



Enseñar Ciencias de la Tierra en Inicial y Primaria

Intentos y desafíos

Leonor Bonan

lbonan@de.fcen.uba.ar

Instituto de Investigaciones CEFIEC, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

Introducción

Este artículo presenta un acercamiento a la enseñanza de las Ciencias de la Tierra en los niveles inicial y primario de la enseñanza obligatoria, especialmente del diseño curricular prescripto para Geología en la República Oriental de Uruguay. Para ello se describen brevemente algunos aspectos epistemológicos de las Ciencias de la Tierra y de su didáctica asociada. Luego se aborda la selección y organización de los contenidos del diseño curricular uruguayo, ejemplificando parte del desarrollo en la temática *suelo*. Por último se sugieren posibles pistas para abordar el desafío de su enseñanza.

Breve caracterización epistemológica de las Ciencias de la Tierra

Las Ciencias de la Tierra pueden considerarse un campo de investigación que recibe los aportes provenientes de distintas disciplinas: Geología, Meteorología, Oceanografía, Astronomía, y también de sus relaciones. La Teoría General de los Sistemas es un enfoque útil a la comprensión de estas ciencias. Un trabajo fundante es el de Anguita (1993), que conecta la Teoría General de los Sistemas con las Ciencias de la Tierra.

Sintéticamente, este autor alude a un sistema como un conjunto de elementos que interactúan entre sí. A su vez, estos elementos pueden

considerarse subsistemas de otros sistemas. Veamos un ejemplo: la Tierra, como planeta, es un subsistema del Sistema Solar pero está formada, a su vez, por otros subsistemas: la Geósfera, la Atmósfera, la Hidrósfera y la Biósfera.

También es interesante detenernos a pensar por qué la Astronomía es parte de las Ciencias de la Tierra: no es posible entender la Tierra sin compararla con otros planetas, ya sea alguno del Sistema Solar o de algún planeta de otro sistema solar. Por ello la Astronomía, o algún recorte de ella, aportan información relevante al estudio de la Tierra.

Una mirada histórica sobre el desarrollo de las Ciencias de la Tierra nos muestra que estas ciencias alcanzaron su madurez teórica no hace mucho tiempo. En la década del sesenta se sustentó la Teoría de la Tectónica de Placas, primera teoría que permitió explicar fenómenos tan disímiles como los cambios en el relieve, y el vulcanismo o los terremotos. Otra característica muy importante de estas ciencias es que son históricas, es decir, cada acontecimiento acarrea la historia de los procesos y acontecimientos que lo conformaron. Veamos otro ejemplo: recién mencionamos que la Tectónica de Placas permitió explicar el vulcanismo. Las erupciones volcánicas emiten gases desde el interior de la Tierra hacia el exterior, además de lava. Este proceso de emisión de gases viene ocurriendo desde épocas muy tempranas en

nuestro planeta: se trata de un proceso histórico que dio lugar a la formación de la atmósfera —que, dicho sea de paso, fue cambiando su composición a lo largo de la historia planetaria en interacción con la vida, a través de las primeras bacterias que hicieron fotosíntesis—. Es decir que la atmósfera puede ser considerada como un sistema dinámico no solo por los cambios de temperatura, presión o viento que experimenta instante a instante, sino porque desde que se formó, su composición ha ido variando. La atmósfera es una mezcla de gases que interactúa con los océanos, interacción que produce pulsos regulares como los fenómenos conocidos como Corriente del Niño o Corriente de la Niña. La atmósfera y el océano son subsistemas que se acoplan dando lugar a procesos climáticos que, en especial, generan condiciones meteorológicas en el día a día.

Todos estos factores e interacciones tienen un nivel de complejidad importante desde la perspectiva científica y tecnológica: se miden datos meteorológicos reales en tiempo real en muchos puntos del planeta, para ser procesados a través de modelos numéricos en grandes computadoras, y así poder predecir el tiempo y el clima. En general puede decirse que hay un gran desarrollo científico y tecnológico en las Ciencias de la Tierra, se realizan tomografías sísmicas para “ver” el interior de la Tierra, se monitorean volcanes, terremotos y tornados, se envían misiones al espacio, se lanzan satélites que brindan datos de nuestro planeta. En el año 2011 se envió un laboratorio móvil a Marte, el *Curiosity*, que analiza diversos aspectos de su suelo y la atmósfera. Como podemos ver, las Ciencias de la Tierra abarcan gran cantidad de problemáticas científicas que presentan relaciones diversas entre en sí.

Las Ciencias de la Tierra como campo disciplinar tuvieron un desarrollo tardío, pues sus modelos suelen incluir modelos de otros campos disciplinares: Física, Matemática, Computación, Química, Biología, entre otros. Como podemos apreciar, conocer el estado del arte de las Ciencias de la Tierra en la actualidad es tarea compleja y nadie puede saberlo todo. Los investigadores aíslan un objeto o un fenómeno para su estudio y consideran *caja negra* otros modelos implícitos en él. Es decir, se selecciona un modelo para explicar un fenómeno, pero se asume que esta explicación subsume otros modelos que no se conocen en detalle.

Consideremos, por ejemplo, la temática *el suelo*. El suelo está formado por partículas de distintos orígenes, y según su composición y tamaño se constituyen diferentes tipos de suelo. La arena o la arcilla conforman suelos que tienen diferentes composiciones y tamaños de partículas, lo que les brinda características diversas. Este análisis implica estudiar el suelo sin pensar de dónde vienen esos materiales terrestres, si se encuentran en lugares diferentes, cómo llegaron hasta allí, cuándo lo hicieron. Estas preguntas involucran el conocimiento de procesos geológicos endógenos y exógenos como la erosión o la meteorización, procesos que ocurren como consecuencia de la acción del viento y de la lluvia, cuya comprensión involucra modelos físicos y químicos. El suelo puede considerarse un sistema formado por otros subsistemas (sus partículas) y estas, a su vez, pueden considerarse también un sistema. Si volvemos sobre el recorrido conceptual expresado en este párrafo, podemos definir sistemas y subsistemas en interacción, conexos entre sí. Podemos apreciar que las conexiones son múltiples y no siempre visibles.

Los aportes de la Didáctica de las Ciencias de la Tierra a la enseñanza

Hasta aquí, la variedad y complejidad del conocimiento del “Sistema Tierra”. Vayamos ahora a cuestiones intrínsecas a su enseñanza. En primer lugar, la Didáctica de las Ciencias de la Tierra en relación con la Didáctica de las Ciencias Naturales es uno de sus campos de investigación más postergados. La producción didáctica de las Ciencias de la Tierra es menor que la de las otras didácticas específicas (Biología, Física y Química). A la vez, a su interior, la Didáctica de la Geología es la más desarrollada, sigue la de la Astronomía, y es escasa la producción didáctica en Meteorología y Oceanografía. Esta situación se relaciona, entre otras cuestiones, con su inclusión en los diseños curriculares. En los diseños curriculares latinoamericanos en particular, su presencia es marginal o inexistente. En ocasiones, los contenidos de Ciencias de la Tierra han sido incluidos en la asignatura Geografía, pero al ser esta una ciencia social funcionan a modo de *soporte* de escenarios en los que la actriz principal es la actividad humana.

Por otra parte, dado que las Ciencias de la Tierra integran en sus explicaciones modelos provenientes de otras disciplinas como la Física, la Química o la Biología, heredan de estas algunas de sus dificultades de aprendizaje. Pero también poseen contenidos, características, formas de razonamiento y de validación que son particulares y únicos de estas ciencias, por lo que es esperable encontrar dificultades de aprendizaje también características. Consideremos una publicación obligada de la Didáctica de las Ciencias de la Tierra en la que su autor, Emilio Pedrinaci (2001), describe los obstáculos más comunes que tienen los aprendices en esta área del conocimiento. Haremos una breve descripción de los más importantes.

La inmutabilidad aparente del paisaje terrestre

La mayor parte de los procesos geológicos ocurren con suma lentitud medidos desde la escala humana. Esto ha llevado tanto a la formulación histórica de modelos estáticos como a la conformación de un pensamiento que no imagina naturalmente los cambios en el planeta y sus componentes. Esta perspectiva estática es quizás el principal y más persistente de los obstáculos. Resulta muy difícil imaginar el efecto acumulado de muchísimos cambios muy pequeños a lo largo de muy prolongados períodos de tiempo.

El catastrofismo

Contrariamente al obstáculo anterior, la concepción catastrofista se refiere a que la Tierra está sujeta a la ocurrencia de procesos catastróficos repentinos sin explicación y, por lo tanto, se inhibe el cuestionamiento sobre los procesos que ocurren en la Tierra o la búsqueda de sus explicaciones. En las Ciencias de la Tierra ocurren hechos de gran magnitud que se suscitan repentinamente, pero su ocurrencia es el resultado de un proceso preexistente.

El tiempo geológico

La magnitud de la escala temporal de las Ciencias de la Tierra constituye una verdadera barrera imaginativa ante la dificultad de representar mentalmente valores temporales tan grandes. Es difícil pensar tiempos del orden de los millones de años. Si bien la estructura del planeta tiene un comportamiento dinámico, la escala temporal a

la que ocurren los procesos no se puede percibir en el transcurso de la vida de una persona.

La naturaleza de las rocas

Entender los procesos internos exige comprender que las características y las propiedades de los materiales de nuestro entorno no son directamente extrapolables a situaciones con condiciones muy distintas a las que experimentamos en superficie.

La naturaleza de las rocas observadas en las condiciones de la superficie terrestre opera como fuerte obstáculo para la comprensión de la Tectónica de Placas.

La diversidad y amplitud de las escalas espaciales

La comprensión de la dinámica terrestre requiere del trabajo con grandes escalas temporales. Pero también necesita el manejo de muy diversas escalas espaciales utilizadas simultáneamente, de modo de poder pasar rápida y dinámicamente de las miradas locales a las globales, transfiriendo información entre ellas. La superposición inadecuada de escalas espaciales puede llevar a extrapolar explicaciones válidas en una escala, a otras en las que ya no lo son.

La inaccesibilidad y singularidad de los procesos

Muchos procesos terrestres ocurren a grandes profundidades, por lo que es imposible observarlos directamente. Cada uno es singular; al tratarse de ciencias históricas, cada acontecimiento acarrea la historia de los procesos y sucesos que lo conformaron.

La multicausalidad

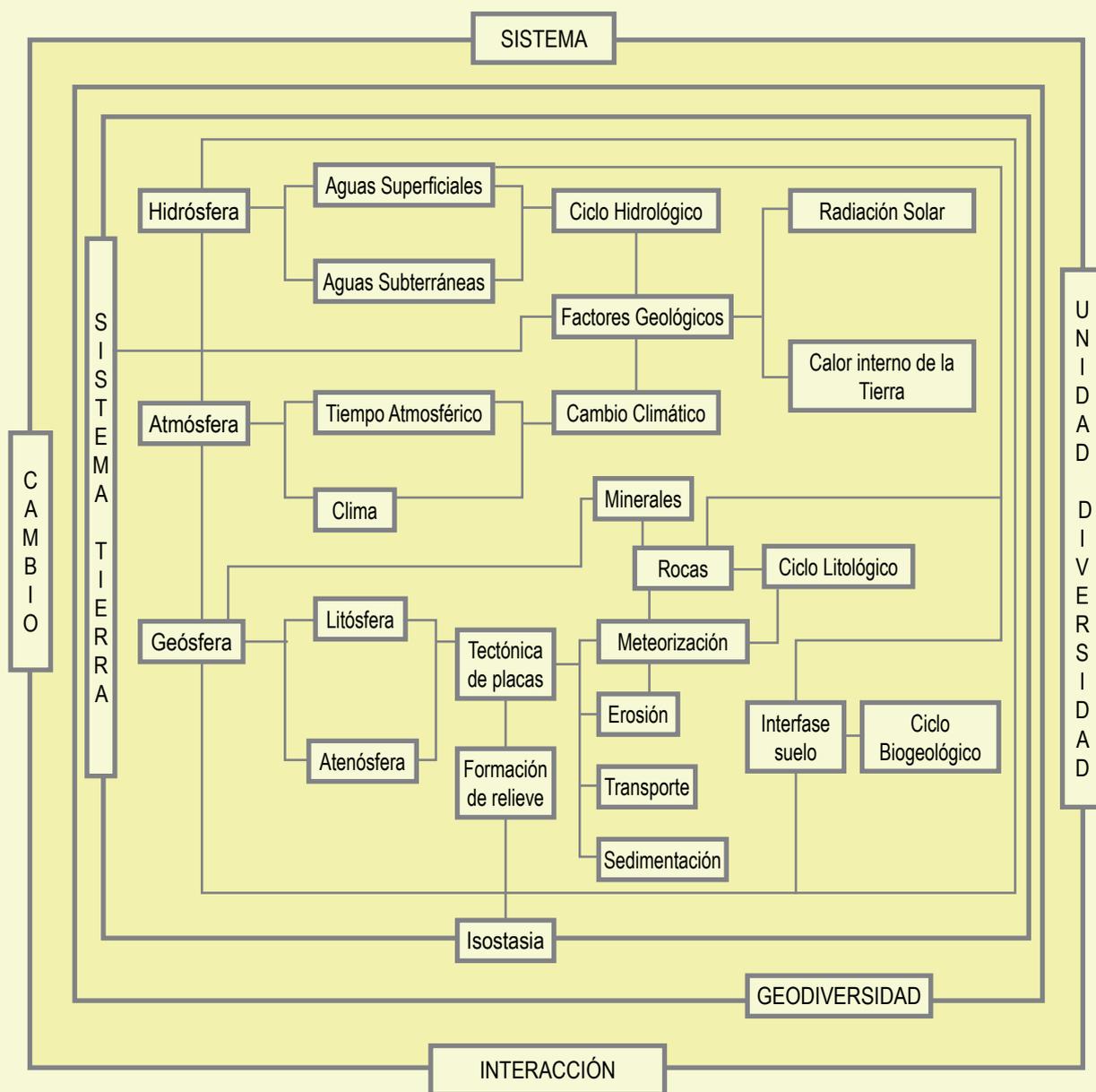
La realización de inferencias se ve complejizada por la necesidad de entender que los procesos son producto de la interacción de múltiples causas que operan muchas veces por muy largos períodos de tiempo. Esta lejanía temporal entre efectos y causas dificulta su comprensión.

Esta breve caracterización didáctica, junto con la epistemológica del apartado anterior, brinda información para analizar la selección y organización de los contenidos del diseño curricular. Según Adúriz-Bravo (2014), los currículos de ciencias (Física, Química, Biología y Geología) de todos los niveles educativos, desde el inicial hasta el universitario, seleccionan, organizan y adaptan los contenidos

a enseñar utilizando para ello diversos criterios: criterios sociales (la importancia acordada a esos contenidos por una sociedad de una determinada época y lugar), criterios educativos (la capacidad formativa que tienen esos contenidos, la posibilidad de que sirvan a diferentes objetivos de enseñanza), criterios psicopedagógicos (la dificultad y la abstracción de los contenidos, su adecuación a los saberes previos de los estudiantes, la motivación que pueden suscitar). Hay también criterios *epistemológicos* que tienen que ver con la estructura interna, teórica, de las disciplinas y con su evolución histórica.

El diseño curricular de Geología de Uruguay

El diseño curricular de Geología para los niveles inicial y primario de Uruguay privilegia la adopción del criterio psicopedagógico frente a los otros criterios, a la hora de seleccionar y secuenciar los contenidos. Sin embargo, el esquema que expresa conceptualmente los contenidos definidos aborda las nociones de sistema, cambio, interacción y refiere a los subsistemas terrestres. Es decir, el soporte conceptual en el que descansa la selección de contenidos asume un criterio netamente epistemológico.



Fuente: Programa de Educación Inicial y Primaria (2009:131)

En la secuenciación por años se puede ver que se plantea un avance en espiral de los contenidos seleccionados y la posibilidad de generar conexiones entre las temáticas planteadas a través de los años a medida que se avanza en la escolaridad, dando la posibilidad de integrar algunos modelos parciales en modelos más abarcadores en los años superiores. La complejidad disciplinar de las Ciencias de la Tierra impide que los estudiantes puedan acceder a la comprensión de sus modelos, aunque para los últimos años se propone el estudio de sistemas que integran subsistemas abordados en años anteriores.

	ATMÓSFERA	GEÓSFERA	HIDRÓSFERA
Tres años		El agua y otros elementos del suelo en su entorno próximo.	
Cuatro años		Las propiedades del suelo. La textura y el color (arena, arcilla y limo).	
Cinco años	Las variaciones del tiempo atmosférico.	Los cambios del suelo por la acción del agua.	
Primer grado	El agua como agente erosivo y de transporte de partículas del suelo.		
	Los elementos del tiempo atmosférico y su influencia en el relieve.		
Segundo grado		La actividad biológica en el suelo vegetal.	
	La relación tiempo atmosférico-estaciones.	Las aguas superficiales, circulación y transporte. Las consecuencias en el relieve.	
Tercer grado		Los componentes orgánicos e inorgánicos del suelo.	
		La relación del agua y el suelo: permeabilidad y porosidad	
			Las aguas superficiales, circulación y transporte en cuencas hidrográficas del Uruguay.
	El tiempo y las precipitaciones como agentes erosivos.		
		Las propiedades físicas del suelo. Su consistencia, estructura. Valor agronómico.	
Cuarto grado			Las aguas subterráneas: circulación, infiltración, napas. Los acuíferos en Uruguay y América.
	La influencia de la radiación solar en el tiempo atmosférico.	Los tipos de rocas.	El ciclo hidrológico.
		Los minerales y las acciones provocadas por la acción del agua.	

El agua y los elementos del suelo en su entorno próximo son los contenidos de Geología seleccionados para Tres años. Para Cuatro años, *sus propiedades*; y para Cinco años, *sus cambios por acción del agua*. Claramente se trata de enfocar dos elementos cotidianos para los niños: el suelo y el agua. Inicialmente, detenerse a observarlos. Posteriormente se estudian sus propiedades para luego abordar sus posibles cambios en interacción con el agua.

En primer grado de la escuela primaria se plantea *el agua como agente de erosión y transporte de partículas del suelo*, vinculando ambos elementos.

También se incluyen *los elementos del tiempo atmosférico y sus consecuencias sobre el relieve y la actividad biológica en el suelo vegetal*. Al año siguiente, *las aguas superficiales, circulación y transporte, consecuencias sobre el relieve*. Los componentes orgánicos e inorgánicos del suelo. Más adelante, *aguas subterráneas*. Estos contenidos se enhebran a través del *ciclo del agua*, posteriormente.

Se propone resignificar la temática sobre *suelo* enriqueciéndola conceptualmente a medida que avanza el currículo. Es una temática de gran relevancia social. Introduce al niño en su estudio desde un plano concreto, accesible a su experiencia, a su entorno cotidiano. Es

recomendable iniciar a los niños en el aprendizaje de las ciencias desde su experiencia cultural, a través de enfocar un determinado objeto de estudio, un fenómeno, un proceso, diferenciándolo de otros, explorándolo, describiéndolo siempre desde contextos cognitivamente concretos y cómodos para los estudiantes. Al promediar la escuela primaria se espera que los niños y niñas puedan abstraer algunas cuestiones y así interpretar o explicar dichos fenómenos, dando lugar a una mayor especialización del conocimiento.

Desde la perspectiva científica, el suelo es un sistema natural muy complejo y dinámico que se ha formado por la acción de los factores climáticos y de los seres vivos sobre las rocas. Se compone de ciertos materiales provenientes de las rocas y de otros de origen orgánico, que la acción del tiempo, el relieve y la actividad humana van modificando. Existen diferentes tipos de suelos y se caracterizan a través de su composición, humedad, textura y estructura. El análisis de estas características puede conducir a comprender cómo se comporta el suelo de una determinada región, por ejemplo, ante las sequías o las inundaciones, o ante su potencialidad productiva, de allí la importancia de su estudio. Parece que su inclusión en el currículo está basada en un criterio de índole social, pues el suelo es una temática que tiene relación con el desarrollo humano en general.

Las características del suelo y su relación con el agua constituyen una problemática subsumida en el ciclo del agua, pues los procesos de infiltración del agua en el suelo explican la migración gravitatoria del agua subterránea, y con ello la existencia de los acuíferos, las inundaciones o las sequías. Es posible abordar conceptualmente de manera espiralada el contenido suelo a través del análisis de fenómenos desde una perspectiva descriptiva, promoviendo habilidades de pensamiento tales como identificar, distinguir, comparar, entre otras.

Las complejidades en las que están sumidas las Ciencias de la Tierra no pueden formar parte de los contenidos de enseñanza. En los años terminales del nivel primario, y siempre desde una perspectiva descriptiva, se pueden abordar modelos integradores pero desde una perspectiva

concreta. Este aspecto es un condicionante muy importante para la definición de los contenidos curriculares, pues la iniciación de los niños en el aprendizaje de las ciencias naturales debe comenzar desde su contexto cotidiano.

Los obstáculos didácticos no son ajenos a la temática de suelos, pues los procesos y fenómenos que forman parte de su origen y evolución incluyen diversas escalas espaciales y temporales, son multicausales e inaccesibles, entre otras características. Por ello se privilegian criterios sociales y pedagógicos en la selección y organización de los contenidos propuestos por el currículo.

Dos libros de libre circulación, *Agua y Tierra*¹, de la serie ConCiencias para la Sostenibilidad publicada por UNESCO y Fundación YPF, pueden contribuir a generar transposiciones didácticas promisorias para enseñar Ciencias de la Tierra en los niveles básicos de la educación obligatoria. En especial, un capítulo del libro *Agua*, “El agua en la Tierra”, propone un posible abordaje de la temática sobre *suelo* y algunas actividades de enseñanza. Generar propuestas didácticas e implementarlas supone un gran desafío por parte de los docentes que generalmente no poseen formación de base en esta área. □

Bibliografía

ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2014): “Análisis epistemológico del programa escolar de Física”. Documento de circulación interna del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales, Revista *QUEHACER EDUCATIVO*.

ANEP. CEP. República Oriental del Uruguay (2009): *Programa de Educación Inicial y Primaria. Año 2008*. En línea (Tercera edición, año 2013): http://www.cep.edu.uy/archivos/programaescolar/ProgramaEscolar_14-6.pdf

ANGUITA, Francisco (1993): “La Teoría General de los Sistemas y las Ciencias de la Tierra” en *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Vol. 1, N° 2, pp. 87-89. En línea: <http://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/88097/140809>

BONAN, Leonor (2008): “El agua en la Tierra” en E. Meinardi (ed.): *Agua*. Serie ConCiencias para la Sostenibilidad. Santiago de Chile: UNESCO / Fundación YPF.

BONAN, Leonor (2008): *Tierra*. Serie ConCiencias para la Sostenibilidad. Santiago de Chile: UNESCO / Fundación YPF.

PEDRINACI, Emilio (2001): *Los procesos geológicos internos*. Madrid: Ed. Síntesis.

¹ En línea: <http://www.ccpems.exactas.uba.ar/CDTierra/contents/generales/home.htm>