

**IDEAS ALTERNATIVAS SOBRE EL CICLO LITOLÓGICO EN ALUMNOS
PORTUGUESES DE ENSEÑANZA SECUNDARIA**
Secondary Portuguese students' ideas about rock cycle

Rosabela Ramos (1), João Praia (2),
Luís Marqués (3) y Luís Gama Pereira (4)

RESUMEN

Este estudio se encuadra en una perspectiva constructivista del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, la que atribuye una importancia particular a las ideas de los alumnos en el desarrollo de estrategias con vistas a lograr un efectivo cambio conceptual .

Con el objetivo de identificar las representaciones que los alumnos de Enseñanza Secundaria traen a clase, en relación con los conceptos esenciales para la comprensión del ciclo litológico, ha sido elaborado un cuestionario escrito con cuestiones abiertas. Este instrumento fue administrado, posteriormente, a 255 alumnos de 11º año del Distrito de Aveiro (Centro de Portugal).

Se verificó la existencia de una gran variedad de representaciones referidas a los conceptos estructurantes relativos a esta temática. Algunas de esas ideas evidencian su origen y revelan una cierta amplitud y persistencia.

ABSTRACT

This study is based on a constructivist view of the teaching and learning process. The understanding of students' alternative ideas about science concepts constructed before formal teaching is quite relevant, within this framework, for the designing of innovative strategies in order to promote conceptual change.

The main aim of this study was to identify students' alternative ideas related to the rock cycle through, a written questionnaire, with open ended questions. This instrument was administered to a sample of 225 students' of 11 th. level from 15 secondary schools of Aveiro district (Central Portugal).

A great variety of students' alternative ideas about main geological concepts integrated in the rock cycle were found. Some of these ideas revealed their origin, and should be seen as resistant explanations models to the scientific version.

Palabras clave: *Ideas alternativas, Mineral, Roca, Ciclo litológico.*

Keywords: *Alternatives ideas, Mineral, Rock, Rock cycle.*

INTRODUCCIÓN

En el marco de perspectivas epistemológicas racionalistas y de corrientes psicológicas constructivistas contemporáneas, ha sido ampliamente reconocido y valorado el papel de las ideas y explicaciones construidas por los alumnos respecto de los fenómenos del contexto cotidiano en el aprendizaje de los conceptos científicos - Ideas Alternativas. Algunas de estas ideas podrían constituirse, para los alumnos, en un obstáculo de aprendizaje de nuevos conceptos, ya que conforman un cuadro explicativo y predictivo, a la vez que, abarcativo y arraigado (Marques, 1994 y Sungur *et al.*, 2001).

En este contexto, conocer las ideas previas de los alumnos en relación con las áreas de conocimiento específicas de la ciencia adquiere una importancia capital. Es uno de los puntos de partida, tanto para la construcción de materiales curriculares, como para el desarrollo de estrategias pedagógico-didácticas. Estas estrategias deben estar diseñadas de modo que posibiliten, tentativamente, el cambio conceptual, con el objeto de tender hacia un correcto aprendizaje de los conceptos científicos. Se comprende, entonces, la importancia del desarrollo de esta línea de investigación en las dos últimas décadas, en lo que se refiere a los contenidos científico-curriculares de las ciencias - Movimiento de las Ideas Alternativas -. Sin embargo, esta línea

(1) Escola Secundária de São João Madeira, Portugal.

(2) Dept. de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal. jfpPraia@fc.up.pt

(3) Dept. de Didácticas e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro, Portugal.

(4) Dept. de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Portugal.

de investigación presenta una insuficiencia declarada de estudios en determinadas áreas; tal es el caso de la Geología en varios países (Caamaño, 1996; Furió, 1996; Pedrinaci, 1996; Marques y Thompson, 1997), entre los cuales se encuentra Portugal, a pesar de ser ésta una componente de los currículos desde la década del 90.

Buscando contribuir a superar esta situación se desarrolló el presente estudio. Su objetivo principal consistió en identificar las ideas alternativas de los alumnos de 11° año, respecto de los conceptos esenciales para la comprensión del ciclo de las rocas.

BREVES REFERENCIAS TEÓRICAS

Desde las actuales perspectivas epistemológicas y psicológicas, la mente del alumno es considerada activa y creadora, construyendo y reconstruyendo sus concepciones del mundo que lo rodea. En situación de enseñanza-aprendizaje estas concepciones interactúan y tienden a interferir sobre la visión científica implícita en los profesores. Es así, que estas concepciones funcionan como “filtros”, o como “cuadros teóricos” utilizados por los alumnos en la comprensión de nuevas informaciones, produciéndose significados nuevos, e influenciando así la forma en la que se apropian de los conceptos científicos.

Algunas ideas del alumno -diferentes en mayor o menor grado de los conceptos científicos- se presentan con una cierta organización y coherencia interna, asumiendo una funcionalidad explicativa y predictiva en relación con los fenómenos de la vida cotidiana. Estas características hacen que estas ideas sean utilizadas por los alumnos como alternativa a los referidos conceptos -Ideas Alternativas (Palmer, 1999)-. Estos obstáculos del aprendizaje revelan, generalmente, una gran resistencia al cambio, ya que prevalecen, incluso después de la enseñanza formal y tienden también a resurgir después de un aparente aprendizaje, sustituyendo los conceptos “archivados” memorísticamente.

El origen de estas ideas puede deberse a factores diversos (Pozo, 1996). Así, mientras algunas se basan en datos recogidos mediante procesos sensoriales y perceptivos, en otros casos, estas creencias son inducidas socialmente, a través de la familia o de los medios de comunicación. El propio proceso de enseñanza-aprendizaje puede fomentar (aunque no de modo explícito) estas ideas que, posteriormente, van a obstaculizar e incluso impedir nuevos y sustantivos aprendizajes.

El conocimiento de las Ideas Alternativas de los alumnos, en relación con áreas específicas del conocimiento científico se constituye, así, en un primer e importante paso en dirección al desarrollo de perspectivas didácticas orientadas hacia el cambio conceptual.

Estas perspectivas pretenden, genéricamente, crear las mejores condiciones para que los alumnos

modifiquen sus concepciones elaboradas anteriormente, generando otras más congruentes con la versión científica. En este contexto, las estrategias a adoptar deben promover situaciones y experiencias específicamente dirigidas a las concepciones detectadas, de modo de posibilitar el desarrollo y reestructuración de esas ideas, bien como la reflexión sobre ellas.

La tabla de la página siguiente (Tabla 1) presenta una referencia genérica sobre los estudios empíricos existentes en el ámbito de las Geociencias.

METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

El presente estudio fue desarrollado en tres etapas: estudio pre-piloto, estudio piloto y estudio principal. Las dos primeras etapas tenían como finalidad construir y testear el instrumento de investigación que sería, posteriormente, utilizado en el estudio principal para recoger los datos.

En este tipo de estudios, la elección y construcción del instrumento de investigación asumen una importancia particular, debido al carácter complejo, subjetivo y oculto de las representaciones de los alumnos. El haber elegido el cuestionario escrito, a pesar de las limitaciones que se señalan sobre éstos, resultó de la facilidad de su aplicación a una gran muestra, pues propiciaba la cuantificación de las respuestas y la identificación de las ideas más comunes a un grupo grande de alumnos.

El cuestionario inicial, de carácter provisorio, fue posteriormente reformulado, a partir de las informaciones resultantes del análisis cuantitativo de las respuestas de una pequeña muestra de alumnos, y también luego de realizar una entrevista grupal.

De este modo, conseguimos a un cuestionario piloto que sometimos a un proceso de validación y que, posteriormente, fue objeto de pequeñas modificaciones, lo que condujo a su formulación definitiva, convirtiéndose en el principal instrumento de investigación que aplicamos a nuestra muestra.

El cuestionario definitivo (ver Anexo) se organizó en 14 cuestiones abiertas que, a su vez, incidían sobre 8 conceptos considerados importantes para la comprensión del **Ciclo de las Rocas**.

1. *Mineral*
2. *Roca*
3. *Génesis de las rocas*
4. *Tipos de roca asociados al enfriamiento del magma*
5. *Dinámica externa*
6. *Deformación de las rocas*
7. *Alteración mineralógica y estructural de la roca en función de la deformación*
8. *Ciclo de las rocas*

TEMAS	AUTORES
Sistema Sol/Tierra/ Luna	Jones <i>et al.</i> (1987); Faria (1987 <i>in</i> Faria y Marques, 1994); Sequeira y Faria (1989 <i>in</i> Faria y Marques, 1994); Vosniadou y Brewer (1992); Klein (1982).
La Tierra como cuerpo cósmico.	Nussbaum y Novak (1976); Mali y Howe (1979); Nussbaum (1979 <i>in</i> Nussbaum, 1985); Nussbaum y Sharoni-Dagan (1983 <i>in</i> Nussbaum, 1985); Sneider y Pulos (1983); Berg y Brouwer (1991); Vosniadou y Brewer (1992).
Origen de la Tierra	Piaget (1951 <i>in</i> Marques, 1988); Marques (1988).
Estructura de la Tierra	Lillo (1994); Sharp <i>et al.</i> (1995).
Tiempo geológico	Ault (1982) <i>in</i> Marques, (1988).
Catastrofismo/Actualismo	Pedrinaci (1992b).
Teoría de la tectónica de placas/Campo magnético	Lillo (1993b); Marques (1994); Sharp <i>et al.</i> (1995).
Sismos	Leather (1987); Turner <i>et al.</i> (1986 <i>in</i> Marques y Thompson, 1997); Ross y Shuell (1993); Lillo (1993b); Sharp <i>et al.</i> (1995).
Volcanes	Marques (1988); Sharp <i>et al.</i> (1995).
Montañas	Happs (1982 <i>in</i> Marques, 1988); Lillo (1993a,b).
Suelo	Happs (1982 <i>in</i> Marques, 1988); Happs (1981, 1984 <i>in</i> Marques y Thompson, 1997).
Metamorfismo	Figueiredo (1999)
Clima	Moyle (1980 <i>in</i> Marques y Thompson, 1997); Stepans e Kuehn (1985).
Ciclo del agua	Meyer (1987); Bar (1989); Lillo (1993c).
Minerales, rocas y ciclo litológico	Chapman <i>et al.</i> (1981 <i>in</i> Santos, 1991d); Happs (1982 <i>in</i> Marques, 1988); Symington <i>et al.</i> (1982 <i>in</i> Marques y Thompson, 1997); Happs (1985); Pedrinaci (1987 <i>in</i> Pedrinaci, 1992a); Lillo (1992a,b); Lillo (1993c); Stofflett (1993, 1994); Porter (1994); Dove (1997).
Isotropía y anisotropía	Gallegos (1992).
Petróleo	Leather (1987).
Diversos temas	Vera (1988); Schoon (1992); Russel <i>et al.</i> (1993 <i>in</i> Sharp <i>et al.</i> , 1995); Lillo (1994); Oversby (1996); Roldão (1998).

Tabla 1- Estudios de investigación sobre las ideas alternativas de los alumnos, en relación con diferentes temas del área de las Geociencias.

El cuestionario definitivo fue proporcionado a 225 alumnos, la mayor parte de ellos de 16 años de edad, cursando el 11° año (Agrupamiento 1) en 15 escuelas secundarias del distrito de Aveiro (Litoral-Centro de Portugal).

Las respuestas dadas por los alumnos, a las diversas cuestiones planteadas, fueron objeto de un análisis de contenido. Para ello, nos basamos en el método de los inventarios conceptuales de Erikson (1979). Así, después de la identificación de la idea o de la explicación presente en cada una de las respuestas del alum-

no, se agruparon aquellas que se presentaban como ideas semejantes, de acuerdo con diferentes criterios, constituyéndose, de esta forma, en Categorías de Respuesta, cuya frecuencia fue cuantificada.

LOS RESULTADOS Y SU ANÁLISIS

En detrimento de una presentación exhaustiva de los resultados obtenidos para cada una de las temáticas del cuestionario, consideramos que sería más pertinente reunir las principales ideas que surgen de las

respuestas de los alumnos, realizando y analizando genéricamente aquellas que nos parecieron más significativas en relación con los objetivos de este estudio. El criterio para la selección de los presentes conceptos emerge de su importancia y significado respecto del concepto científico más amplio y estructurante que, en nuestro caso, es el Ciclo Litológico.

Concepto de mineral

a) Los minerales son los constituyentes de la roca. Para una gran parte de los alumnos (46%) el concepto de mineral surge indisoluble del de roca, es decir, no conciben la existencia de un mineral sin que esté integrado en la roca.

b) Un mineral es de pequeña dimensión y brillante. Estas características físicas son aquellas que los alumnos, en buena medida (36%), consideran propias de los minerales. Muy pocos se refieren a la pertinencia de la respectiva composición química (carácter cristalino) (3%).

c) Un mineral es un material raro y existente en el subsuelo. Esta idea, que, además nos parece ser reforzada socialmente, fue también encontrada por Lillo (1992a). Según este autor, podría resultar de una referencia al lenguaje cotidiano, relativa a que el carbón y el petróleo son productos minerales (25%).

d) Un número considerable de alumnos (45%) identifica como minerales, tanto a las rocas -como por ejemplo la arcilla (29%) y la caliza (22%)-, como a los productos artificiales (13%) -por ejemplo el vidrio (8%)-.

Concepto de roca

a) Casi en la mitad de los alumnos subyace la idea de que una roca es un cuerpo heterogéneo. Esta heterogeneidad se debe, según el 41 % de los alumnos, a la asociación de minerales o, según otros (10%), a una mezcla de materiales no identificados. Muy pocos (9%) se aproximan al concepto químico de mezcla heterogénea.

b) La idea de roca como un conjunto de minerales parece no ser satisfactoria para algunos alumnos (25%), ya que complementan su definición con datos de la percepción o con explicaciones simplificadoras que revelan una cierta forma de animismo (por ejemplo, ser no vivo).

c) La roca es un cuerpo sólido, duro y grande. Cerca del 35 % de los alumnos usa estos y otros datos sensoriales (sin brillo, por ejemplo), ya sea para definir roca, o para distinguirla de mineral. Esta idea revela bien la importancia de lo sensorial, -aún en estas edades- y, además, nos parece que está subyacente a los problemas que los alumnos encuentran en la identificación de las rocas.

d) Algunos productos artificiales como el ladrillo, la porcelana y el cemento son incluidos en el grupo de las rocas por cerca del 15% de los alumnos.

e) El petróleo y el carbón no son identificados como rocas por cerca del 90% de los alumnos.

La génesis de las rocas

a) El sólo hecho de identificar por su propio nombre a los tres grandes grupos de rocas se presenta como un problema, a pesar de que los alumnos hayan participado, formalmente, de una situación de enseñanza-aprendizaje al respecto. Es así, que apenas el 40% demuestra conocer los nombres que designan los tres grupos de rocas -magmáticas, sedimentarias y metamórficas-.

Por otro lado, cerca del 20% de los alumnos usa el nombre de una roca y lo "promueve" a un gran grupo de rocas, lo que nos parece que puede estar relacionado con la utilización sistemática, por parte de los profesores, de ejemplos de rocas para tipificar un determinado grupo.

b) Apenas el 13% de los alumnos establece asociaciones correctas entre los diferentes ejemplos de rocas y el grupo correspondiente. Los principales problemas fueron detectados en la clasificación del granito y en el grupo de las rocas metamórficas.

Tipos de rocas y enfriamiento del magma

a) Cerca del 15% de los alumnos admite la idea científicamente adecuada que considera que, el tamaño de las partículas minerales de una roca cristalina es función del tiempo que tarda en enfriarse el magma.

b) En cuanto al lugar donde ocurre el lento enfriamiento del magma, algunos alumnos (4%) apuntan al interior de un cono volcánico, lo que nos parece evidenciar la interpretación del proceso intrusivo como una componente más profunda del proceso extrusivo.

c) Para el 16% de los alumnos el tamaño de las partículas minerales que constituyen una roca cristalina, es determinado por la erosión que la roca sufre después de su formación, idea que creemos que es construida por analogía con el proceso de erosión actuando en una partícula aislada.

d) Cerca del 17% de los alumnos ni siquiera coloca al magma en el origen de una roca cristalina. Para ellos, las rocas resultan, exclusivamente, de la unión de partículas de diferentes tamaños ya constituidas. Esta idea fue también encontrada por Stoflett (1993) pero en profesores.

Dinámica externa

a) Apenas el 14% de los alumnos asocia al proceso geológico de erosión con el de sedimentación. Ésto, nos parece apoyar la idea de que no siempre es evidente la relación causa-efecto entre erosión y sedimentación, idea también encontrada en la evolución del conocimiento geológico (Pedrinaci, 1993).

b) La mayoría de los alumnos (72%) considera solamente el proceso erosivo. Dentro de este grupo, algunos utilizan, exclusivamente, expresiones del lenguaje común para designar la acción de los agentes erosivos, revelando la falta de diferenciación entre los conceptos de meteorización y erosión.

Deformación de las rocas

a) Apenas el 14% de los alumnos señala la acción de fuerzas y presiones -idea científicamente correcta- como factores determinantes del plegamiento de estratos horizontales.

b) Un alto porcentaje de alumnos (43%) asocia el aspecto ondulado de los estratos plegados con la solidificación de un material líquido. Esta explicación nos parece que resulta de la dificultad de concebir la deformación post-formacional de un material, con las características que ellos propios atribuyen a las rocas.

c) Cerca del 8% de los alumnos apunta hacia las ondas sísmicas como causa del plegamiento de los estratos rocosos; esto nos parece que tiene origen en los procesos de enseñanza-aprendizaje, en particular, en las representaciones esquemáticas de las ondas sísmicas que aparecen en algunos manuales escolares.

d) Tanto la erosión como la deposición están involucradas en la explicación del aspecto plegado de las rocas, por el 7 y el 5% de los alumnos, respectivamente.

Alteración mineralógica y estructural de la roca con la deformación

a) La mayor parte de los alumnos admite que ocurren modificaciones en la roca (58%) cuando opera la deformación, principalmente a nivel de los constituyentes (35%), pero también en lo que respecta a alteraciones de textura (6%).

b) Cerca del 18% de los alumnos tienen una visión fijista de este proceso, ya que no son admitidas las modificaciones de las rocas mientras se deforman.

Ciclo de las rocas

a) Apenas el 4% de los alumnos concibe la existencia de un ciclo de transformación de las rocas, considerando la construcción de un circuito de reciclaje de material rocoso que evidencie -aunque de un modo muy simple y poco fundamentado-, la formación de unas rocas a partir de otras.

b) Gran parte de los alumnos (43%) establece, exclusivamente, una secuencia finita de transformaciones sobre las rocas. El vulcanismo es considerado, principalmente, como proceso de neoformación, al cual le siguen otros procesos de transformación superficiales que, a su vez, terminan en las rocas sedimentarias. Esta idea revela el carácter reduccionista del pesamiento de los alumnos, simplificación que se basa en fenómenos observables.

c) Una visión estática y fijista es alcanzada por cerca del 11% de los alumnos, ya que no admiten que puedan ocurrir transformaciones de material rocoso en respuesta a distintas situaciones, lo que revela alguna coherencia en la idea que manifiestan. En cambio, confirmando los resultados de Pedrinaci (1992a),

acaban por considerar las alteraciones erosivas, cuando se enfrentan directamente con esta cuestión.

CONCLUSIONES

Los alumnos de 16-17 años presentan una gran variedad de ideas -más o menos apartadas de la versión científica- relacionadas con los conceptos relevantes para la comprensión del ciclo de las rocas.

Algunas de las representaciones detectadas son de origen sensorial: los datos provenientes de la percepción son usados por los alumnos en forma significativa en la definición de roca y mineral, así como en su distinción. Estos mismos datos están en el origen de algunos problemas de identificación de rocas y minerales.

La sobrevaloración de los fenómenos observables también se hace evidente en la visión fijista que opera sobre las transformaciones de las rocas, bien como en las explicaciones construidas acerca de su génesis.

Las influencias y, acaso, las creencias sociales, pueden haber tenido un papel primordial en la elaboración de la representación relativa a que los minerales son valiosos, raros y explorados en el subsuelo.

Es preciso hacer notar que algunas de las ideas detectadas pueden resultar del propio proceso de enseñanza-aprendizaje. Tal es el caso de la idea que indica que la deformación de las rocas es resultante de las ondas sísmicas y de la localización de la génesis de las rocas plutónicas en el interior de los volcanes.

Así, algunas de las ideas detectadas en este estudio aluden a, una naturaleza profunda y amplia, pues se presentan con una cierta organización y estructuración. Por ello pensamos que se constituyen en explicaciones alternativas a los conceptos científicos -Concepciones Alternativas- y pueden ser el origen de mayores dificultades en la comprensión de la variedad de conceptos integrados en el ciclo de las rocas.

En síntesis, la existencia de estas Ideas Alternativas en alumnos de estas edades -a pesar de haber ya abordado esta temática en el sistema de enseñanza formal- (educación general obligatoria) revela su persistencia y resistencia. Estos resultados deberán servir de base, ya sea para la construcción de materiales didácticos, o para el desarrollo de estrategias de enseñanza-aprendizaje, tomando como meta a alcanzar el cambio conceptual.

Finalmente, de un modo general, este estudio empírico arroja resultados relativos a la identificación de las ideas de los alumnos, lo que nos permite definir algunos dominios en los que se presentan dificultades pronunciadas:

- Definición de mineral;
- Categorización de las rocas metamórficas;
- Conceptualización de la diagénesis y de los procesos geológicos internos: metamorfismo, fusión y solidificación del magma en profundidad;
- Comprensión del carácter dinámico de los materiales, principalmente en profundidad;
- Conceptualización de las alteraciones sufridas por las rocas en estado sólido.

De la lectura atenta de los resultados encontrados, es posible hacer un conjunto de comentarios más globales, a saber:

i) Si consideramos que aproximadamente la tercera parte de la muestra, no contempla que la composición química de un mineral es constante, podremos comprender el bajo porcentaje de alumnos que reconocen que la roca es una mezcla heterogénea. Tal limitación en la comprensión del concepto de roca justifica que un número muy significativo de alumnos no reconozca el carbón y el petróleo como rocas;

ii) El número de respuestas que admiten establecer una relación directa entre el aspecto plegado de los estratos y sus condiciones de formación, no puede ser desvinculada de la utilización de relaciones científicamente inadecuadas de causa y efecto, o incluso de una perspectiva fijista de los procesos geológicos, al final tan común en aproximadamente la quinta parte de la muestra estudiada;

iii) Un porcentaje apreciable, superior a la tercera parte de los alumnos, tiene una visión profundamente reduccionista del ciclo litológico, valorando en éste lo que es manifiestamente observable, particularmente, el vulcanismo y las alteraciones ocurridas en la superficie. La reducida influencia de la dinámica interna, en su globalidad, revela que este factor crucial -para lograr una visión científicamente correcta de los fenómenos geológicos- no fue asumido por los alumnos.

Como nota final, hay que reconocer que los indicadores emergentes de este trabajo, que se propuso estudiar un macroconcepto estructurante de la Geología, deben tener implicaciones educativas. Así, la explicitación de la falta de relación entre una amplia cantidad de conceptos importantes para la comprensión del ciclo litológico, coloca un desafío no sólo a los profesores o a los investigadores de la educación, sino a ambos en simultáneo. Es, pues, importante que se busquen formas de encontrar espacios de debate entre profesores de Ciencias e investigadores en Didáctica de las Ciencias, como así también contar con la presencia de especialistas en Geología. A partir de los saberes, de las experiencias y de los conocimientos más específicos de cada tipo de profesional involucrado, se encontraran nuevas perspectivas de conceptualización y organización de las actividades de enseñanza-aprendizaje de temáticas propias de la Geología. Éstas deben expresar el indispensable abordaje sistémico entre conceptos, tendiendo a que los alumnos puedan construir progresivamente una visión armónica de los subsistemas del planeta.

*Traducido al español por Leonor Bonan
Centro de Formación e Investigación en Enseñanza
de las Ciencias. Universidad de Buenos Aires*

BIBLIOGRAFÍA

Bar, V. (1989). Children's views about the water cycle, *Science Education*, 73, pp. 481-500.
Berg, T. & Brouwer, W. (1991). Teacher awareness

of student alternate conceptions about rational motion and gravity, *Journal of Research in Science Teaching*, 28, pp. 3-18.

Caamaño, A. (1996). Las ideas del alumnado en ciencias, *Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7, pp. 5-6.

Dove, J. (1997). Student ideas about weathering and erosion, *International Journal of Science Education*, 19 (8), pp. 971 - 980.

Erickson, G. (1979). Children's Conceptions of Heat and Temperature, *Science Education*, 63(2), pp. 221-230.

Faria, M. A. & Marques, L. (1994). A Terra no sistema solar, in F. Cachapuz (Coord.), *Ensino das Ciências e Formação de professores, projecto - Mutare*, 3, pp. 15-322, Universidade de Aveiro.

Figueiredo, T., (1999). *Concepções, sobre metamorfismo, de alunos do ensino secundário. Contributos para a sua compreensão e implicações educacionais*. Tese de Mestrado (não publicada). Universidade de Aveiro.

Furió, C. (1996). Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias, *Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7, pp. 7-17.

Gallegos, J. (1992). Errores conceptuales en geología: los conceptos isotropía-anisotropía Y propiedad escalar - propiedad vectorial, *Enseñanza de las ciencias*, 10 (2), pp. 159-164.

Happs, J. (1985). Regression in learning outcomes: Some examples from the earth sciences, *European Journal of Science Education*, 7 (4), pp. 431-443.

Jones B., Lynch, P. & Reesink, C. (1987). Children's conceptions of the earth, sun and moon, *International Journal of Science Education*, 1, pp. 43-53.

Klein, C. A., (1982). Children's concepts of Earth and Sun; across cultural study, *Science Education*, 65 (1), pp. 95-107.

Leather, A. (1987). Views of the nature and origin of earthquakes and oil held by eleven to seventeen year olds, *Geology Teaching*, 12 (3), pp. 102-108.

Lillo, J. (1992a). Representaciones de los alumnos de EGB sobre los conceptos mineral y roca, *III Congreso Geológico de España*, 1, pp. 412-421, Salamanca.

Lillo, J. (1992b). Ideas de los alumnos de 3º de Magisterio sobre los conceptos mineral y roca, *III Congreso Geológico de España*, 1, pp. 422-430, Salamanca.

Lillo, J. (1993a). Errores conceptuales de los alumnos de EGB sobre la formación de las montañas, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1, pp. 98-107.

Lillo, J. (1993b). Algúns erros conceptuais dos alumnos do ciclo superior de EXB sobre procesos xeolóxicos internos, *Boletín das ciencias*, nº 15, pp. 12-22.

Lillo, J. (1993c). Representaciones de los alumnos de EGB sobre algunos procesos geológicos externos, *Boletín das Ciencias*, 16, pp. 179-193.

Lillo, J. (1994). Análisis de errores conceptuales en geología a partir de las expresiones gráficas de los estudiantes, *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (1), pp. 39-44.

Mali, G. & Howe, A., (1979). Development of Earth and gravity concepts among Nepali children, *Science Education*, 63 (5), pp. 685-691.

Marques, L. (1988). *Alternative frameworks of urban Portuguese pupils aged 10/11 and 14/15 with respect to Earth, Life and volcanoes*, Tese de mestrado não publicada, Universidade de Keele.

Marques, L. (1994). *From misconceptions to modified teaching-learning strategies in Earth sciences in Por-*

tuguese secondary education, Tese de doutoramento não publicada, Universidade de Keele.

Marques, L. & Thompson, D. (1997). Portuguese Students' Understanding at Ages 10-11 and 14-15 of the origin and Nature of the Earth and the Development of Life, *Research in Science & Technological Education*, 15 (1), pp. 29-51.

Meyer, W. B. (1987). Vernacular American Theories of Earth Science, *Journal of Geological Education*, 35, pp. 193-196.

Nussbaum, J. (1985). The Earth as a cosmic body, in R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's Ideas in Science*, pp. 170-192, Milton Keynes, Open University Press.

Nussbaum, J. & Novak, J. (1976). An assessment of children's concepts of the Earth utilizing structures interview, *Science Education*, 60 (4), pp. 187-196.

Oversby, J. (1996). Knowledge of earth science and the potential for its development, *School Science Review*, 78 (283), pp. 91-97.

Palmer, D. H. (1999). Exploring the link between student's scientific and nonscientific conceptions. *Science Education*, 83, 639-653.

Pedrinaci, E. (1992a). Las rocas tienen una historia que contamos, *Aula - Didáctica de las ciencias naturales*, 4-5, pp. 33- 35.

Pedrinaci, E. (1992b). Catastrofismo versus Actualismo. Implicaciones Didácticas, *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), pp. 216-222.

Pedrinaci, E. (1993). Concepciones acerca del origen de las rocas: una perspectiva histórica, *Investigacion en la Escuela*, 19, pp.89-102.

Pedrinaci, E. (1996). Sobre la persistencia o no de las ideas del alumnado en geología, *Alambique - Didactica de las Ciencias Experimentales*, 7, pp. 27- 36.

Porter, J. (1994). Las rocas: de las definiciones en los libros a las respuestas de los alumnos, *Enseñanza de las ciencias de la Tierra*, Extra, pp. 140-145.

Pozo, J. I. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van...y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique - Didactica de las ciencias experimentales*, 7, pp. 19-26.

Ramos, R. (2000). *Concepções Alternativas dos alunos do 11º ano sobre o ciclo litológico: seu diagnóstico e alguns contributos para a sua compreensão*, Tese de Mestrado (não publicada). Universidade de Coimbra.

Roldão, M. (1998) *Biodiversidade: Concepções alternativas em alunos do ensino secundário*, Tese de Mestrado (não publicada), Universidade de Coimbra.

Ross, K & Shuell, T. (1993). Children's Beliefs about Earthquakes, *Science Education*, 77 (2), pp. 191-205.

Santos, M. E. (1991d). *Mudança conceptual na sala de aula - Um desafio pedagógico*, Lisboa, Livros Horizonte.

Schoon, K. (1992). Student's Alternative Conceptions of Earth and Space, *Journal of Geological Education*, 40, pp. 209-214.

Sharp, J., Mackintosh, M. & Seedhouse, P. (1995). Some comments on children's ideas about Earth Structure, Volcanoes, Earthquakes and plates, *Teaching Earth Sciences*, 20 (1), pp. 28-30.

Sneider, C. & Pulos, S., (1983). Children's cosmographics: understanding the Earth's shape and gravity, *Science Education*, 67 (2), pp. 205-221.

Stepans, J. & Kuehn, C. (1985). What research says: children's conceptions of weather, *Science and children*, 23, pp. 44-47.

Stofflett, R. (1993). Preservice Elementary Teachers' Knowledge of Rocks and their formation, *Journal of Geological Education*, 41, pp. 226-230.

Stofflett, R. (1994). Conceptual change in elementary school teacher candidate knowledge of rock cycle processes, *Journal of Geological Education*, 42, pp. 494-500.

Sungur, S., Tekkaya, C. & Gebon, O. (2001). The contribution of conceptual change text accompanied by concept mapping to students' understanding of human circulatory system. *School Science Review and Mathematics*, 101 (2), 91-101.

Vera, G. (1988). Esquemas Conceptuales Previos de los Alumnos en Geología, *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), pp. 239-243.

Vosniadou, S & Brewer, W. (1992). Mental models of the Earth: a study of conceptual change in childhood, *Cognitive Psychology*, 24, pp. 535-585. ■

ANEXO

CUESTIONARIO

Las preguntas que te hacemos, y que te pedimos que respondas con atención, tienen por objetivo conocer algunas de tus ideas acerca de las rocas.

Debes responder lo que realmente piensas, pues sólo así nos puedes ayudar a planificar mejor las clases y a proponerte actividades que, de otro modo, no sería posible.

Este cuestionario NO va a ser usado para calificarte.

1- ¿Qué es para ti una roca?

2- ¿Qué es para ti un mineral?

3- ¿Cómo distingues una roca de un mineral?

4- Piensa qué significa cada uno de los términos de la lista que se te presenta:

Cuarzo	Petróleo	Ladrillo	Mica	Caliza
Diamante	Cemento	Granito	Mármol	Vidrio
Carbón	Basalto	Estalactita	Porcelana	Arcilla

4.1- Indica cuáles son los minerales presentes. Justifica tu respuesta.

4.2- Indica cuáles son las rocas presentes. Justifica tu respuesta.

5- Indica los grandes grupos de rocas que conoces.

6- Da dos ejemplos para cada uno de los grupos considerados.

7- Usa los grandes grupos de rocas a que te referiste y haz un esquema estableciendo conexiones, con flechas, entre los diferentes grupos, para poner en evidencia su origen.

7.1- Justifica las relaciones que estableciste.

8- Las dos rocas representadas en la figura son de la misma familia.

Explica las causas de la diferencia de aspecto entre ellas.

9- ¿Puede ser que las rocas representadas en la figura tengan la misma composición química? Justifica tu respuesta.

10-

10.1- ¿Cómo explicas la existencia de arena en las playas?

10.2- Explica los procesos geológicos que afectaron a esas arenas.

11- ¿Cómo explicas el aspecto de una roca que muestra las características evidenciadas en la figura?

12- Considera que la roca presentada fue sujeta a un gran calentamiento. ¿Piensas que éste pudo haber sido acompañado por otras modificaciones para alcanzar esta forma? En caso afirmativo, explica algunas de esas modificaciones.

13- Crees que es posible que este material pueda dar origen a rocas de otros tipos? Indica cuáles y justifica tu respuesta.

14- Imagina una perforación que alcanza una gran profundidad. ¿Piensas que el material que allí se encuentra tiene las mismas características del que se encuentra en la superficie? Justifica tu respuesta.
