Dicho retroceso es político, porque hubo decisiones educativas/

curriculares que ubicaron a la Geología junto a otras geociencias que poseen distintas finalidades y metodologías de investigación. Es pedagógico, porque esas diferencias epistemológicas no fueron consideradas y, en la mayoría de los procesos formativos, la didáctica de la Geología se ha concentrado en sus objetos de investigación (rocas, geoformas, etc.), relegando sus objetos de estudio: los procesos históricos-geológicos que permiten reconstruir la historia del paisaje geológico local o regional.

## Por qué es necesaria la Geolodáctica

La Geolodáctica es necesaria para reformular los criterios utilizados para la formación de profesores en ciencias naturales, tanto en los institutos nacionales y provinciales, como en los profesorado universitarios. En efecto, en la práctica, los profesores de Biología, Física y Química suelen enseñar contenidos geológicos, pero su formación inicial, carece de suficiente crédito horario para una formación geológica adecuada y ninguno para la didáctica especial. En el mismo sentido, debería revisarse la idoneidad geolodáctica de los formadores de formadores, incluyendo los responsables de los cursos y talleres de capacitación y actualización.

En tanto ello no ocurra, se mantendrá una “estafa” institucional causada por la distorsión formativa que se ha descrito. Aunque la responsabilidad principal de dicha estafa es de las autoridades institucionales y no de los profesores, cabe esperar que estos, siendo parte del sistema educativo reflexionen y, aplicando la ética de la responsabilidad, contribuyan a resolver este problema.

Por otra parte, la Geolodáctica se hace necesaria porque las estrategias de alfabetización geológica implementadas hasta el momento se han mostrado insuficientes para formar ciudadanos social y políticamente responsables. Sin desconocer la existencia de factores culturales e ideológicos, se percibe que dicha insuficiencia obedece (en parte) a que en la enseñanza tanto secundaria como universitaria predomina un modelo analítico, que propone el estudio de los diferentes contenidos de modo fragmentario y descontextualizado.

En ese sentido, la Geolodáctica constituye un aporte para la reorientación de los procesos de transposición didáctica mediante la incorporación de la historia geológica del territorio natal. De esta manera, por un lado, se contribuye a una formación cultural orientada a la construcción de identidad territorial y al placer de disfrutar y comprender los orígenes del lugar que se habita. Por otro lado, se promueve la comprensión de la dis-

tribución regional de recursos y amenazas geológicas que influyen en una comunidad. Este enfoque, otorga un sentido social a los contenidos que se potencia articulando su enseñanza con la reflexión sobre la naturaleza política de las interacciones sociedad-naturaleza y sus consecuencias sobre la vida cotidiana de la sociedad.

Así, la Geolodáctica estará al servicio de la alfabetización geológica para la formación de ciudadanos, recordando una vez más que la gran mayoría no serán geólogos. Además, permitirá poner en contexto la enseñanza de las otras ciencias naturales ya que a “través de la Geología es posible la construcción de una visión sistémica de la naturaleza y el desarrollo de estrategias de pensamiento complejo” (Rojero, 2010).

Esta visión puede concretarse por los siguientes motivos:

1. A diferencia de las otras ciencias, muchos de sus objetos de investigación no pueden ser aislados y llevados al laboratorio. En efecto, los componentes abióticos del paisaje tales como las geoformas, las estructuras, los contactos geológicos, las discordancias, las sombras y los brillos de sus materiales, entre otros, únicamente se pueden estudiar en el terreno. Sólo pueden aislarse algunas rocas, minerales y fósiles.
2. Dado que “el todo es más que la suma de sus partes”, la construcción de la historia geológica de un paisaje geológico no se logra sólo con la descripción de cada uno de sus elementos. Requiere de la integración cronológica de interpretaciones singulares que, consideradas aisladamente sólo reflejan un proceso geológico particular, aislado y atemporal.
3. Ofrece un pensamiento científico sobre temas cotidianos y ayuda a tener una visión menos analítico-sistemática y más sistémica de la naturaleza. Esto es así porque la Geología, entendida como ciencia histórica, no se limita a la clasificación de los “temas” sino que indaga sobre su génesis, interacciones y la secuencia cronológica de dichas interacciones. Para todo esto, además se requiere la reconstrucción de las condiciones físicas, químicas, biológicas, topográficas, geográficas, climáticas del pasado geológico.
4. Contribuye a la formación ambiental, ofreciendo nociones sobre la evolución de los procesos naturales, que son el punto de referencia para estimar/evaluar las consecuencias de los cambios antrópicos.

Finalmente, se considera que la Geolodáctica, contribuirá a desnaturalizar los daños sociales. Así, desde este campo es posible ayudar a comprender que la mayoría

de los problemas ambientales pueden resolverse/prevenirse antes de que se produzcan los daños sociales. Para ello, se requiere predecir la evolución de las amenazas geológicas naturales o inducidas, antes que el hombre modifique la naturaleza. Si estas predicciones no se realizan o son deficientes, las amenazas naturales en caso de concretarse derivarán en daños sociales cuyo origen no será “natural” sino antrópico.

No quisiera culminar este capítulo sin señalar que la propuesta del neologismo, también es una manera de “provocar” algunas reflexiones sobre la orfandad existente en los ámbitos académicos ya que, salvo honrosas excepciones, la comunidad geológica no admite ni reconoce la necesidad e importancia de la especialización pedagógica de sus miembros que ejercen la docencia. Hasta el presente, salvo contadas y meritorias excepciones, no se ha “tolerado” y mucho menos estimulado la dedicación exclusiva de geólogos y geólogas a la investigación educativa para la transposición didáctica de la Geología, ni a la formación de recursos humanos en este campo. Este rechazo, en buena medida explica el retroceso histórico de la enseñanza de la Geología y el desarrollo de su didáctica desde mediados del siglo XX en adelante. Esta miopía profesional, ha impedido visualizar que las acciones de política académica que aquí se reclaman para la Geología, son precisamente las que han contribuido a la permanencia de los espacios curriculares de Biología, Física y Química y el reconocimiento y la jerarquización de sus docentes.

### **Bibliografía citada**

- Araujo, Elías P. R y Toledo, María C.M., 2014. Ciências da Terra em cursos que habilitam ao magistério de Ciências Naturais para o ensino fundamental. *TERRÆ DIDACTICA* 10-3:319-330
- Bourdieu, P. 2003. Los usos sociales de la ciencia ed. INRA Buenos Aires 144p.
- Calonge, A., López, M.D., Meléndez, G. y Fermeli G., 2012. Geoschools, el reto de mejorar la enseñanza de la Geología en la educación secundaria europea. XVII Simposio sobre Enseñanza de la Geología, 48-53.
- Casas, N., Maguregi, G., Zamalloa, T., Echevarría, I., Fernández, M. y Sanz, J., 2016. Las salidas de campo y la Geología. El perfil académico y la actitud del profesorado de la ESO en la CAPV. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 24.2., 213-220.
- Compiani, M., 1990 Uma breve comparação entre as concepções de ciências geológicas analíticas e as concepções dialéticas. In book: O Conhecimento Geológico na América Latina: questões de história e teoria, Edition: 1, Publisher: Ed. da UNI CAMP, Editors: LOPES M.M., FIGUEIROS SFM, pp.283-299
- Del Toro, R. y Morcillo, J.G. (2011). Las actividades de campo en educación secundaria. Un estudio comparativo entre Dinamarca y España. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 19.1., 39-47.

- Frodeman, R., 2001. A Epistemologia das Geociências. En Geociencias nos currículos dos ensinos básicos e secundario. Coord. Luís Marquez y João Praia Aveiro 329p
- Frodeman, R. 2010. O raciocínio geológico: a geologia como uma ciência interpretativa e histórica. *Terra Didática*, 6(2):85-99 <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica>
- Lacreu, H.L. 2012. Raíces políticas del analfabetismo geológico. XVII Simposio sobre Enseñanza de la Geología. Comunicaciones: 91-99, Huelva, España
- Lacreu, H. L., 2014. Aciertos, distorsiones y falacias en la enseñanza de las ciencias naturales de la educación secundaria obligatoria de Argentina. *TERRÆ DIDÁTICA* 10-3:217-226. Campinas, Brasil. <https://www.researchgate.net/publication/270104720>
- Lacreu, H. L., 2015. Geociencias para la formación ciudadana XIV Congreso Geológico Chileno, Actas:469-472. La Serena, Chile. <https://www.researchgate.net/publication/317721970>
- Lacreu, H. L., 2017a. Desafíos de la Alfabetización Geológica. XX Congreso Geológico Argentino, Actas:20-24, Tucumán
- Lacreu, H. L., 2017b. El paisaje geológico en la enseñanza de las Geociencias: ¿es un recurso didáctico, es un objeto de estudio o ambas cosas a vez? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 25.3., 310-318.
- Lacreu, H. L. (2020). Geolodáctica del paisaje natal. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* 102: 47-54
- Pascual, J.A. Trillo, 2017. Necesitamos la Geología también en Bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2017 (25.39):274-284
- Pedrinaci, E., 2012. Alfabetización en Ciencias de la Tierra, una propuesta necesaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20.2., 133-140
- Rojero, Fernando F., 2010. ¿Una asignatura sistémica o sistemática? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2000 (8.3) 189-196

## 8. TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA DE LA GEOLOGÍA<sup>43</sup>

Las reformas educativas siempre involucran una selección explícita de los *conocimientos a enseñar* (e implícita de los que no serán enseñados). Dicha selección es realizada institucionalmente por las autoridades educativas que, por lo general y mediante diversas estrategias, consulta y solicita aportes a diversos sectores de la sociedad (académicos, políticos, religiosos, comunidad educativa) quienes desde diferentes ópticas e intereses participan de ese proceso de reforma.

Estas decisiones primigenias, forman parte del *trabajo externo* de la Transposición Didáctica (TD), que contrastan con el *trabajo interno*, que es el que se continúa en el interior del sistema educativo (Chevallard, 1991). La TD es un concepto acuñado por Yves Chevallard, referido a las transformaciones que experimenta el conocimiento matemático erudito hasta que se convierte en los conocimientos matemáticos enseñados en la escuela. Aunque la teoría de la transposición didáctica tal como la plantea Chevallard no es directamente transferible al resto de las disciplinas que se enseñan en la escuela, es posible tomar de ella un concepto que sí es generalizable: la idea de que todo conocimiento escolar es el producto de una serie de transformaciones que experimenta el conocimiento erudito o académico para convertirse en un tipo de conocimiento que pueda ser enseñando en diferentes niveles del sistema educativo. Cabe a cada disciplina establecer las reglas y las estrategias que acompañan dicha transformación.

---

43 Capítulo basado en el artículo Lacreu, Héctor Luis, 1997 Transposición didáctica de las Geociencias.

## Los cambios en el conocimiento enseñado

Chevallard sostiene que la transposición didáctica se realiza en un contexto social, cultural y económico determinado y que, a diferencia de las finalidades con que se construye el conocimiento erudito, el conocimiento enseñado es reconstruido con una finalidad didáctica. Dicha finalidad podría ser descripta en función de la necesidad de que los estudiantes se apropien de conocimientos socialmente significativos, adecuados a sus posibilidades según su edad y trayectorias educativas, y que les permitan comprender e interactuar críticamente con el mundo que los rodea.

Como se acaba de expresar, el proceso de TD implica transformaciones, pero no cualquier transformación se considera valedera. En efecto, es necesario realizar una vigilancia epistemológica del proceso en torno al conocimiento enseñado en cada nivel, de modo que cumpla con las exigencias didácticas y que a la vez no se produzcan deformaciones o contradicciones respecto del conocimiento de referencia que podrían promover o acentuar errores conceptuales. Dicha transposición requiere de un análisis científico del sistema didáctico en su conjunto, tanto en el proceso de selección y formulación de los contenidos curriculares, como en la elaboración de los libros de texto y materiales de divulgación científica. Destaco esta cuestión por cuanto es posible advertir una lamentable indiferencia frente a transposiciones didácticas deficientes, ya sea en textos de amplia circulación, como en enciclopedias o en revistas para niños Selléz-Martínez, 2010, 2012.

Si bien la vigilancia epistemológica es necesaria en todo el proceso de transposición didáctica, es necesario insistir en el último tramo del proceso: los conocimientos enseñados. En este último caso, es frecuente que el docente en su afán de hacer comprensibles algunos contenidos, produzca adaptaciones que pueden dar como resultado un conocimiento desvinculado del conocimiento científico y elabore *creaciones didácticas* que pueden ser incorrectas. En alguna medida, esta dificultad podrá superarse mediante procesos de actualización docente que incluyan la reflexión sobre sus prácticas y la vigilancia epistemológica en la elaboración de sus propias TD.

Además del riesgo de elaborar creaciones didácticas incorrectas, Chevallard menciona algunos “peligros” de la transposición didáctica que afectan al conocimiento a enseñar: *la textualización y el desgaste biológico y moral*.

### *Textualización:*

Es el proceso de la TD que involucra la redacción de textos escolares e implica

una selección, una secuenciación y un modo de presentación de los contenidos que responde al modelo didáctico que sostenga su autor o la editorial. Consecuentemente, diferentes textos representarán diferentes posiciones ideológicas y epistemológicas. Esto no representa en sí mismo un problema, salvo cuando el libro se convierte en la herramienta privilegiada como guía para la enseñanza, dado que en este caso la textualización incide en la práctica cotidiana del maestro o del profesor. Cuando esta herramienta es utilizada acríticamente, no sólo se está adoptando el modelo didáctico impuesto desde la editorial, sino que además incorpora los tiempos de enseñanza (usualmente rígidos) que allí se postulan. Bajo estas condiciones el texto se constituye en una fuente de conocimiento y autoridad que usualmente no es cuestionada, lo cual conduce inconscientemente a una enseñanza estática y dogmática, que desconoce los contextos diversos en que esta se produce.

Habida cuenta de los riesgos de la textualización, es deseable que la formación permanente de los docentes incluya instancias de vigilancia epistemológica sobre los textos escolares y la producción de actualizaciones y contextualizaciones conforme al proyecto pedagógico docente e institucional.

### *Desgaste del conocimiento*

Chevallard, sostiene que el conocimiento “se gasta” y que se hace necesaria la existencia de un flujo permanente desde el conocimiento erudito hacia el conocimiento a enseñar, con el objeto de mantener la valorización del aprendizaje. Así, introduce la noción de temporalidad del conocimiento a enseñar y reconoce dos procesos básicos de desgaste.

“El saber enseñando se gasta. Se trata de un desgaste que podemos considerar “biológico” y que lo aleja demasiado visiblemente del saber sabio. Desgaste “moral” también, u obsolescencia, que lo acerca peligrosamente al saber banalizado. Con el tiempo, el saber tratado por el sistema de enseñanza envejece; un buen día se percibe que se ha vuelto viejo en relación a la sociedad (en relación con el saber sabio y con el saber banalizado). Por un lado – envejecimiento biológico- se lo declara en desacuerdo con el desarrollo del saber correspondiente a sus formas libres (no escolarizadas). Desacuerdo que puede comprender contenidos diversos: puede ocurrir que como corolario del progreso de la investigación se revelen como falsos los resultados hasta entonces enseñados (...) Por otro lado – envejecimiento “moral” – el saber enseñado se encontraría en desacuerdo con la sociedad en un sentido amplio, aunque, llegado el caso, si se lo

juzgara estrictamente según los criterios de la disciplina correspondiente no habría nada que reprocharle. En resumen, una cuestión de época o de estado de ánimo”. (Chevallard op. cit p.30)

En Geología podemos encontrar ejemplos de “envejecimiento biológico” en los conceptos referidos a la composición química de las capas de la Tierra que refieren a sus elementos químicos predominantes SIAL: Sílice y Aluminio; SIMA: Sílice y Magnesio; NIFE: Níquel e Hierro. Estos conceptos se usaron en ámbitos científicos hasta principios del siglo XX y persistieron en textos escolares por mucho tiempo. Sin embargo, a partir de 1908 con el descubrimiento de la discontinuidad sísmica de Mohorovičić, fueron sustituidos por los constructos de corteza manto y núcleo, sobre la base del estudio de dichas discontinuidades. Recientemente estas denominaciones fueron sustituidas por otras que aluden a las propiedades geodinámicas como es el caso de la Litósfera, Astenosfera, Mesósfera, Núcleo Externo y Núcleo Interno.

Otros ejemplos de este tipo de desgaste es la antigua idea de que los continentes “flotan sobre un mar de magma líquido” con lo que se intentaba explicar el movimiento de los continentes, y también el concepto de “Geosinclinal”.



### ¿Qué sabemos de los geosinclinales?

Antes que se aceptara la teoría de la Tectónica de Placas se sostenía que el origen de las grandes cordilleras como los Andes, Himalaya, Alpes y otras donde se encuentran grandes espesores de rocas sedimentarias marinas, se relacionaba con la existencia de una fosa o cuenca marina angosta y alargada adyacente a los continentes denominada “geosinclinal”. La teoría sostenía que el piso de esa fosa se hundía por el peso de enormes cantidades de sedimentos provenientes de la erosión de los paisajes continentales y porque estaba sobre una anomalía térmica del manto. La formación de las cordilleras sucedía cuando cesaba la anomalía térmica y las rocas sedimentarias comenzaban a ascender debido a su menor densidad respecto de las rocas del manto en el que estaban “incrustados”. Esta explicación se enmarca en la denominada escuela “fijista” que sólo aceptaba movimientos verticales de ascenso y descenso de la corteza. Esta escuela fue sustituida por la escuela “movilista” que reconoce la movilidad horizontal de las Placas Tectónicas y sus efectos en el origen de las cordilleras, así como en otros tantos fenómenos geológicos como la sismicidad y el vulcanismo, entre otros.

En cuanto al envejecimiento “moral” podríamos mencionar la obsolescencia del valor que se le otorgaba antiguamente al cobre por su uso en las comunicaciones, dada su franca sustitución actual por la fibra óptica, o el reemplazo de los componentes metálicos por otros sintéticos, derivados del petróleo. Otro tanto sucedió con el Tungsteno que se utilizaba para fabricar aceros de alta dureza y que luego fue parcialmente reemplazado por aceros al carbono.

Sin embargo, en el caso de la Geología, a pesar del desgaste biológico o de la obsolescencia, muchos de estos conocimientos no deberían descartarse, sino por el contrario ser incorporados críticamente como parte de la historia de la ciencia. Es importante, rescatar la historia del desarrollo del conocimiento científico como puede ser el concepto de geosinclinal utilizado para explicar el origen de las cordilleras. Comprender cómo han ido cambiando las explicaciones sobre un determinado fenómeno a lo largo de la historia, contribuye a comprender más cabalmente las explicaciones actuales.

## Creaciones didácticas en la enseñanza de la Geología

Como se mencionó anteriormente, las creaciones didácticas pueden ser incorrectas y requieren de una adecuada vigilancia epistemológica para que no se constituyan por sí mismas en objeto de conocimiento, sustituyendo al conocimiento a enseñar. En geología, un caso de este tipo puede ser el uso de una *clasificación dicotómica* de los suelos en arenosos y arcillosos. Esta perspectiva, constituye un recorte inapropiado que impide la conceptualización del suelo en su conjunto y lleva a menospreciar el importante rol que cumplen en él las arcillas.



### El tamaño de los granos en los suelos

Lo primero a señalar es que la presencia de arcillas en los suelos no es un “veneno” como se cree habitualmente, sino que en proporciones adecuadas (aprox. 20%) es fundamental para ayudar a la retención del agua y para la formación de los coloides que componen el humus del cual se nutren las plantas. La clasificación dicotómica entre suelos arenosos y arcillosos omite la presentación de las variedades granulométricas de suelos que incluyan al limo como un tercer componente. De este modo se dificulta la realización de interesantes experiencias de laboratorio escolar para caracterizar al suelo y realizar inferencias sobre su permeabilidad y su capacidad de almacenamiento de agua. Tal es el caso de la fabricación en el laboratorio de rollizos de “barro” cuya mayor o menor plasticidad al doblarlos o formar letras, da cuenta de la presencia o no de arcillas.

Sin embargo, hay otras creaciones didácticas que se han mostrado útiles, como es el caso del *ciclo del agua*, excepto cuando se apela a la existencia de los ríos subterráneos. En efecto, debe tenerse en cuenta que los ríos subterráneos solo existen en los denominados paisajes Kársticos compuestos principalmente por calizas en las que se forman chimeneas, grutas y túneles por los que el agua circula libre y velozmente igual que en los ríos superficiales. Sin embargo, la mayor parte de las aguas subterráneas del planeta circulan por los denominados acuíferos que son rocas con elevada permeabilidad debido a la presencia de poros y grietas interconectadas. Cabe señalar que la velocidad de circulación en los acuíferos depende de la mencionada permeabilidad y es inferior a la de los ríos. Este concepto es muy importante ya que influye en el cálculo de la intensidad de la explotación del agua subterránea. Si el agua se extrae de modo intenso pensando que su fuente es un río subterráneo "inagotable" se provocará el vaciamiento de los poros, el hundimiento y compactación del terreno con el consiguiente cierre de poros y la inevitable reducción o cese de la circulación del agua.

Otro caso es la conocida *creación didáctica del ciclo de las rocas* (Fig. 7.1) que ha resultado muy útil para reforzar la idea de que las rocas no son eternas y bajo ciertas condiciones se pueden transformar. Su *tratamiento puede comenzar con el análisis "cíclico" desde las rocas sedimentarias de la superficie* (más próximas a la experiencia de los alumnos).

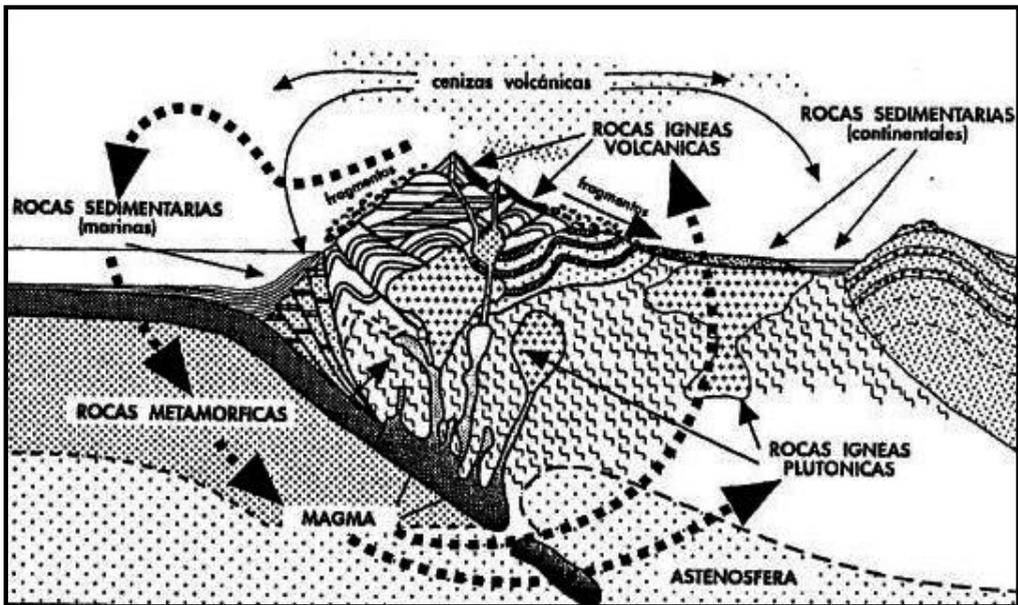


Fig: 7.1 Ciclo de las rocas. Lacreu, 1997 Pág. 127 y Assenza Parisi, Lacreu, et al. 1997, Pag. 50

De esta manera, podría hablarse de rocas resultantes de la acumulación de fragmentos y su posterior consolidación por cementos (sales) que los adhieren entre sí para formar los denominados estratos. Luego, las rocas de los primeros estratos son sepultadas por otras acumulaciones posteriores, quedando a diferentes profundidades. Las más profundas experimentan la presión de las superiores y los efectos del calor del interior de la Tierra, lo que provoca su transformación, por “aplastamiento” y deformación, en rocas metamórficas. Estas a su vez, pueden ser llevadas a mayores profundidades donde se funden formando magmas. El enfriamiento de ese magma origina las rocas denominadas magmáticas o ígneas. Esta descripción tradicional se puede mejorar enormemente si dicho ciclo abstracto se lo modeliza en un borde subductivo por cuanto es allí donde dichas transformaciones son más evidentes<sup>44</sup>.

## Más allá de Chevallard

Pese a que Chevallard no extrapolaró su análisis de la TD a otras disciplinas, muchos autores, como en el caso de este libro, se han valido de este concepto en razón de la potente herramienta que brinda para pensar la enseñanza. Sin embargo, en el proceso de transformación del saber sabio en saber enseñado, no todos los aspectos de su teoría resultan pertinentes para la enseñanza de otras disciplinas, y cada una de ellas incorpora enfoques propios y establece premisas particulares.

En el caso de la enseñanza de la Geología, se pone énfasis en un *enfoque sistémico* dado que los objetos que se estudian constituyen sistemas complejos. En efecto se trata de fenómenos que resultan de la interacción de numerosas variables y que, por lo general son irrepetibles e irreductibles al espacio de los laboratorios y a las escalas humanas de tiempo y espacio. Por ello sostenemos que la Geología, puede cumplir un rol pedagógico integrador, porque permite contextualizar en el entorno cotidiano a diferentes procesos naturales: geológicos, físicos, químicos y biológicos.

Estas características de algunas disciplinas geológicas deberían ser consideradas en el momento en que se trabaje en la TD, de modo de graduar y secuenciar los contenidos según niveles de complejidad, atendiendo a la edad de los estudiantes. En este sentido se habrá de cuidar que en cada estadio de la TD, el conocimiento geológico que se introduzca permita efectivamente explicar los fenómenos de la naturaleza para los

<sup>44</sup> Este modelo fue propuesto por el autor en 1997 y utilizado en el curso internacional de FORCIENCIAS para la formación de profesores de Ciencias Naturales

cuales fue originalmente construido, y que esa explicación sea accesible según el nivel educativo al que está destinada.

Al hablar de niveles de complejidad, tomamos como referencia el Diseño curricular para la Educación primaria de la Provincia de Buenos Aires (DCEP-BA, 2008:63), el cual en su marco general referido a la enseñanza de las Ciencias Naturales explicita:

“En este Diseño Curricular se han tomado como referencia tres niveles de complejidad desde los que puede abordarse el estudio del mundo natural.

Un primer nivel fenomenológico y descriptivo pone el acento en la diversidad de hechos y fenómenos presentes en el mundo natural. En este nivel, característico del primer ciclo, los contenidos pueden ser estudiados mediante la exploración, la observación y descripción sistemáticas, el acceso a información orientado por el docente.

Un segundo nivel, al que llamaremos relacional, da cuenta de las interacciones entre hechos y fenómenos, y los efectos que estas producen. En este nivel, los alumnos aprenderán que los fenómenos no suceden aisladamente sino que puede haber interacciones entre ellos y que estas pueden provocar cambios. Se incorpora con más fuerza la dimensión temporal, y los alumnos deberán tener en cuenta más de una variable al analizar los fenómenos. Los contenidos de este nivel de aproximación, son característicos del segundo ciclo.

Finalmente, un tercer nivel explicativo de mayor complejidad que incorpora algunas explicaciones con cierto nivel de generalidad para dar cuenta de la unidad y diversidad, y las interacciones y cambios en el mundo natural. Este nivel, que toma fuerza en los contenidos de los últimos años del segundo ciclo, requiere de mayores niveles de abstracción, pues los alumnos no solo tendrán que utilizar algunas teorías para interpretar fenómenos, sino también intentar ellos mismos algunas explicaciones basadas en sus investigaciones escolares".

Todos estos niveles de estudio están presentes en los contenidos de los distintos años de la escuela básica, solo que aparecen reflejados con diferente énfasis, a medida que se avanza en la escolaridad.

El enfoque sistémico implica estudiar tanto los elementos que componen a un sistema como a las interacciones que ocurren entre dichos elementos y que dan lugar al funcionamiento general del sistema. El estudio tanto de los elementos como de sus interacciones puede graduarse a medida que se avanza en la escolaridad. Así, en los primeros años, partiendo de la observación y exploración de los componentes megascópicos del paisaje y estableciendo algunas relaciones sencillas entre ellos, se podrán tener

en cuenta procesos naturales y algunos de sus resultados (materiales y paisajes) que son reflejados en elementos visibles y que forman parte del entorno inmediato de los niños y niñas. Como ejemplo de ello se podrían considerar las montañas, los terremotos, volcanes, rocas, fósiles, inundaciones o lagunas secas, etc. Estos elementos constituyen fuente de algunos interrogantes que se formulan cuando exploran su entorno y sobre los cuales construyen conocimientos espontáneos que se nutren de lo que sienten, ven y oyen a su alrededor.

El avance hacia una comprensión más cercana a las explicaciones científicas de estos sistemas, requerirá de procesos de aprendizaje sobre aspectos cada vez más particulares y menos visibles. Es decir, estudiar aquellos subsistemas de menor jerarquía que serán más complejos y alejados de la percepción sensitiva de los estudiantes, razón por la cual este enfoque será más apropiado en los niveles superiores.

Por otra parte, en el caso de la Geología, un riesgo latente de la transposición didáctica es la descontextualización del conocimiento y que un mismo concepto se aplique a situaciones para las cuales no es pertinente. La citada descontextualización del conocimiento se puede ilustrar considerando la enseñanza del tradicional perfil del suelo o la confusión entre acuíferos y ríos subterráneos (citado anteriormente).

En el caso del suelo, los antiguos libros de texto de origen principalmente europeo, o basados en ellos, caracterizan al perfil de suelo por los horizontes O, A, B, C y roca madre. La idea de roca madre como explicativa del origen de los suelos responde muy bien a la mayoría de los suelos de Europa y también de varias regiones argentinas, especialmente en zonas montañosas. Sin embargo, dicho perfil no es generalizable para los mejores suelos de la pampa húmeda argentina que se han desarrollado principalmente sobre un sedimento eólico denominado “loess” constituido por una mezcla de limos y arenas muy finas producidas por la erosión glaciaria de la Cordillera de los Andes y de cantidades variables de cenizas volcánicas de volcanes cordilleranos.

En el caso de los “ríos subterráneos” cabe señalar que su presencia en textos escolares de Argentina, también obedece a una escasa vigilancia epistemológica y a la descontextualización del concepto que puede resultar conveniente para muchas regiones europeas donde son frecuentes los paisajes kársticos, situación que no es común en la Argentina.

También pueden mencionarse el caso socialmente muy difundido relacionado con la idea de que la explotación de Lito provoca contaminación y daños en los acuíferos. Dichas conclusiones, que son pertinentes al referirse a los procesos de extracción

de los salares situados en la Puna Argentina, no son aplicables para explotaciones de canteras de otras regiones donde el Litio se encuentra asociado con minerales insolubles como espodumeno o ambligonita. Esto no significa que haya que relajar los cuidados ni los controles sino que deben ser contextualizados según la geología del lugar, la composición de los minerales y los métodos extractivos que se empleen.

La citada descontextualización puede evitarse buscando el modo de vincular el conocimiento con su génesis histórica y poniendo énfasis no sólo en el contexto socio-cultural en el que fue construido, sino en los motivos por los cuales surgió dicho conocimiento.

## **Un modelo para la transposición didáctica de la Geología**

Conviene destacar que cuando se alude a la Didáctica de la Geología o Geolodáctica, se está aludiendo a una unidad conceptual referida a *cómo hacer para enseñar geología, en las diferentes condiciones socio - culturales que a cada uno le toca vivir y de acuerdo con ciertas bases teóricas que sustentan la opción que se adopte*. Se resalta esta perspectiva por cuanto, el problema que tenemos por delante, no es ni-de-la-didáctica-ni-de-la-geología, es un problema complejo que debe abordarse en forma interdisciplinaria.

A tal efecto, se propone un modelo que se considera perfectible, dentro del cual se desarrollan las estrategias didácticas para enseñar Geología. Este ha sido construido con aportes provenientes de varias fuentes tales como geología, historia de la geología, pedagogía, psicología, epistemología, entre otros.

Dicho modelo responde a la concepción de que la ciencia representa un proceso de construcción social de conocimientos, que se constituyen en conocimientos científicos luego de ser validados por la comunidad científica, conforme a procedimientos que cada comunidad establece en relación a sus particulares objetos de estudio. En este sentido, esta concepción, promueve la enseñanza de los conocimientos científicos como resultados provisorios de procesos de construcción social, contextualizados en un momento histórico que posibilitó su emergencia.

La didáctica, por su parte aporta metodologías para la enseñanza, con la finalidad de lograr aprendizajes en el marco de una educación escolarizada, conforme al marco teórico que adopte el docente y/o la institución, y que está fuertemente condicionada por patrones y normas más o menos consensuadas por la sociedad pero que, en general, responden a los grupos dominantes en el sistema educativo en cada momento histórico.

Partiendo de la base de que las diferentes teorías del aprendizaje poseen respuestas válidas para diferentes cuestiones del proceso de enseñanza y aprendizaje, y considerando que una misma situación puede ser planificada y/o analizada desde diferentes enfoques, se recogen aportes de diversas teorías compatibles entre sí y consideradas convenientes para optimizar la transposición didáctica en los sistemas didácticos que involucran a contenidos geológicos. En este sentido, seguimos a Juan Ignacio Pozo cuando dice:

“La complejidad del proceso de aprendizaje de conceptos científicos, que nos hemos limitado a esbozar, obliga a poner en práctica estrategias igualmente complejas para la enseñanza de esos mismos conceptos. Tal vez la más clara conclusión que podamos obtener de un análisis de la situación actual de la enseñanza de los conceptos científicos sea que no existe ninguna estrategia didáctica simple que asegure el éxito de esa enseñanza. Como señalábamos recientemente en una breve reseña en las páginas de esta misma revista, cada vez parece más necesario huir de la “monotonía didáctica” o incluso de la simple búsqueda del método ideal que permita resolver de una vez por todas todos los problemas didácticos, Es preciso ir hacia posiciones más eclécticas – aunque nunca ateóricas- que permitan la integración de diversas estrategias o modelos didácticos (Pozo, 1987).”

Entre dichos aportes teóricos, se considera importante los que provienen de la concepción constructivista y particularmente el concepto de *aprendizaje* significativo sobre los que se desarrollarán brevemente algunos aspectos para fundamentar algunas propuestas pertinentes para la transposición didáctica de la Geología.

### *Constructivismo*

El constructivismo, es un modelo que intenta explicar el aprendizaje basado en diversos aportes provenientes de teorías cognoscitivas, y que postula que el ser humano construye sus conocimientos (cognitivos, afectivos, metodológicos y comportamentales) mediante la interacción dialéctica entre sus procesos intelectuales internos y los condicionamientos externos de diversa índole (social, cultural, geológico, climática). Esta construcción nunca se realiza “desde cero”, es decir los individuos poseen *esquemas conceptuales* de diversa complejidad que fueron construidos espontánea o intuitivamente como resultado de su interacción con el medio que los rodea.

Dichos esquemas, constituyen “una representación de una situación concreta o de un concepto que permite manejarlos internamente y enfrentarse a situaciones iguales o parecidas en la realidad” (Carretero, 1993). Estos esquemas pueden ser simples o complejos, muy generales o muy especializados, pero en cualquiera de los casos *son*

*herramientas* mediante las cuales el ser humano interactúa con la realidad. Sin embargo, debido a que cada individuo (o grupo de individuos) posee esquemas diferentes, de igual modo diferirán las representaciones que ellos se hagan de la misma realidad que comparten.

Desde este punto de vista todo proceso de enseñanza que tome como referencia al modelo constructivista deberá tener en cuenta los esquemas que ya poseen los alumnos acerca del tema que se está enseñando, como necesario punto de partida para iniciar todo proceso de construcción de nuevos conocimientos. Esto implica desarrollar estrategias didácticas que permitan ampliar, complejizar, diversificar las primeras ideas para acercarlas al conocimiento a enseñar.

Consecuentemente, la TD de los conocimientos geológicos, no es una mera cuestión de simplificación, sino que debe analizarse la *pertinencia* en la introducción de contenidos en cada etapa escolar, y en cada caso habrá que analizar qué estrategias son necesarias para promover un aprendizaje significativo de dichos contenidos.

#### *Aprendizaje significativo*

En el aprendizaje memorístico, los nuevos conocimientos se adquieren mediante la repetición de actos y la memorización de proposiciones que son incorporadas arbitrariamente al esquema de conocimientos que poseen los alumnos. El aprendizaje centrado en este procedimiento impide, por lo general, que el alumno resuelva exitosamente problemas o interrogantes no previstos, diferentes a la situación de aprendizaje inicial.

En oposición a dichos procedimientos, Ausubel et al. (1983), proponen que las falencias del método anterior, pueden superarse promoviendo lo que denominan el *aprendizaje significativo*, mediante el cual el alumno puede relacionar los nuevos conocimientos con los esquemas conceptuales que ya posee y de este modo reconstruirlos.

Cada concepción teórica y epistemológica del aprendizaje deja su impronta en los modelos didácticos que se desarrollan. Aunque este trabajo se inscribe en el modelo constructivista, no se desestima la necesidad de cierta dosis de aprendizajes memorísticos, sobre todo en los niveles superiores, como requerimiento básico de la sistematización en algunas temáticas como por ejemplo los Eones y Eras Geológicas o una sistemática elemental de las roca y estructuras. Sin embargo, se debe priorizar los razonamientos y la resolución de problemas geológicos de tipo histórico interpretativos como la construcción de la historia de un paisaje geológico, o la elaboración de criterios de búsqueda de rocas de construcción (granito), de caliza para fabricar cemento o de yeso o arcillas,

o bien la selección de regiones con los mejores suelos, o la delimitación de sitios donde obtener aguas superficiales o subterráneas.

Siguiendo las propuestas ausubelianas, la secuenciación de contenidos debería comenzar siempre por lo que denomina *conceptos inclusores*, que permiten que la nueva información que recibe el alumno pueda ser incluida en ellos, así el concepto o proposición original se va “enriqueciendo” y modificando. A esto Ausubel lo llama el proceso de *diferenciación progresiva*. Los resultados de este proceso, pueden alcanzar las expectativas de logro previstas por el docente, aunque también pueden dar lugar a la construcción de errores conceptuales sobre los cuales deberán dar cuenta los procesos de evaluación y de vigilancia epistemológica.

Además, el mismo autor, reconoce otro proceso importante durante el aprendizaje significativo. Se trata de la *reconciliación integradora*, que ocurre merced a los cambios que sufren los elementos de la estructura cognoscitiva y a su reorganización de un modo diferente, que otorga nuevos significados a toda nueva información que el alumno reciba posteriormente.

## Obstáculos epistemológicos en Geología

Sobre la base de lo expuesto, se puede advertir que este modelo de enseñanza de la Geología aspira a romper la persistencia de concepciones erróneas, ideas intuitivas, mitos, (en maestros y alumnos) que, conforme a la propuesta bachelardiana (Lopes, 1993), pueden constituir obstáculos epistemológicos en la medida que constituyen hábitos intelectuales incrustados en el conocimiento aún no cuestionado, e invariablemente bloquean el proceso de construcción de nuevos conocimientos.

En los siguientes cuadros (1.1 a 1.5) se presenta una organización temática (Lacreu, 2009) de algunos posibles obstáculos epistemológicos relacionados con la comprensión de conceptos referidos a Riesgos y Recursos Naturales. Además en dichos cuadros se intenta una sistematización que pretende ilustrar, de modo hipotético, la influencia que dichos obstáculos tienen en la inhibición de competencias ciudadanas y las consecuencias actitudinales ambientalmente contraproducentes que resultan de estas carencias educativas.

### 1.1. RIESGOS NATURALES

Obstáculos epistemológicos	Competencias inhibidas	Promueve o tolera
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incertidumbre absoluta de procesos catastróficos: como inundaciones, terremotos, volcanismo, deslizamientos, etc.</li> <li>• Explicación naturalista - teológica de la mayoría de los desastres.</li> <li>• Creencia que la erosión es un proceso lento que sólo ocurre en ámbitos no urbanos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pensar críticamente la compleja causa de los daños incluyendo las causas antrópicas.</li> <li>• Reconocer que existen grados de predicción estadística y también certezas sobre lugares de riesgo, aunque sea imprevisible el momento preciso en la escala humana del tiempo.</li> <li>• Criticar y denunciar las explotaciones ilegales de áridos suelos y aguas.</li> <li>• Asumir actitudes firmes y eficientes para mejorar los desagües pluviales en el ejido urbano.</li> <li>• Identificar los procesos erosivos evitables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La depredación como un hecho consumado e irreversible.</li> <li>• La naturalización del origen de daños provocados por mala praxis y el renunciamiento a promover juicio y castigo a los responsables.</li> <li>• La imprevisión y falta de selección previa de los mejores sitios para la instalación de obras y/o explotaciones.</li> <li>• La urbanización arbitraria y obras en zonas con riesgos de inundación, erosión, derrumbes y/o soterramiento. <ul style="list-style-type: none"> <li>• La pavimentación, sólo en sentido transversal a la pendiente regional y la falta de desagües pluviales</li> </ul> </li> </ul>

### 1.2. SUELO

Obstáculos epistemológicos	Competencias inhibidas	Promueve o tolera
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convicción de que los horizontes resultan de la acumulación de capas sucesivas.</li> <li>• Creencia que la “Roca Madre” está siempre debajo del suelo.</li> <li>• Concepción del suelo como un recurso renovable.</li> <li>• Convicción que las plantas se alimentan de minerales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprender a) la evolución lenta y simultánea de los horizontes. b) el carácter tridimensional de los suelos. c) la existencia de procesos químicos y microbiológicos en la edafogénesis.</li> <li>• Asumir el deber y el derecho de exigir la reparación de los suelos degradados.</li> <li>• Participar de las audiencias públicas sobre los Estudios de Impacto Ambiental (EIA).</li> <li>• Controlar la adecuada ejecución de obras públicas y privadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La labranza en zonas vulnerables a la erosión (v gr. a favor de la pendiente).</li> <li>• La salinización por riego inadecuado.</li> <li>• La utilización del suelo como recurso minero (arcillas).</li> <li>• Las construcciones con riesgos de: inestabilidad estructural, inundación, colapso, etc.</li> <li>• La urbanización y consiguiente impermeabilización de superficies cultivables.</li> <li>• La naturalización de los daños derivados del uso del Suelo como renta y no como Capital Natural.</li> </ul>

### 1.3. AGUA

Obstáculos epistemológicos	Competencias inhibidas	Promueve o tolera
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creencia de su carácter de recurso superficial inagotable.</li> <li>• Creencia de la existencia de ríos y/o lagos subterráneos en regiones sin karst.</li> <li>• Confianza en los rbdoman-tes.</li> <li>• Ideas indubitables sobre la excelente calidad del agua subterránea.</li> <li>• Aceptación que las autoridades (políticas, técnicas) siempre saben y deben resolver los problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprender la dinámica del agua subterránea (cono de depresión, etc.) la diferente velocidad en la circulación subterránea respecto de la superficial.</li> <li>• Formular críticas y denuncias por la falta de tratamiento en los efluentes contaminantes, domiciliarios e industriales.</li> <li>• Exigir estudios de acuíferos y uso de normas y auditorias para garantizar el uso sostenible y evitar la sobreexplotación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La destrucción por salinización y/o compactación de acuíferos debido a la sobreexplotación de aguas subterráneas.</li> <li>• La contaminación de aguas superficiales y subterráneas por acumulación de desechos urbanos, industriales o mineros. en áreas próximas a las ciudades o de recarga de acuíferos.</li> <li>• La naturalización en el uso y abuso en el uso del Capital Natural Agua como renta.</li> </ul>

### 1.4. RECURSOS MINEROS

Obstáculos epistemológicos	Competencias inhibidas	Promueve o tolera
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existencia de grandes e inagotables reservas de segura y libre disponibilidad.</li> <li>• Concepción aventurera y azarosa de la exploración minera.</li> <li>• Ocurrencia y extracción de metales y sales tal como se los conoce y usa.</li> <li>• Confusión entre: elementos – minerales – rocas.</li> <li>• Relación causal y proporcionalidad entre la riqueza minera y la presencia y tamaño de montañas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprender la insostenibilidad inmanente en la explotación de cualquier recurso no renovable.</li> <li>• Comprender la precaria estabilidad laboral de las familias mineras.</li> <li>• Reclamar regulación estatal en la explotación y procesamiento de la producción de reservas mineras estratégicas.</li> <li>• Comprender el concepto de vida útil de un yacimiento minero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El consumismo y la obsolescencia exacerbada de bienes que usan materias primas de origen minero.</li> <li>• El surgimiento y rápida decadencia de las regiones con pequeña y mediana minería.</li> <li>• La naturalización del uso del Capital Natural Minero como renta.</li> </ul>

## 1.5. PAISAJES

Obstáculos epistemológicos	Competencias inhibidas	Promueve o tolera
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idea de que está constituido sólo por elementos naturales (relieve, plantas, animales y nubes).</li> <li>• Concepción creacionista: “se creó de una vez y para siempre” ó “siempre estuvo allí”.</li> <li>• Convicción sobre la permanencia de los materiales y formas del relieve (estatismo).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Percibir la acción de procesos (naturales o artificiales) que modifican el paisaje.</li> <li>• Reconocer que el paisaje actual “tiene varias historias”.</li> <li>• Proteger y conservar las condiciones naturales originales por su influencia en la identidad cultural de la comunidad.</li> <li>• Valorar, reducir y/o impedir la presión depredatorias del turismo indiscriminado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La realización (incluso la demanda) de obras que modifican el paisaje natural (rutas de montañas, riego, deforestación, etc.) con un balance ambiental negativo.</li> <li>• La naturalización de la mala praxis en las intervenciones sobre el paisaje.</li> <li>• La alteración de los cursos de ríos y la modificación insostenible de su dinámica.</li> <li>• El uso y abuso en el uso del Capital Natural Paisaje como renta.</li> </ul>

Aunque parezca obvio, es necesario reiterar y hacer “visible” que la ocupación del territorio, el aprovechamiento de los recursos y la prevención de los riesgos han sido y son acciones inmanentes al desarrollo de la humanidad. Así, desde los trogloditas hasta el presente, las relaciones entre la sociedad y el entorno adquieren diversas formas que inciden en la producción o profundización de las desigualdades económicas, sociales y culturales que advertimos y que la educación se propone reducir. Se hace necesario señalar, que la persistencia de estos errores conceptuales dificulta la identificación y denuncia de las acciones de técnicos y autoridades políticas que, por impericia, negligencia y/o corrupción privilegian sus intereses particulares, en contra de la seguridad y los bienes comunes.

## Nociones a considerar en la transposición didáctica en geología

Sobre la base de las ideas de Chevallard y Ausubel podríamos decir que los cambios que operan sobre el conocimiento erudito se deben tanto a los procesos conscientes de la transposición didáctica como aquellos cambios introducidos involuntariamente durante la enseñanza.

En consecuencia, es conveniente mantener una vigilancia epistemológica y pedagógica permanente teniendo en cuenta que el proceso de aprendizaje significativo es favorecido bajo las siguientes condiciones:

- a) Que los contenidos desarrollados tengan una organización lógica comprensible.
- b) Que sean relacionables con los conocimientos previos del que aprende.
- c) Que el alumno tenga una actitud positiva hacia el aprendizaje significativo.

Por ello, en la tarea de *selección y la secuenciación* de los contenidos, la TD debe considerar al conjunto de los conocimientos a desarrollar en un determinado nivel y en determinado contexto.

Del Carmen (1994), define a la secuenciación como el “conjunto de decisiones explícitas y fundamentadas sobre la manera de presentar los contenidos a los alumnos a lo largo del tiempo, de manera que favorezca los procesos personales de construcción de conocimientos. Esta formulación explícita de criterios actúa como hipótesis de trabajo sobre la cual se pueden obtener conclusiones después de la experimentación en el aula. A partir de ella, en los próximos años podrá mejorarse la secuenciación inicial, modificándola, ampliándola o corrigiéndola.”

Es importante dicha explicitación en razón de que en toda selección existen contenidos que son descartados y por ello, los contenidos curriculares seleccionados constituyen un recorte que, en mayor o menor medida pueden distorsionar al cuerpo de los conocimientos eruditos.

En esta etapa de la TD se pone en evidencia la perspectiva que adopta el Geolodacta y del peso relativo otorgado al *modelo sistémico o al analítico*. Con ello quiero destacar que ambos modelos coexisten, pero creo que la geolodáctica debería prever una progresividad desde propuestas más centradas en lo fenomenológico en las primeras etapas educativas hacia enfoques con mayor dominio del enfoque analítico y explicativo en los niveles superiores.

El equilibrio entre ambos enfoques no puede prescribirse “a priori”, pero la explicitación de la postura del Geolodacta frente a la organización de contenidos permitirá hacer los ajustes necesarios durante el monitoreo y sus registros que necesariamente acompaña a las investigaciones geolodácticas y a las reflexiones que conducen a la *transformación de la práctica docente* involucrada en este modelo.

Estas consideraciones ofrecen pautas acerca de los *prerequisitos* aconsejables para cada nuevo contenido a desarrollar que en definitiva condicionarán el grado de di-

ferenciación epistemológica al que serán sometidos los conocimientos eruditos durante el proceso de TD.

En síntesis, una transposición didáctica dirigida a diferentes niveles educativos debería satisfacer algunas condiciones básicas que, ordenadas prioritariamente podrían ser:

1) *Motivación*: Son motivantes aquellos contenidos que satisfacen intereses personales o que estimulan o responden a la curiosidad del alumno, por ejemplo: la historia del paisaje local, sus recursos y amenazas geológicas. Otros contenidos motivantes son el origen de la Tierra o de la vida que están presentes en el entorno mediático, pese a su carácter universal y a que están alejados del entorno físico cotidiano de los jóvenes. También, hay otros contenidos motivantes vinculados con los conocimientos que recuperan y enriquecen los saberes de los alumnos sobre su entorno, tal como se postula en el cuadro 8.1.

2) *Pertinencia*: Está reflejada en la selección de conocimientos necesarios para la comprensión del tema bajo estudio y/o que sean estructurantes de conceptos a desarrollar en un futuro. Se incluyen bajo esta condición aquellos conocimientos sobre los que aún no hay consenso científico y aquellos que forman parte de la historia de la Geología.

3) *Coherencia*: Se debe verificar la coherencia del aprendizaje con las expectativas de logro. A tal efecto se propone investigar la posible construcción o persistencia de errores conceptuales. Una de las formas posibles de promover aprendizajes significativos es el empleo de la metodología de resolución de problemas entendiendo por tales a aquellos estudios de casos en los que el docente y/o los alumnos plantean interrogantes sobre aspectos reales o ficticios, para cuya resolución es necesario desarrollar alguna metodología de investigación geológica escolar.

El cumplimiento de estas condiciones facilitaría los aprendizajes geológicos. Sin embargo, las TD son realizadas por diferentes individuos que seguramente poseen visiones y escalas diferentes para valorar los tres puntos anteriores en consecuencia no es posible esperar una TD uniforme, universal ni neutral.

**Cuadro 8.1: CONCEPTOS GEOLÓGICOS MOTIVANTES EN DIFERENTES COMUNIDADES**

COMUNIDADES	características del medio escolar	CONOCIMIENTOS
<p><b>Ciudades o localidades mineras.</b></p> <p>Mina Aguilar (Jujuy)</p> <p>Puna Jujeña</p> <p>San Antonio de los Cobres (Salta)</p> <p>Comodoro Rivadavia</p> <p>Santa Cruz</p>	<p>Varios cientos de niños y jóvenes, hijos de los empleados mineros y comerciantes de las cercanías</p>	<p>Procesos industriales extractivos de <b>recursos naturales y materias primas</b> para las industrias de transformación.</p> <p>Contaminación de acuíferos subterráneos y superficiales</p> <p>Procesos geológicos formadores de <b>yacimientos</b>:</p> <p>+ de minerales metalíferos: Oro, Calcopirita (Cu) , Galena (Pb)</p> <p>+ de minerales no metalíferos (sal, azufre, yeso).</p> <p>+ de petróleo</p>
<p><b>Ciudades turísticas</b></p> <p>Mar del Plata, Bariloche, Carlos Paz, Villa Gesell, etc.</p>	<p>Miles de alumnos, hijos de empleados, comerciantes y profesionales</p>	<p>Conservación de los <b>recursos naturales: paisaje, lagos, ríos, costas.</b></p> <p>Conocimiento de la <b>historia geológica</b> de los elementos que componen el territorio circundante.</p> <p>Atractivos <b>geomorfológicos, paleontológicos, mineros</b>, etc.</p> <p>Contaminación ambiental (agua)</p>
<p><b>Ciudades rurales / administrativas</b></p> <p>Santiago del Estero</p> <p>Río Cuarto, La Pampa, San Luis, Junin, etc</p>	<p>Varios miles de alumnos, hijos de obreros, comerciantes, profesionales y propietarios</p>	<p>Procesos vinculados a la industria agropecuaria</p> <p>Aspectos vinculados a la <b>erosión hídrica y eólica del suelo. Procesos formadores de suelos. Crietrios de conservación.</b></p> <p>Problemas referidos a la provisión de <b>agua potable y al agua para riego, inundaciones y salinización.</b></p> <p>Problemas referidos a la provisión de <b>áridos para construcción, caes y cemento</b></p> <p><b>Contaminación ambiental (aguas y suelos)</b></p>

<p><b>Ciudades grandes, Cosmopolitas</b></p> <p>Capital Federal, Rosario, Córdoba, Mendoza, etc.</p>	<p>Cientos de miles de alumnos de muy variada procedencia</p>	<p>Procesos vinculados a las industrias de transformación de las materias primas.</p> <p>Problemas referidos a la provisión de <b>agua potable</b></p> <p><b>Lluvia ácida</b></p> <p><b>Contaminación ambiental</b></p> <p>Aspectos económicos, comerciales, financieros vinculados al abastecimiento de <b>materiales de construcción (cementos, cales, áridos, revestimientos, etc.)</b></p>
--	---	--

## Conclusiones:

- 1) Durante los procesos de reforma educativa, se han seleccionado contenidos geológicos que obedecen a una concepción del rol que esos conocimientos desempeñan en la formación de un ciudadano crítico. Estos serán los *contenidos a enseñar* y por lo tanto deberán ser objeto de procesos de transposición didáctica.
- 2) La transposición didáctica del conocimiento erudito importa una diferenciación epistemológica que se debe vigilar para evitar tanto la deformación conceptual como la construcción de errores conceptuales.
- 3) Es conveniente que la transposición didáctica de los contenidos geológicos se desarrolle en el marco de un modelo constructivista, adoptando un enfoque sistémico, que ponga en juego situaciones de resolución de problemas, como forma de favorecer y evaluar los aprendizajes significativos de los alumnos.
- 4) Es necesario trabajar en la textualización del conocimiento geológico, específicamente dirigida a cada uno de los niveles educativos. En cada caso, debería procurarse una adecuación al entorno próximo al de los alumnos a los que se dirigen los textos.
- 5) Los procesos de TD, deberían desarrollarse en los Institutos de Formación Docente y en las Facultades de Geología. En consecuencia, deben crearse espacios pedagógicos específicos e implementarse políticas de apoyo y fomento efectivo para las investigaciones en Geolodáctica y en general de la Geología aplicada a la educación.

## Bibliografía citada

- Assenza Parisi, Graciela, Lacreu, Héctor Luis, Rela, Agustín Manuel ´, Salinas, Julia, Sargorodoschi, Ana, Thiel, Inge, Bulwik, Marta [coordinador], Perazzo, Mónica [coordinador]., 1997 La litosfera: rocas y minerales, suelos / coordinado por Marta Bulwik, Hugo R. Tricárico y Mónica Perazzo; revisado por Daniel Gil Pérez. <https://bit.ly/3Of07XN>
- Ausubel, D.P., J.D. Novak y H. Hanesian (1983). Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo. Ed. Trillas, 6 ° edición., 1993. México, 623p.
- Carretero, Mario (1993). Constructivismo y educación. Ed. Aique. p.119
- Chevallard, Y. (1991) La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñando. Ed. Aique. Buenos Aires
- Del Carmen L. (1994). La importancia del análisis y secuenciación de los contenidos educativos en el diseño del currículum y en la práctica de la enseñanza. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. 2. (2-3):325-331
- DCEP-BA, 2008. Diseño curricular para la Educación primaria de la Provincia de Buenos Aires. (coord.: Laura Lacreu, Claudia Serafini) <http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/disenioscurriculares/documentosdescarga/diseniocurricularparaeducacionprimaria2ciclo.pdf>
- Lacreu, Héctor Luis, 1997 Transposición didáctica de las Geociencias. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, Vol. 5, N°. 1, p. 37-48, <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/88416>
- Lacreu, Héctor L. 2009 La importancia de las geociencias para la construcción de ciudadanía en el currículo de la enseñanza básica. <https://bit.ly/3LZKNKq> En Laguna Sicca, N.A., Moreira da Costa, A.D. y Sousa Fernández de, S. A., (organizadoras) Processo Curricular, diferentes dimensões, Cap 1:17-36, Editora Insular, Florianópolis
- Lopes, A.R.C., 1993. Contribuições de Gastón Bachelard ao Ensino de Ciências. Rev. Ens de las Ciencias 11 (3):324-330. Barcelona. <https://bit.ly/3wXEGk5>
- Juan Ignacio Pozo (Enero 1987) “...Y sin embargo se puede enseñar ciencia” en: Infancia y aprendizaje <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=662340>
- Sellés-Martínez, J. (2010). Ciencias de la tierra: errores habituales en las publicaciones de divulgación y medios de información, sus causas y su interés y aplicaciones en la enseñanza. Parte 1: Errores de traducción XVI Simposio de Enseñanza de la Geología, (Teruel, España), Actas, 243-250
- Sellés-Martínez, José, 2012. Ciencias de la Tierra: errores habituales en las publicaciones de divulgación y medios de información, sus causas, su interés y aplicaciones en la enseñanza. Parte 2: ilustraciones erróneas. Comunicaciones del XVII Simposio sobre Enseñanza de la Geología, Huelva Actas (251-256) <https://www.uhu.es/fexp/segeo2012/arc/comunicaciones/32.pdf>

## 9. ALGUNAS PROPUESTAS GEOLODÁCTICAS

Como se viene expresando, uno de los desafíos para la Geolodáctica, es ofrecer herramientas para que los ciudadanos inicien su acercamiento a la Geología tanto para satisfacer la necesidad de comprender las razones de la presencia/ausencia de recursos y/o amenazas geológicas, como para enriquecer la posibilidad de gozar de la belleza del paisaje y de descifrar la historia del Paisaje Geológico.

La situación ideal para su enseñanza es que, en una primera instancia, el objeto de estudio sea la propia región natal o de residencia y que dentro de las metodologías se incorporen las salidas al campo<sup>45</sup>. No obstante, cuando estas son “imposibles”, se puede optar por “traer el territorio al aula” (Lacreu, 2017 p.312 y 316). Son numerosos los autores que han comprobado el carácter atractivo y estimulante de estas experiencias y su potencialidad en relación con diferentes objetivos pedagógicos (Compiani et al., 1993). Posteriormente, estos conocimientos construidos para comprender el propio entorno, pueden recuperarse en la enseñanza de hechos y fenómenos de regiones más distantes y más amplias. En ese proceso de ampliación territorial se podrá ir incorporando nuevas teorías y nuevos conceptos que paulatinamente permitan comprender problemas cada vez más complejos.

Asignarle el carácter de patrimonio histórico geológico a ciertos rasgos de identidad territorial (barrancas, perfiles de suelo), se puede constituir en una estrategia didáctica para motivar la curiosidad y la emocionalidad de los alumnos. Se trata de confrontar el conocimiento intuitivo sobre el paisaje – que con frecuencia es considerado inmuta-

---

<sup>45</sup> El trabajo de campo es ideal hacerlo en el terreno natural. Sin embargo, cuando por diversas razones se dificulta la salida de la escuela, es posible llevar el campo al aula. Para ello hay que crear dispositivos mediante el uso de fotografías y una mínima cantidad de rocas semejantes a las que la foto muestra.

ble – con el aporte de datos que permitan imaginar la existencia de cambios en algunos de sus elementos y enfrentar así el desafío de reconstruir el origen y cronología de esos cambios, elaborando una historia del paisaje geológico natal. No importa que se trate de un paisaje llano o montañoso, en cualquier caso, lo importante es internalizar que ese paisaje no siempre fue como se lo percibe en la actualidad, sino que tiene una historia pre humana que se puede desentrañar con el auxilio de la Geología.

Por ejemplo, se puede cavar uno o varios pozos y reconocer cambios verticales en los sedimentos de un mismo pozo, a lo largo de la vertical, o variaciones entre varios de ellos. Del mismo modo se pueden analizar los diferentes materiales que se observan en las barrancas en los bordes de ríos, caminos o rutas. En cualquier caso se pondrán en juego recursos didácticos contextualizados en el paisaje local, así como conceptos y métodos accesibles al nivel de los alumnos.

Además, una adecuada planificación debería incluir aspectos creativos como el dibujo de los paisajes actuales y el desafío de imaginar y dibujar cómo habrían sido los paisajes precedentes y cómo podrían ser los del futuro. Se trata de un ejercicio de reconstrucción y de prospectiva basado en las evidencias observadas en el campo y en herramientas teóricas básicas brindadas previamente. También es importante incluir propuestas lúdicas para favorecer situaciones de investigación escolar que requieran de la solidaridad y la socialización, facilitando de este modo la emergencia y circulación de emociones que contribuyen a generar un mejor clima de aprendizaje.

La historia del paisaje geológico del lugar natal o de residencia, en general es desconocida para la comunidad y puede constituir un desafío a la curiosidad y a la creatividad. Cabe agregar, que ello podrá ocurrir si el profesor puede transmitir a sus alumnos un relato sobre una historia hipotética de algún paisaje geológico, de manera sencilla y utilizando un lenguaje adecuado.

A modo de ejemplo, tal relato podría ser una ficción que movilice la imaginación de los alumnos. Por ejemplo, el profesor podría exhibir una diapositiva de montañas de San Luis, Córdoba u otro sitio en donde se pueda visualizar algunas viviendas. Luego, sin entrar en mayores detalles, relatar que este relieve es el resultado de una cadena de sucesos que durante millones de años provocaron cambios en el paisaje por la actuación del inmenso calor interno de la Tierra, que hace mover las placas tectónicas (agentes geológicos internos) como resultado de lo cual se forman océanos y se construyen continentes, montañas y volcanes. Lo curioso es que, mientras las fuerzas internas van construyendo el paisaje, las externas lo van destruyendo. Esta destrucción es provocada por

la actuación de enormes ríos torrentosos que bajan de las montañas, los temibles que imaginen cómo habría sido 1 millón de años antes y cómo podría ser un millón de años después, que realicen sendos dibujos e imaginen explicaciones sobre los cambios que pudieron provocar esas diferencias. La expectativa es que las representaciones más antiguas sean más elevadas y escarpadas y las posteriores sean montañas de menor altura y más redondeadas debido a los procesos erosivos.

Las propuestas de trabajo en el terreno (real o virtual) son más formativas y motivadoras cuando el protagonismo se traslada de las respuestas a las preguntas destinadas a promover el debate o intercambio de ideas. Una vez que se ha establecido que los paisajes no son estáticos sino que cambian a través del tiempo por razones naturales, es posible avanzar sobre la idea de cambios provocados por la acción u omisión humana, estableciendo relaciones entre el paisaje, sus recursos y riesgos, y la calidad de vida de una comunidad. Este planteo requiere que en los intercambios se pongan en consideración hipotéticos cambios que podrían resultar positivos o negativos y las actitudes sugeridas para defenderlos o criticarlos, respectivamente.

Utilizando el ejemplo anterior y llamando la atención en el sector de las viviendas, se pueden formular algunas preguntas como: ¿Esas viviendas están en un lugar seguro?, ¿podrían resultar afectadas por los procesos erosivos, cómo?, ¿Cuál podría haber sido una mejor ubicación?, ¿deberían tener estructura antisísmica, por qué?, ¿deberían estar elevadas por encima de la superficie del suelo?

Las reflexiones sobre las expectativas de la calidad de vida, requieren necesariamente de un ejercicio prospectivo que demanda del conocimiento de la historia geológica, y por lo tanto de la noción de tiempo geológico, para encontrar explicaciones sobre el presente. Así lo plantean Cervato y Frodeman (2013 p. 68): “El tiempo geológico es una de las ideas más relevantes en la historia del pensamiento. A pesar de no ser fácilmente comprendido, la variedad de sus dimensiones<sup>46</sup> ofrece perspectivas de uso práctico para la predicción de amenazas geológicas, búsqueda de recursos mineros, previsión sobre la no renovabilidad de algunos recursos o las demoras en que se regeneran otros. Además de esto, la perspectiva de percibir nuestra vida y nuestros paisajes en una mayor extensión de tiempo puede llenar a nuestros alumnos de admiración sobre la maravilla que es la vida en la Tierra” De esta manera, queda en evidencia el papel clave del tiempo en nuestra cultura y en el sentido de la realidad cotidiana y sus cambios.

46 Se refiere a dimensiones como cronología, fechas y duración

Una de las estrategias para comenzar a pensar en el factor tiempo es la de proponer un trabajo en equipo para investigar cuestiones como: ¿este paisaje siempre estuvo igual?, ¿Qué materiales constituyen sus geoformas y qué importancia tienen como recursos mineros o agropecuarios?, ¿Desde cuándo están allí?, ¿Durante cuánto tiempo podrán ser explotados/utilizados como recursos?, ¿Habrá algún tipo de amenaza geológica en mi ciudad? ¿La hubo en el pasado? Estas preguntas-problema contribuyen a motivar a los alumnos a través de una inmersión en el tema y es muy posible que la propuesta de considerar al paisaje local como objeto de estudio no sólo sea aceptada, sino demandada.

Otras preguntas-problema orientadoras, aunque no sean de carácter local, se refieren a la consideración y evaluación de amenazas, de procesos cuya ocurrencia podrían modificar la calidad de vida de la propia comunidad u otras distantes del planeta. Como ejemplos se pueden citar: 1) la erosión de los suelos, su tiempo de regeneración y su influencia en la alimentación, 2) los riesgos de colapso o salinización derivados de la excesiva extracción de aguas subterráneas, 3) los fenómenos locales con impacto global como pueden ser las cenizas volcánicas, 4) la prevención de terremotos 5) las inundaciones derivadas de grandes lluvias 6) el retroceso de los glaciares, que tiene consecuencias muy concretas sobre la disponibilidad de agua dulce en el planeta, la recarga de acuíferos, la inundación de ciudades costeras por ascenso del nivel del mar.

Algunas de estas propuestas de investigación suelen promover interesantes reflexiones sobre las causas naturales, antrópicas o mixtas del cambio climático.

También, desde un punto de vista social y cultural, resulta significativo analizar en qué medida las obras civiles afectan a una comunidad. Nos referimos a las construcciones huracanes que azotan las playas, los glaciares que bajan de las montañas y las grandes tormentas eléctricas que iluminan el cielo y, vertiginosamente, descargan millones de litros de agua de lluvia sobre los continentes (agentes geológicos externos). (Lacreu, 2017b).

Posteriormente al relato podría dejar durante unos minutos la diapositiva para solicitar a los alumnos que realicen un dibujo sencillo de ese paisaje y luego sugerirles de caminos, embalses, así como a la minería de áridos o rocas de aplicación y a los emprendimientos metalíferos mega-mineros. Todos ellos, modifican siempre los paisajes y eventualmente pueden provocar problemas ambientales que llevan aparejadas tensiones entre las organizaciones ambientales, los responsables (técnicos, inversores, dueños) y las autoridades de aplicación.

## Reflexiones sobre la Geolodáctica del Paisaje Geológico

Si bien es correcto considerar que la explicación de la historia del planeta Tierra requiere recurrir a los grandes cuerpos teóricos de la Geología, su presentación descontextualizada carece de sentido para el alumnado. Por el contrario, cuando se ofrece un anclaje local que implique utilizar esas teorías para la comprensión del territorio propio y para imaginar soluciones posibles de problemas reales, dichas teorías adquieren mayor significatividad para los estudiantes.



Algunos ejemplos de **los cuerpos teóricos en Geología** son: el ciclo de Wilson que permite entender la Tectónica de Placas, las series de Bowen para comprender la evolución magmática, o los ciclos de Milankovitch para justificar las variaciones climáticas y los cambios del nivel del mar.

Otros cuerpos teóricos son los denominados principios básicos de la Geología como el Ciclo de las Rocas, sus procesos de transformación y deformación. Estos ofrecen conceptos valiosos para explicar los rasgos composicionales y geométricos que constituyen datos necesarios para interpretar el origen y evolución de un territorio, sea este tan pequeño como el de una ciudad o tan amplio como la superficie total del planeta.

Las investigaciones escolares del paisaje geológico local tendrán la complejidad propia de cada región, y del enfoque didáctico que se elija. Podrá ser simple como es el caso de una llanura con pocos materiales a la vista, o más complejo como ocurre en la barranca de un río con algunas capas de sedimentos, en una ruta con algunos afloramientos rocosos o bien en una montaña con diversas rocas y estructuras. En el caso de las grandes ciudades localizadas en zonas llanas, “la Geología” puede estar oculta, no obstante se pueden desarrollar recursos didácticos “virtuales” mediante fotos, gráficos, modelos y muestras de los materiales de los primeros metros del subsuelo del Paisaje Geológico que se desee estudiar.

Sea cual sea el paisaje, se debe considerar que las características de cada región, delimitarán las teorías geológicas necesarias para su interpretación. En consecuencia, los geolodactas deberán decidir qué paisaje geológico introducir y cómo hacerlo de tal

modo que permita desarrollar aquellos contenidos geológicos curriculares que sean pertinentes.

En síntesis, desde la Geolodáctica proponemos que las teorías geológicas a enseñar sean seleccionadas en función de la reconstrucción de la historia geológica de un geositio para cuya interpretación dichas teorías son necesarias. Como ya se ha dicho, conviene partir del contexto local para luego introducir nuevas teorías a propósito del estudio de problemáticas en regiones más alejadas. Se hace notar que estas propuestas recuperan las ideas que históricamente dieron nacimiento a la Geología (ver capítulo 1) y que ponen fuerte énfasis en los aportes de James Hutton sobre el estudio de las rocas y sus relaciones temporales en un determinado lugar para relacionarlo con sitios más alejados.

Desde este punto de vista los aprendizajes sobre el lugar natal serán una especie de plataforma a partir de la cual los alumnos podrán desplegar sus alas, aplicar sus aprendizajes, dejar volar su imaginación para reconstruir las historias geológicas de cualquier paisaje del mundo que esté visitando o deseen conocer.

## **El paisaje geológico en la enseñanza de la Geología**

El paisaje es un constructo complejo que refleja la integración de subsistemas abióticos, bióticos y antrópicos. Sin embargo, las dificultades mencionadas en capítulos anteriores referidas a la ausencia de contenidos y didácticas específicas de la Geología, nos impulsa a proponer mayor énfasis sobre los aspectos abióticos del sistema paisaje para luego integrarlos con otros aportes de las ciencias naturales y sociales.

En tal sentido, se considera didácticamente adecuado aludir al Paisaje Geológico (PG), en el mismo sentido en que se usan otras adjetivaciones sobre el paisaje, para destacar algunos de sus componentes: Paisaje Cultural, Paisaje Rural, Paisaje Urbano e incluso Paisaje Vegetal. Estas adjetivaciones, son recursos que permiten deconstruir un constructo complejo y así profundizar el abordaje de algunos rasgos particulares sin perder de vista la necesidad de una posterior reconstrucción.

El Paisaje Geológico (Lacreu, 2007, 2012), se puede definir como el conjunto de rasgos geomorfológicos, estructurales y litológicos que se perciben en una determinada porción de la superficie que está al alcance de nuestros ojos y que representan los factores abióticos geológicos del paisaje.

Sin embargo, cabe matizar esa definición señalando que la extensión y complejidad del Paisaje Geológico (PG), dependerá de la orientación y la altura a la que estén

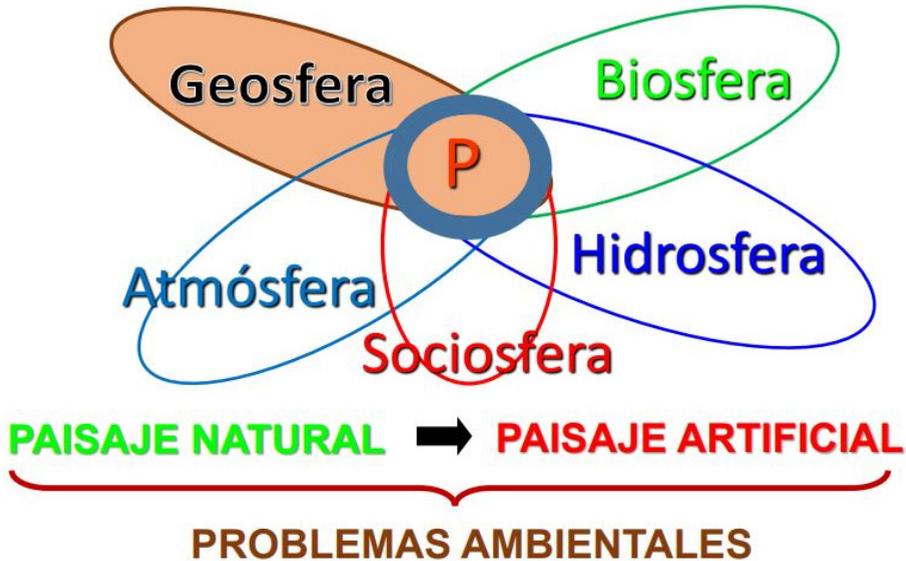


Fig 9.1 Esquema sistémico del paisaje

nuestros ojos por encima de la superficie y también de los instrumentos disponibles para observar. Además, el PG podrá estar más o menos antropizado, pero sus rasgos fundamentales suelen permanecer durante tiempos prolongados. Consecuentemente, su estudio en zonas urbanizadas involucra el desafío adicional de “despejar” las obras humanas y para ello es necesario apelar al pensamiento abstracto que permita tornar “transparentes” o “borrar” circunstancialmente dichas obras y, de ser necesario, la cobertura vegetal. Es decir que en las ciudades, parafraseando al Principito de Exupery: la naturaleza abiótica es esencialmente invisible a los ojos.

Se puede advertir que, el Paisaje “completo” es frecuentemente utilizado como un recurso didáctico para la realización de observaciones, descripciones e inventarios de todo tipo, promoviendo la contextualización de algunos contenidos de las ciencias sociales, biológicas y geológicas. Sin embargo, dichas actividades pueden resultar poco fructíferas si no forman parte de la búsqueda de solución o respuesta a algún problema que supere los aspectos sistemáticos y descriptivos, y permita asignarles un sentido creativo y/o de utilidad.

Por tal motivo y para otorgar sentido a los contenidos de la Geología, se propone la adopción del Paisaje Geológico como un objeto de estudio y no sólo como un recurso didáctico.

Finalmente, se destaca que, si bien el estudio de los paisajes naturales es el campo propio de las Ciencias Naturales, las disciplinas tradicionales como Física o Química rara vez lo consideran como objeto de indagación, y la Biología sólo en ocasiones. Por su parte la Geología está prácticamente ausente o “disimulada” bajo la denominación de Ciencias de la Tierra o Geociencias, lo cual debilita la posibilidad de concentrarse en la investigación del presente y reconstruir la historia de los paisajes por medio de la integración de conocimientos físicos, químicos, biológicos y geológicos (ver capítulo 6).

## El paisaje geológico como recurso didáctico

Se considera que un recurso didáctico es un dispositivo que se utiliza como mediador para facilitar a docentes y alumnos el proceso de enseñanza y aprendizaje, en relación con alguna temática en particular. Está representado por productos elaborados en diferentes soportes (impresos, audiovisuales, internet, etc.) que pueden ser más o menos interactivos y, en todos los casos deben ser accesibles a los alumnos. También pueden ser artefactos humanos, o elementos y/o procesos, seleccionados con la condición de que estén contextualizados a fin de que actúen como motivadores del interés por parte del alumnado.

El Paisaje Geológico como recurso didáctico, se entiende como un sistema material que sirve como un medio para la enseñanza de la complejidad de las interacciones entre un sistema natural y otro socio- tecnológico. Además, en la enseñanza de la Geología, es utilizado para la realización de trabajos de campo, la recolección e identificación de rocas, de estructuras, geofomas, relieve, para analizar la presencia de recursos renovables y no renovables así como evaluar la vulnerabilidad a los procesos naturales o antrópicos.

Algunos de los aspectos antes mencionados son elementos del Paisaje Geológico que frecuentemente son enseñados, en particular en la escuela secundaria y evaluados como parte de un proceso de aprendizaje memorístico, poco significativo y carente del sentido social que pudiesen tener. En estos casos, la propuesta de trabajo en el campo<sup>47</sup> “tradicional,” consiste en plantear a los alumnos una “investigación” que puede ser la de dibujar el paisaje y observar, recolectar y/o clasificar las rocas que encuentran en un

47 El trabajo de campo es ideal hacerlo en el terreno natural, sin embargo, muchas veces la salida de la escuela se hace complicado y en estos casos es posible llevar el campo al aula. Para ello hay que crear dispositivos mediante el uso de fotografías y una mínima cantidad de rocas semejantes a las que la foto muestra.

determinado lugar. En estos casos las evaluaciones consisten en responder: ¿Qué rocas encontramos en el lugar?

Así, es posible que en dicho paisaje los alumnos logren identificar alguna barranca y/o seleccionar un afloramiento parcial que resulte representativo y realizar un dibujo como el de la Figura 9.2, valiéndose de los colores, texturas y geometrías de los diferentes cuerpos de rocas. Por otro lado, podrán seguramente describir e identificar las rocas con sus nombres, por ejemplo: arenisca, limonita, brecha, conglomerado y granito, tal como se indica en la figura.

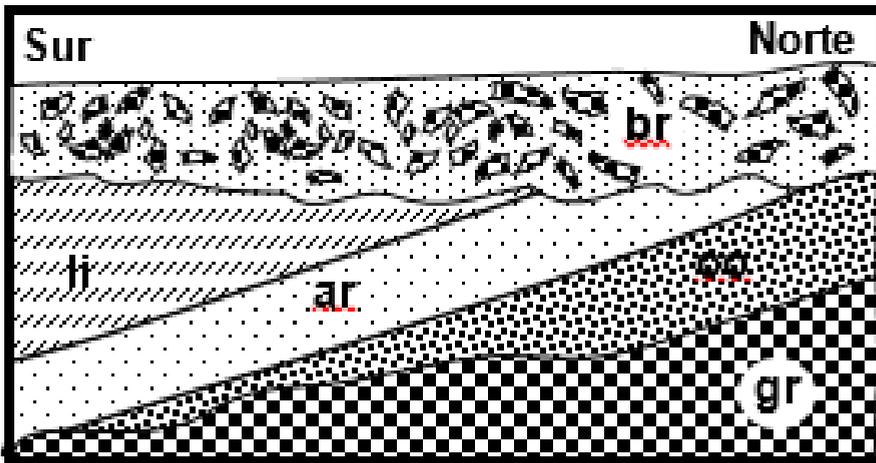


Fig. 9.2: arenisca (ar), limonita (li), brecha (br), conglomerado (co), granito (gr)

De este modo, habrán cumplido el objetivo y si se les pregunta ¿cómo se han formado?, quizás puedan recordar que brecha, limonita, arenisca y conglomerado son rocas sedimentarias formadas en la superficie como parte del ciclo exógeno y que el granito es una roca plutónica formada en profundidad, en un ambiente endógeno.

Con esos datos, los alumnos podrían realizar su informe indicando que “en una barranca, junto a una ruta que va de sur a norte, desde abajo hacia arriba, se observa una roca plutónica (granito) cubierta por secuencia de estratos (fluviales) inclinados hacia el sur y sobre ellos un estrato horizontal de brechas compuestas por varios fragmentos angulosos de andesita (roca volcánica).

Este informe constituiría un resultado muy satisfactorio para una investigación escolar tradicional. Sin embargo, no es suficiente para comprender el sentido histórico de las rocas ni la evolución de dicho paisaje. Para ello, se hace necesario utilizar al paisa-

je, no sólo como un recurso didáctico, sino que se lo adopte como un objeto de estudio a fin de construir su historia.

Bajo este nuevo enfoque, la misma actividad antes descrita podrá resultar más interesante y profunda si se la realiza con la finalidad de una interpretación histórica que otorgue sentido a todo el conjunto de los elementos presentes. Para ello será necesario, incorporar otros aspectos como el ciclo de las rocas y los principios básicos de la Geología que permitirán construir una narrativa en la que cronológicamente se relacionen los procesos y condiciones en las que se formaron, transformaron o desplazaron las rocas estudiadas.

## **El paisaje geológico como objeto de estudio**

Se parte de la idea que un objeto de estudio, puede ser cualquier aspecto de la realidad o de las ideas o comportamientos sobre los que se desee profundizar el conocimiento, ya sea en relación a sus orígenes, su evolución o sus utilidades o todo otro interrogante que se quiera formular. No obstante, cualquiera de dichos aspectos se constituirá en un objeto de estudio, en el caso que pueda ser enunciado como un problema y se propongan estrategias investigativas para resolverlo.

La búsqueda de una o varias respuestas posibles (hipótesis) representa un proceso de investigación escolar sobre un objeto de estudio, en nuestro caso, la historia del PG. Para construir hipótesis es necesario utilizar conceptos, procedimientos y teorías geológicas que forman parte del “cajón de herramientas” que el alumno deberá haber construido previamente, o construirlas durante el proceso creativo.

Para que el Paisaje Geológico se constituya en una curiosidad científica y sea un objeto de investigación deseable, se hace necesario encontrar motivaciones que despierten el interés tanto para los docentes como para los alumnos. En ese sentido, las investigaciones educativas muestran que existe una escasa reflexión sobre los aspectos geológicos de un paisaje, en tanto que las ideas sobre sus cambios suelen ser intuitivas, basadas en construcciones personales y culturales. Por tales motivos, resulta motivador, cuestionar esas ideas por medio de preguntas cuyas respuestas podrían parecer obvias: ¿Este paisaje que nos rodea siempre estuvo igual?, ¿Desde cuándo existe este paisaje geológico en el que vivimos?, ¿cómo era antes?, ¿cómo se explican los cambios?, ¿Qué cambios podrían ocurrir dentro de algunos millones de años?



### Ejemplo de un análisis histórico basado en la Fig. 9.2

En el ejemplo del apartado anterior, a las preguntas formuladas se podría anteponer una pregunta problema como: ¿cómo se ha formado este paisaje geológico? De forma tal de proponer una tarea más creativa como es la construcción narrativa que involucre los procesos petrogenéticos y tectónicos, además del tiempo y la variabilidad espacial.

Se puede suponer que, muy probablemente, en el proceso de aprendizaje tradicional los alumnos habrían podido realizar la gráfica (perfil) referida, e indicado cinco unidades litológicas separadas por sus **contactos**. También, habrían observado que cuatro de las unidades están formadas por rocas sedimentarias y una corresponde a una roca ígnea plutónica.

Sin embargo, para construir la historia de un lugar será necesario que además del reconocimiento de cada una de las rocas, se logren construir “hipótesis” que intenten explicar los procesos que hicieron posible no sólo el origen, sino la asociación de esas rocas, su disposición espacial y el orden cronológicos de los sucesos.

Para avanzar sobre la narración histórica, por un lado se debe analizar la variable espacial que en este caso está representada por la distribución y geometría de los cuerpos de roca, y por otro lado, se debe incorporar la variable tiempo y recurrir a otros conceptos del ciclo de las rocas para interpretar los procesos genéticos.

Desde el punto de vista de la distribución espacial de las rocas, se advierte una especie de “sándwich” en cuya parte media existen tres estratos inclinados que se apoyan sobre el granito y se interrumpen en la brecha superior. Una primera observación es que el contacto entre el granito y el conglomerado se denomina **inconformidad** ya que no forma parte de un proceso acumulativo continuo, sino que representa un **hiato** de varios millones de años.

En efecto, se debe recordar que el granito, por tratarse de una roca ígnea plutónica se formó a varios kilómetros de profundidad, por ejemplo 20 km, en consecuencia, su presencia en la superficie requirió de dos procesos simultáneos: 1) Ascenso provocado por las fuerzas internas que elevaron una cordillera compuesta de varias rocas, incluido el granito “gr”. 2) Erosión por parte los agentes externos que eliminaron las rocas que cubrían el granito y permitieron que apareciera (aflore) en la superficie.

Posteriormente, cuando la región se estabilizó, los ríos que bajaban de las montañas adyacentes en lugar de erosionar, comenzaron a depositar sedimentos (partículas – clastos) fluviales que formaron estratos sucesivos con una disposición originalmente horizontal cubriendo el granito que “había llegado” a la superficie. Primero, fueron clastos más gruesos (co) y a medida que las montañas tenían menos altura, y los ríos eran menos caudalosos, las partículas o clastos fueron más pequeños originando nuevos estratos con tamaños de grano cada vez más pequeños, arenas (ar) y limos (li).

Sin embargo, los estratos que actualmente se observan, se presentan inclinados, apartándose del principio de horizontalidad original. Dicho apartamiento, es una evidencia de que la estabilidad no duró mucho tiempo ya que hubo nuevas fuerzas internas que elevaron el sector norte provocando el hundimiento de los estratos hacia el sur.

Más tarde, los agentes externos reiniciaron su acción erosiva, nivelando la superficie de los estratos fluviales formando una nueva superficie casi horizontal, denominada **discordancia angular** cubierta por una brecha que incluye clastos angulosos de andesitas. Este último dato, es muy interesante ya que, aunque tal vez ahora no se lo advierta, se puede afirmar que en las cercanías hubo una colada volcánica andesítica desde donde fueron erosionados los clastos y luego de ser transportados, se acumularon para formar esa brecha.

Tal como el autor pudo comprobar en más de 20 años de docencia universitaria, las respuestas a la primera pregunta suelen ser variadas: por lo general, algunos alumnos optan por una respuesta afirmativa y otros por una negativa, lo cual genera un escenario favorable para promover que cada quien argumente sobre la opción elegida. Así, el debate permitirá poner en evidencia las ideas previas de los alumnos y especialmente la comprensión acerca del significado del constructo Paisaje Geológico. En el caso menos probable que todos coincidiesen en una misma respuesta, el docente podrá sostener y defender la opuesta a fin de instalar el debate. En relación con la segunda y la última pregunta, se pone en controversia la noción de tiempo geológico y su contrapunto con la escala humana.

En cualquier caso, a partir de dichas preguntas “disparadoras”, es posible diseñar un proyecto de investigación escolar para resolver cada una de ellas u otra que las englobe a todas como puede ser ¿Cuál es la historia geológica del paisaje que nos rodea?

El tratamiento didáctico de dichas preguntas – problema requiere de un recorte epistemológico basado en los aspectos histórico - geológicos del paisaje. Por tal motivo, se apela al adjetivo “geológico”, para poner el énfasis en aquellos elementos (geoformas, estructuras, contactos, rocas más o menos meteorizadas, entre otros), que ofrecen información para construir la historia geológica de una región, incluso para diferenciar el relieve natural del antropizado.



### Algunos “contactos” entre las rocas

**Contacto:** es un plano o superficie que separa dos rocas diferentes, sean o no de la misma clase.

**Inconformidad:** es un tipo de contacto (inconforme) entre una roca endógena con otra roca exógena. Su importancia histórica radica en que representa un gran hiato (la falta del registro temporal). Ese hiato refleja el tiempo que fue necesario para que una roca formada a gran profundidad se incorpore a la superficie y sea cubierta por rocas sedimentarias.

**Discordancia angular:** es otro tipo de contacto entre series de rocas exógenas entre sí, que pone de manifiesto un hiato de menos envergadura que la inconformidad. En efecto, la serie inferior está integrada por estratos inclinados o plegados por la acción de fuerzas internas, que denotan cierta inestabilidad de la región. Posteriormente, los procesos erosivos nivelan y horizontalizan la superficie que puede ser nuevamente cubierta por estratos horizontales.

**Hiato:** Es un lapso de tiempo que no está representado por rocas: esta “vacío”. Se refiere al tiempo durante el cual una superficie de terreno permanece intacta y no recibe sedimentos o fue erosionada y finaliza cuando esa superficie es cubierta por nuevas rocas.

Se considera que el desafío para construir la historia geológica de un paisaje constituye una actividad motivadora y que su complejidad es accesible tanto para los alumnos como para los profesores. Conforme se puede observar en el mapa conceptual de la Figura 9.3, a partir de este objetivo, es posible introducir progresivamente todos los contenidos previstos en los diseños curriculares oficiales. En efecto, se puede reconstruir, de un modo sintético y sin necesidad de demasiadas precisiones, una historia geológica elemental de cualquier sitio, utilizando lo que denominamos el **Alfabeto Geológico**, integrado por el ciclo de las rocas, los principios básicos de Geología y una metodología particular para analizar de modo presencial o virtual los diferentes elementos del paisaje.

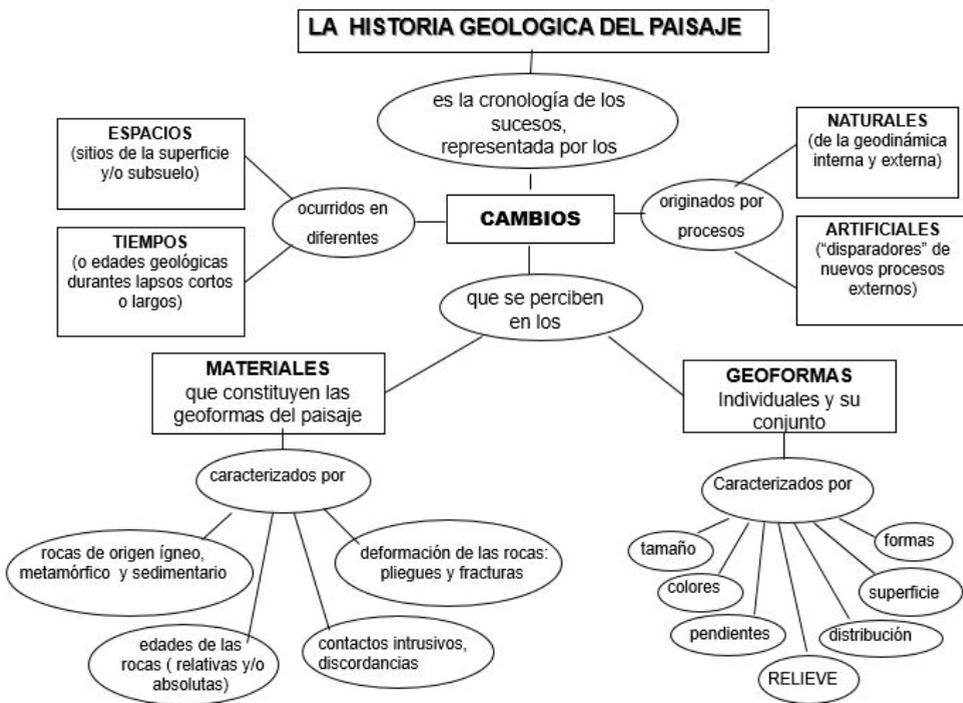


Fig. 9.3: Mapa Conceptual sobre la Historia del Paisaje (Lacreu, 2007, Pág. 81)

## El Alfabeto geológico, llave para comprender la historia profunda del paisaje

Podríamos decir que, así como el alfabeto de una lengua es un sistema de signos que, ordenados de determinadas maneras, permiten la comunicación entre las personas, la Tie-

rra nos ofrece un alfabeto que nos permite comunicarnos con ella. Se trata del alfabeto geológico (Lacreu, 2020) cuyos signos son las marcas dejadas en las rocas por procesos geológicos internos y externos, y las interpretaciones que las personas hacemos de esas marcas constituyen lo que denominamos el lenguaje de las rocas.

Así, podemos decir que la Geología constituye una semiótica de la naturaleza (idea de Conrado Paschoale, UNICAMP) recordando que los efectos de la Atmósfera, Hidrosfera, Biósfera y la propia Geósfera, quedan registrados en los materiales de la superficie terrestre y su reconocimiento e interpretación permite reconstruir las interacciones de dichos subsistemas en el pasado profundo.

Entonces, así como los alfabetos humanos nos permiten, entre otras cosas, comunicarnos entre generaciones y reconstruir la historia de la sociedad, el alfabeto geológico nos permite reconstruir la historia de los paisajes donde vivimos. A la vez, integrando y acumulando esas historias conocemos la historia del Planeta. Estas historias reconstruidas, contribuyen a tomar conciencia de la singularidad del paisaje que habitamos, a desarrollar un pensamiento crítico sobre los condicionantes de la calidad de vida, así como a conocer los errores cometidos en el manejo de los bienes naturales para evitar su reiteración.

A través de las rocas y sus diferentes formas y colores, no sólo gozamos de la vida en la naturaleza, también podemos construir historias de nuestra región, evaluar su valor cultural y patrimonial y, eventualmente, decidir las actitudes políticas más convenientes a llevar a cabo para la defensa de la naturaleza y de esos valores. Este enfoque es el que relaciona la alfabetización geológica con la formación de ciudadanos ya que la exigencia para que se cumplan las leyes y para que se legisle donde esté ausente la legislación, requiere de actitudes políticas fundamentadas.

De modo sintético, se puede decir que, el alfabeto geológico es el conjunto de signos contenidos en las rocas, provocados por los procesos formadores y deformadores de rocas y su enseñanza requiere de los siguientes contenidos mínimos:

*El Ciclo de las Rocas:* La transposición didáctica del “Ciclo de las Rocas” se verá favorecida si se utiliza un gráfico como el de la Fig 9.4 en la que se representan los ambientes más comunes donde se forman/transforman las rocas. Así, es posible conocer la relación roca/proceso/ambiente y se ofrece un sentido concreto a la descripción de las diferentes rocas basada en su composición, textura y estructuras. Por otro lado, dicho gráfico ayuda a examinar ideas y evocar emociones sobre el tiempo absoluto mediante la pregunta: ¿Cuánto tiempo hace falta para que las rocas profundas aparezcan en la superficie?

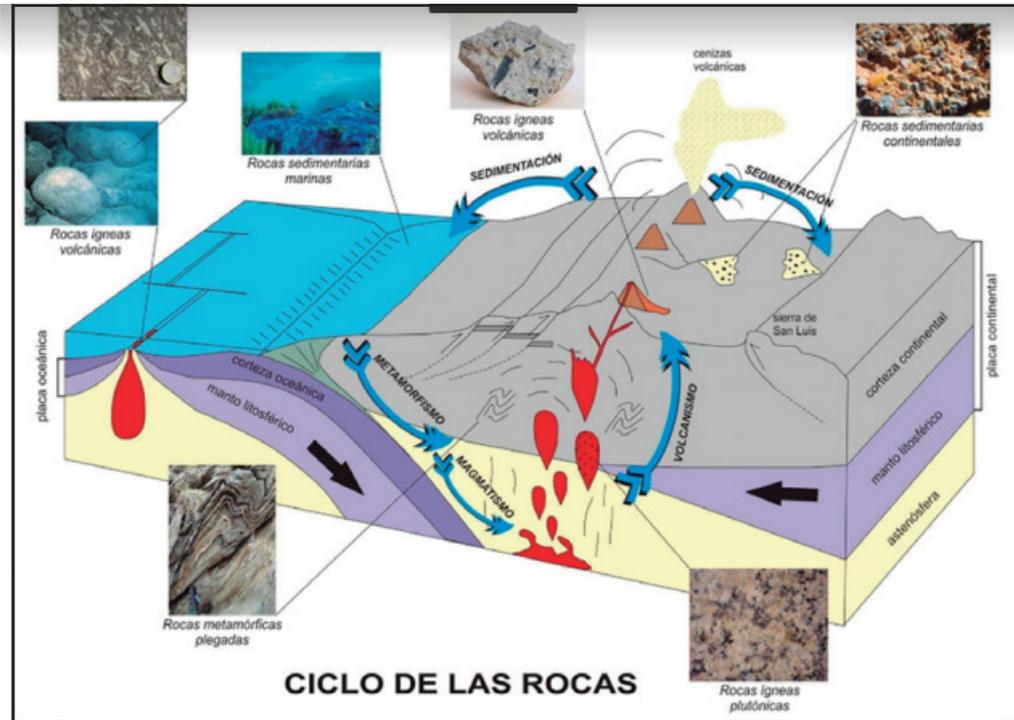


Fig. 9.4 Ciclo tectónico de las rocas, contextualizado en un borde subductivo. (Modificado de Lacreu 1997)

*Los principios geológicos generales:* Nos referimos al “principio de actualismo”, y a los de “horizontalidad original” (Fig. 9.5) y “continuidad lateral”, cuya mayor importancia se percibe cuando los afloramientos “no respetan” los enunciados teóricos de dichos principios como es el caso de la Fig. 9.6 donde los estratos están inclinados. En efecto, en estos casos será necesario justificar/explicar cada “anomalía” apelando a su temporalidad e hipotetizando acerca de los procesos tectónicos/sedimentarios responsables de tales alteraciones.

*Los principios geológicos cronológicos:* Se trata, especialmente, de los principios de “superposición de estratos” (Fig. 9.7), y de “intrusividad” (Fig. 9.8) que nos permiten establecer una cronología relativa entre unidades litológicas diferentes. También se incluyen los diferentes tipos de discordancias que reflejan hiatos más o menos prolongados.

*Los procesos internos constructivos y los procesos externos niveladores del relieve:* Pese a la variedad de procesos, al comenzar un curso, sólo se requieren algunos constructos introductorios y muy amplios, tales como fuerzas internas y agentes externos, sin abundar

sobre los mismos. Al mencionar las fuerzas internas, se las puede vincular con la zona de subducción (Fig 9.4)) o encuentro de placas, reservando para más adelante la profundización sobre los postulados de Wegener y todo el andamiaje geofísico de la Tectónica de Placas. Por otra parte, de manera progresiva se podrá profundizar sobre los agentes externos por cuanto sus acciones y resultados son más familiares en el paisaje natal, a lo cual contribuyen los medios de comunicación.



Fig. 9.5 Estratos horizontales. Catamarca, Argentina



Fig. 9.6 Estratos inclinados. Salta Argentina



Fig.9.7 Estratos sedimentarios donde los inferiores son más antiguos que los superiores. Mendoza, Argentina



Fig.9.8 Rocas ígneas (blanquecinas) más nuevas, que se introducen en rocas metamórficas (oscuras) más antiguas. San Luis, Argentina

## La historia del paisaje geológico y la alfabetización geológica

La formación de ciudadanos críticos permitirá reconocer el paisaje geológico como un recurso natural (Lacreu, 2007), dado que la convivencia cotidiana con el paisaje hace que se le preste poca atención a su cuidado, naturalizando acciones insustentables que son nocivas para la sociedad.

Se pone mucho énfasis en dicho recurso como un bien natural, porque la presencia o ausencia de determinados componentes, condiciona en gran medida las actividades económicas, sociales y culturales de la comunidad y le imprimen rasgos particulares de identidad. A la vez, el tratamiento de esta temática complementa la alfabetización científica, por cuanto introduce conceptos sólo aportados por la Geología para la reconstrucción del pasado de la Tierra a través del estudio de las rocas, sus cambios en el tiempo y su distribución en el espacio tridimensional.

La consideración del Paisaje Geológico como objeto de investigaciones escolares, requiere planificar las estrategias a través de las cuales se abordarán conceptos intuitivos como la inmutabilidad del relieve, de las rocas y otros. Esto permitirá desarrollar competencias que habitualmente están ausentes en la escuela, y que dificultan la comprensión y valoración de la identidad propia de una comunidad, como así también impide *desnaturalizar las causas de algunos daños inducidos*.

Por otra parte, cabe señalar que la ciudadanía geológicamente alfabetizada además de comprender la historia de la Tierra y las formas en que esta es reconstruida, podrán utilizar esos conocimientos para comprender la distribución actual de amenazas y bienes naturales geológicos y podrán discernir entre las causas naturales y antrópicas de algunos problemas ambientales. Todo ello configura un empoderamiento para actuar como ciudadanxs en relación con la orientación de las políticas públicas y/o privadas que intentan eludir los controles públicos.

La alfabetización geológica es una tarea compleja y su abordaje se verá facilitado si se consulta el texto “Alfabetización en Ciencias de la Tierra” (Pedrinaci et. al. 2013). Se trata de un trabajo muy completo y fundamentado en el que se exponen 10 Ideas Clave para comprender el funcionamiento de la Tierra, sus interacciones con los sistemas vivientes, en particular con la humanidad. Dichas Ideas Clave constituyen una guía para la elaboración de los currículos de Ciencias de la Tierra en la Educación secundaria y un punto de referencia para el profesorado para su tratamiento en el Aula. Se destaca que

cada una de ellas, está desagregada en varios ítems que los profesores podrán seleccionar según el nivel escolar y la profundidad que deseen desarrollar.

La construcción de la Historia del Paisaje Geológico en los niveles educativos más elevados, requiere de varios contenidos geológicos, todos los cuales forman parte de las “10 Ideas Clave” y el tratamiento exhaustivo de cada Idea Clave, supone el desarrollo de todos los ítems incluidos en ella, tal como se puede apreciar en el trabajo citado.

Sin embargo, la enseñanza en el nivel primario deberá realizarse con menor complejidad, seleccionando los ítems considerados más relevantes y pertinentes según las edades. A medida que se avance en la escolarización se podrá incrementar la cantidad de ítems y profundizar los enseñados anteriormente.

De manera tentativa, de acuerdo a la propuesta de Lacreu (2017b) se proponen tres niveles de complejidad que se indican en las columnas del Cuadro 9.1: baja, intermedia y alta. Cabe mencionar que el nivel de complejidad “baja” no se restringe a los alumnos de la escuela primaria ya que también puede incluir a los del secundario o terciario que por primera vez se aproximan a esta temática.

Por otra parte, además de los niveles de complejidad, los contenidos pueden desarrollarse gradualmente con distinta profundidad, dentro de las categorías de “menciones”, “nociones” y “conceptos”, conforme a la decisión que adopte cada docente en su contexto.

A modo de ejemplo se puede señalar que, en los primeros años de primaria sería posible hacer “mención” a la existencia de rocas volcánicas y plutónicas, basándose en la textura con una breve explicación de la misma, dejando dentro de la “caja negra” según Fourez, (1994), todo lo referido a mineralogía, índice de color, serie de Bowen, diferenciación magmática y ambientes geotectónicos. Algunos años más adelante, se podrán introducir “nociones” sobre las variedades más comunes de rocas ígneas para lo cual se extraerán de la caja negra contenidos básicos de la mineralogía, el índice de color y el ambiente geotectónico. Finalmente, en años superiores del secundario se podrá realizar un tratamiento “conceptual”, incorporando la serie de Bowen y la diferenciación magmática para que, junto con los contenidos previos, se pueda lograr una mayor comprensión y capacidad explicativa.

Conforme a lo expuesto, se propone el desarrollo de la historia del paisaje geológico como un contenido obligatorio, tanto en la educación primaria como en la secundaria, con la finalidad de motivar la enseñanza y el aprendizaje de la geología y contribuir a profundizar el análisis de las problemáticas ambientales (Lacreu, 2007).

**Cuadro9.1: Ítems de las Ideas claves sugeridos para diferentes niveles de complejidad en la enseñanza de la Historia del Paisaje Geológico**

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

\* El trabajo con esta idea clave, está limitado a la presencia de fósiles en las rocas

\*\* Los números de cada columna representan los ítems desagregados de cada idea clave (Ver detalles en Pedrinaci, E. et al, 2012 <https://bit.ly/3zjNjIG>)

Se trata de un contenido potente, porque permite que los alumnos perciban el sentido que tienen los contenidos que se habrán de estudiar. En efecto, el sentido deriva del hecho que, desde un comienzo, los alumnos asumen que sus aprendizajes serán útiles para la construcción de un conocimiento que ellos no poseían.

Además, podrán aplicar estos conocimientos para comprender de un modo elemental tanto la historia de cualquier paisaje del mundo, como explicar las razones que justifican la presencia o ausencia de recursos o amenazas geológicas en su propio hábitat.

Así mismo, comprenderán que la construcción de dichos conocimientos no se realiza de cualquier manera, sino mediante una metodología científica basada en experiencias (no sólo experimentos) personales/intelectuales, que reconocen como eje temático los cambios del contexto y sus materiales a lo largo del tiempo geológico.

Finalmente, se considera que la construcción de relatos históricos sobre el paisaje en el que viven los alumnos, resultará estimulante para ellos y sus profesores toda vez que la historia y la forma en que fue construida podrá ser compartida con la familia y la comunidad.

## **Metodología de construcción de la historia geológica de un paisaje**

A continuación, se expone el desarrollo de un taller ofrecido a profesores de ciencias de la Tierra, en Huelva España, (Lacreu, 2012) durante el XVII Simposio sobre enseñanza de la Geología, organizado por la Asociación Española de Ciencias de la Tierra (AEPECT). Dicho taller consistió en la construcción virtual de la Historia Geológica de la región de Potrero de los Funes, San Luis Argentina. Cabe reconocer, que tuvo muy buena acogida y fue necesario repetirlo al finalizar el evento.

Para la planificación del taller se consideró que los profesores dominaban los conceptos del Alfabeto Geológico. Como material concreto para el análisis se aportaron pequeñas muestras de rocas de los geositos a ser analizados. Por otra parte, de modo virtual, utilizando la plataforma Google Earth se facilitó el acceso a la localidad y se ofreció la posibilidad de acceder a fotos de los afloramientos y sus rocas mediante archivos preparados ad-hoc, localizados en Drive. También se entregaron fotos aéreas, acetato con lápices de alcohol para realizar una fotointerpretación elemental y dibujar los mapas hipotéticos. Además de dichos insumos se desarrollaron algunos conceptos metodológicos a fin de poder articular los recursos ofrecidos.

### ***I.- Trabajo previo al trabajo de campo (real o virtual)***

a) Esta primera etapa de trabajo tiene por finalidad la construcción de un mapa geológico preliminar (mapa hipotético) de la región a estudiar y la elaboración de algunas hi-

pótesis sobre la denominación – el origen y materiales constituyentes - de las geoformas presentes. Para ello se proponen las siguientes actividades:

Realizar la fotointerpretación de la región a estudiar. Aunque se podría trabajar “en pantalla”, se prefiere que, en el marco de un trabajo grupal (Fig. 9.9), los integrantes utilicen una foto aérea impresa en papel, sobre la cual se coloca una lámina de acetato para delimitar las unidades de terreno mediante rotuladores permanentes (Fig. 9.10), las que serán convenientemente referenciadas. El criterio a utilizar para la delimitación estará basado en la representación de unidades homogéneas de fotoelementos tales como forma, tono, textura y patrón.



Fig. 9.9 Trabajo Grupal de fotointerpretación (Campinas 2009)

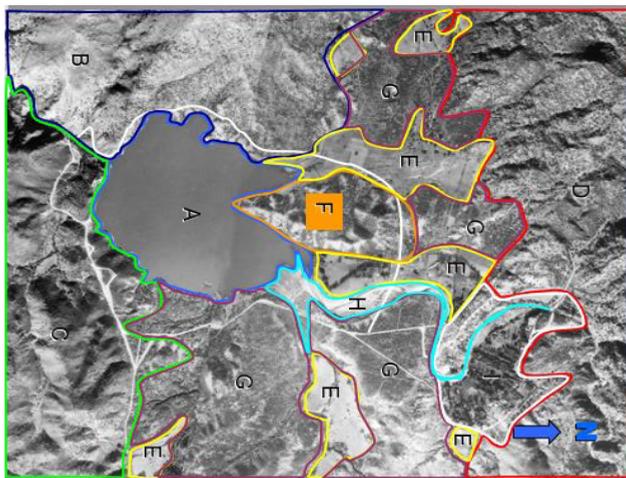


Fig. 9.10 Fotointerpretación Potrero de los Funes San Luis, Argentina

b) Completar la Tabla 1. Utilizando las referencias del mapa hipotético, se elaborarán hipótesis sobre las geoformas y los materiales que constituyen cada unidad.

**Tabla 1: Geoformas y Materiales de Potrero de los Funes**

UNIDAD	GEOFORMAS		MATERIALES	
	Tipo, rasgos	Origen	Tipo, rasgos	Origen
A				
B				
C...				

### **II.- Trabajo de campo virtual:**

De un modo similar a los trabajos de campo “reales”, los participantes realizarán un itinerario, visitando virtualmente los geositios, representativos de cada unidad de terreno delimitada. La ubicación de los geositios ha sido previamente planificada por el profesor, quien con antelación ha reconocido la región y seleccionado geositios representativos para la tarea de construcción de una historia geológica. En dicha fase de planificación el docente deberá, además, obtener las fotos de los afloramientos y macrofotografías de las rocas y sus contactos, que luego utilizará para elaborar un recurso didáctico y colocarlo en internet.

Una vez concluido el mapa preliminar, el profesor proyectará la foto (imagen) utilizada, donde estarán, convenientemente numerados los geositios que se propone visitar. Así, en cada geositio, los participantes dispondrán de fotografías del afloramiento y de sus rocas (Fig. 9.11) para efectuar sus observaciones y mediante hipervínculos podrán acceder a las fotografías de detalle (Fig 9.13 a y b). Con dichas finalidades se prevén las siguientes actividades.

a) Procurar un consenso sobre las observaciones. En pequeños grupos, debatir y acordar sobre la cantidad de unidades de rocas presentes, sus rasgos generales (color, disposición, etc.), así como la ubicación y rasgos de sus contactos.

b) Realizar un bosquejo geológico. Como resultado del acuerdo, cada participante dibujará en un papel, el correspondiente bosquejo geológico, utilizando convenientemente las referencias para identificar las unidades.

Estos resultados serán autocorregidos mediante la proyección de las unidades que se espera, sean identificadas (Fig.9.12).

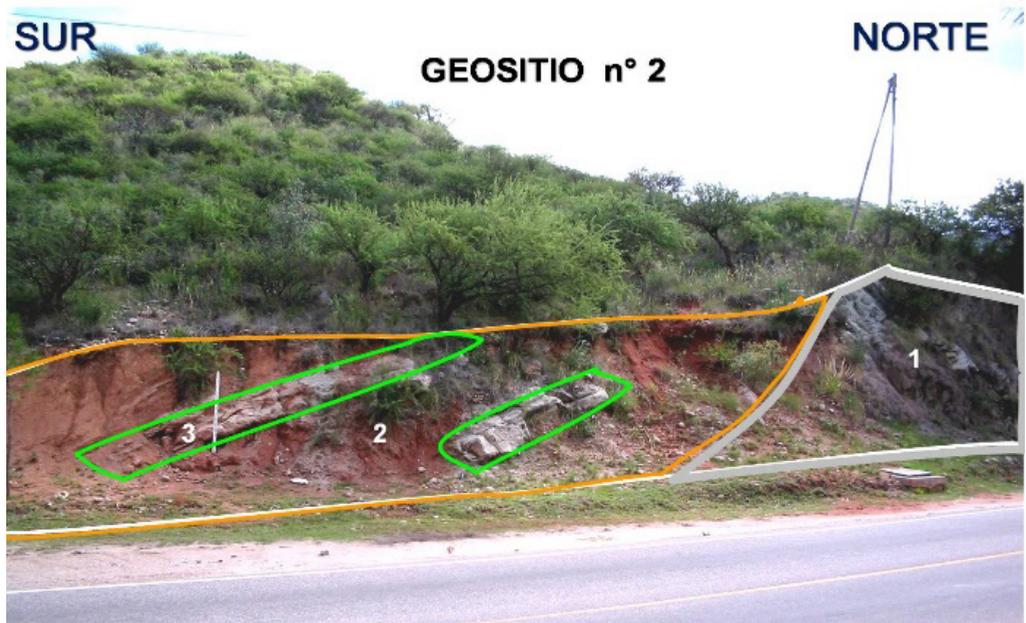


Fig. 9.11- Geositio 2: Afloramiento e indicación de unidades para la autocorrección del bosquejo geológico

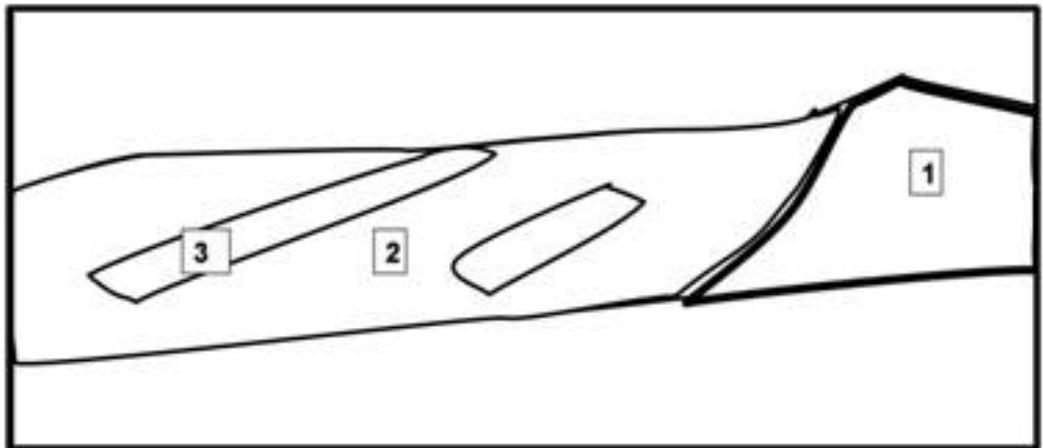


Fig. 9.12 Bosquejo Geológico

Analizar las rocas y estructuras de cada unidad. Esta actividad se realiza utilizando muestras reales de mano, o bien macrofotografías incluidas como hipervínculos, teniendo en cuenta las referencias indicadas en el bosquejo geológico. El grupo describe, analiza y redacta los acuerdos alcanzados sobre su clasificación y sobre los procesos y ambientes de formación.



Fig. 9.13.a - Arenisca



Fig. 9.13.b - Granito

c) Dibujar una columna estratigráfica del geositio y redactar una historia geológica que dé cuenta de todos los procesos que permitieron su configuración. Para ello, la narración histórica comienza con las rocas más antiguas que se habrán colocado en la base del dibujo. Se aclara que, siguiendo la Guía Estratigráfica Internacional, el concepto de estratigrafía alude a todas las rocas, no sólo a las sedimentarias, como se muestra en la Fig. 9.14.

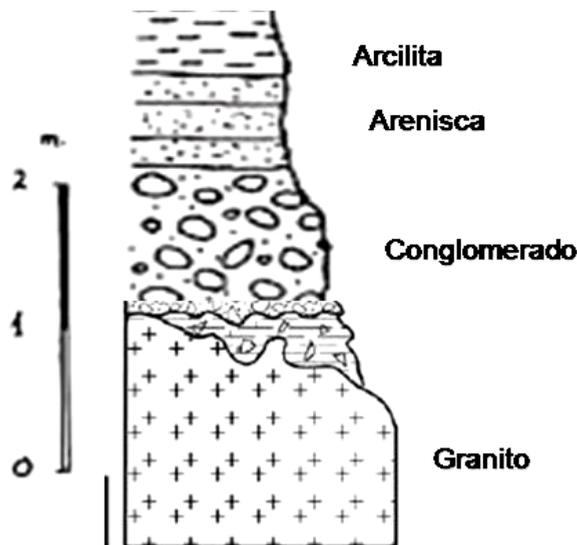


Fig. 9.14 Columna Estratigráfica

Desde el punto de vista metodológico, cabe reflexionar que esta instancia de trabajo corresponde a la contrastación de las hipótesis formuladas en la etapa previa (Tabla1). Ello significa que las mismas podrán ser confirmadas, modificadas, descartadas o reemplazadas por otras nuevas. Por otra parte, se señala que en la escala del afloramiento se utilizará una metodología deductiva, toda vez que se emplearán los marcos teóricos conocidos para describir y explicar los rasgos advertidos en las rocas.

En consecuencia, al finalizar el análisis de todos los geositios, el “mapa hipotético” se habrá transformado en otro que llamamos “mapa controlado”, en el que habrá mayor certidumbre respecto de sus materiales.

### III.- Correlación de perfiles

Finalizado el recorrido virtual y la caracterización de cada geositio, cada grupo habrá establecido los principales rasgos estratigráficos y los materiales comunes a toda la región. Sobre la base de estos conocimientos construidos, se propone el establecimiento de relaciones significativas entre todos los perfiles, con el objeto de integrar todas las columnas en una única columna estratigráfica, representativa de toda la región como se observa a la izquierda de la Fig.9.15, incluida en el interesante libro de W.H. Matthews III (1972). Sobre el particular, es necesario recordar que dicha columna regional es una construcción teórica que refleja una representación posible de todos los sucesos geológicos de los cuales quedaron registros y que así pudieron ser estudiados.

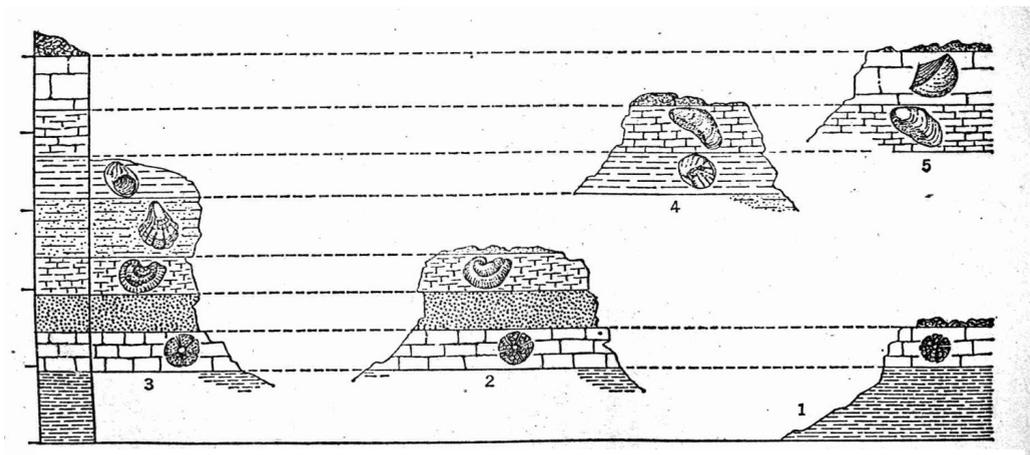


Fig. 9.15 Ejemplo de correlación de geositios e integración en una columna regional. Matthews III, 1972, pag 114

Es decir, constituye un modelo de una realidad que fue cambiando y que en la actualidad está representada fragmentariamente. En efecto, en ningún lugar del Potrero de los Funes se encuentra la columna estratigráfica completa debido a que los procesos erosivos eliminaron algunos sectores, pese a lo cual pudo ser reconstruida y constituye la guía del relato que habrá de construirse.

#### ***IV.- Construcción de la Historia Geológica***

La construcción de un relato cronológico y argumentado acerca de los cambios geológicos reflejados en el relieve, sus geoformas y rocas, constituye la Historia Geológica de una región. Desde el punto de vista metodológico, cabe promover la reflexión sobre dicha historia ya que representa una teoría de la evolución de la región y que la misma fue construida inductivamente, sobre la base de la integración de varios geositos singulares.

### **Algunas consideraciones geológicas sobre la historia del paisaje geológico**

Sobre la base de lo expuesto, se puede afirmar que los componentes geológicos del paisaje (sus elementos abióticos naturales) son nombrados, investigados y utilizados con diferentes significados y finalidades según se trate de uno u otro campo disciplinar. En el caso de la Geografía, dichos componentes pueden representar factores que permiten explicar la evolución y las características económico sociales, culturales y/o políticas de las sociedades. En cambio, desde un enfoque geológico, los mismos componentes representan una asociación de rocas, estructuras, geoformas y el desafío para la Geología, como didáctica específica de la geología, es tratar de comprender los procesos que dieron lugar a dicha configuración, tal como se sugirió en el apartado anterior.

En efecto, “desde el punto de vista epistemológico, la reconstrucción de la historia del paisaje geológico introduce a los alumnos en el estudio de sistemas abiertos y complejos, típicos de la Naturaleza, para cuya comprensión, además de conceptos, técnicas y procedimientos, requiere de razonamientos científicos abductivos, hipotético - deductivos, deductivos e inductivos. Así, de este modo se pone en juego el carácter histórico – hermenéutico de la Geología (Frodeman, 2010), que constituye su singularidad científica” (Lacreu, 2015).

El desafío del abordaje de la Historia del Paisaje Geológico en la enseñanza permite la introducción de las variables de tiempo y espacio, además de los tradicionales

contenidos sobre rocas, estructuras, geofomas y otros. Es por eso que sostenemos que la alfabetización científica requiere la integración más enjundiosa de la Geología ya que permite promover reflexiones sociales que no se limiten a la mera enunciación de los recursos y riesgos geológicos de una región sino que permitirá profundizar la comprensión sobre al menos dos interrogantes fundamentales: ¿por qué en algunas regiones existen riesgos y recursos geológicas y en otras no?, ¿Cómo prever la posibilidad de existencia de recursos y riesgos en alguna región de interés?

A grandes rasgos, ya sea en el campo o en el aula, la construcción de la historia geológica del paisaje requiere de una planificación geolodáctica para el desarrollo de una metodología de investigación escolar en la cual habrá que formular hipótesis basadas en indicios del terreno, y habrá que diseñar experiencias intelectuales y de campo para verificar, o no, dichas hipótesis. A tal efecto, será necesario trabajar en 3 o 4 afloramientos, cambiar de escalas mega a macroscópicas, para llegar a reconocer cuáles son los materiales que están presentes, sean estos suelos o rocas. Obviamente, como se ha dicho, es preferible que dichos materiales y sus contactos, estructuras y relaciones estratigráficas sean reconocidos en un afloramiento en el terreno. Sin embargo, es posible realizar tareas análogas en el aula, a través de creaciones didácticas que incluyan TICs, imágenes satelitales, fotos de afloramientos y muestras reales de rocas y suelos.

Continuando con la metodología (Lacreu, 2012), se sistematizarán los datos obtenidos en cada afloramiento (secuencia estratigráfica, edades relativas y actitudes) para que a posteriori, mediante un razonamiento inductivo, se puedan relacionar con los otros afloramientos singulares y construir un conocimiento general del paisaje incluyendo la distribución espacial y temporal de las unidades litológicas reconocidas y relacionarlas con sus orígenes. Dichas unidades, están representadas por rocas cuya génesis deberá interpretarse a través de sus características texturales y composicionales, para lo cual se emplearán razonamientos deductivos, debido a que ya existen teorías como el ciclo de las rocas que permiten relacionar dichas características con los procesos formadores.

Como se podrá apreciar, mediante el uso de las herramientas que aporta el Alfabeto Geológico no sólo es posible construir historias geológicas más o menos complejas de algún paisaje geológico, sino que es un enfoque que puede resultar motivador porque permite que los contenidos geológicos resulten útiles y necesarios, es decir, tengan sentido ya que contribuyen a la comprensión de aspectos del entorno, que pocas veces son cuestionados.

Conforme a lo expuesto, se puede advertir que los contenidos geológicos mínimos necesarios para poder realizar las actividades mencionadas, son los que habitualmente se enseñan en la escuela, aunque se propone hacerlo desde una perspectiva histórica. En efecto, como parte de las tareas iniciales de un curso sería posible “provocar” a los alumnos con preguntas sobre lo que ellos saben o puedan averiguar, mediante el uso de internet o de aplicaciones específicas, acerca del paisaje geológico. Luego, mediante una “tormenta de ideas” se puede rellenar la pizarra con los temas, dudas y conceptos que se manifiestan y sobre la base de esta “inmersión” en el tema, es muy posible que la propuesta de considerar al paisaje local como objeto de estudio no sólo sea aceptada, sino demandada.

Podría considerarse que la propuesta de investigar sobre la historia del paisaje geológico es excesivamente compleja y que posee una cantidad de prerrequisitos que sería inabordable. Sin embargo, se considera que merece la pena desarrollarla con el auxilio del Alfabeto Geológico, por cuanto representa una posible respuesta a las críticas y sugerencias acerca de la enseñanza de las Ciencias de la Tierra y la escasez de las salidas al campo para analizar la complejidad de la naturaleza.

Por otra parte, se recuerda que debe existir una progresividad en la secuenciación de contenidos y que se puede comenzar a construir historias geológicas utilizando unos pocos saberes geológicos del “Alfabeto Geológico” para luego complejizarlas, en la medida que sea necesario. Esta afirmación está inspirada en el concepto de las cajas negras (Fouriez, 1994:65), que se caracterizan por ser la “representación de una parte del mundo, que se acepta en su globalidad sin considerar útil examinar los mecanismos de su funcionamiento. Así, cuando se utiliza un martillo es generalmente innecesario conocer las redes cristalinas del acero de la cabeza del martillo: se trata de una caja negra”. De igual modo, conociendo el principio de horizontalidad, cuando se observan estratos inclinados, se puede afirmar que hubo fuerzas internas que los dislocaron, manteniendo dentro de “la caja negra” el origen y la naturaleza de dichas fuerzas. Asimismo, sobre la base de las texturas y colores es posible lograr una primera interpretación genética de las rocas, reservando para más adelante las precisiones clasificatorias y mineralógicas.

Por otra parte, el recorte geológico del paisaje, también se basa en nuestra interpretación del concepto de “islote de racionalidad” (Fouriez, Op. cit.). Tal “islote geológico”, es una representación parcial de una realidad más compleja, para cuyo completo conocimiento se requieren otros abordajes referidos a la biodiversidad y la antropización del territorio.

El desafío de construir la historia de un paisaje geológico de cualquier región, en el campo o en el aula, requiere, como se ha mencionado, de una planificación geolodáctica que incluya, como mínimo, el dominio de algunos conocimientos geológicos básicos sobre las rocas y sus orígenes, los principios de básicos de superposición, horizontalidad y el de intrusividad para poder establecer edades relativas de cuerpos rocosos.

Se puede afirmar, que utilizando dichos conocimientos y con un mínimo de dos materiales (rocas, estratos) diferentes (ver Fig 9.5, 9.6 y 9.7) ya es posible construir una pequeña historia, comenzando por el recordado modismo de “érase una vez, un estrato de roca sedimentaria que se formó en..., debido a... y, luego de mucho tiempo se formó otro que cubrió al primero, pero se formó de otra manera porque...”. Además, la historia podría completarse agregando que dichos estratos nunca fueron modificados (si están horizontales) o bien, fueron modificados... (plegados, inclinados) con lo cual podremos afirmar que existieron (o no), fuerzas internas que actuaron en la configuración de tal paisaje.

### Bibliografía citada

- Cervato, C. y Frodeman, R., 2013. Importância do tempo geológico: desdobramentos culturais, educacionais e econômicos. *TERRÆ DIDÁTICA* 10:67-79 <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637389>
- Compiani, Mauricio, Gonçalves, Pedro Wagner, 1996. Epistemología e historia de la geología como fuentes para la selección y organización del curriculum. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (4.1), 38-45 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=234500>
- Fourez, G., 1994. Alfabetización Científica y Tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. Ed. Colihue. Buenos Aires, 256 p
- Frodeman, R. 2010. O raciocínio geológico: a geologia como uma ciência interpretativa e histórica. *Terræ Didática*, 6(2):85-99 [https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v6\\_2/pdf-v6\\_2/TD\\_6\\_2\\_A4\\_Frodeman.pdf](https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v6_2/pdf-v6_2/TD_6_2_A4_Frodeman.pdf)
- Lacreu, H. L. 1997. Transformando las rocas (Simulaciones con un modelo analógico). *Ens. Ciencias de la Tierra* vol 5.2:127 <https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/88433/132358%20>
- Lacreu, H. L. 2007. La historia geológica del paisaje como contenido esencial en la enseñanza obligatoria. *Alambique* núm 51: 76-87 <http://tinyurl.com/35nae57x>
- Lacreu, H. L., 2012 Recursos virtuales para la interpretación geológica del paisaje. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2012 (20.2) p. 198-202 <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/257539>

- Lacreu, H. L., 2015. Geociencias para la formación ciudadana XIV Congreso Geológico Chileno, Actas:469-472. La Serena, Chile. <https://www.researchgate.net/publication/317721970>
- Lacreu, H.L., 2017a. La enseñanza de la Geología en el nivel preuniversitario. Ponencia en la Mesa redonda “Enseñanza de la Geología” XX CGA. [https://www.academia.edu/37722329/Desaf%C3%ADos\\_Alfabetizaci%C3%B3n\\_Geol%C3%B3gica\\_8p\\_Lacreu\\_HL\\_2017\\_pdf](https://www.academia.edu/37722329/Desaf%C3%ADos_Alfabetizaci%C3%B3n_Geol%C3%B3gica_8p_Lacreu_HL_2017_pdf)
- Lacreu, H.L. 2017b. El paisaje geológico en la enseñanza de las geociencias: ¿Es un recurso didáctico, es un objeto de estudio o ambas cosas a vez? Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, (25.3) <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7103729>
- Lacreu, H.L. 2020. Geolodáctica del Paisaje Natal Alambique 102:147-154 <https://bit.ly/3lmPGm0>
- Matthews III, William H., 1972. Invitación a la Geología La Tierra a través del tiempo y del espacio. EU-DEBA, Argentina
- Pedrinaci , E., Alcalde, S., Alfaro, P., Almodóvar, G.R., Barrera, J.L., Belmonte, A., Brusi, D., Calonge, A., Cardona, V., Crespo-Blanc, A., Feixas, J.C., Fernández-Martínez, E., González-Díez, A., Jiménez-Millán, J., López-Ruiz, J., Mata-Perelló, J.M., Pascual, J.A., Quintanilla, L., Rábano, I., Rebollo, L., Rodrigo A. y Roquero, E. 2013. Alfabetización en Ciencias de la Tierra. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 21.2., 117-129. <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/274145/362238>



RED DE EDITORIALES  
DE UNIVERSIDADES  
NACIONALES



Universidad  
Nacional  
de San Luis