

El paisaje geológico en la enseñanza de las geociencias: ¿Es un recurso didáctico, es un objeto de estudio o ambas cosas a vez?

The Geological Landscape in Geosciences Teaching: ¿Is it a didactic resource, is it a subject of study, or can it be both at the same time?

HÉCTOR LUIS LACREU

Toesca 1836, (5701), Juana Koslay, San Luis, Argentina. E-mail: lacreu@gmail.com

Resumen En esta contribución se analiza la conveniencia de poner mayor énfasis en la consideración de los aspectos históricos y evolutivos de los elementos abióticos naturales presentes en el paisaje. Para ello se propone al paisaje geológico como un objeto de investigación escolar a fin de buscar respuestas a preguntas infrecuentes en la alfabetización científica de los ciudadanos: ¿Cuál es la historia del paisaje geológico que me rodea?, ¿La historia del paisaje geológico, tiene valor patrimonial – cultural?, ¿Existe motivación y compromiso de los ciudadanos para su protección? Se considera que la construcción de valores e hipótesis propias sobre el paisaje cercano es un desafío motivador tanto para alumnos como para profesores y podría contribuir a superar algunas dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el campo de la Geología. Se analizan las ventajas de realizar una simulación de investigación en el aula, en el caso que sean imposibles las salidas al campo. Por otra parte, se pone en evidencia la necesidad de una adecuada planificación didáctica en la cual, además de los aspectos sociales y biológicos, se adjudique un papel relevante a la pertinencia, selección y secuenciación de los contenidos geológicos del currículo de manera que resulten contextualizados en el paisaje que se elija como objeto de estudio. Dichos contenidos, junto con la metodología de investigación escolar, desde el inicio de las actividades cobrarán un sentido que habitualmente no tienen, toda vez que serán reconocidos como necesarios para construir una “hipótesis” que, en forma de historia, podrá ser compartida con la familia y la comunidad.

Palabras clave: Alfabetización, didáctica, historia geológica, investigación escolar, paisaje geológico.

Abstract *This contribution analyzes the convenience of placing a greater emphasis on considering the historical and evolutionary aspects of the natural abiotic elements present in the landscape. In order to do this, the Geological Landscape is proposed as an object of school research so as to give answers to infrequent questions in the scientific literacy of citizens: What is the history of the geological landscape that surrounds me? Does the history of the geological landscape have a cultural value. Are there any citizens motivated by their protection and committed to it? It is considered that letting students construct their own values and hypotheses about the surrounding landscape is a motivating challenge both for them and their teachers, and could help them to overcome the difficulties in the teaching and learning of Geology. The advantages of this classroom research are analyzed, in the event that field trips are impossible. On the other hand, the need for adequate didactical planning becomes clear; we have to reflect on how to take not just social and biological aspects but also geological contents into account when setting up the curriculum, in such a way that they fit into the landscape that has been chosen as object of study. These contents, together with the school research method, will make sense from the beginning, being recognized as necessary to build a hypothesis that, as a story, can be shared with the family and the community.*

Keywords: Didactics, geological history, geological landscape, literacy, school research.

“...parece que en ocasiones esperásemos que los estudiantes incorporen la idea de una Tierra en permanente cambio simplemente porque afirmemos que eso es lo que ocurre, a pesar de que todas las evidencias de sentido común les indican que los relieves y las montañas permanecen inalterables, salvo que el hombre o su fe intervengan”

Emilio Pedrinaci, 1998

INTRODUCCIÓN

Cabe señalar que la enseñanza de la Geología está en crisis, debido a una lamentable cadena de desaciertos en varios países como Argentina y España, entre otros, ya que sus gobiernos no consideran a la Geología como una ciencia básica y, en parte, por ello reducen o eliminan sus contenidos curriculares. La continuidad de esta crisis, desde hace unos 20 años, ha derivado en un importante declive general de la enseñanza de las ciencias en todo el mundo, señalada en varios trabajos recientes. (Casas *et al.*, 2016).

En España, desde la AEPECT se ha iniciado nuevamente un movimiento de resistencia para revertir las medidas derivadas de la LOMCE (Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa). Con tal motivo, David Brusi, presidente de la AEPECT el 6-03-17, informó acerca de los riesgos de “extinción” de la Geología como ciencia básica en Bachillerato y a través del sitio WEB, realizó un llamamiento para intentar evitar los daños que pudieran derivarse de esta situación. Este panorama desalentador es una profundización de un camino iniciado con la LOE en 2006 y ocurre pese al importante esfuerzo realizado por varios investigadores, que quedó plasmado en un importante documento sobre la Alfabetización en Ciencias de la Tierra (Pedrinaci *et al.*, 2012).

Estos retrocesos, también se advierten en Argentina (Lacreu, 2013) y en varios países europeos, donde los contenidos geológicos tienen escasa presencia curricular (Calonge *et al.*, 2012). Además, su enseñanza está a cargo principalmente de profesores de otras titulaciones, que reconocen tener preparación insuficiente en Geología y, aunque han asistido a cursos y talleres de actualización, se sienten inseguros para proponer a sus alumnos salidas de campo (Del Toro y Morcillo, 2011).

Otras investigaciones señalan que, en encuestas realizadas a profesores de Educación Secundaria y Bachillerato de Ciencias Naturales, se percibe cierta inconsistencia debido a que “las salidas de campo deseables no coinciden con las reales” (Morcillo *et al.*, 1998 p. 248). En el mismo estudio se concluyó que ocurre una inconsistencia similar con el tipo de salidas, ya que los profesores manifiestan que desearían realizar salidas motivadoras e investigativas, pero las salidas reales son ilustrativas.

Cabe señalar que también los profesores advierten algunas dificultades en los alumnos. Por ejemplo, se pueden mencionar las referencias de Casas *et al.* (2016), sobre el escaso “interés e implicación del alumnado, que percibe la educación científica como irrelevante y difícil” y que “los programas son muy densos, el lenguaje científico es complejo, la ciencia está alejada de los intereses y contextos del alumnado y que la manera de enseñar ciencias es

muy abstracta y no se hace atractiva para el alumnado” (Casas *et al.* 2016 p. 214).

Estas regresiones suelen atribuirse a las desafortunadas decisiones gubernamentales. Sin embargo, parece necesario profundizar en la reflexión sobre las razones político – ideológicas de estas medidas y también sobre el rol, a veces pasivo de la comunidad geológica en general. Es posible hallar responsabilidades compartidas y no es útil quedarse con la mera explicación, cierta pero insuficiente, de que las autoridades educativas son incompetentes analfabetos geológicos (Lacreu, 2012a; Pedrinaci, 2012b).

De un modo más preciso, se ha mencionado que uno de los principales obstáculos epistemológicos que se deben atender en la enseñanza de la Geología, está relacionado con la dificultad de que “el alumnado asimile la idea de *globalidad*, es decir, la integración de cualquier fenómeno o proceso geológico en el funcionamiento global del planeta, en el sentido, por ejemplo, de que los terremotos o el metamorfismo no son independientes de la orogénesis, del magmatismo o de los desplazamientos corticales, sin tener que recurrir a interpretaciones vitalistas u organicistas” (García, 1998 p. 328).

Finalmente se puede considerar que el conjunto de afirmaciones precedentes constituye un diagnóstico que indica que los profesores reconocen sus dificultades para la enseñanza de la Geología y que los alumnos no le encuentran sentido y están desinteresados en su aprendizaje. Dicho diagnóstico puede completarse mediante la consulta de la exhaustiva bibliografía incluida en los trabajos antes citados. Allí pueden recabarse algunas dificultades prácticas para la adecuada enseñanza de la Geología, especialmente en la educación secundaria, tanto obligatoria como postobligatoria. Se recomienda especialmente el trabajo de Pedrinaci, donde se analiza la dificultad de algunos profesores para resolver problemas sencillos en el campo (Pedrinaci, 2012a p. 84).

OBJETIVOS

En este artículo nos proponemos compartir algunas reflexiones surgidas de nuestras experiencias con cursos de capacitación de docentes en argentina, considerando experiencias similares de otros países. Nuestros objetivos son:

- Contribuir a promover reflexiones sobre el enfoque epistemológico de la didáctica de la Geología, a fin de enfatizar su carácter histórico e interpretativo, evitando las confusiones con las ciencias sociales.
- Persuadir al profesorado de la conveniencia de valorar y adoptar con mayor frecuencia al pai-

saje geológico (PG) como un objeto de estudio para la construcción de historias geológicas y de este modo motivar afectivamente a los docentes y alumnos involucrados.

ESTÍMULO Y EMOCIÓN PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

Utilizando algunas ideas desarrolladas para los museos de ciencias (Wagensberg, 1998), en este caso aplicadas a la Geología del paisaje, se podría pensar que una forma de favorecer su enseñanza es proponer un diálogo directo con la naturaleza, mediante experimentos con artefactos o con experiencias intelectuales creativas. En ambos casos, la interacción del sujeto con un objeto de la realidad puede asimilarse a un proceso de comunicación creativa hombre – naturaleza, de un modo similar al que se establece con una obra de arte.

Dicha interacción, por motivos insondables provoca estímulos, emociones y emergen respuestas que pueden favorecer nuevas preguntas. Esta reflexión resulta interesante de considerar en el diseño de estrategias innovadoras para generar condiciones anímicas favorables y estimular el deseo por el aprendizaje.

Dichas estrategias podrán ser muy variadas. En este trabajo defendemos una de ellas, consistente en la construcción de la historia geológica del paisaje (Lacreu, 2007), como un contenido a desarrollar de manera contextualizada, considerando las características y localización de cada centro educativo. La propuesta se sustenta en diversas experiencias del autor, en consonancia con la reflexión propuesta por Emilio Pedrinaci que sostiene: “Si el objeto de estudio de las ciencias se encuentra mayoritariamente fuera del aula, ¿cómo justificar que no salgamos de ella o que lo hagamos sólo excepcionalmente?” (Pedrinaci *et al.*, 2012a, p. 81).

En efecto, numerosos autores han comprobado el carácter atractivo y estimulante que tienen las salidas de campo y su potencialidad en relación con diferentes objetivos pedagógicos (Compiani *et al.*, 1993). Además, una adecuada planificación puede incluir aspectos lúdicos para favorecer situaciones 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.

Sin embargo, cuando se han agotado las posibilidades de concretar salidas al campo, consideramos que es posible ensayar un proyecto análogo, mediante la replicación de algunas estrategias de trabajo de campo en el aula (Lacreu, 2012b). Ello constituye un desafío que merece la pena intentar con propuestas innovadoras de investigación escolar en las que, además de los recursos habituales (rocas, mapas, fotos, imágenes), se incorporen otros tales como recursos virtuales (*Google Earth*, *Office*) y los multimedia.

Se asume “a priori”, que la historia del paisaje geológico (HPG) que rodea a una institución escolar resulta desconocida para la comunidad y por ello constituye un desafío a la creatividad, que puede ser emocionante y estimulante. En efecto, ello

podrá ocurrir si el profesor logra elaborar un relato para contar a sus alumnos la historia de algún paisaje, de una manera sencilla y utilizando un lenguaje adecuado. A modo de ejemplo hipotético, tal relato podría ser una ficción que movilice la imaginación de los alumnos a saber: *...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 para formar océanos y construir continentes, montañas y volcanes (agentes geológicos internos). Lo curioso es que, mientras las fuerzas internas van construyendo el paisaje, las externas lo van destruyendo. Ello ha sucedido por la actuación de enormes ríos torrentosos que bajan de las montañas, los terribles 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 lluvia sobre los continentes (agentes geológicos externos).*

EL PAISAJE GEOLÓGICO EN LA ENSEÑANZA DE LAS GEOCIENCIAS

Compartiendo la idea de que el paisaje es un constructo complejo que representa la integración de subsistemas abióticos, bióticos y antrópicos, se debe señalar que la enseñanza sobre el sistema abiótico es deficiente debido a que requiere el dominio de contenidos y didácticas específicas de la Geología, sobre la cual se perciben dificultades, tal como se mencionó en la introducción a este trabajo.

Teniendo en cuenta esas dificultades y la necesidad de buscar estrategias que permitan enfatizar la enseñanza de los contenidos geológicos, se propone adjetivar al paisaje en relación con sus aspectos geológicos para realizar un énfasis circunstancial en dichos contenidos que luego serán integrados con otros aportes. En ese sentido, se considera didácticamente adecuado aludir al paisaje geológico del mismo modo que en las ciencias sociales se usan otras adjetivaciones sobre el paisaje para destacar algunos de sus componentes: paisaje cultural, paisaje rural, paisaje urbano e incluso paisaje vegetal. En efecto, dichas adjetivaciones constituyen un recurso para “considerar dichos elementos separadamente, pero buscando y convirtiendo en objeto inmediato las relaciones existentes entre ellos. Este sería un camino, desde el punto de vista geográfico más adecuado que el anterior, puesto que con él nos acercamos más a la realidad total de la superficie terrestre”. (Bolós, 1983 p. 75).

El paisaje geológico, se puede definir como el conjunto de rasgos geomorfológicos, estructurales y litológicos que se perciben en una determinada porción de la superficie que esté al alcance de nuestros ojos y que son equivalentes a los factores abióticos geológicos del paisaje (Lacreu, 2014). Sin embargo, cabe matizar la definición previa para considerar que la extensión y complejidad del paisaje geológico, dependerán de la altura a la que estén 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 permanecen duran-

te tiempos prolongados. Consecuentemente, su estudio en zonas urbanizadas involucra el desafío adicional de apelar al pensamiento abstracto y tornar “transparentes” o “borrar” las obras humanas y, de ser necesario, también la cobertura vegetal.

La utilización del paisaje como un recurso didáctico es una estrategia que habitualmente tiene por objetivos la realización de observaciones, descripciones, inventarios y cumple la finalidad de exhibir ejemplos contextualizados de algunos contenidos de las ciencias sociales, biológicas y geocientíficas. Sin embargo, dichas actividades pueden resultar poco interesantes si no forman parte de algún problema que permita asignarles un sentido creativo y/o de utilidad.

A fin de trabajar en la búsqueda de sentido para los contenidos de las Ciencias de la Tierra, se propone la adopción del PG como un objeto de estudio más que como un recurso didáctico. Con tal finalidad, es conveniente transformar el recurso en un problema a resolver. Para ello podemos promover el cuestionamiento sobre los orígenes y evolución geológica de un paisaje a través de preguntas como: ¿Las geoformas del Paisaje (de cierto lugar) y sus materiales, siempre estuvieron allí? ¿Cuáles son, cómo son y qué distribución tienen? ¿Cómo y cuándo se habrán formado? ¿Qué material/es constituye/n cada geoforma?

La complejidad relativa de dichos problemas requiere un recorte epistemológico para enfocarlo sólo en los aspectos geológicos, asumiendo que estos serán posteriormente articulados con otros saberes provenientes de la geografía, biología, entre otros, para lograr una comprensión holística del paisaje.

El adjetivo “geológico” del paisaje, obedece a la necesidad de poner énfasis en los únicos elementos (geoformas, estructuras, contactos, rocas más o menos meteorizadas, etc.) que pueden ofrecer información para conocer la historia del relieve de una región, incluso para diferenciar el relieve natural del antropizado. Entonces, plantearse el problema sobre los orígenes del paisaje y su delimitación geológica, constituye un desafío para construir la HPG (Lacreu, 2012b).

En efecto, de un modo sintético y dejando de lado muchas precisiones, se pueden reconstruir historias geológicas de cualquier sitio, utilizando mínimos contenidos conceptuales y metodológicos de la geología. Nos referimos al ciclo de las rocas, los principios básicos de Geología como el de horizontalidad original, superposición de estratos e intersección que permiten establecer una cronología relativa de los cuerpos rocosos. También, aludimos a los métodos para comparar imágenes satelitales con el terreno y relacionar los datos obtenidos en diferentes geositos.

EL PAISAJE GEOLÓGICO COMO RECURSO DIDÁCTICO

Consideramos que un recurso didáctico es un dispositivo, utilizado 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

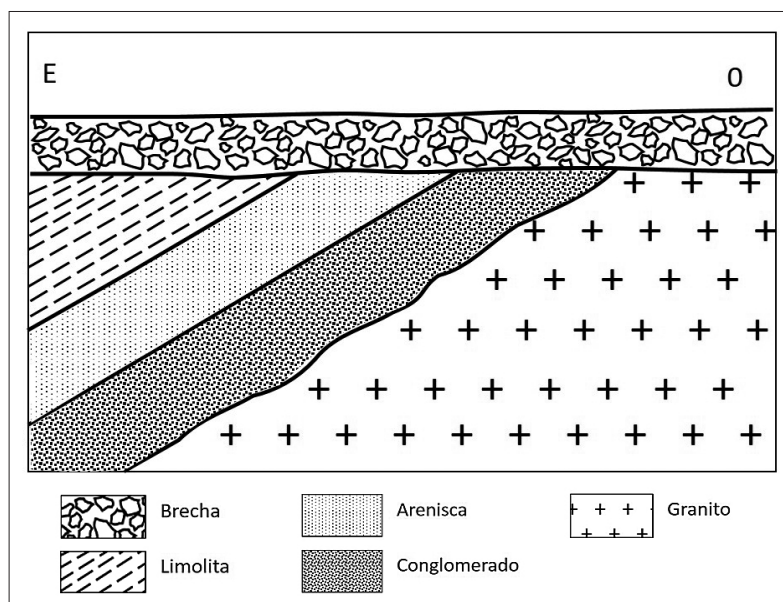
en diferentes soportes (impresos, audiovisuales, internet) que todos los casos deben ser accesibles a los alumnos. También pueden ser artefactos, o elementos y/o procesos, seleccionados siempre que estén contextualizados, a fin de actuar como motivación de los alumnos.

El PG 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 las geociencias, se utiliza para la recolección y reconocimiento de rocas, identificación de estructuras, geoformas, relieve, recursos y riesgos naturales.

Todos los aspectos mencionados son elementos aislados del PG, que frecuentemente son enseñados y evaluados como un fin en sí mismo, dentro de un proceso de aprendizaje memorístico que intentamos minimizar. En Argentina, el autor ha podido verificar que, en estos casos, la propuesta “tradicional” de trabajo en el campo se limita a proponer que los alumnos realicen una “investigación” consistente en el reconocimiento de rocas, estructuras y su clasificación. Las preguntas son del tipo ¿Qué materiales se podrán encontrar en el sitio a visitar? y rara vez, se propone la caracterización geomorfológica del lugar, ni se procura establecer relaciones causales entre las geoformas y sus materiales constituyentes.

A modo de ejemplo, se propone que el lector imagine un paisaje con lomadas suaves, con una ruta que permite observar barrancas con un perfil tipo como el de la figura 1. En el caso de una propuesta de trabajo de campo “tradicional”, el resultado será que los alumnos, además de dibujar el perfil, realicen una descripción como la siguiente: se trata de una secuencia de estratos granodecrecientes con 30°E de buzamiento, apoyados sobre un granito. Además, se observa que los sedimentos fluviales y el granito están cubiertos por un estrato horizontal de brechas sedimentarias con clastos andesíticos. En este ejemplo en que el paisaje es utilizado como un recurso didáctico, se logra el reconocimiento, clasificación e interpretación elemental de las rocas.

Fig. 1. Perfil tipo en una barranca “ideal”



Sin embargo, aunque se perciben las estructuras (discordancias) no son explicadas adecuadamente y otro tanto ocurre con la historia geológica.

Una situación equivalente, también ha sido percibida en otras experiencias como la comentada por Pedrinaci al señalar: “Hemos salido al campo con estudiantes de Bachillerato, algunos de ellos con excelentes calificaciones, que aparentemente dominaban los conceptos básicos de la Geología y, situados ante un afloramiento, no han sabido hacer otra cosa que intentar identificar las rocas que allí aparecían; o ante un relieve sin complejidad estructural ni litológica nada han podido inferir ni hipotetizar acerca de las causas del modelado que estaban observando, o los procesos internos o externos que habrían podido intervenir en su formación.” (Pedrinaci, 2012a p. 84).

En nuestro caso, formulamos la hipótesis de que las dificultades para avanzar en las interpretaciones genéticas de los rasgos litológicos y la articulación histórica de todos los datos de campo, obedecen a la persistencia de obstáculos epistemológicos y metodológicos, derivados de los modelos didácticos basados en las ciencias experimentales tradicionales. En efecto, muchos de los experimentos tradicionales involucran manipulación de artefactos o elementos que provocan cambios en tiempos breves, cosa poco frecuente en Geología.

Entendemos que si la didáctica de la Geología, pusiera mayor énfasis en su carácter histórico y hermenéutico y se admitiera la posibilidad de diferentes interpretaciones válidas, se podrían obtener otros resultados como se expondrá en el próximo apartado.

EL PAISAJE GEOLÓGICO COMO OBJETO DE ESTUDIO

Se parte de la idea de que un objeto de estudio puede ser cualquier aspecto de la realidad o de las ideas, actitudes, etc., sobre los que se desee profundizar el conocimiento en relación a sus orígenes, su evolución o sus utilidades y todo interrogante que se quiera formular. No obstante, cualquiera de dichos aspectos se constituirá en un objeto de estudio luego que pueda ser enunciado como un problema, o problemas y se propongan estrategias investigativas para resolverlos.

La mera descripción/enunciación de las causas y los efectos de un fenómeno, no es suficiente para responder a un problema mediante el trabajo científico. En efecto, el científico debe crear (inventar) explicaciones coherentes, contextualizadas y con razonamientos adecuadamente articulados para que sea posible la comprensión del fenómeno investigado.

En el ejemplo presentado en el apartado anterior se podrían haber hecho otras preguntas que condujesen a una tarea más creativa, involucrando los procesos petrogenéticos y tectónicos, además del tiempo y la variabilidad espacial. Esas preguntas podrían haber sido todas las mencionadas anteriormente o bien, simplemente: ¿cómo se ha formado este paisaje geológico?

La búsqueda de una o varias respuestas posibles representa un proceso de investigación escolar sobre un objeto de estudio representado por el

mismo paisaje sobre el cual, ahora, se formulan otro tipo de preguntas. Para hallar respuestas es necesario apelar a procedimientos y teorías geológicas que forman parte del “cajón de herramientas” que el alumno logró construir previamente y del cual tendrá que utilizar sólo las que sean pertinentes para el caso que tenga que resolver.

Retomando el perfil tipo del ejemplo anterior (Fig. 1), será necesario que, además de reconocer cada una de las rocas, se logren construir “hipótesis” que intenten explicar los procesos que hicieron posible tal asociación de rocas y su disposición espacial.

El resultado esperable es que los alumnos reconozcan al menos tres unidades, la naturaleza de sus contactos y la génesis de cada unidad. Históricamente deberían reconocer la inconformidad para explicar que el granito, por tratarse de una roca ígnea plutónica se formó a varios kilómetros de profundidad, por ejemplo 20 km, y su presencia en la superficie requirió de fuerzas internas, que provocaran el ascenso de una montaña (¿cordillera?) compuesta de varias rocas, incluido el granito. También fueron necesarios los procesos externos que actuaron erosionando la montaña mientras ascendía hasta que el granito llegó a la superficie, quedando al descubierto. Luego, la continuidad de los procesos erosivos provocó la nivelación de la superficie y los ríos que bajaban de las montañas adyacentes, en lugar de erosionar, comenzaron a depositar sedimentos que primero fueron más gruesos y a medida que las montañas reducían su altura las partículas fueron más pequeñas originando los estratos con tamaños de grano cada vez más pequeños. En algún momento, actuaron nuevas fuerzas internas que provocaron la inclinación de estos estratos, debido a esfuerzos E-O. Posteriormente, la erosión continuó erosionando la superficie de los estratos fluviales formando una nueva superficie horizontal (discordancia angular) cubierta por clastos angulosos de andesitas. Además, es necesario inferir que, aunque ahora no se advierta, en algún lugar próximo, hubo una colada andesítica que aportó los clastos que formaron la brecha que cubre el perfil geológico en esa región del paisaje.

Para que el PG sea un objeto de conocimiento deseable para los docentes y los alumnos, hay que encontrar motivaciones que efectivamente despierten el interés para iniciar una investigación. En ese sentido, se percibe que además de la escasa reflexión sobre los aspectos geológicos de un paisaje, las ideas sobre sus cambios generalmente son intuitivas y con lógicas influencias culturales. Por ello, entendemos que resulta motivador el cuestionamiento de esas ideas, por medio de preguntas “obvias” que podría formularse todo ciudadano: ¿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?

La primera pregunta, suele provocar que algunos alumnos opten por una respuesta afirmativa y otros por una negativa, tal como el autor pudo comprobar en más de 20 años de docencia universitaria. Podría ocurrir que todos coincidiesen en una misma respuesta, en cuyo caso el docente podrá sostener la opuesta a fin de promover que cada quien argumente

sobre la opción elegida. Entonces el debate, permitirá poner en evidencia las ideas previas de los alumnos y especialmente la comprensión acerca del significado del constructo PG. En relación con la segunda 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 engloba a todas como puede ser ¿Cuál es la historia geológica del paisaje que nos rodea?

ALGUNAS CONSIDERACIONES DIDÁCTICAS SOBRE LA HISTORIA DEL PAISAJE GEOLÓGICO

En varias oportunidades, durante el desarrollo de cursos de capacitación a docentes de educación primaria y secundaria en Argentina, se percibieron confusiones entre los campos disciplinares de la Geología y de la Geografía, interpretándose que ello es uno de los factores que introduce distorsiones en los enfoques didácticos de la Geología. En nuestra experiencia, ante la consulta específica sobre los contenidos geológicos enseñados en clase, los profesores de biología y geografía manifiestan que enseñan principalmente procesos geológicos externos, suelos, rocas y minerales y recursos mineros, lo cual es coincidente con lo que ocurre en la Comunidad Autónoma del País Vasco (Casas, 2016 p. 217).

Sin embargo, hemos verificado que en la práctica, el sentido de dichos contenidos no está orientado a la comprensión de los fenómenos naturales, sino a establecer relaciones entre la naturaleza y la sociedad. Esta circunstancia representa un problema epistemológico y un conflicto innecesario con las ciencias sociales que es de vieja data y está representado en las ideas de algunos profesores con escasa formación geológica, que consideran que la Geología está incorporada a la Geografía cuando “no sólo no son sinónimos, sino que ni siquiera deberían solaparse” (Anguita, 1994 p. 16)

Por otra parte, debemos señalar que el empleo de didácticas de las ciencias sociales para la enseñanza de contenidos geológicos, enmascara y confunde (¿distorsiona?) el sentido que dichos cometidos deben tener en el campo de la Geología. Para ejemplificar esta circunstancia podemos considerar que los componentes geológicos del paisaje (elementos abióticos naturales) son nombrados, investigados y utilizados con diferentes significados y finalidades según se trate de uno u otro campo disciplinar.

En el campo geográfico, dichos componentes aislados del PG, frecuentemente son enseñados y evaluados como un fin en sí mismo, dentro de un proceso de aprendizaje memorístico. Ello no es criticable, puesto que es parte de la metodología de esta disciplina, cuya finalidad es explicar las características económico sociales, culturales y/o políticas de las sociedades, y su evolución en relación con las características del territorio.

Sin embargo, desde un enfoque geológico los mismos componentes representan una asociación de rocas, estructuras, geoformas, etc., que respon-

den a una secuencia de procesos geológicos, cuya cronología debemos desentrañar. Así, el desafío para la didáctica específica de la Geología es tratar de ayudar a construir una historia geológica que justifique la configuración singular de materiales presentes en cada PG.

En este último caso, la propuesta de trabajo de campo podría consistir en formar equipos de alumnos y proponerles una investigación con preguntas del tipo ¿Qué materiales se podrán encontrar en el sitio a visitar?, ¿Desde cuándo están allí?, etc. Estas preguntas 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.

La salida al campo, deberá incluir **tareas previas** de formulación de hipótesis elaboradas sobre la base de conocimientos previos, de información de internet, experiencias personales, uso de mapas y/o imágenes aéreas. Luego, sigue la **tarea durante** el trabajo de campo, en la que se deberá caracterizar el relieve, delimitar las unidades geomorfológicas y en cada una reconocer, describir y clasificar rocas, estructuras, etc. De este modo se pondrán en juego todas las herramientas conceptuales y metodológicas de la Geología para verificar, modificar o crear hipótesis apropiadas a cada caso singular. Finalmente, las **tareas de cierre** consistirán en la discusión grupal (Fig. 2), la reflexión y búsqueda de consensos y de síntesis a fin de alcanzar acuerdos que reflejen la construcción social del conocimiento, realizada por los propios alumnos.

Sobre la base de lo expuesto, podemos afirmar que “desde el punto de vista epistemológico, la reconstrucción de la HPG 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 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 de abordar la enseñanza sobre la HPG facilita la incorporación de las variables de tiempo y espacio en la enseñanza de Geología y su consideración en forma conjunta con los tradicionales

Fig. 2. Alumnos de primer año de universidad (San Luis) dibujando en la pizarra la columna estratigráfica lograda por cada equipo. Dicha columna les servirá de fundamentación para el relato de la historia geológica que cada equipo elaboró. Luego de una instancia de debate, argumentaciones y contra argumentaciones se alcanza un acuerdo sobre una historia geológica.



contenidos sobre, rocas, estructuras, geoformas, etc. Por ello, la alfabetización científica requiere una mayor presencia de la Geología con el objetivo de promover reflexiones sociales que no se limiten a la mera enunciación “estática” de los recursos y riesgos geológicos de una región, como suele ocurrir desde un enfoque exclusivamente geográfico. Por el contrario, el aporte de la Geología permitirá profundizar la comprensión sobre al menos dos interrogantes fundamentales: ¿por qué en algunas regiones existen riesgos y recursos geológicos 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 HPG requiere de una planificación didáctica para el desarrollo de una investigación escolar en la cual habrá que formular hipótesis, basadas en indicios del terreno y habrá que diseñar experiencias intelectuales (que no son experimentos) para verificar, o no, dichas hipótesis. A tal efecto, será necesario trabajar en 3 ó 4 afloramientos, cambiar de escalas mega a macroscópicas, para llegar a reconocer los materiales que están presentes en cada uno, sean estos suelos o rocas, sus contactos, estructuras y relaciones estratigráficas.

Los datos obtenidos en los afloramientos deberán sistematizarse para relacionarlos entre sí. Este procedimiento es necesario tanto en el caso de los trabajos de campo reales como en sus análogos realizados en aula (Lacreu, 2012b). De esta manera, mediante un razonamiento inductivo, se construirá un conocimiento general del PG que permitirá delimitar 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, utilizando las teorías que permiten relacionar dichas características con los procesos formadores.

Como se podrá apreciar, no sólo es posible construir historias geológicas más o menos complejas, sino que es una propuesta didáctica que puede resultar motivadora de aprendizajes funcionales, es decir, “aquellos que están bien relacionados con otros y se saben utilizar cuando la situación lo requiere” (Pedrinaci, 2012b, p. 83). En otras palabras,

de esta manera los alumnos podrán percibir que los contenidos geológicos resultan útiles y necesarios, es decir, tienen sentido porque contribuyen a la comprensión de aspectos del entorno que muy pocas veces se cuestionan.

La construcción de HPG, genera oportunidades para lograr aprendizajes funcionales. No obstante, consideramos que debe existir una progresividad en la secuenciación de contenidos y que se puede comenzar a construir historias geológicas, utilizando unos pocos saberes geológicos, para luego complejizarlas en la medida que sea posible. Esta afirmación está inspirada en el concepto de las cajas negras (Fourez, 1994 p. 65) que se caracterizan por ser una “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, guardando 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” (Fourez, Op. cit.). Tal islote geológico, es una representación parcial de una realidad más compleja presente en el paisaje, para cuyo completo conocimiento se requieren otros abordajes referidos a la biodiversidad y la antropización del territorio.

El desafío de construir la HPG requiere como mínimo dos materiales de diferente composición y edad. Con estos elementos ya es posible construir una pequeña historia, comenzando por el recordado modismo infantil 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...etc.”. Además, la historia podría completarse agregando que dichos estratos nunca fueron modificados (si están horizontales) o bien, si fueron modificados.... (plegados, inclinados) con lo cual podremos afirmar que hubo (o no hubo) fuerzas internas que actuaron en la configuración de tal paisaje (Fig. 3).

IDEAS CLAVE NECESARIAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA HISTORIA DEL PAISAJE GEOLÓGICO

Además de los aspectos ya señalados sobre la motivación, se considera que la importancia para el desarrollo de esta temática radica en que complementa la alfabetización científica introduciendo conceptos sólo aportados por la Geología, tal como es el caso de 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.

Dicha alfabetización es una tarea compleja so-

Fig. 3. Perfil Barrancas Coloradas”, Juana Koslay, San Luis. Alumnos obteniendo e interpretando datos que luego relacionarán con las teorías para construir la historia geológica del paisaje en el que se encuentra este geosítio.



bre la que se ha elaborado un completo y fundado trabajo en el que se exponen 10 Ideas Clave para comprender el funcionamiento de la Tierra, sus interacciones con los sistemas vivos, en particular con la humanidad (Pedrinaci et. al. 2012).

Por ello, dichas Ideas Clave constituyen una guía para la elaboración de los currículos de Ciencias de la Tierra en la ESO, y una referencia al 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, el tema de trabajo y la profundidad que deseen desarrollar.

La HPG, es un contenido muy potente ya que involucra el estudio de una parcela del planeta, cuyo relieve tiene características que responden a los procesos internos y externos que “funcionaron” y “funcionan” en esa región. Por ende, cuanto mayor sea el tamaño y complejidad de la parcela tanto más complejo será el sistema (Idea Clave 1) que estará bajo estudio. En un extremo, se podría visualizar el paisaje planetario desde el espacio, y su tratamiento obviamente será diferente ya que se tendrá una visión completa de los grandes relieves, pero se perderán los detalles que una escala pequeña impedirá identificar.

La construcción de la HPG requiere de varios contenidos geológicos, todos los cuales forman parte de las “10 Ideas Clave”. 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 un menor nivel de complejidad, seleccionando los ítems considerados más relevantes. A medida que se avance en la escolarización se podrá incrementar la cantidad de ítems y profundizar los enseñados anteriormente.

De manera tentativa, se proponen tres niveles de complejidad que se indican en las columnas de la Tabla I: baja, intermedia y alta. Cabe mencionar que el nivel de complejidad “baja” no se restringe a los alumnos del primario, puede incluir a otros mayores que por primera vez se aproximan a esta temática.

Por otra parte, además de los niveles de complejidad, los contenidos pueden desarrollarse con dis-

tinta profundidad, la cual se podría graduar dentro de las categorías de menciones, nociones y conceptos, conforme a la decisión que adopte cada docente en su contexto.

A modo de ejemplo de lo expresado, se puede señalar que, en los primeros años de primaria sería posible hacer “mención” de la existencia de rocas volcánicas y plutónicas, basándose en la textura con una breve explicación de la misma, dejando dentro de la “caja negra” de Fourez, todo lo referido a la mineralogía, índice de color, serie de Bowen, diferenciación magmática y ambientes geotectónicos. Algunos años más adelante, se puede introducir la categoría de “nociones” sobre las variedades más comunes de rocas ígneas para lo cual de la caja negra se extraerán 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.

CONSIDERACIONES FINALES

Conforme a lo expuesto, se propone que la HPG sea considerada un contenido obligatorio, tanto en la educación primaria como en la secundaria, con la finalidad de contribuir a profundizar en el análisis de las problemáticas ambientales y motivar la enseñanza y el aprendizaje de la Geología. Para ello se recomienda que, mediante preguntas apropiadas, el paisaje donde se localiza cada centro educativo, sea transformado en un objeto de investigación.

La HPG es un contenido potente porque permite que los alumnos perciban el sentido de los aprendizajes que se le proponen. En efecto, desde un comienzo, los alumnos asumen que sus aprendizajes serán útiles para la construcción de un conocimiento que ellos no poseían.

La construcción de relatos históricos sobre el paisaje en el que viven los alumnos, resultará esti-

Tabla I. Ítems de las Ideas Claves sugeridos para diferentes niveles de complejidad en la enseñanza de la Historia del Paisaje Geológico.

** El trabajo con esta idea clave, está limitada a la presencia de fósiles en las rocas de cada paisaje.*

*** Los números de cada columna representan los ítems desagregados de cada idea clave (ver: Pedrinaci et. al. 2012).*

IDEAS CLAVES (IC)	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, 7, 8	1, 7, 8
6: La tectónica de placas es una teoría global e integradora de la Tierra.	1, 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

mulante toda vez que, tanto la historia como el proceso de su construcción, podrá ser compartida con la familia y la comunidad.

Ante la imposibilidad de concretar los necesarios y deseables viajes al campo, se pueden procurar resultados similares desarrollando metodologías que incorporen herramientas virtuales. De esta manera, aunque la inmersión en la complejidad de la naturaleza y el goce bucólico lamentablemente estarán ausentes, los alumnos podrán beneficiarse del trabajo creativo en equipo, para el aprendizaje de conceptos y metodologías geológicas que de otro modo estarían ausentes.

Finalmente, se sugiere considerar la posibilidad de organizar cursos/talleres para que los profesores, con un adecuado acompañamiento y supervisión, tengan la oportunidad de crear dispositivos didácticos reales o en su defecto virtuales, para trabajar con sus propios alumnos y realizar investigaciones educativas que mejoren sus prácticas.

AGRADECIMIENTOS

A Jesús Duque Macías por su infinita paciencia, solidaridad y enjundiosas observaciones y sugerencias que promovieron un mejoramiento sustancial en la comunicación de las ideas que he querido transmitir. A Paloma Blanco por sus valiosos señalamientos. Los aspectos criticables y mejorables que aún permanecen reflejan lo mucho que me queda por aprender.

También agradezco la posibilidad de realizar un sentido reconocimiento al generoso colega, amigo y maestro cuyas conversaciones y trabajos ayudaron a abrir literalmente mi mirada hacia el campo de la enseñanza. Pero, sobre todo, destacar la pasión. La PASIÓN DE EMILIO por la enseñanza, contribuyó fuertemente para que, hace ya unos 20 años, adoptara este campo para mi vida académica y profesional. Por todo ello: ¡Gracias Emilio!

BIBLIOGRAFÍA

- 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
- Bolós i Capdevilla, M. de (1983). Las tendencias del paisaje integrado en geografía. *1º Encuentro de Geografia Euskal Herria-Catalunya*. San Sebastián. *Cuadernos de Sección*. pp. 75-92.
- 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. y Carneiro, C.D.R. (1993). Os papéis didáticos das excursões geológicas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1.2., 90-98.

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.

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 Didactica*, 6-2. 105-119, Brasil.

García Cruz, C.M. (1998). De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: una aproximación a la enseñanza-aprendizaje de la geología. *Enseñanza de las Ciencias*, 16-2., 323-330.

Hernández Rojas, L.M., (2004). El paisaje como recurso didáctico. *Revista Biocenosis*, 18.1-2., 43-49.

Lacreu, H.L. (2007). La historia geológica del paisaje como contenido esencial en la enseñanza obligatoria. *Alambique*, 51, 76-87.

Lacreu, H.L. (2012a). Raíces políticas del analfabetismo geológico. *XVII Simposio sobre Enseñanza de la Geología*, Actas, 91-99.

Lacreu, H.L. (2012b). Recursos virtuales para la interpretación geológica del Paisaje. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20.2., 198-202.

Lacreu, H.L. (2014). Aciertos, distorsiones y falacias en la enseñanza de las ciencias naturales de la educación secundaria obligatoria de Argentina. *Terræ Didactica*, 10-3, 217-226.

Lacreu, H.L. (2015). Geociencias para la formación ciudadana. *XIV Congreso Geológico Chileno*. Actas, 469-472.

Mínguez García, M. d. C. (2010). El paisaje como objeto de estudio de la geografía. Un itinerario didáctico en el marco de la semana de la ciencia de la comunidad de Madrid. *Didáctica Geográfica*, 11, 37-62.

Morcillo J.G, Rodrigo, M., Centeno, J. de D. y Compiani, M. (1998). Caracterización de las prácticas de campo: justificación y primeros resultados de una encuesta al profesorado. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6.3., 424-250

Pedrinaci, E., Sequeiros, L. y García De La Torre, E. (1994). El trabajo de campo y el aprendizaje de la Geología. *Alambique*, 2, 37-46.

Pedrinaci, E. (2008). La dinámica Interna de la Tierra: un aprendizaje complejo. Trabajo de campo y aprendizaje de las ciencias. *Alambique*, 18, 5-6

Pedrinaci, E. (2012a). Trabajo de campo y aprendizaje de las ciencias. *Alambique*, 71, 81-89.

Pedrinaci, E. (2012b). Alfabetización en Ciencias de la Tierra, una propuesta necesaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20.2, 133-140.

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.

Wagesnberg, J. (1998). *Ideas para la imaginación impura. 53 reflexiones en su propia sustancia*. Ed. Tusquets, Barcelona, 160 p. ■

Este artículo fue solicitado desde E.C.T. el día 4 de diciembre de 2016 y aceptado definitivamente para su publicación el 19 de septiembre de 2017.