

CIENCIAS DE LA TIERRA

5º AÑO (ES)



ÍNDICE

Ciencias de la Tierra y su enseñanza en el Ciclo Superior de la Escuela Secundaria	73
Mapa curricular	77
Carga horaria	77
Objetivos de enseñanza.....	77
Objetivos de aprendizaje	78
Contenidos.....	79
Desarrollo de los contenidos	81
Orientaciones didácticas.....	97
Orientaciones para la evaluación	99
Los objetivos de aprendizaje y la evaluación	99
Bibliografía	100
Recursos en Internet	100

CIENCIAS DE LA TIERRA Y SU ENSEÑANZA EN EL CICLO SUPERIOR DE LA ESCUELA SECUNDARIA

El primer acercamiento que los estudiantes de la Escuela Secundaria realizaron a nociones vinculadas a la Tierra fue en el 1º año, especialmente las referidas al lugar que, como planeta, ocupa en el Universo. Esta primera aproximación fue básica e introductoria, atendiendo a que su enseñanza se dió en el marco del área de Ciencias Naturales, que abarcaba otros campos de conocimiento como la fisicoquímica y la biología. Fue la única oportunidad, en el Ciclo Básico, en que los estudiantes se aproximaron al conocimiento de nuestro planeta.

En este sentido, es necesario que en el Ciclo Superior Orientado en Ciencias Naturales haya una materia específica destinada a profundizar los conocimientos acerca de las características de la Tierra y su funcionamiento. Esta materia es Ciencias de la Tierra. Asimismo, se podrá enriquecer al articularse con los conocimientos ya adquiridos en el marco del estudio de los fenómenos biológicos y fisicoquímicos. Se completa así la formación que las ciencias naturales aportan para ampliar la comprensión integral del presente y el futuro de nuestro planeta.

Cabe aclarar que Ciencias de la Tierra es una materia nueva, sin tradición en el Sistema Educativo de la provincia de Buenos Aires, y cuyos antecedentes son escasos también a nivel nacional. Su inclusión en el Diseño Curricular para la Escuela Secundaria Orientada en Ciencias Naturales se justifica ampliamente en los principios de la Alfabetización Científica y Tecnológica (ACT) que atraviesan toda la Orientación. Se justifica, también, por la relevancia en la formación de ciudadanos críticos respecto de las intervenciones humanas sobre el medio natural y social, y las producciones científicas que las involucran y justifican.

En este sentido, Ciencias de la Tierra aporta las herramientas que enriquecen la mirada sobre las problemáticas ambientales y permite poner en perspectiva y dimensionar con mayor precisión el impacto (global, regional o local) de las actividades que el hombre realiza en diferentes regiones del planeta.¹ Para contribuir a la formación de una ciudadanía crítica, es imprescindible que en la etapa escolar se procure alguna aproximación a dichas herramientas, con el fin de explorar alternativas que garanticen buenas y mejores condiciones de vida y, sobre todo, evitar que sean peores que en la actualidad.

La comprensión de los fenómenos naturales de origen geológico que han condicionado y condicionan los ecosistemas y el desarrollo de la vida en la Tierra requiere, por parte de la ciudadanía, de un conocimiento acerca del carácter parcial y transitorio de los elementos geológicos presentes en los paisajes locales, regionales y globales del planeta.² Para ello, es necesario el acceso a explicaciones referidas tanto a la evolución de las interacciones entre los subsistemas terrestres: geósfera, atmósfera, hidrosfera y biosfera, como a los resultados de las mismas a lo largo de la historia del planeta. Dichos resultados, constituyen cambios que han quedado

¹ Compiani, Mauricio, Em busca de novos temas unificadores na disciplina de "Elementos de Geologia". 36 Congreso Brasileiro de Geología, 1990.

² Lacreu, Héctor Luis, "La enseñanza geológica en la educación argentina", en *Fuentes para la Transformación Curricular Argentina*, Programa del CBC de la Secretaría de Programación y Evaluación Educativa, Ministerio de Cultura y Educación de la Nación, 1996, pp.179-199.

registrados a manera de evidencias en la superficie y subsuelo terrestre, bajo la forma de diferentes relieves, estructuras, rocas y minerales, muchos de los cuales representan recursos no renovables para la humanidad.

Para conocer dicha evolución, e interpretar tales evidencias, se hace necesario utilizar los conceptos y metodologías que constituyen la identidad y singularidad de la Geología, referente disciplinar principal de las Ciencias de la Tierra, tales como, por ejemplo, los principios básicos de Actualismo, Superposición de Estratos, Inclusión e Intrusividad.³ En efecto, dichos principios permiten asignar significados tanto a los materiales geológicos (rocas, minerales, sedimentos, suelos), como a las relaciones de contigüidad entre ellos. Así, es posible establecer cuáles fueron los procesos que actuaron hace millones de años, su intensidad y distribución, así como también la secuencia cronológica de su ocurrencia.

El aporte singular de la Geología para la comprensión del funcionamiento de la Tierra deriva precisamente de la naturaleza histórica de sus conceptos y métodos de estudio.⁴ Por ejemplo, el Principio de Actualismo postula que los procesos observados en el presente son la "llave" para comprender la historia de la Tierra y, a la vez, predecir las futuras transformaciones "naturales" en diferentes regiones. La predicción respecto del desarrollo de los procesos naturales en cierto territorio, constituye una de las herramientas teóricas más importantes para anticipar cómo podría el hombre llegar a alterar el normal desarrollo de dichos procesos.

¿En qué medida la sociedad del siglo XXI podrá compatibilizar la demanda de recursos mineros (metalíferos y no metalíferos), indispensables para la sociedad, con la necesidad de asegurar la continua y creciente demanda de agua limpia para el consumo humano y la industria? ¿Es posible prevenir y evitar los efectos negativos de las inundaciones, los terremotos o la destrucción y degradación de los suelos? Las respuestas a preguntas como estas son complejas porque requieren poner en juego perspectivas y saberes de muy diversa índole.

También cabe cuestionarse quiénes, cómo y cuándo se ocuparán de encontrar dichas respuestas. En este sentido, si bien el manejo de los recursos naturales y la prevención de los efectos sociales negativos causados por las intervenciones humanas requieren de políticas de Estado y funcionarios técnicos altamente especializados, también es necesaria una población científicamente alfabetizada, cuyos ciudadanos dispongan de criterios propios y colectivos, para ejercer un control activo sobre las políticas públicas. Parafraseando una conocida frase de George Clemenceau, el control ambiental es un asunto demasiado serio como para dejarlo solo en manos de los políticos o de los científicos.⁵ En este marco, se considera que una población está científicamente alfabetizada cuando dispone de herramientas conceptuales y metodológicas que le permiten comprender globalmente los fundamentos científicos y técnicos de las políticas sobre los recursos naturales. Asimismo, dicha alfabetización incluye los saberes que permiten formarse juicios propios para participar de manera colectiva, oportuna y asertiva, de las audiencias

³ Carneiro, Celso Dal Ré, "Dez motivos para a inclus de temas de Geologia na Educação básica", en *Revista Brasileira de geociências*, 34 (4), 2004, pp. 553-560.

⁴ Pedrinaci, Emilio, "La Geología en el Bachillerato, un análisis del nuevo currículo", en *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, (10.2). Girona, 2002, pp. 125-133.

⁵ Georges Clemenceau, jefe del gobierno francés (1841-1929) decía, a propósito de la Primera Guerra Mundial, la frase célebre "La guerra es un asunto demasiado serio como para dejarlo en manos de militares".

públicas establecidas por leyes nacionales,⁶ así como emitir opiniones responsables cada vez que es necesario realizar un balance entre los impactos ambientales, positivos y negativos, resultantes de cualquier modificación humana en el espacio natural y el entorno social.

No debe olvidarse que la evolución de la humanidad esta indisolublemente ligada a la ocupación de territorios y al uso de recursos, y al eventual padecimiento de riesgos naturales. En dicho contexto, las Ciencias de la Tierra aportan herramientas insustituibles para la comprensión de las interacciones entre los subsistemas naturales y los efectos resultantes, a fin de entender el funcionamiento del sistema Tierra, tanto a nivel global como regional y local.

Por otra parte, Ciencias de la Tierra posee la singularidad de acercar al estudiante a un aspecto de la cultura de la humanidad que se relaciona con la búsqueda de respuestas a preguntas en torno al origen y evolución de la Tierra como planeta, su historia, su posición en el Universo, y las relaciones entre los seres vivos y el espacio físico en que habitan. En especial, aportan respuestas sobre la historia geológica del paisaje con el que los ciudadanos conviven diariamente, y que ha contribuido a desarrollar algunos de los rasgos sociales, culturales y económicos de las diferentes regiones. El modo en que las teorías y metodologías de estas ciencias han variado a lo largo de la historia, desde los catastrofistas / neptunistas hasta los actualistas / plutonistas o desde los fijistas a los moviistas, da cuenta también de cómo ha cambiado la visión de la humanidad acerca de sí misma y su relación con el mundo natural.

En otro orden de cosas, la alfabetización neocientífica,⁷ además de proveer al ciudadano de herramientas para participar responsablemente en la vida política y social, le permite conocer y reconstruir la historia de las regiones en las que vive o pasea, y, poner en valor y hallar sentidos, antes "ocultos", a las geoformas del relieve, las rocas y los recursos que sostienen su vida biológica y social. Frecuentemente, ocurren hechos o hallazgos asombrosos que promueven la formulación de preguntas, estimulan la imaginación e incentivan la aventura de conocer: ¿Cómo es posible que se encuentren plantas fósiles en zonas que actualmente son desiertos? ¿Por qué hay fósiles marinos en la cima de algunas montañas? ¿Cómo es que coinciden tan asombrosamente las costas de Sudamérica con las de África sobre el océano Atlántico? ¿Cómo sabemos que el Océano Atlántico se está ensanchando? ¿Por qué existen plantas fósiles de unos 230 millones de años, idénticas en Argentina, África y Antártida, teniendo en cuenta que hoy sus climas son tan diferentes? ¿Cómo se explica que sucesos como los tsunamis, los terremotos o el volcanismo, ocurran con altísima frecuencia en determinadas zonas del planeta y nunca en otras? La teoría de la Tectónica de placas, junto con la de la evolución biológica, aportan fascinantes explicaciones para estos hechos y es un derecho de toda persona acceder a estos aspectos de la cultura que provocan tanta admiración.

Por otra parte, fenómenos como los terremotos y el volcanismo, no sólo provocan admiración sino angustia y temor en las comunidades que están sometidas a los riesgos derivados de su actuación. Otros riesgos, de carácter exógeno, como inundaciones, avalanchas, derrumbes, también son fuente de fascinación y preocupación. Respecto de ellos, con mucha frecuencia la sociedad asume que los daños provocados son de origen natural y por ende inevitables. Este es un error conceptual que se debe erradicar porque muchos de dichos riesgos geológicos son previsible y los daños evitables.

⁶ Ley Nacional 26.331/07 Presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos (Art 12 e, 15) y Ley Nacional 24.071 ratificatoria del Convenio 169 de la OIT.

⁷ Lacreu, Héctor Luis, "Las Geociencias en la alfabetización científica", en Kaufman, Miriam y Fumagalli, Laura (comp.), *Enseñar Ciencias Naturales: reflexiones y propuestas didácticas*. Buenos Aires, Paidós, 1999.

Otro error frecuente en la población, está asociado a la idea intuitiva de que los recursos son inagotables. Esta percepción contribuye a desarrollar conductas que, por omisión, son negligentes y poco solidarias en el uso y control del manejo de los recursos no renovables. Por lo general, ocurre en aquellas regiones en las que los recursos aún están al alcance de la mano, y parece lejana la posibilidad de que puedan faltar. Por eso es importante que los ciudadanos puedan formularse algunas preguntas tales como: ¿de dónde provienen las materias primas con las que se fabrican los elementos de uso cotidiano? ¿De dónde proviene el agua que sale de las canillas de los hogares? Sería deseable propiciar que cada vez más ciudadanos se pregunten a sí mismos si existe la posibilidad de que se agoten las rocas, los minerales, el petróleo o el agua; que intenten buscar respuestas sobre la disponibilidad de los recursos y se cuestionen sobre alternativas en el caso de no disponer de ellos.

Sobre la base de lo expuesto, se desprende que el conocimiento acerca de las razones geológicas que justifican la distribución de recursos no renovables (agua, suelo, rocas, minerales, petróleo, etc.), así como la localización de los riesgos permiten no sólo un ejercicio responsable de la ciudadanía, sino también la comprensión y solidaridad con aquellos pueblos que sufren por la falta de algunos recursos o que son dañados por procesos geológicos, sobre todo los evitables.

Las mencionadas razones geológicas, que ayudan a comprender los fenómenos señalados, se enmarcan en la teoría de la Tectónica de placas y se relacionan tanto con los procesos que tienen lugar en sus límites activos, de subducción y de expansión, como en aquellas regiones que son tectónicamente estables. Dicha teoría, también explica la formación de los grandes relieves que interaccionan con la circulación atmosférica y son generadores de meso y microclimas que, a su vez, son determinantes en el desarrollo de los suelos y la distribución de aguas superficiales y subterráneas y, junto con ellos, el desarrollo de ecosistemas singulares.

En síntesis, la materia Ciencias de la Tierra se propone contribuir a la alfabetización científica de los estudiantes de la Escuela Secundaria de acuerdo con tres dimensiones: disciplinar (teórico y metodológico), cultural y de participación ciudadana.

MAPA CURRICULAR

Materia	Unidades	Síntesis de los conceptos	Ideas centrales
Ciencias de la Tierra	La geósfera y su dinámica	Estructura interna y composición de la Tierra. Tectónica de placas. Placas litosféricas.	Procesos endógenos. La construcción histórica de la Teoría de la Tectónica de placas.
	El paisaje geológico	Materiales endógenos y exógenos. Geoformas endógenas y exógenas.	Interacciones entre los procesos endógenos y exógenos. Estudio del paisaje geológico local.
	Recursos y riesgos geológicos	Recursos no renovables. Riesgos geológicos.	Relaciones que establecen las sociedades con los materiales, las geoformas y los procesos geológicos.
	Historia geológica del paisaje	Espacio geológico. Tiempo geológico. Historia geológica del paisaje.	La capacidad interpretativa y predictiva de las Ciencias de la Tierra. Concepciones y controversias sobre la estructura y funcionamiento del Planeta.

CARGA HORARIA

La materia Ciencias de la Tierra corresponde al 5º año de la Escuela Secundaria Orientada en Ciencias Naturales. Su carga horaria total es de 72 horas; si se implementa como materia anual, su frecuencia será de 2 horas semanales.

OBJETIVOS DE ENSEÑANZA

- Considerar como parte de la complejidad de la enseñanza de los conceptos geológicos, las representaciones y marcos conceptuales con los que los estudiantes se aproximan a los nuevos conocimientos, y tomarlos como puntos de partida para el aprendizaje de conceptos más cercanos al conocimiento científico.
- Favorecer el encuentro entre las experiencias y conocimientos de los estudiantes, a propósito del estudio de fenómenos geológicos, y las teorías científicas que dan cuenta de dichos fenómenos.
- Diseñar una propuesta para la enseñanza que genere espacios de trabajo colaborativo entre pares para favorecer la expresión de ideas sobre los fenómenos geológicos en estudio, así como su confrontación y argumentación.
- Modelizar, desde su propia actuación, los modos particulares de pensar y hacer que son propios de las ciencias naturales, y de la Geología en particular.
- Planificar y desarrollar secuencias de enseñanza que combinen situaciones como: búsquedas bibliográficas, trabajos de laboratorio o salidas de campo, y que mantengan una lógica de indagación comprendida y compartida por los estudiantes.

- Generar en clase instancias de planificación de tareas –en conjunto con los estudiantes– que requieran cierta organización como las actividades experimentales o las salidas de campo, y promover que compartan el sentido de las mismas y asuman responsabilidades por sus resultados.
- Generar condiciones para que los estudiantes se involucren en tareas del tipo de las auditorías escolares, en las que deban trabajar de manera interdisciplinaria con diferentes miembros de la comunidad, para abordar algún aspecto de su comunidad vinculado con la prevención de riesgos o preservación de recursos naturales.
- Explicitar los fundamentos y el sentido de las actividades propuestas, así como los criterios para la concreción de las mismas y las demandas específicas que se plantean a los estudiantes para la realización de sus tareas de aprendizaje en Ciencias de la Tierra.
- Incluir en las clases instancias específicas de problematización de los contenidos enseñados que promuevan reflexiones, debates y consensos en torno a las implicancias éticas, culturales y sociales de las producciones científicas relacionadas con dichos contenidos.
- Incluir en las clases instancias específicas de problematización de los contenidos enseñados que promuevan reflexiones, debates y consensos en torno a la manera en que “funciona” la ciencia, sus modos de producir conocimiento, sus alcances y limitaciones; recurrir cuando sea posible al análisis de situaciones históricas relacionadas con los conceptos que se están estudiando.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Explicar fenómenos geológicos de cierta complejidad, utilizando los conceptos y modelos escolares estudiados en clase de Ciencias de la Tierra
- Comprender a la Geología como una actividad humana, sujeta a las controversias, conflictos e intereses que atraviesan la sociedad en la que se desarrolla e identificar los alcances y limitaciones de sus teorías.
- Reconocer que las teorías científicas no son un reflejo de la realidad, y que, si bien dan cuenta de fenómenos observables, al mismo tiempo son construcciones mentales que elaboran los científicos.
- Advertir que teorías como la Tectónica de placas permiten dar sentido a amplios conjuntos de datos que el sentido común los percibe inconexos o a partir de relaciones causa-efecto simplificadoras.
- Analizar sistemáticamente los objetos de estudio, formular conjeturas y ponerlas a prueba mediante la contrastación con fuentes que pueden ser experimentales, bibliográficas u otras.
- Realizar investigaciones medianamente sofisticadas que involucren procedimientos de cierta complejidad y técnicas específicas, que requieran una planificación, evaluación y comunicación de los resultados.
- Dudar de lo que parece obvio y buscar activamente evidencias que sustentan a los modelos y teorías científicas.
- Reconocer que nuevas evidencias y concepciones pueden requerir la modificación de teorías existentes;
- Presentar la información científica mediante un vocabulario técnico amplio que incluya términos precisos, simbología apropiada, gráficos y otros recursos típicos del lenguaje científico.
- Interpretar los textos teniendo en cuenta el propósito de la lectura, los modelos científicos que les dan sustento, las relaciones con otros textos leídos o discutidos en clase, y el contexto en que fueron escritos.
- Concebir las tareas escolares como parte de un proceso de indagación escolar, cuyos propósitos comparte y con cuyas finalidades está comprometido.

CONTENIDOS

Los contenidos de Ciencias de la Tierra se han organizado tomando como eje la idea de que la Tierra es un subsistema planetario singular que posee una dinámica promovida por los procesos endógenos y exógenos. Estos procesos, por un lado, han configurado las diferentes geoformas de la superficie del Planeta y, por otro, son los responsables del origen del paisaje planetario y de la distribución tanto de los recursos geológicos como de los riesgos geológicos. En síntesis, se propone que los estudiantes comprendan las razones de la configuración actual del Planeta, mediante el conocimiento de cómo funcionó la Tierra en el pasado.

También, se propone el reconocimiento de las actuales interacciones de la geósfera con los otros subsistemas naturales y culturales. Sobre esta base, se procura formar ciudadanos con competencias específicas y transversales para valorar, desde un punto de vista evolutivo, los cambios provocados por la humanidad en diferentes territorios y así predecir en qué medida dichos cambios beneficiarán o perjudicarán tanto a las comunidades próximas como a las distantes.

Se utilizará como eje el funcionamiento de la Tierra porque promueve la comprensión de nuestro planeta como el único en el Sistema Solar que aún exhibe cambios en su configuración debido a procesos internos y externos. Ello es posible mediante la consideración de la Tectónica de placas, como la teoría más moderna que permite organizar el conocimiento que se tiene del planeta, sus propiedades, procesos y resultados. Para la organización de los contenidos, se propone el desarrollo de cuatro unidades.

- Unidad 1. La geósfera y su dinámica
- Unidad 2. El paisaje geológico
- Unidad 3. Recursos y riesgos geológicos
- Unidad 4. Historia geológica del paisaje

En cada unidad, los contenidos están enunciados de manera que se distingan los conceptos centrales (expresados en negritas) y las ideas asociadas que deberán trabajarse para que los estudiantes puedan acceder a esos conceptos. A partir del desarrollo de estas unidades, se profundiza progresivamente en el conocimiento del funcionamiento del Planeta, y de las relaciones que se establecen entre sus procesos y productos, y la sociedad.

En la Unidad 1 se propone el conocimiento de la estructura y composición del subsistema geósfera, el cual permitirá comprender la importancia del calor interno residual como la causa principal de los procesos endógenos así como el origen de algunas propiedades del planeta tales como el magnetismo y la densidad. Sin embargo, se pondrá mayor énfasis en la caracterización de las Placas Litosféricas, así como en los efectos de sus movimientos que generan cambios en la configuración de la superficie terrestre, tanto en las tierras emergidas como en los fondos oceánicos. Se desarrollarán nociones acerca de la distribución y caracterización del volcanismo y los terremotos así como la formación de las grandes cordilleras del presente. De esta manera, se presenta la Tectónica de placas como la más reciente teoría geológica que permite comprender el funcionamiento de la Tierra y a partir de esta teoría se analizarán algunos aspectos históricos que ilustran los cambios en las concepciones acerca de la dinámica terrestre, así como la influencia de esta teoría revolucionaria en otras disciplinas científicas.

En la Unidad 2 se continúa con el estudio de los materiales (rocas y minerales) y las geoformas del relieve originados, en parte, por los *procesos endógenos* desarrollados en la Unidad anterior. No obstante, se deberá complementar con el estudio de algunos *procesos exógenos* y las interacciones entre ambos. Estos contenidos serán contextualizados en el denominado *paisaje geológico*, ya que éste precisamente estará caracterizado por unas geoformas del relieve que, en todos los casos, estarán constituidas por materiales sueltos (edafizados o no) o por algún tipo de roca (ígneas, sedimentaria o metamórfica). Se pueden estudiar los paisajes de cualquier región del Planeta y, obviamente, de cada región escolar de la provincia de Buenos Aires. En este sentido, el paisaje geológico podrá convertirse en un objeto de estudio –un laboratorio de campo– que facilitará la introducción de metodologías de investigación científica escolar, a partir del planteo y resolución de problemas. Cabe aclarar que la provincia de Buenos Aires ofrece excelentes sitios donde realizar trabajos de campo, tanto en las sierras de la región centro y sur, como en las costas y los ríos e incluso en las regiones de llanuras, ya que todos estos lugares cuentan con exposiciones de rocas minerales y suelos.

En la Unidad 3 se desarrollarán contenidos orientados a profundizar y sistematizar el conocimiento de las relaciones que la sociedad establece con los materiales, las geoformas y los procesos geológicos. Se espera que el estudiante tome conciencia de que el territorio en el que vive y aquellos otros que son ocupados por diversas comunidades en todo el planeta, desde los comienzos de la humanidad, poseen características que son singulares para cada región. Una parte de dicha singularidad obedece a las características de sus geoformas y los materiales de las que están formadas, ya que ambos constituyen recursos que influyen en el desarrollo de la sociedad.

En ese sentido, se introducirán los conceptos de *recursos* y *reservas*, para el caso de la minería, el agua, los suelos y el territorio. Estos se complementarán con algunas nociones sobre los criterios de búsqueda, extracción y/o uso que, en todos los casos, se apoyan en razones geológicas vinculadas tanto a los ambientes geológicos en los que se formaron esos recursos, como a las propiedades de cada uno de ellos. La sociedad, de manera consciente o no, por razones históricas o culturales, convive con procesos geológicos que tienen influencia beneficiosa o perjudicial para su calidad de vida. Se pondrá énfasis en el conocimiento de aquellos procesos que representan riesgos para la población; estos pueden ser endógenos o exógenos y se desarrollan en áreas cercanas o muy alejadas de la región escolar. Tal es el caso de las inundaciones o la erosión costera, cuyo origen y consecuencias pueden ser locales, pero también se presentan sucesos alejados como las explosiones volcánicas que, en caso de contar con vientos apropiados, podrían provocar caídas de cenizas volcánicas y/o lluvia ácida. También, se analizan los cambios provocados por el hombre, que reciben la denominación de impactos ambientales y que pueden presentar aspectos positivos y negativos.

En la Unidad 4 se promueve la comprensión acerca de la capacidad interpretativa y predictiva de las Ciencias de la Tierra, para lo cual es necesario desarrollar conceptos y metodologías que ponen en evidencia el carácter esencialmente histórico de la Geología, y su aplicación para la resolución de situaciones problemáticas específicas y contextualizadas en la región de cada comunidad educativa. Esta Unidad representa la integración de las tres anteriores ya que introduce algunos conceptos referidos al tiempo geológico y los principios básicos de la Geología que deberán aplicarse a investigaciones de campo o investigaciones bibliográficas sobre una región determinada. Ello involucra necesariamente la consideración del paisaje geológico y su origen, lo que se pondrá en evidencia por medio de las geoformas y sus materiales constituyentes.

Respecto de estos materiales (rocas-sedimentos-suelos) no solo importa la caracterización de cada cuerpo tridimensional individual para aplicar la metodología del actualismo y así establecer los procesos formadores (y deformadores de las rocas). Será necesario considerar, además, las relaciones de contacto existentes entre ellos (concordancias, discordancias, fallas) a fin de establecer las edades relativas que permitan establecer la cronología de dichos procesos. Al finalizar esta Unidad, los estudiantes podrán reconstruir la historia de un paisaje geológico (local o lejano), y a partir de dichas conclusiones se podrán realizar predicciones para establecer cual sería la evolución del lugar de no haber mediado las acciones humanas. Por otra parte, se podrá considerar, a modo de problema, si serían o no aceptables ciertas intervenciones humanas (carreteras, embalses de agua, actividades mineras, industriales, construcción de aeropuertos, etc.) que pudieran alterar la identidad de cierto territorio y su comunidad.

Finalmente, es importante adelantar que cada Unidad incluye los apartados *Orientaciones para la enseñanza* y Oportunidades pedagógicas en los que se explicitan los alcances con que deberán abordarse los contenidos y se aportan algunos recursos para su enseñanza. También, se explicitan los *Objetivos de aprendizaje de la unidad*; en este último apartado se indica lo que se espera que los alumnos puedan aprender en ese tramo.

DESARROLLO DE LOS CONTENIDOS

Unidad 1. La geósfera y su dinámica

Estructura interna y composición de la Tierra. Las ondas sísmicas y discontinuidades dentro del Planeta. Estructura geoquímica (corteza, manto núcleo) y estructura dinámica (litosfera, astenosfera, mesosfera y núcleo). Controversias sobre la Astenosfera.

Tectónica de placas. Origen, antecedentes. Controversias fijistas-movilistas sobre el origen de las Cordilleras. Fundamentos del supercontinente Pangea. Fundamentos cronológicos y paleomagnéticos de la expansión del fondo oceánico y la deriva de los continentes.

Placas Litosféricas. Causas del movimiento y los procesos geológicos en sus bordes activos (volcanismo, terremotos, cordilleras). Ciclo de Wilson.

Orientaciones para la enseñanza

Esta Unidad está diseñada para ofrecer, desde un comienzo, un marco teórico en el cual se podrán articular de manera coherente los contenidos seleccionados para esta materia. Por tal motivo, se introduce la noción de movilidad de las Placas Litosféricas y se destaca la singularidad de estos procesos endógenos en la tierra, respecto de los otros planetas.

Una manera interesante y significativa de comenzar a plantear este tema es haciendo hincapié en que la distribución actual de terremotos y volcanes no es caótica ni azarosa ya que posee una regularidad representada por su alineamiento. La búsqueda de explicaciones a este hecho llevará a comprender que ambos fenómenos son manifestaciones externas de procesos endógenos y que su descubrimiento contribuyó a definir los bordes de las Placas.

Es conveniente que el docente ponga énfasis en abordar con los estudiantes los aspectos históricos en la conformación de estas ideas, por cuanto se trata de una de las más recientes teorías en este campo y posee una fuerte incidencia en el establecimiento de criterios para explicar la dinámica terrestre así como el origen y la distribución de los rasgos de la superficie, los recursos naturales, los riesgos geológicos y algunos aspectos biológicos como las variaciones de la biodiversidad en el Fanerozoico.

En la *primera subunidad* se propone desarrollar nociones acerca de la estructura interna de la Tierra. El aprendizaje de estos conceptos se verá favorecido si los estudiantes tienen oportunidad de conocer la evolución del pensamiento geológico desde el Modelo Geoquímico –que caracterizaba a esta estructura como formada por corteza, manto núcleo– al Modelo Dinámico que incorpora los conceptos de litosfera, astenosfera, mesosfera y núcleo. El docente presentará la Litosfera caracterizándola en el contexto de los subsistemas terrestres, como punto de partida para que en las siguientes subunidades se pueda profundizar acerca de su evolución en el tiempo y en el espacio. Asimismo, el desarrollo de esta subunidad permitirá ejemplificar la manera en que los adelantos tecnológicos pueden modificar los modelos explicativos existentes. En efecto, en el caso de la estructura interna de la Tierra, el diseño de equipos más sofisticados en la década del 60 permitió advertir la existencia de nuevas discontinuidades (sectores de plasticidad dentro del manto superior) respecto de las que se habían detectado hasta ese momento, y que condujeron a modificar el Modelo Geoquímico e introducir el nuevo Modelo Dinámico. En relación con este último será posible, además, introducir, a modo de mención, los más recientes cuestionamientos referidos a la naturaleza y existencia de la Astenosfera, con el propósito de poner en evidencia la naturaleza provisoria de los conocimientos científicos.⁸

El docente explicará las principales características de la propagación de las ondas sísmicas P (primarias o longitudinales) y S (secundarias o transversales) en diferentes medios. El aprendizaje de los conceptos relacionados con las discontinuidades, será más significativo si los estudiantes logran comprender el rol fundamental que cumplió el estudio de las ondas sísmicas para el establecimiento de los subsistemas que configuran la estructura interna de la tierra, y para conocer el ángulo de subducción de las placas oceánicas.

Para completar el conocimiento de la estructura interna de la Tierra, será necesario aludir a las características (composición, y dinámica) de cada uno de dichos subsistemas. En este sentido, será interesante señalar que hasta la fecha no ha sido posible obtener muestras de rocas más allá de los 15.000 metros (Península de Kola, en Rusia). No obstante, se pudo elaborar un modelo sobre la composición interna de la Tierra, curiosamente, a partir de evidencias extraterrestres aportadas por el estudio de los meteoritos.

La *segunda subunidad* se inicia con el desarrollo de las ideas que luego cristalizaron en la Teoría Global de la Tierra o Tectónica de placas, en la cual se distinguen los aportes de diferentes investigadores o grupos de investigadores. En primer lugar, debe quedar claro para los estudiantes que, en 1915, Wegener (y otros antes) propuso la separación de los continentes porque previamente habían postulado y demostrado la existencia de un supercontinente: Pangea. Consecuentemente, para explicar la *situación actual*, no había otra alternativa que proponer la fragmentación y desplazamiento de sus partes: los continentes. En efecto, la situación actual es

⁸ Anguita, Francisco, *Adiós a la Astenosfera*. Disponible en <http://biblioteca.climantica.org/resources/267/fundamentos-conceptuales-y-didacticos.pdf>

un evidente contraste con la existencia de un supercontinente que existió entre el paleozoico superior y el jurásico cuyos fundamentos expuso acertadamente Wegener, con una rigurosa metodología de análisis comparativo y deducciones fundadas en las analogías geológicas, geográficas, paleontológicas, paleoclimáticas y geofísicas.

Resultará interesante presentar a los estudiantes uno de los hechos más conocidos, que tienen que ver con la coincidencia entre los contornos de las costas atlánticas –aunque es mejor entre los taludes oceánicos– de África occidental y América oriental, para luego promover una indagación en busca de otras pruebas de mayor complejidad. En este sentido, habrán de considerarse las propuestas de diferentes científicos⁹ como Arthur Holmes, quien en 1928 expuso sus ideas acerca de los movimientos convectivos en el manto; esto condujo a que, en 1962, Harry Hess propusiera la expansión del fondo oceánico y el movimiento solidario de los continentes. Estas ideas luego fueron confirmadas en 1963 por los estudios de Vine y Matthews en los fondos oceánicos, quienes hallaron una distribución de anomalías magnéticas y una distribución simétrica con edades crecientes desde la dorsal centro atlántica hacia los taludes continentales de Sudamérica y África. Esto llevó a la certeza de que el océano Atlántico se estaba expandiendo y junto con él se “empujaba” a los continentes provocando la conocida *deriva continental*.

Se advierte entonces que desde la primigenia idea de Wegener de la deriva de los continentes, transcurrieron casi cincuenta años hasta que Tuzo Wilson,¹⁰ en 1965, expusiera una síntesis de las nuevas ideas sobre la tectónica de las placas.

En la *tercera subunidad* se expondrán las explicaciones geológicas y geofísicas que permitirán comprender las causas de la movilidad continental y, sobre todo, profundizar el conocimiento acerca de algunas características de los procesos endógenos que se desarrollan en los bordes activos de las Placas Litosféricas.

Una vez que los estudiantes hayan comprendido el subconjunto de datos cualitativos ofrecidos por Wegener que justifican la existencia del Pangea y el otro subconjunto de datos cuantitativos (radiométricos y paleomagnéticos), se presentará una síntesis del denominado *Ciclo de Wilson* que explica la evolución de un supercontinente. Con respecto a las Placas Litosféricas, el docente retomará el concepto de la estructura dinámica de la Tierra ya presentado en la primera subunidad, y enfatizará que, salvo la pacífica, dichas placas, están compuestas por tres elementos con composiciones y densidades características: corteza continental, corteza oceánica y, por debajo de ambas, una porción del manto superior, todos íntimamente “soldados” entre sí constituyendo una capa rígida que contrasta con la plasticidad del manto subyacente (la cuestionada Astenosfera) en donde tienen lugar movimientos convectivos, parcialmente responsables de la movilidad litosférica.

Es frecuente que los estudiantes confundan las placas con los continentes ya que suelen tener dificultad para entender que estos son una parte constitutiva de aquellas. Para ayudar a la apropiación de este concepto se recordarán los rasgos de los elementos litosféricos y se realizará un análisis, contextualizado en Sudamérica, tomando como punto de partida las diferencias entre los rasgos de la costa pacífica y la costa atlántica. Luego, se avanzará en el análisis de las causas de estas diferencias, y se destacará que la primera coincide con un borde de placa

⁹ Hallam, Anthony, *Grandes controversias geológicas*. Barcelona, Labor, 1985, pp 109-154.

¹⁰ Wilson, Tuzo, “Revolución en las Ciencias de la Tierra”, en *Enseñanza de las ciencias de la Tierra*, vol. 1, n° 2. Madrid, 1993, pp. 72-85.

subductivo en tanto que la segunda no. Estas diferencias se perciben tanto en las morfologías de las costas y la composición y textura de sus arenas, como en el desarrollo de las respectivas plataformas submarinas.

Además, existen otros rasgos hacia el interior del continente que hacen más contrastantes aún esas diferencias; en efecto, el sector occidental de Sudamérica posee un importante relieve (Los Andes) en el que se manifiestan con frecuencia algunos procesos endógenos: volcanismo y terremotos que, aunque no tienen relaciones causales entre sí, pueden ser explicados, al igual que la formación de la cordillera, por la subducción de la Placa Pacífica bajo la Placa Sudamericana. Por el contrario, en el sector oriental hay extensas llanuras o mesetas, en las que los procesos endógenos mencionados están ausentes y existe una extensa plataforma continental submarina –que obviamente pertenece al continente–, termina en el talud continental para recién pasar al fondo oceánico, el cual se extiende hasta la dorsal centroatlántica, donde termina la placa sudamericana.

Las ideas precedentes permiten introducir el concepto de *paisaje planetario*, que representa una construcción abstracta a la que contribuyen los recursos tecnológicos que transmiten las imágenes satelitales de la tierra. En este sentido, es posible analizar cómo cambia el paisaje según el punto de vista del observador y por ende la escala en la que se representan las geofomas terrestres. Para ello, el docente propondrá a los estudiantes contrastar los paisajes planetarios, especialmente los derivados de la Tectónica de placas, representados por continentes, océanos, cordilleras, islas oceánicas, con otros de origen exógeno como los grandes ríos, desiertos y selvas que suelen caracterizar ciertas regiones climáticas del planeta. De este modo, además de establecer las relaciones entre geofomas endógenas y exógenas, se sugerirá que infieran los cambios ocurridos en la región del actual desierto del Sahara, teniendo en cuenta que el continente africano se encontraba ubicado más cerca del polo sur.

Oportunidades pedagógicas

Aquí se presenta una interesante oportunidad para abordar algunos aspectos relacionados con la terminología específica de la geología, reflexionar acerca del lenguaje científico y contrastarlo con el lenguaje común. En este sentido, se podrá trabajar sobre la relación entre el lenguaje utilizado y el marco conceptual. Por ejemplo, los bordes activos de las placas suelen recibir diferentes nombres que se utilizan como sinónimos: expansivos/divergentes/constructivos y subductivos/convergentes/destructivos. Sin embargo, en cada caso, los términos de cada trío aluden a procesos diferentes. Los bordes expansivos (divergentes) se denominan también constructivos porque allí se construye la corteza oceánica mediante la surgencia de rocas volcánicas denominadas *basalto*, proveniente de magmas mantélicos, en tanto que los bordes subductivos (convergentes) se denominan destructivos porque, aunque allí se forman diferentes relieves (cordilleras, arcos de islas), la corteza oceánica se destruye al subducir bajo otra placa, ya que una parte se funde y contribuye a formar el magma denominado anatéctico y otra parte resulta asimilada por el manto. Así, mientras el primer par de cada trío alude al movimiento de las placas, el último término hace referencia a las consecuencias de dicho movimiento.

Al estudiar ambos procesos (expansión y subducción) se hará hincapié en la relación entre estos y los efectos que producen. Por ejemplo, el magmatismo en ambos tipos de bordes es diferente, así como también la explosividad de las erupciones volcánicas y sus clases de rocas ígneas. A partir de este marco teórico, será posible plantear situaciones problemáticas que se utilizan para analizar la realización de ciertas obras en regiones con amenazas hídricas, volcánica y/o sísmicas y se promoverá la reflexión sobre otras alternativas.

Desde un punto de vista epistemológico, será posible reflexionar sobre el cambio de paradigma referido a la dinámica de la tierra, considerado una revolución científica en términos khunianos debido a la rapidez con que se abandonó la teoría anterior (la de los geosinclinales) sobre el origen de las cordilleras, los terremotos y los volcanes. Dicho cambio involucró concepciones antagónicas entre *fijistas* y *movilistas*. Por otra parte, influyó en las concepciones biológicas relacionadas con el *ancestro común*, la *radiación adaptativa* y los cambios en la biodiversidad. Se ofrece la posibilidad de contextualizar contenidos físicos, referidos a los isótopos, al magnetismo y a las formas de transmisión de calor y utilizarlos como herramientas para explicar el movimiento de las placas y reconstruir la posición de los continentes en el pasado geológico del planeta. A tales efectos, se cuenta con variados y excelentes recursos didácticos que presentan animaciones que ilustran acabadamente los procesos geológicos vinculados a la Tectónica de placas.¹¹

Objetivos de aprendizaje de la unidad

- Describir el funcionamiento de la Tierra actual tomando en cuenta las interacciones entre los distintos subsistemas que la componen y, desde una perspectiva histórica, su influencia en los profundos cambios que afectaron a nuestro planeta y a los seres vivos que lo han poblado.
- Explicar el origen de las cordilleras apelando a justificaciones provenientes tanto de las teorías fijistas como movilistas distinguiendo los aspectos principales que las diferencian.
- Justificar la existencia del Pangea mediante argumentos basados en datos geográficos, geológicos, paleoclimáticos y paleontológicos. Distinguir entre dichos argumentos y los que permiten justificar la fragmentación del supercontinente.
- Justificar la expansión del fondo oceánico y deriva continental mediante argumentos basados en datos paleomagnéticos y edades radiométricas de las rocas volcánicas superficiales y submarinas.
- Utilizar la Teoría de Tectónica de placas para justificar:
 - la relación entre los cambios en la configuración continental y los cambios en la biodiversidad del planeta;
 - que la actual distribución de sismos y volcanes, y la alineación de las grandes cordilleras (superficiales y submarinas) no es caótica ni azarosa;
 - la diferencia genética entre los arcos insulares y las islas volcánicas aisladas.
- Reconocer las diferencias en el origen de los magmas formados en las dorsales y en las zonas de subducción.
- Describir la evolución de un supercontinente utilizando el Ciclo de Wilson.
- Analizar críticamente textos periodísticos para relacionar las catástrofes sismogénicas y volcanogénicas recientes con el tipo de borde de placa que corresponda.

Unidad 2. El paisaje geológico

Materiales endógenos y exógenos. El ciclo de las rocas. Ambientes geológicos (endógenos y exógenos) y los procesos formadores de minerales y rocas. Las rocas y sus cambios: deformación y meteorización. Interacciones entre la geósfera, atmósfera, hidrosfera, biosfera.

¹¹ Consultar en <http://www.bioygeo.info/AnimacionesGeo1.htm>. Todos los materiales didácticos disponibles en Internet se encuentran citados en la Bibliografía final, en el apartado Recursos en internet.

Geoformas endógenas y exógenas. Las geoformas del paisaje como expresión superficial de las interacciones entre procesos endógenos y exógenos. Procesos modeladores endógenos (Tectónica de placas, volcanismo) y procesos modeladores exógenos (eólico, hídrico, glaciario y de remoción en masa: sus geoformas de erosión y de acumulación).

Orientaciones para la enseñanza

En esta Unidad se retoman los procesos endógenos desarrollados en la primera, y se complementan con el estudio de algunos procesos exógenos con el objeto de que los estudiantes se interioricen sobre los aspectos formadores de rocas y geoformas.

En la *primera subunidad* se propone desarrollar nociones acerca del origen y los cambios operados en los materiales terrestres: la formación y transformación de minerales y rocas.¹²

En cuanto a la formación de minerales, se priorizarán los petrogenéticos (que forman a las rocas ígneas) y la valoración y reconocimiento de los más comunes (talco, sal, pómez, yeso, cuarzo, gemas, etc.), por medio de sus principales *propiedades físicas* (color, brillo, dureza, hábito). También se presentará la *composición química genérica* (silicatos, carbonatos, óxidos, sulfuros, etc.), con mención de los principales elementos metálicos y no metálicos contenidos, priorizando los minerales más comunes que constituyen materias primas para la obtención industrial de metales (hierro, cobre, plomo, aluminio, plata, oro, mercurio, etc.) o aglutinantes (cales y cementos).

En esta materia, algunos conceptos químicos se utilizarán en el contexto del estudio de las soluciones que existen en diferentes ambientes geológicos (magmas, soluciones hidrotermales y lagos salinos), para destacar que la formación de minerales está fuertemente controlada tanto por las propiedades químicas (radio iónico o molecular, valencias, etc.) de los compuestos que participan, como por la temperatura. Este parámetro será especialmente señalado como uno de los factores esenciales para la mineralogénesis, que, junto con la velocidad de enfriamiento, caracteriza a la formación de minerales en los mencionados ambientes geológicos, así como a sus asociaciones genéticas: las rocas. Se propone que los sistemas cristalinos y las propiedades físicas y químicas sean tratados a modo de ejemplos ilustrativos, sin entrar estrictamente en la sistemática mineral. El docente pondrá énfasis en la comprensión de las relaciones entre los ambientes geológicos y la formación de minerales, para lo cual será necesario recuperar, junto con los estudiantes, las nociones relacionadas con los enlaces químicos ya estudiados en Físicoquímica de 3° año del Ciclo Básico y los procesos de cristalización a partir de soluciones estudiados en 2° año.

Con respecto a las rocas ígneas, se propone introducir el conocimiento de las más comunes en la superficie terrestre. En ese sentido, se trabajará sólo con tres familias de rocas, cada una con su exponente plutónico y su equivalente volcánico, a saber: granito-riolita, diorita-andesita y gabro-basalto. Al respecto será necesario que los estudiantes comprendan que la formación de los minerales y rocas no es azarosa, sino que existe una relación región-proceso-ambiente-materia. Así, el docente pondrá en evidencia que las rocas ígneas se pueden formar a partir de

¹² Consultar los siguientes recursos didácticos: <http://157.92.29.203/aula-gea/recunome.html> y http://www.mineraltown.com/infocoleccionar/Como_formacion_rocas_minerales.htm. Todos los materiales didácticos disponibles en Internet se encuentran citados en la Bibliografía final, en el apartado Recursos en internet.

magmas originales anatócticos de los bordes subductivos o mantélicos, característicos de los bordes expansivos. Dicha comprensión permitirá, además entender por qué el volcanismo de las zonas de subducción es más explosivo que en otras zonas.

También conviene señalar que los magmas evolucionan y cambian con el tiempo. En este sentido, se propone analizar el modelo de la serie de Bowen y los procesos de diferenciación magmática. Junto con los conceptos sobre magmatismo, se analizarán los fenómenos volcánicos, relacionando su localización con los bordes activos de las Placas Litosféricas se promoverá una mayor profundización acerca de los tipos de lavas e índice de explosividad, con el objeto de retomar estos conceptos en la Unidad 3, cuando se desarrollen conceptos sobre riesgos volcánicos.

En relación con el metamorfismo, se presentarán de un modo sintético las nociones acerca de los factores y los procesos que conducen a las transformaciones. Se enseñará el metamorfismo regional dinamotérmico, su localización en las zonas de subducción y los principales tipos de rocas que allí se forman: pizarra, filitas y mármoles. Entre los tipos de metamorfismo local se pondrá énfasis en señalar el metamorfismo de impacto, producido por la caída de meteoritos, ya que se trata de un fenómeno de superficie, producido a muy altas temperaturas y presiones pero con una duración inusualmente breve para la geología.

Respecto a las rocas sedimentarias, se presentarán las grandes familias: clásticas, químicas y organógenas y, en cada caso, se pondrá especial cuidado en señalar que cada una de ellas es representativa de ambientes, climas y/o regiones específicas en el planeta. En relación con las rocas clásticas, deberá destacarse que se trata de "rocas formadas a partir de otras rocas". En este marco, se introducirán conceptos como meteorización, erosión, agentes de transporte y ambiente de sedimentación. Será importante superar la mera clasificación de estas rocas para analizar con cierto detalle sus rasgos estructurales y texturales a fin de promover la vinculación entre dichos rasgos con la historia de transporte y los ambientes de sedimentación de cada tipo de roca. Este será un requisito indispensable para la comprensión del Principio de actualismo y la reconstrucción del paisaje geológico que se desarrollará en la última unidad. Esta subunidad finalizará con la enseñanza de nociones acerca de la deformación de las rocas (diacclasas, fallas y pliegues) relacionando este fenómeno con los esfuerzos característicos en los bordes de placas activos y con la profundidad y el comportamiento físico de las rocas (plástico y frágil). Estas nociones se articularán con la generación de permeabilidad secundaria en rocas originalmente impermeables, lo que favorece la migración de fluidos (agua, petróleo, gases). De este modo, se sentarán las bases para el posterior estudio de los recursos naturales.

En la *segunda subunidad*, se retoman los procesos endógenos involucrados en la Tectónica de placas generadora de los paisajes de escala planetaria como los continentes, océanos, cordilleras, islas y volcanes, es decir, el paisaje observable desde una nave espacial. En el desarrollo de los procesos morfogenéticos, se incluirán especialmente aquellos de origen exógeno y se pondrá especial dedicación a presentar la interacción endógeno-exógeno, a fin de reconocer en cada paisaje sus rasgos multicausales, policíclicos y transitorios. A partir de dicho reconocimiento, se intentará predecir si algunos de dichos procesos son una amenaza que provoque riesgos a las poblaciones. El docente podrá animar a los estudiantes para que identifiquen los agentes erosivos dominantes en diferentes regiones climáticas. Por ejemplo, el viento será el agente erosivo dominante en las regiones desérticas de los climas tropicales secos donde se encuentran los mayores desiertos del mundo (Sahara en África o Gibson en Australia, etc.). De manera análoga, el agua, que es considerado el principal agente modelador del relieve exhibe su dominio en los climas ecuatoriales de alta pluviosidad, en las regiones templadas e incluso

en regiones áridas en las cuales el agua de los ríos procede de lugares muy distantes o de la afluencia subterránea. Se destacará que la acción modeladora del agua (geoformas degradacionales y agradacionales) se observa en diferentes ambientes: fluviales, marinos y lacustres.

Oportunidades pedagógicas

El conocimiento de los conceptos básicos acerca del origen y características de los materiales y procesos geológicos presentes en una región, constituye un prerequisite para establecer la historia geológica de la misma tal como será abordada en la Unidad 4 de esta materia.

La selección de minerales y de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias mencionadas en esta Unidad, serán relacionadas brevemente con su empleo por parte de la sociedad para su desarrollo, con el objeto de retomar estos conceptos en la Unidad 3. Será de interés señalar que los conocimientos sobre la formación de las rocas, junto con el desarrollo de técnicas específicas son los elementos que permiten orientar científicamente la búsqueda de recursos mineros.

El conocimiento de las rocas metamórficas regionales de tipo dinamotérmico brindará la oportunidad para analizar las transformaciones que sufren las rocas preexistentes sin que se hayan fundido; ello implica transformaciones y reacciones sólido-sólido. Por otra parte, el análisis de la serie pizarra-filita-esquistos-gneiss permitirá poner en evidencia la relación directa entre la cantidad de calor del ambiente y la intensidad de las transformaciones, representada por la formación de nuevos minerales con tamaños crecientes. Además, será una buena oportunidad para poner en valor aquellos paisajes con serranías constituidas por mármoles y/o pizarras y/o filitas, por tratarse de rocas de frecuente uso ornamental.

También es una buena ocasión para exponer acerca de la complejidad de los procesos e interacciones entre los subsistemas. Para ello, se incluirá alguna información adicional sobre el metamorfismo de impacto. Este será de interés para reflexionar acerca de la interdependencia de procesos geológicos y biológicos. En efecto, dicho proceso se podrá relacionar con la extinción de los dinosaurios y el establecimiento del límite Cretácico/Terciario (K/T) en los 65 millones de años.

En relación con el desarrollo de los componentes del paisaje geológico, será conveniente plantear situaciones problemáticas respecto a paisajes de diferentes regiones de la provincia de Buenos Aires¹³ o de otras regiones a las que se puede acceder mediante otras herramientas.¹⁴ Tales situaciones pueden plantearse a partir de diversos "disparadores", como por ejemplo: ¿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?

Objetivos de aprendizaje de la unidad

- Explicar la complejidad del concepto paisaje; identificar sus componentes y la necesidad de reconocer y estudiar los componentes físicos (relieve, geoformas y materiales) desde la perspectiva que ofrecen las Ciencias de la Tierra.

¹³ *Atlas Ambiental de Buenos Aires*. Disponible en <http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar>

¹⁴ Por ejemplo, *Google Earth*, software gratuito de *Google* con acceso a todas las imágenes satelitales disponibles del mundo.

- Explicar el origen del paisaje planetario, como la distribución y caracterización de geofor-
mas de escala global, en el marco de los procesos endógenos promovidos por la Tectónica
de placas y los procesos exógenos dominantes en las regiones macroclimáticas.
- Reconocer el carácter policíclico de los paisajes regionales y locales e identificar las geo-
formas presentes, así como los procesos endógenos y exógenos involucrados en la génesis
de cada una, y en la de los materiales constituyentes.
- Identificar los ambientes geológicos como espacios físicos, tridimensionales, caracteriza-
dos por los factores y procesos responsables de los cambios específicos producidos en los
materiales presentes.
- Identificar los principales ambientes endógenos y exógenos en que se pueden formar los
minerales y explicar someramente la génesis de los mismos.
- Relacionar los principales elementos de uso cotidiano con las rocas y los minerales de los
cuales proceden.
- Explicar las nociones básicas en la formación y deformación de las tres grandes familias
de rocas (ígneas, metamórficas y sedimentarias), así como los cambios y transformaciones
operados en el tiempo (ciclo de las rocas).
- Analizar, a partir de ejemplos, algunos de los rasgos específicos de las rocas (elementos
estructurales, texturales y composicionales) para reconstruir sus orígenes y parte de su
historia (ambiente y momento de formación).
- Relacionar las geofor-
mas exógenas (de erosión y de acumulación) con los ambientes, pro-
cesos y agentes que las formaron y distinguir entre la rocas formadas por la acción do-
minante del viento, el agua o el hielo.
- Interpretar, en mapas e imágenes satelitales, el clima de una región a partir de las geo-
formas observables.

Unidad 3. Recursos y riesgos geológicos

Recursos no renovables. Diferencias entre recursos y reservas. Concepto de renovabilidad. Re-
cursos mineros: tipos y aplicaciones. Recursos edáficos (suelos): su origen y evolución. Recursos
hídricos: origen, calidad y volúmenes. El ciclo del agua (superficial y subterráneo). Recursos
territoriales: características del relieve y sus componentes para su mejor aprovechamiento. La
razones geológicas de la distribución de los recursos, en escala local, regional y global.

Riesgos geológicos. Conceptos de Amenaza, Riesgo, Daño e Impacto ambiental. Riesgos, endó-
genos y exógenos (vulcanismo, terremotos, tsunamis, inundaciones, desmoronamientos, ava-
lanchas, colapsos, erosión de suelos, salinización de acuíferos, etc.). Las razones geológicas de
la distribución de las amenazas, en escala local, regional y global.

Orientaciones para la enseñanza

En esta Unidad se retomarán algunos de los contenidos desarrollados en las unidades anterio-
res con el objetivo de poner en evidencia las relaciones que establecen o podrían establecer las
comunidades en relación con los recursos y los riesgos de origen geológico. También, se pro-
pone que el estudiante advierta que ciertas prácticas en el uso de los recursos no renovables y
en la ocupación de territorios pueden provocar el deterioro de la calidad de vida o ponerla en
riesgo si se trata de regiones con antecedentes de procesos geológicos catastróficos.

En la *primera subunidad*, se incluyen el *agua* y los *suelos* como recursos no renovables pese que, a lo
largo de la historia de la humanidad y hasta hace muy poco tiempo, atrás eran considerados como
renovables. Este cambio de concepción obedece a que su calidad/cantidad han disminuido.

El concepto de recursos naturales hace referencia a todos los elementos naturales que son o podrían ser de utilidad para el desarrollo de la humanidad, usualmente son abundantes y tienen amplia distribución aunque su localización y volumen pueden tener ciertos grados de incertidumbre. En cambio, los recursos específicos que son escasos se agrupan bajo la categoría de *reservas*, para lo cual se requiere que el recurso (minero, hídrico o edáfico) sea localizado y cuantificado a fin de poder planificar adecuadamente su uso o explotación.

En cuanto a los recursos mineros, se destaca la conveniencia de usar esta denominación que es menos restrictiva que la habitualmente utilizada de "recursos minerales". Por otra parte, se espera que, además de enseñar su distribución geográfica en la provincia de Buenos Aires y en otras de la Argentina, se promueva la reflexión acerca de las razones geológicas de dichas ubicaciones con la finalidad de comprender cuáles son los criterios que guían la búsqueda de recursos. A la vez, es una oportunidad para que los estudiantes se apropien, en un contexto significativo, de herramientas metodológicas específicas, como los mapas geológicos y las imágenes satelitales que permiten visualizar e interpretar las relaciones entre recursos-geología-topografía.¹⁵

A tal efecto se retomaran conceptos de la Unidad 2, a fin de considerar que cada recurso minero se forma en un determinado ambiente geológico y, por lo tanto, está asociado a un reducido conjunto de rocas. Por ejemplo, las vetas de minerales o los granitos requeridos para ornamentación, trituración (piedra partida) o adoquinado podrán ser hallados donde afloran rocas endógenas. Consecuentemente, habrán de descartarse todas aquellas regiones donde afloren rocas sedimentarias o estén cubiertas por sedimentos modernos.

En relación con los suelos, se recomienda enfáticamente promover la comprensión de los procesos básicos de la edafogénesis: lixiviación, acumulación y humificación. También, se presentarán los principales factores que influyen: el clima, la pendiente y la permeabilidad de los materiales originales. Respecto del origen de los suelos será necesario complementar la enseñanza tradicional centrada en el uso de un modelo basado en materiales *autóctonos*, en el cual la roca madre está debajo de los Horizontes A, B y C. Dado que este modelo no se corresponde con el origen de los suelos de la provincia de Buenos Aires y de toda la Pampa Húmeda, también se enseñará otro más adecuado, que incluye materiales *alóctonos* y que, si bien presenta el mismo perfil de suelo, la roca madre (de esos materiales) está en regiones lejanas. Además, se señalará que no todos los suelos poseen el mismo perfil "tipo" ya que, por ejemplo, algunos carecen del Horizonte B, como ocurre en las regiones semiáridas.

Respecto del agua, se propone concentrarse en el ciclo de las aguas subterráneas caracterizándose las propiedades de los acuíferos libres y los confinados. Se promoverán aprendizajes que permitan identificar las áreas y procesos de recarga de acuíferos aplicando el concepto de *riesgo cero* para valorar las medidas tendientes a conservar dichas regiones exentas de contaminación. También, se presentarán situaciones problemáticas contextualizadas, orientadas a realizar un análisis crítico de la procedencia y uso del agua en cada región escolar. En ese marco, será conveniente promover actividades destinadas a diseñar planes de contingencia alternativos para el caso que cese o se reduzca sensiblemente el abastecimiento de este recurso.

¹⁵ Consultar en <http://www.segemar.gov.ar/catalogo/cartas/cartasgeologia/regionalesydesintesis.htm>. Todos los materiales didácticos disponibles en Internet se encuentran citados en la Bibliografía final, en el apartado Recursos en internet.

Finalmente, la consideración del territorio como un recurso natural, pretende que los estudiantes problematicen el uso de la superficie, en particular de las ciudades en las que viven, en relación con los criterios que se consideran para su uso. Se ha naturalizado el hecho de que la urbanización modifica el paisaje original; no obstante, es necesario resaltar que la urbanización de un territorio sin un ordenamiento territorial previo, generalmente ha conducido a situaciones en las que la calidad de vida de ciertos sectores de la población empeora.

Con referencia a la *segunda subunidad*, se sugiere proponer estudios de casos que permitan problematizar acerca de las interacciones entre la actividad social y los subsistemas naturales locales y regionales. En ese contexto, se conciben los *riesgos* como aquellos daños potenciales que puede sufrir una comunidad en virtud de la actuación de un proceso natural. Este concepto es diferente al de *impactos* ya que estos son efectos derivados de las intervenciones humanas en la naturaleza y tienen, simultáneamente, aspectos positivos y negativos. Los casos a estudiar podrían orientarse a la caracterización de la ocupación de la propia región escolar (u otras) y procurarán mostrar los procesos que constituyen amenazas, así como los riesgos (y daños) que se generarían de no mediar prevención.

En esta Unidad será conveniente rescatar el valor de la terminología científica a fin de expresar con claridad las ideas que se desean comunicar. Por ello, los procesos geológicos (volcanismo, terremotos, inundaciones, etc.), desde el punto de vista ambiental, serán considerados *amenazas* teniendo en claro que este concepto es genérico y poco útil en términos operativos. Por el contrario, para hacer operativo el estudio de un territorio, es necesario usar el concepto de *riesgos* (en plural) cuya enumeración está directamente fundada en cada uno de los daños que potencialmente podrían ocurrir en caso de que la amenaza se concrete.

Oportunidades pedagógicas

Se espera que los contenidos seleccionados constituyan una base geológica para formar ciudadanos críticos capaces de discernir entre una explotación sostenible de los recursos no renovables y su explotación, o entre los riesgos naturales y los que son naturalizados, pero que en realidad son impactos provocados por el hombre. En este sentido, para la formación ciudadana, se deben proporcionar contenidos y un espacio para analizar su praxis ciudadana.

Como criterio general, se propone presentar problemáticas derivadas de los conflictos históricos o de vigencia actual con la finalidad de hacer más significativo el estudio. En ese sentido, se procura poner en evidencia la necesidad de contar con aportes teóricos provenientes de distintas fuentes para analizar situaciones conflictivas (uso de recursos y prevención de riesgos) y eventualmente diseñar estrategias, tomar actitudes tendientes a prevenir y/o remediar las consecuencias según del caso que se trate.

Un aspecto que conviene desarrollar es la investigación monográfica y la exposición pública de conclusiones. Estas habilidades se pueden desarrollar proponiendo a los estudiantes un conjunto de preguntas cuya resolución implica una primera tarea individual de búsqueda de información y otra posterior, y grupal, de elaboración de conclusiones sobre la base de las preguntas iniciales. Por ejemplo, las preguntas iniciales pueden ser:

¿Es posible hacer minería y conservar el paisaje? ¿Es necesario conservarlo? ¿Por qué? ¿Cómo deberían distribuirse los beneficios derivados de la extracción y procesamiento de rocas y minerales? ¿Es sostenible el desarrollo derivado de la explotación de recursos no renovables? Para

contribuir a responderlas, cada estudiante podrá elegir diferentes materiales de origen minero (metales, sales, rocas, minerales) para realizar una investigación guiada por preguntas como:

¿En qué medida el desarrollo de la sociedad requiere de... (determinado recurso minero)? ¿Qué sucede si dicho recurso se agota por completo? ¿En qué ambiente geológico tiene lugar la formación y cuándo se formó (el recurso en cuestión)? ¿Es posible extraerlo sin causar daños irreversibles en otros recursos (aguas, suelo, territorio)?

Los recursos y riesgos geológicos analizados en esta Unidad y la metodología de resolución de problemas centrada en casos concretos (locales o no) contribuyen a la alfabetización científica ya que posibilitan al estudiante argumentar el apoyo o rechazo a determinadas intervenciones humanas. Asimismo, es una posibilidad para reflexionar sobre el consumismo que retroalimenta una demanda creciente de recursos no renovables.

Como ya se desarrolló, el tratamiento propuesto para los suelos intenta superar el único modelo difundido: Horizontes A, B, C y Roca Madre y señalar que éste responde muy bien a suelos europeos y también al de algunas regiones argentinas, pero que no se corresponde con el origen de los excelentes suelos de la Pampa Húmeda argentina. Esta reflexión es propicia para señalar que si bien la erosión de los suelos es un grave problema en todo el mundo, es mucho más grave cuando se trata de suelos evolucionados sobre materiales autóctonos.

El énfasis propuesto para el desarrollo de contenidos sobre las aguas subterráneas, ofrece una buena ocasión para cuestionar y corregir el error conceptual acerca de la existencia de los ríos subterráneos. Dicho error favorece actitudes negligentes en el uso del recurso ya que induce a realizar extracciones ilimitadas bajo el supuesto de que el agua no se agotará. El docente puede utilizar diferentes ejemplos para que el estudiante comprenda los riesgos de la extracción descontrolada de las aguas subterráneas.¹⁶

Con referencia a la segunda subunidad, *riesgos geológicos*, se debe tener en cuenta que las experiencias acumuladas a lo largo de la historia de la humanidad han permitido reconocer que, por ejemplo, los procesos volcánicos provocaron diferentes tipos de *daños*: arrasamiento de poblaciones e incendios forestales por coladas de lava; sepultamiento de campos, ciudades, seres vivos por cenizas volcánicas, etcétera.

Para su enseñanza, se puede partir de un ejemplo en el que los alumnos enumeren algunos daños conocidos por ellos, y luego hacerles notar que la misma enumeración se utiliza para establecer los riesgos. Por ejemplo, en las regiones urbanizadas próximas a un volcán "dormido", ante la presunción de que la amenaza se pudiera concretar (que el volcán entre en erupción), se realizan estudios de los riesgos volcánicos¹⁷ (los daños potenciales), cuya finalidad es señalar qué clase de riesgos podrían ocurrir con el objeto de prevenir la existencia de daños.

Entonces, el riesgo de arrasamiento de poblaciones por coladas de lava sólo podrá ocurrir en los lugares por donde la lava pueda fluir, es decir, en los valles hasta una distancia de pocos kilómetros del volcán, pero no así en los filos y los sectores más elevados. En el caso de que el

¹⁶ Lacreu, Héctor Luis y Aljanati, David Jorge, "Historia y vicisitudes del agua en el planeta tierra", en Lacreu Laura (comp.) *El agua. Saberes escolares y perspectiva científica*. Buenos Aires, Paidós, 2005.

¹⁷ Consultar en <http://cricyt.prisma.org.ar/ID/000200000204>. Todos los materiales didácticos disponibles en Internet se encuentran citados en la Bibliografía final, en el apartado Recursos en Internet.

volcanismo fuese altamente explosivo, tanto los valles como los filos estarán en riesgo de sepultamiento por cenizas pero tendrán mayor riesgo las regiones ubicadas en la dirección de los vientos dominantes. Este ejemplo, tomado del volcanismo, es válido para ilustrar la diferencia entre los conceptos de amenaza, riesgo y daño, y para comprender la necesidad de conocer aspectos de la dinámica de los procesos geológicos que podrían causar daños a las poblaciones. También se podrá aprovechar para comprender que la metodología de análisis debe estar contextualizada en un paisaje con un relieve singular en el que existan amenazas geológicas. Finalmente, será útil para entender la importancia que tiene la construcción de mapas de riesgos, a fin de prevenir los daños. En este sentido, se podrá proponer a los estudiantes realizar nuevos mapas en relación con los riesgos derivados de otra amenaza que pudiera estar presente en una región.

En relación con el recurso *territorio* se sugiere promover la reflexión sobre los impactos (negativos y positivos) derivados del desarrollo de las ciudades y analizar en que medida éste se puede considerar sostenible.

Finalmente, las reflexiones e investigaciones escolares y ecoauditorias¹⁸ que se realicen en relación con el uso del agua de la región escolar, deberían conducir a la formulación de propuestas para que el desarrollo urbano sea sostenible o, en su caso, explicar porque no lo ha sido.

Objetivos de aprendizaje de la unidad

- Valorar los riesgos geológicos, sus causas y consecuencias para la humanidad.
- Discutir el concepto de *daños naturales* y reflexionar en qué medida la sociedad podría evitarlos.
- Reconocer y valorar la singularidad del paisaje (local o lejano), identificando los procesos geológicos y sus evidencias así como los recursos naturales no renovables que dispone para reflexionar acerca de:
 - los riesgos que eventualmente pudieran afectar a las comunidades;
 - la inevitabilidad de la modificación del paisaje por el uso de los mismos a lo largo del desarrollo de la humanidad;
 - las relaciones de dependencia y los condicionamientos que ejercen los recursos y riesgos geológicos para el desarrollo de las comunidades;
 - la sostenibilidad en el uso de los recursos.
- Analizar casos en los que pudieran inutilizarse algunos recursos (agua o suelo) o cesar su abastecimiento (mineros) y anticipar alternativas (planes de contingencia) que podrían implementarse.
- Interpretar y construir mapas de recursos y de riesgos naturales respecto de una comunidad (real o hipotética) para anticipar problemas derivados del mal uso de los primeros y medidas de protección respecto de los segundos, distinguiendo los conceptos de amenaza, riesgo, daño e impacto.
- Realizar estudios de casos para analizar el tipo de intervenciones humanas en una región y efectuar un balance de los impactos positivos y negativos (locales/globales) derivados de dicha intervención. Analizar dichos impactos en el ámbito social, cultural, económico y ecológico y emitir conclusiones acerca de las modificaciones en la calidad de vida.
- Utilizar los conceptos de recursos y reservas para analizar casos concretos.
- Analizar las responsabilidades de los ciudadanos sobre la intensidad del consumo en las grandes ciudades, y los impactos ambientales que genera la demanda, tanto en los lugares

¹⁸ Weissmann, Hilda, "El agua y la educación ambiental". Programa de ecoauditorías escolares, en Lacreu, Laura (comp.) *El Agua, saberes escolares y perspectiva científica*. Buenos Aires, Paidós, 2005.

cercanos donde se procesan las materias primas como los lejanos donde se realizan las explotaciones mineras.

- Estudiar problemas derivados de impactos negativos o daños naturales ocurridos en diferentes sitios nacionales o internacionales, analizar sus causas y consecuencias, identificar eventuales responsables e implementar mecanismos de difusión y comunicación para ayudar los sectores afectados.

Unidad 4. Historia geológica del paisaje

Espacio geológico. Representación espacial y temporal de rocas y geofomas: mapas y perfiles geológicos (imágenes satelitales- *Google earth*).

El tiempo geológico. Principios básicos de la Geología (superposición, relaciones cruzadas, inclusión e intrusividad). Discordancias. Escalas de tiempo. Edades relativas y absolutas. Los fósiles, origen, edades.

Historia geológica del paisaje. Principios básicos de la Geología (Actualismo, Horizontalidad original y Continuidad lateral de estratos). Historia geológica: reconstrucción cronológica y espacial de los sucesos geológicos que justifican la configuración geológica de una región singular.

Orientaciones para la enseñanza

En las unidades anteriores, progresivamente se fueron desarrollando conceptos relacionados con procesos geológicos endógenos y exógenos, considerados tanto a nivel planetario (Tectónica de placas) como en un nivel más localizado: la formación de diferentes tipos de rocas y geofomas a ellos vinculadas. Dicho tratamiento se ha desarrollado intencionadamente de manera atemporal a fin de reservar este abordaje para esta última Unidad que, a modo de cierre e integración, incluye uno de los rasgos que caracteriza y otorga identidad a la Geología como ciencia histórica: el tiempo geológico.

La *primera subunidad* persigue la integración de los conceptos desarrollados desde el comienzo mediante su aplicación a la resolución de problemas reales o virtuales orientados a representar y explicar el origen y la distribución de geofomas y sus materiales en determinadas porciones de territorio cercanas y/o lejanas a la región escolar. Estas porciones de *espacio geológico* serán consideradas en sus tres dimensiones: largo, ancho (superficie) y profundidad (subsuelo). A tales efectos será necesario trabajar con perfiles y mapas topográficos-geológicos y enseñar las nociones elementales acerca de su construcción, para lo cual se pueden usar los mismos mapas empleados para analizar la localización de recursos mineros.

La *segunda subunidad* se iniciará presentando las principales controversias entre catastrofistas y uniformitaristas en relación con la velocidad con que ocurren los cambios en el relieve. Ambas concepciones, se correlacionan con las que subyacen a otro de los grandes debates en geología en relación con el origen de las rocas: neptunismo y plutonismo. En definitiva, se trató de discusiones entre una visión teológica y estática de la naturaleza y otra más dinámica que consideraba los procesos a lo largo del tiempo. La noción del tiempo geológico se desarrollará desde distintas perspectivas. Por un lado, desde el punto de vista de las edades absolutas, cuya determinación cuantitativa se realiza por medio de las dataciones isotópicas que permiten establecer la "fecha" en que se formaron ciertas rocas (rocas ígneas, generalmente). Por otro, se utilizará el concepto de tiempo como duración (lapso durante el cual ocurren fenómenos) y como una secuencia de eventos en los que se pueden

diferenciar los más antiguos de los más modernos, aunque no se haya logrado establecer sus fechas. Este último concepto se puede comprender a partir del aprendizaje de los principios que permiten establecer las edades relativas de dos o más rocas contiguas como son los principios de superposición de estratos, relaciones cruzadas, inclusión e intrusividad.

En relación con los fósiles, se realizará una presentación sintética acerca de los procesos de fosilización, con mayor énfasis en su tratamiento como indicadores paleogeográficos. El docente enseñará que las edades de los fósiles no se obtienen por mediciones realizadas directamente sobre ellos sino, de manera indirecta, estableciendo la edad de las rocas sedimentarias que los contienen y asumiendo que ambos poseen la misma edad. A tal efecto, se resolverán problemas usando gráficos y/o modelos sencillos, mediante el empleo combinado de los principios de superposición de estratos e intrusividad y la asignación de edades absolutas a las rocas ígneas en contacto con las rocas que contienen a los fósiles.

La enseñanza de las Escalas de Tiempo (Eones, Eras, Períodos, etc.) se orientará a la comprensión de los criterios usados para establecer los límites y duraciones en cada una de ellas y el reconocimiento de que estos responden fundamentalmente a crisis biológicas en las que hubo grandes extinciones, muchas de ellas provocadas por sucesos geológicos de escala planetaria. Será oportuno retomar las relaciones entre la Tectónica de placas y la evolución biológica, especialmente en la correlación que existe entre las extinciones masivas y la formación de los supercontinentes de Rodinia y Pangea, y el incremento de la biodiversidad que acompaña a la fragmentación y dispersión continental.¹⁹ Al mismo tiempo, se enseñará que mediante la caracterización de los fósiles, de las rocas que los contienen y de otras adyacentes, es posible reconstruir las características paleogeográficas de una determinada región y, sobre dichas conclusiones, interpretar las condiciones paleoecológicas en las que se desarrollaron algunas asociaciones de especies fósiles.

En la *tercera subunidad* se enseñarán otros principios básicos de la geología como el de horizontalidad original y de continuidad lateral.²⁰ Estos principios permitirán poner en evidencia la necesidad de establecer marcos teóricos universales de referencia con el objeto de reconocer que en algunas ocasiones dichos postulados no se cumplen. Tal es el caso de la existencia de estratos inclinados cuyo "apartamiento" de la regla sólo puede ser advertido si se conoce la regla de la horizontalidad. Consecuentemente, este tipo de excepciones a los principios constituyen hechos curiosos y como tales deberían promover la necesidad de explicar sus causas.

Desde el punto de vista de la reconstrucción histórica, además de establecer la secuencia temporal de las rocas, es necesario postular las condiciones en que ellas se han formado y los agentes que han intervenido tanto en su formación inicial como en su eventual deformación posterior. Para ello, será necesario conocer cuáles son los procesos que formaron las rocas y la única forma de establecerlos es mediante el Principio del Actualismo. Se trata de un principio metodológico que apela a la lógica abductiva para explicar sucesos de los cuales solo existen vestigios incompletos de sus acciones, pero que se pueden inferir gracias a las analogías con rocas más nuevas cuyos procesos formadores son conocidos. Es importante destacar que el Actualismo es también un componente esencial para la construcción de la identidad de la geología ya que permite asignarle sentido a las rocas, consideradas como registros de los sucesos ocurridos en el discurrir del tiempo geológico.

¹⁹ Por este tema se pueden consultar los siguientes libros citados en la Bibliografía en p. 104 de Anguita, Francisco: *Origen e Historia de la tierra y Biografía de la Tierra. Historia de un planeta singular*; de Hallam, Anthony, *De la deriva de los continentes a la Tectónica de placas*.

²⁰ Lacreu, Hector, *Principios básicos de la Geología*, 2008, mimeo.

Oportunidades pedagógicas

Cabe reiterar que los principios usados para establecer las edades relativas, junto con el Principio del Actualismo pueden ser considerados las raíces que configuraron el inicio de la Geología como ciencia histórica.

En relación con los fósiles será una buena oportunidad para corregir un concepto muy frecuente que erróneamente atribuye la edad de los fósiles a los estudios del contenido de ^{14}C . En efecto, se desconoce el concepto de vida media de los isótopos radiactivos y por ende que la vida media del ^{14}C es de unos 5.000 años, razón por la no se puede aplicar en los restos de mas de 70.000 años.

Por un lado, el paisaje cumple una función cultural de esparcimiento y, por otro, condiciona algunas experiencias vitales desde la niñez a partir de las que se genera un sentido de pertenencia. Por dichos motivos, es importante que los alumnos comprendan que el paisaje es sensible a las intervenciones humanas y éstas, por lo tanto, deben gozar del acuerdo explícito de la comunidad afectada. Debe hacerse hincapié en que el conocimiento acerca de la historia geológica del paisaje que alberga a una comunidad, permite conocer los procesos que configuraron su aspecto actual, predecir eventuales procesos en el futuro y, sobre todo, fomentar el afecto y la valoración por la singularidad de cada territorio.

Así, podrán comprender que, sobre la base de los principios geológicos, las edades relativas y el significado genético de las rocas, es posible reconstruir cronológicamente los sucesos que configuraron el relieve actual. Esto es, en la medida en que se puedan obtener estos datos, construir la historia geológica del paisaje de cualquier región.

El desafío en esta materia es lograr la alfabetización geocientífica de los ciudadanos para que sean capaces de comprender la complejidad e interacción entre los subsistemas naturales y, como resultado de ello, gozar con la reconstrucción de la historia geológica del paisaje de la región en la que viven. Del mismo modo, se espera que los estudiantes, futuros ciudadanos, puedan realizar predicciones acerca de los sucesos que podrían ocurrir en su localidad u otras estudiadas, sobre la base de proyectar hacia el futuro.

Objetivos de aprendizaje de la unidad

- Interpretar los procesos geológicos que configuran un paisaje físico desde una perspectiva de espacio tridimensional (superficie y subsuelo) y en un marco temporal referenciado respecto de alguna de las escalas geocronológicas.
- Participar con responsabilidad, autonomía y solvencia de algún proyecto de reconstrucción de la historia geológica de una región (local o lejana) para comprender el origen del paisaje que habita y predecir eventuales cambios derivados de fenómenos naturales o artificiales que modifiquen el paisaje. Esto implicará:
 - el despliegue de metodologías para la construcción un mapa geológico (*Google earth* o mapas específicos), en el cual queden reflejados los principales rasgos geológicos del paisaje (distribución de geoformas y materiales) de la región en la que vive (u otra) y la secuencia ordenada (edad relativa) de los sucesos geológicos;
 - la interpretación de los procesos y ambientes en que se originaron las rocas;
 - la comunicación en el ámbito escolar y extraescolar de los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto.

ORIENTACIONES DIDÁCTICAS

Como se señaló en la introducción, Ciencias de la Tierra aporta un marco teórico y metodológico para la comprensión del funcionamiento de la Tierra. Su enseñanza requiere el despliegue de un conjunto de estrategias didácticas que faciliten la construcción de marcos conceptuales que en muchos casos contradicen el sentido común y el conocimiento cotidiano. Estos marcos conceptuales se construyen en la escuela a partir de cuatro ideas centrales que atraviesan la materia.

En primer lugar, los procesos naturales no ocurren aisladamente, sino que son el resultado de interacciones complejas. Por lo tanto, lo que percibimos son resultados parciales y transitorios, y obedecen a múltiples causas.

En segundo lugar, 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 dos primeras ideas requieren que los estudiantes puedan concebir y reconstruir procesos histórico-geológicos. Para esto, se precisa del 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.

Finalmente, los estudiantes deberán comprender que los hechos y fenómenos que se observan y describen pueden constituirse en evidencias y datos geológicos siempre y cuando se disponga de una teoría para interpretarlos. Concomitantemente, las observaciones que se realizan pueden ser interpretadas de maneras diferentes según el marco teórico que se utilice.

Desde el punto de vista didáctico, la construcción de estos marcos conceptuales requiere de 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 evidencias que quedaron registradas como "huellas digitales" en las rocas o sedimentos que están presentes tanto en la superficie del paisaje como en el subsuelo cercano y en el más profundo.

La abducción es una forma particular del pensamiento –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. En efecto, dicho principio establece que los procesos geológicos que en la actualidad dan origen a "productos" como rocas, geoformas o estructuras, también ocurrieron en el pasado, aunque sus intensidades hayan cambiado. Por lo tanto, en el caso de hallar analogías (grandes semejanzas composicionales, texturales y estructurales) entre un "producto" del presente y otro formado en el pasado, hace millones de años, entonces se puede afirmar que éste último fue originado por un proceso equivalente al actual.

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 urbanas. La situación más conveniente desde el punto de vista formativo es el planteo de situaciones problemáticas que promuevan la realización de investigaciones escolares ya sea en el campo, mediante experiencias de carácter virtual o 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, textura, minerales, estructuras, relaciones con rocas adyacentes, etc.) a fin de establecer la cronología (edad relativa) de todas las rocas bajo análisis e interpretar cual fue el proceso que generó cada una de ellas.

Otras situaciones pueden orientarse a problematizar sobre la procedencia de los recursos naturales (agua, suelo, rocas, minerales, etc.) que son empleados, directa o indirectamente, en las construcciones de la infraestructura urbana, los servicios e incluso en la vida y gastronomía cotidiana. Se espera que los docentes generen situaciones de enseñanza que tiendan a superar el mero carácter descriptivo de la procedencia de los recursos y profundicen en las explicaciones de las razones geológicas de sus localizaciones.

En efecto, es aquí donde entra en juego el aporte de las Ciencias de la Tierra para la formación de ciudadanos críticos, científicamente alfabetizados, ya que para poder comprender y justificar la distribución natural de los recursos naturales (locales, regionales y globales) es necesario recurrir a algunas nociones básicas acerca del origen de los recursos. Por ejemplo, rocas tales como los granitos, nunca serán encontrados si se los busca en lugares donde afloran sedimentos muy recientes. En efecto, sólo podrán ser halladas en regiones con rocas endógenas, antiguas (millones de años), al igual que las calizas para la obtención de mármoles o para utilizarla en la industria del cemento. Por el contrario, la sal de mesa o el yeso nunca serán encontrados donde afloran rocas endógenas. Sólo serán hallados en, regiones con rocas exógenas y edades que pueden ser muy recientes o de algunos millones de años.

Otros elementos cotidianos, por ejemplo, la nafta y los metales, solo están disponibles luego de un procesamiento industrial generalmente localizado cerca de las ciudades. Sin embargo, la extracción de sus materias primas se realiza habitualmente en regiones lejanas, donde hay rocas y minerales singulares que contienen los elementos (petróleo y minerales) que son extraídos y transportados para su posterior procesamiento. La reflexión sobre estos hechos permitirá tomar conciencia de que el consumo en las grandes ciudades genera una demanda que provoca impactos ambientales, tanto en los lugares lejanos donde se realiza la explotación minera de las materias primas, como en los cercanos donde se procesan. Sobre la base de estos pocos ejemplos referidos a las condiciones donde sería posible encontrar determinados recursos, se podrá comprender que su distribución no es azarosa sino que responde a procesos geológicos que, en un cierto momento de la historia y en una determinada región, dieron origen a unas rocas y no a otras.

Consecuentemente, se comprenderá que el conocimiento de la historia geológica de una región mediante los materiales y sus estructuras constituyen una herramienta teórica para orientar la búsqueda de nuevos recursos que incrementen las reservas existentes. La comprensión de estos conceptos también contribuirá a superar los mitos y anécdotas románticas acerca del carácter aventurero y azaroso de la búsqueda y hallazgo de los recursos naturales.

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN

LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Y LA EVALUACIÓN

Los Objetivos de aprendizaje de la unidad están expresados en términos de desempeños (justificar, ejemplificar, explicar, relacionar, interpretar o realizar esquemas o gráficos) que se espera que los estudiantes puedan realizar a medida que avanzan en el aprendizaje de los contenidos dentro de la unidad y, en este sentido, sirven de orientadores tanto para la enseñanza como para la evaluación de los aprendizajes.

En relación con la enseñanza, para que los estudiantes avancen en el sentido deseado, además de las lecturas o explicaciones que pueda realizar el docente, es necesario que a lo largo de las clases se les ofrezcan variadas situaciones a partir de las cuales puedan aprender a analizar ejemplos, describir, justificar, explicar, graficar e interpretar gráficos, etc. en relación con los temas propuestas. Por eso, al enunciar los contenidos de cada unidad se hace una distinción entre aquellos conceptos que son centrales y las ideas asociadas, y en Orientaciones para la enseñanza se ofrece un despliegue de estrategias y sugerencias para trabajar los contenidos de la unidad.

La formulación de los objetivos de aprendizaje de cada unidad, en cambio, apunta a que la evaluación ponga más el acento en las generalizaciones y síntesis conceptuales que los estudiantes puedan alcanzar, que en la memorización de los casos y ejemplos estudiados. Por lo tanto, la evaluación deberá hacer hincapié en el nivel de conceptualización en la argumentación de las conclusiones y predicciones, así como en el sentido de las observaciones e interpretaciones, y no en los detalles de la sistemática clasificatoria de los objetos de estudio de las Ciencias de la Tierra.

BIBLIOGRAFÍA

- Anguita, Francisco, *Biografía de la Tierra. Historia de un planeta singular*. Madrid, Aguilar, 2002.
- – –, *Origen e historia de la Tierra*. Madrid, Rueda, 1988.
- Folguera, Andrés; Ramos, Víctor; Spagnuolo Mauro (coord.), *Introducción a la geología. El Planeta de los dragones de Piedra*. Buenos Aires, Eudeba, Colección Ciencia joven, 2006.
- Hallam, Anthony, *De la deriva de los continentes a la Tectónica de placas*. Barcelona, Labor, 1976.
- – –, *Grandes controversias geológicas*. Barcelona, Labor, 1985.
- Lacreu, Héctor Luis, *Costos sociales y riesgos políticos de la Indiferencia Geológica*. San Luis, UNSL, 1990.
- – –, "Las Geociencias en la alfabetización científica", en Kaufman, Miriam y Fumagalli, Laura (comp.), *Enseñar Ciencias Naturales: reflexiones y propuestas didácticas*. Buenos Aires, Paidós, 1999.
- – –, "La historia del paisaje como contenido esencial en la enseñanza obligatoria", en *Alambique*. Barcelona, Graó, 2007.
- – –, *Principios básicos de la Geología*, 2008, mimeo.
- – –, "Recursos geoambientales y ciudadanía", en *Terrae Didactica* 4(1):43-50, Campinas, Brasil, 2009.
- – –, Lacreu, Héctor Luis y Aljanati, David Jorge, "Historia y vicisitudes del agua en el planeta tierra", en Lacreu Laura (comp.) *El agua. Saberes escolares y perspectiva científica*. Buenos Aires, Paidós, 2005.
- Tarback, Edward y Lutgens, Frederik, *Ciencias de la Tierra, una introducción a la Geología Física*. Madrid, Pearson Education, 2006.
- Strahler, Arthur, *Geología Física*. Barcelona, Omega, 1997.
- Wicander, Reed y Monroe, James, *Fundamentos de Geología*. México, Cengage Learning/Thomson Internacional, 2000.

RECURSOS EN INTERNET

DGCyE, www.abc.gov.ar

Congreso Geológico Internacional, 2008, http://www.cprm.gov.br/33IGC/Sess_148.html

Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (Aepect), <http://www.aepect.org/>

AulaGEA, *Asistencia para la Enseñanza de las Geociencias*, <http://www.fcen.uba.ar/aulagea>

Proyecto Aulagea, <http://ingeodav.fcen.uba.ar/contame/trabajos/bunge/portada.htm>

SEGEMAR, Servicio Geológico Minero Argentino, <http://www.segemar.gov.ar/catalogo/cartas/cartasgeologia/regionalesydesintesis.htm>

Biblioteca MUMIN, biblioteca del SEGEMAR, <http://www.mineria.gov.ar/museo/BIBLIOTECA/biblioteca.htm>

Recursos de Biología y Geología. Animaciones de Geología, <http://www.bioygeo.info/AnimacionesGeo1.htm>

Mineral Town, formación de rocas y minerales, http://www.mineraltown.com/infocoleccionar/Como_formacion_rocas_minerales.htm