

FUNDAMENTOS PARA APRENDIZAJE DE LA GEOLOGÍA DE CAMPO EN EDUCACIÓN SECUNDARIA: UNA PROPUESTA PARA LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO

Enrique García de la Torre, Leandro Sequeiros San Román y Emilio Pedrinaci Rodríguez (1)

«The scientifically literate person... understands key concepts and principles of science... and uses scientific knowledge and scientific ways of thinking for individual and social purposes».

American Association for the advancement of Science. 1991.

«La persona científicamente culta... conoce los conceptos clave y principios de la ciencia... y usa el conocimiento científico y la manera de pensar de los científicos en cuestiones individuales y sociales».

Asociación Americana para el avance de la Ciencia. 1991.

RESUMEN

No se puede aprender realmente Geología si no existe una experiencia directa en el campo. Pero enseñar mejor exige un planteamiento didáctico adecuado. La perspectiva constructivista del proceso de enseñanza-aprendizaje nos dice que lo importante es partir de las ideas de los alumnos para conseguir aprendizajes significativos. Antes, durante y después de las actividades de campo en Geología lo importante es la construcción progresiva de los conceptos clave de esta ciencia. Los aspectos didácticos son los que deben presidir, sobre otros, las actividades de Geología de campo en los cursos de formación de profesores.

ABSTRACT

Geology can't be properly learnt unless there is a direct field's experience. But improving our teaching asks for a suitable teaching plan. The constructivist perspective of the teaching-learning process tells us that the main idea is to start from the pupils knowledge, to reach significant learnings. Before, during and after the field activities in Geology, the most important thing is the progressive building of this science's key concepts, and that the didactic aspects are which must preside these activities with teachers.

INTRODUCCION. LA IMPORTANCIA DEL CAMPO EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGIA.

Las actividades de campo han tenido desde siempre una gran importancia en el aprendizaje de la Geología. Esto, que parece evidente para cualquier especialidad de las Ciencias de la Naturaleza, en la Geología adquiere una gran importancia; dado que cuando no se sale al campo, el alumno novato tiene que imaginar los objetos geológicos (pliegues, fallas, estructuras, rocas...), deformando, "perversamente" (Paschoale, 1988), la realidad, quedando este aprendizaje con pocas posibilidades de aplicación.

La Geología sin el campo, la Geología "imaginada", puede, en el mejor de los casos, contribuir a generar ciertos conceptos geológicos, a identificar ejemplares de rocas, minerales y fósiles o ayudar a desarrollar determinadas habilidades, como favorecer la visión del espacio o interpretar correctamente un imaginario, —o real, igual da, siempre será imaginario para el que aprende—, mapa geológico. Pero se está lejos de identificar "realmente" los objetos geológicos y ¿puede alguien, sinceramente, discutir, que éste es uno de los grandes objetivos de la enseñanza de la Geología?

(1) Miembros del Equipo "Terra". Córdoba.

NECESIDAD DE UN PLANTEAMIENTO DIDACTICO FUNDAMENTADO

Pero además, considerando las dificultades de todo tipo que tienen los profesores de niveles no universitarios para salir al campo con sus alumnos (Brañas, Pardo y Paz, 1988). Se suele pensar que puesto que se sale poco al campo, lo mejor es aprovecharlo viendo el máximo número posible de cosas. Con esto se consigue, con frecuencia, el efecto opuesto al deseado, transformando lo que debe ser una relajada situación de aprendizaje en una "estrésante" y agotadora jornada, que acaba por aburrir al alumno, propiciando el rechazo a la asignatura.

En la práctica docente habitual se puede salir poco y además no se puede ver mucho. La optimización de las salidas de campo (Anguita y García de la Torre, 1992) exige un planteamiento didáctico adecuado. Claro que esto ocurre en Geología de campo y en todo. Pero ¿qué significa hacer un planteamiento didáctico adecuado?

Responder a ese interrogante implica hacer una reflexión sobre la acción. Usualmente, los profesores de Geología (Anguita, 1990), insistimos más en lo segundo que en lo primero. En

nuestro ambiente educativo, reflexionar sobre algo, con frecuencia ha consistido en la reflexión de profesores y profesoras individualmente o en pequeño grupo basada en el ensayo-error. El resultado es la lentitud en el progreso experimental y en el saber no acumulativo (Jiménez Aleixandre, 1988), que conduce a un escaso avance en la formación y preparación docente. Progresar en la reflexión demanda no sólo pensar sobre lo que estamos haciendo con nuestros alumnos sino, entre otras cosas, conocer el hecho psicológico del aprendizaje, rastrear en revistas de didáctica lo que han escrito otros al respecto, introducir modificaciones en nuestro quehacer, experimentarlas, etc. En definitiva, aportar nuevos elementos a la reflexión exige realizar investigación educativa (Equipo "Terra", 1992) y desde esa perspectiva abordamos el presente trabajo.

¿Es la Didáctica el arte del método?. Durante mucho tiempo se pensó, y aún muchos lo hacen, que todo se puede aprender con un buen método, entendido éste como la estrategia concreta del profesor frente a la necesidad de enseñar algo concreto.

Sin embargo el aprendizaje es un proceso más complejo, en el que intervienen muchas variables, no sólo el método, sino los contenidos a aprender, la motivación del que aprende, sus ideas previas, etc.

Se parte aquí, pues, de un análisis del aprendizaje como un proceso no sólo complejo sino sistémico (García, 1988) —las variables no sólo existen, sino que interactúan y se modifican entre sí— en el que las dificultades generadas durante su desarrollo no deben analizarse individualmente, sino englobarse dentro de un modelo unificador de todo el proceso.

En la investigación educativa, el concepto de **Modelo Didáctico** (Gimeno, 1983; Porlán, 1986; Elliot, 1988; Host, 1988) es el que se nos presenta como elemento integrador de todas estas variables. Este, suficientemente fundamentado, debe permitir al profesor, en interacción con su tratamiento en el aula, orientar el conjunto de su quehacer pedagógico mediante la explicitación de los diferentes elementos curriculares, tales como objetivos, contenidos, metodología, recursos y evaluación.

De entre estos elementos, ha sido la **metodología**, en muchos casos de una manera poco fundamentada, el principal objeto de la innovación didáctica. Así, en la década de los 70 y como reacción ante el modelo metodológico tradicional, de tipo *transmisivo*, se difundieron con cierta profusión los métodos *activos* que se erigieron en el nuevo paradigma pedagógico.

En estos métodos, la estrategia de aprendizaje básica es la de "aprendizaje por descubrimiento inductivo y autónomo" (Gil, 1983), que también se aplicó en las salidas e itinerarios en la naturaleza y, por ende, en los geológicos.

Más frecuente ha sido la utilización de lo que se denomina "observación dirigida", situada a mitad de camino entre el descubrimiento inductivo y autónomo y el método transmisivo. Así, se han confeccionado y publicado, itinerarios didácticos, en los que se le señala al alumno qué tiene que observar, dónde, cómo y cuándo hacerlo. Debe admitirse el avance que ese tratamiento metodológico supuso frente al modelo transmisivo, equivalente en los estudios de campo al profesor "Cicerone" (Brusi, 1992), que explicaba todo aquello que la supuesta madurez científica de sus alumnos les permitía asimilar.

En efecto, el planteamiento de la "observación dirigida" parte de la crítica al sistema tradicional y formula una serie de interrogantes que han contribuido a su superación. Es un modelo que quiere desterrar al transmisivo y que desconfía, con razón, del descubrimiento inductivo y autónomo. Sin embargo reproduce alguno de los errores de ambos modelos: da un guión al alumno y le deja solo, cual si de descubrimiento autónomo se tratase, pero en realidad, el prolijo guión sustituye, y no siempre con éxito, al profesor Cicerone. Con frecuencia el alumno no entiende el sentido que tiene la observación que el guión le indica para cada lugar ni qué conclusiones pueden sacarse de ella. Desconoce el problema que pretende resolverse y su andamiaje teórico resulta, las más de las veces, insuficiente para solventar esta tarea.

LA PERSPECTIVA CONSTRUCTIVISTA

Desde principio de los ochenta las investigaciones en psicología del aprendizaje y epistemología, junto con la reflexión sobre la práctica pedagógica, van configurando un nuevo marco psicopedagógico que supone un cambio de perspectiva; el constructivista (Driver, 1988).

Aceptado éste mayoritariamente en el mundo de la Didáctica de las Ciencias ha sido asumido por las administraciones educativas como reflejan los diseños y proyectos curriculares elaborados por éstas.

Sin analizar exhaustivamente los fundamentos del **constructivismo**, estudiaremos qué aspectos de él son los que afectan directamente al aprendizaje en la naturaleza y por ende a la Geología en el campo.

Se puede afirmar hoy, que el aprendizaje supone una interacción sujeto-medio, en nuestro caso entre los conocimientos previos del alumno, las informaciones que se le ofrecen y las observaciones en la naturaleza. El alumno no llega al campo, como a ningún ambiente de aprendizaje, con la mente vacía. Cualquier observación que se haga estará mediatizada por los conocimientos que posee. De ahí la importancia de conocer los esquemas mentales del alumno antes de salir al campo.

Hoy sabemos que estas estructuras mentales no son conceptos aislados, sino que se relacionan entre sí de forma jerárquica. Los mapas conceptuales (Novak, 1988) van contrastándose empíricamente como un buen instrumento para explicitar dichos esquemas, en los que aparecerán con seguridad errores, que el profesor deberá considerar.

Analizadas por el profesor las ideas de los alumnos, hay que modificar, corregir y/o ampliar éstas. Desde la perspectiva constructivista, el aprendizaje se concibe como una modificación de las ideas de los alumnos para aproximarlas a las de la comunidad científica.

La nueva información que reciben los alumnos deberá incorporarse de manera sólida al conjunto de sus conocimientos. Esto es el *aprendizaje significativo* (Ausubel, 1976; Novak, 1985), contrapunto del *aprendizaje mecánico* o repetitivo, en el que la nueva información no se relaciona de manera estable con la estructura mental del alumno.

Desde esta perspectiva lo fundamental en el aprendizaje ¡no es el método!, independientemente de que sea éste o no activo, sino que sea significativo, en el sentido antes apuntado. Estamos quizás ante lo que Novak (1988) ha calificado de "paradigma emergente": el **modelo constructivista del aprendizaje**. Es un modelo que nos ayuda a interpretar los procesos de aprendizaje, a conocer cuales son sus obstáculos, a elegir el punto de partida y a planificar y evaluar las actividades de enseñanza. Sin embargo no se deduce de él, de manera lineal, una sola estrategia didáctica. No debe extrañarnos en consecuencia que, desde una perspectiva constructivista común, se hayan ofrecido diversos modelos de intervención. Unos ponen el énfasis en las actividades de investigación orientada (Del Carmen, 1988; García y García, 1989), otros en la resolución de problemas (Garret, 1988) y otros en la necesidad de ofrecer estrategias distintas para situaciones distintas (Pozo, 1987).

LA INVESTIGACION ESCOLAR Y LA GEOLOGIA DE CAMPO

"Un planteamiento didáctico adecuado", desde esta perspectiva, exige tomar como punto de partida lo que el alumno ya sabe. El objetivo de la salida deberá referirse a él, cuestionándonos:

1. - Qué **conceptos clave** necesita el alumno conocer antes de esa salida.
2. - Qué **principios geológicos** fundamentales debe conocer.

Creemos que se debe trabajar previamente en el aula el desarrollo de determinados conceptos. Las características del área investigada, los conocimientos previos de los alumnos y los objetivos de la salida (García de la Torre y An-

guita, 1992) serán los que indiquen al profesor qué contenidos conceptuales deben incluirse.

Un problema que se da siempre en estos casos es el de la capacidad que tiene el alumno para situar acontecimientos en un esquema de tiempo geológico, (Pedrinaci y García de la Torre, 1992). Aunque se suele indicar en los guiones de alumnos una tabla geológica de edades, esto se revela insuficiente, dada la complejidad del concepto.

Es conveniente que el alumno conozca, a un nivel de formulación escolar, los *principios* sobre lo que se asienta la Geología: Actualismo, Superposición, Correlación, etc.. Desde Lyell, en el siglo XIX, estos principios han guiado las interpretaciones de Geología de campo clásicas. Los geólogos ven lo que ven porque utilizan como anteojos conceptuales y claves de interpretación, junto a una trama muy compleja de conceptos, estos principios.

Además, el estudio de cortes, bloques diagrama geológicos (García de la Torre, 1991), la utilización de maquetas (Carrillo y Gisbert, 1992), así como otros tipos de *representaciones* de las estructuras geológicas en clase (York, 1992) favorecen en el alumno la visión espacial de las mismas y su reconocimiento posterior en el campo.

No obstante, la mayoría de las veces, ingenuamente pensamos que nuestros alumnos en el campo van a poder interpretar los generalmente borrosos datos de las rocas y deducir las historias que de ellos se derivan sin más claves interpretativas que una buena dosis de imaginación y un guión bien estructurado.

En muchos casos, que los alumnos interpreten correctamente una historia geológica puede ser el objetivo final de las salidas al campo. Sin embargo el objetivo de la salida puede ser uno que "a priori", nos parezca más modesto", así por ejemplo, un número importante de alumnos de edades comprendidas entre los 12 y los 16 años parecen tener una visión de la superficie terrestre en la que las rocas representan elementos de gran estabilidad, no sometidos a cambios o modificaciones relevantes (Pedrinaci, 1987). Estas concepciones no se superan porque se les diga que están equivocados, incluso, aunque esto se haga de manera repetida. Dada la resistencia al cambio que parecen mostrar las ideas "fijistas" de los alumnos y la importancia que tienen para el aprendizaje de la Geología, podemos considerar prioritaria su movilización y formularla como uno de los objetivos básicos de un curso elemental de Geología. Ello exigirá una estrategia compleja y dilatada que vaya modificando sus concepciones haciéndolas más dinámicas. Dentro de dicha estrategia puede ocupar un papel importante la salida al campo, que podría orientarse hacia la búsqueda en las rocas de huellas de procesos de cambio.

En consecuencia, al campo se debe salir, no tanto para interpretar los principales rasgos de una región, como para seguir aprendiendo: modificar conceptos, conocer otros nuevos y en definitiva para cambiar los esquemas conceptuales de los alumnos y generar una serie de actitudes y de destrezas. Enumerar las posibilidades que en el campo se generan sobre las tres dimensiones de los contenidos (conceptos, destrezas y actitudes), nos llevaría demasiado lejos de las posibilidades de un artículo como el presente. No obstante, analizaremos algunos de los aspectos de la Geología que se pueden aprender (construir) en el campo y que hemos experimentado en un curso de Profesores de Secundaria organizado por el CEP nº 1 de Sevilla en el curso pasado.

Un caso práctico con profesores: Aprendizaje de aspectos geológicos en el "Cerro del Hierro", cerca de Constantina (Sevilla).

El Yacimiento de Hematites del Cerro del Hierro, está situado en las calizas dolomíticas de aspecto marmóreo, intensamente karstificadas del Cámbrico inferior. Sobre estas calizas se encuentran unas pizarras verdes y amarillentas. El mineral predominante es la Hematita, con importantes cantidades de Goethita, Limonita, Calcita, Barita y Pírolusita que constituyen la ganga. El mineral se encuentra dentro de las calizas en masas irregulares rellenando las oquedades originadas por un proceso kárstico y procedente de terra rosa y mineral de hierro de hipotéticos filones de las zonas de alrededor. Explotada la Limonita inicialmente por los romanos, se agotó a finales del siglo XIX y principios del XX. Actualmente no se lleva a cabo ningún trabajo de aprovechamiento minero. Una escuela taller de medio ambiente ha funcionado recientemente, colaborando a su mantenimiento e instalando un itinerario que permite su visita en unas horas.

Nuestro diseño, en síntesis, consistía en que cada grupo de alumnos, en su mayoría biólogos, debía trabajar un *problema*. Su tratamiento constaría de tres fases:

— Antes de la salida se formularía este problema, se debatiría su significado e intencionalidad y se confeccionaría una guía para la salida. Guía que constituiría, la hipótesis de observación que el grupo planteaba y que debería ser planteada por los alumnos, coordinados por nosotros.

— La salida representaría la contrastación de la hipótesis. Es decir, guía en mano, se trataba de comprobar en que medida se apreciaban los aspectos reseñados.

— A la vuelta se elaborarían las conclusiones y se expondría al resto de los grupos el trabajo realizado y los interrogantes que permanecían.

Se hicieron tres grupos de alumnos que aparte de ver el conjunto, investigaron específicamente uno de estos tres aspectos:

1.— ¿Que cambios han experimentado los materiales del Cerro del Hierro?

2.— ¿Que indicadores del paso del tiempo existen en el Cerro del Hierro?

3.— ¿Que minerales y rocas existen y cómo identificarlos?

Estos problemas fueron seleccionados por los profesores que impartíamos el curso y debían cumplir las siguientes *condiciones*:

— Que tal como se formularan tuvieran significado para quienes las trabajasen.

— Que estuvieran relacionados con cuestiones tratadas en el aula, de manera que no se vieran como aspectos ajenos al trabajo diario.

— Que permitieran desarrollar contenidos relevantes del curriculum.

— Que pudieran ser abordados "a priori" desde una o más perspectivas teóricas, de tal manera que tuvieran sentido la formulación de hipótesis y las actividades de contrastación.

Si, además de todo ello, se podía adquirir una idea básica de la geología regional, mejor.

Conviene señalar que no se les ofreció al comienzo una información de la geología del área de estudio, ni de la región. Cada alumno aportaba al grupo sus conocimientos al respecto, tanto generales como específicos de la zona en cuestión.

Así, el planteamiento para la observación de los **cambios experimentados por los materiales del Cerro del Hierro**, fue inicialmente teórico y especulativo. De tal manera que para elaborar la guía de observación, los alumnos se interrogaron en primer lugar acerca de los cambios que podían haber experimentado las rocas, de qué huellas dejaban y, en consecuencia, de cómo podría contrastarse si habían o no ocurrido. En el proceso de debate para la elaboración de la guía salieron, inevitablemente, las ideas previas de cada uno. El punto de partida fueron los conocimientos, muchos o pocos, que cada alumno tenía. La síntesis de las hipótesis de observación y de los elementos de contrastación formulados aparece en la figura 1.

Salir con la guía de observación permite fijar los objetivos con claridad y evita un tratamiento espontaneísta de la actividad. Pero, sobre todo, una guía elaborada de esta manera supone que los alumnos entienden el significado de cada una de las indicaciones que aparecen, saben que se pretende con cada una de ellas, pueden valorar si están o no justificadas las conclusiones que se extraen y están en mejores condiciones de generalizar estos conocimientos y aplicarlos al estudio de otros lugares.

¿Qué indicadores del paso del tiempo existen en el Cerro del Hierro? Para el estudiante novato de Ciencias de la Tierra, la interpretación de un paisaje, presenta, desde el punto de vista geológico tres problemas fundamentales:

– El primero de ellos, el problema espacial: las estructuras geológicas son de gran tamaño y nuestra mente no tiene costumbre de procesamiento de información de tan amplia escala. Es más, esas estructuras son tridimensionales y por ello necesitan ser construidas a partir de informaciones parciales. La mente necesita un adiestramiento.

– El segundo: El problema de los cambios actuales: la mayoría de los principiantes tienen gran dificultad para poder captar el carácter dinámico y cambiante de cualquier paisaje; cambios no sólo estacionales o anuales, sino sobre todo los distendidos a lo largo de grandes períodos de tiempo, como son los geológicos. De este tema se ocupó uno de los grupos.

– El tercer problema: El de la iteración de los cambios. Para el geólogo novato es –además– muy difícil transformar las informaciones que llegan a su mente de la observación actual (y que están referidas a cuerpos rocosos superpuestos "hoy", y que por tanto es atemporal) en una interpretación con componentes espaciales y temporales.

La investigación a que nos referimos en este tercer grupo tenía como finalidad aprender a interpretar secuencias temporales a partir de cuerpos rocosos atemporales. Para ello era necesario indagar si existían en el Cerro del Hierro algunos indicadores de que hay "paso del tiempo" (es decir, que hay acontecimientos –eventos– temporal e iterativamente superpuestos).

En la *estrategia de investigación*, con el profesor como facilitador del aprendizaje, los alumnos:

– Observaron el paisaje diferenciando diversos cuerpos rocosos (Rocas más duras/más blandas; más blancas/más negras; más erosionadas/menos erosionadas) y su posición topográfica. ¿Llegaron a ir todas a la vez? ¿Pueden encontrarse argumentos que muestren que unas son anteriores a las otras? ¿Qué fenómenos produjeron rocas diferentes?. El grupo tercero (minerales y rocas) llegaron más lejos en esta investigación, pero era necesario también tocarlo aquí.

– Al iniciar un trayecto (señalado por el profesor para facilitar la investigación) los alumnos encontraron unas rocas pizarrosas de color verde; pronto hicieron su aparición los fósiles "Trilobites". El profesor suministró información adicional: eran Trilobites del Cámbrico inferior. Los geólogos anteriores denominan a este cuerpo rocoso "Capas de Alanís".

Por tanto, rocas de origen marino del inicio de la Era Primaria. Un poco más adelante estaban las calizas dolomitizadas (aspecto marmóreo). Los mismos alumnos llegaron a la conclusión de que estaban debajo de las pizarras. Llegaron a esta conclusión tras descartar otras hipótesis y observar la estratificación y su posición en el campo. El profesor suministró información adicional y ellos la encontraron en los documentos complementarios.

– Con esta metodología, los alumnos fueron identificando diferentes cuerpos rocosos correspondientes a edades distintas (Cámbrico, Carbonífero, actualidad...), acontecimientos geológicos registrados en las rocas (fallas, pliegues, esquistosidad, procesos sucesivos y planos de erosión, estratificación, relleno de cavidades...). Siguiendo la hipótesis de que cada elemento pertenece a momentos diferentes de la historia de la tierra y que pueden ser "fechados" de modo relativo, indagaron criterios de "datación" (fósiles, anterioridad/posterioridad de los eventos...) recurriendo también a las informaciones adicionales dadas por el profesor y/o la bibliografía. Todas estas cosas fueron discutidas en el campo.

– Con posterioridad, y ya en el centro de investigación, los alumnos intentaron dibujar un póster completo en el que se señalaban los distintos eventos geológicos distribuidos iterativamente a lo largo del tiempo. Con ayuda del profesor dibujaron el esquema interpretativo que se muestra en la figura 2.

Finalmente se trató la **identificación de minerales y rocas en el campo** que se planteó como una cuestión didáctica de gran interés. Frente a la inevitable pregunta de los alumnos ¿Que roca es ésta?, cabe, como se hace con frecuencia, que el profesor "transmita" el nombre. Parece más adecuado darle un instrumento al alumno para que pueda descubrirlo por sí mismo. En este sentido, los diagramas de flujo (García de la Torre, 1992), todavía poco utilizados en nuestro país, se nos muestran de gran utilidad. Su utilización presenta ventajas evidentes frente a las clásicas tablas de identificación de rocas, demasiado amplias y generales y que ralentizan, cuando no lo impiden, la identificación de la roca por parte de los alumnos. Con los diagramas de flujo, esto se convierte en una operación rápida y sencilla.

Se elaboraron con estos criterios dos diagramas de flujo (fig. 3 y 4 del anexo), uno para rocas y otro para minerales, dado que suelen ser, junto con los fósiles, los objetos geológicos más problemáticos de identificar en el campo.

Posteriormente hubo una **puesta en común**, donde cada grupo comunicó al resto los resultados de sus investigaciones. Utilizaron para ello pósters, una síntesis de los cuales se presenta al final del presente trabajo como documento anexo.

BIBLIOGRAFÍA

- Anguita Virella, F. y García de la Torre, E. (1992). Algunas consideraciones para optimizar la Geología de Campo. *III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología*. Salamanca. 1, 312-317.
- Anguita Virella, F. (1990). Diez años de Simposios. *VI Simposio de Enseñanza de la Geología*. Tenerife. 10-17.
- Ausubel, D. P., et al (1976). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas. Méjico.
- Brañas, M., Pardo, X., y Paz, D. (1988). Experiencias didácticas sobre el trabajo de campo en Geología. Una perspectiva interdisciplinar. *V. Simposium Nacional de Enseñanza de la Geología*. Alcalá de Henares. 395-405.
- Brusi, D. (1992). Reflexiones en torno a la Didáctica de las salidas de campo en Geología. Aspectos metodológicos. *VII Simposio sobre enseñanza de la Geología*. Santiago de Compostela. 391-407.
- Carrillo, L. y Gisbert, J. (1992). Enseñar y aprender Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 0, 5-9.
- Del Carmen, L.M. (1988). *Investigación del medio y aprendizaje*. Graó. Barcelona.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 6, 109-120.
- Elliot, J. (1990). How geologists think: The method of multiple working hypotheses. *Journal of Geological Education*. 38, 67-68.
- Elliot, J. (1988). *Esquemas sobre modelos didácticos*. Multicopiado. Curso de Formador de Formadores. Sevilla.
- Equipo "Terra". (1992). La investigación educativa en Ciencias de la Tierra y la Didáctica de la Geología: unas conexiones necesarias. *VII Simposio de Enseñanza de la Geología*. Santiago de Compostela. 145-153.
- Fry, N. (1989). *The field description of Metamorphic Rocks*. Open University Press. Buckingham. 112 p.
- García, J.E. (1988). Fundamentos para la construcción de un modelo sistémico en el aula. En Cañal, Porlán y García (Ed). *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. Díada Editoras. Sevilla.
- García, J.E. y García, F. (1989). *Aprender investigando. Una propuesta metodológica basada en la investigación*. Díada editoras. Sevilla.
- García de la Torre E. y Anguita Virella, F. (1992). La Tierra: Hoy. *VII Simposio sobre Enseñanza de la Geología*. Comunicación, Póster. 527.
- García de la Torre, E. y Anguita Virella, F. (1992). How not to teach field Geology. *Actas, 29 Congreso Geológico Internacional*. Kyoto. (Japón). 3, 988.
- García de la Torre, E. (1992). La utilización de los diagramas de flujo para la identificación de rocas en el campo. *Investigación en la Escuela*, 16, 101-102.
- García de la Torre, E. (1991). Recursos en la enseñanza de la Geología. *La Geología de campo. Investigación en la Escuela*, 9, 85-96.
- Garrett, R.M. (1980). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 6(3), 229-230.
- Garret, R.M. (1987). Problem solving and creativity in Science Education. *Stud. Sci. Educ.* 13, 70-95.
- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1. 26-34.
- Gimeno, J. y Pérez, A. (1983). *La Enseñanza: su teoría y su práctica*. Akal. Madrid.
- Host, V. (1988). *Esquemas sobre modelos didácticos*. Multicopiado. Curso de Formador de Formadores. Sevilla.
- Jiménez Aleixandre, M.P. (1988). Enseñanza de las Ciencias: ¿donde estamos?. *Cuadernos de Pedagogía*. 155, 8-10.
- Novak, J. (1988). Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*. 6(3), 213-223.
- Novak, J. (1985). *Teoría y práctica de la Educación*. Alianza Universidad. Barcelona.
- Novak, J. y Gowin, D. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Ed. Martínez Roca. Barcelona.
- Paschoale, C. (1988). Alice no país da Geologia e o que ela encontrou lá. *Revista de Semiótica e Comunicação*. 1(1). 87-99.
- Pedrinaci, E. (1987). Representaciones de los alumnos sobre los cambios geológicos. *Investigación en la Escuela*, 2. 65-74.
- Pedrinaci, E. y García de la Torre, E. (1992). El concepto del tiempo geológico, una perspectiva histórica. *III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología*. Salamanca. 1, 450-459.
- Porlán (1986). La epistemología del profesor de Ciencias: una investigación en curso. *Actas de las IV Jornadas del Estudio sobre Investigación en la Escuela*. 88-93.
- Pozo, J.I. (1987). *Aprendizaje de la Ciencia y pensamiento causal*. Visor. Madrid.
- Sequeiros, L. (1990). Como seleccionar los contenidos básicos de la Geología. *VI Simposio de Enseñanza de la Geología*. Tenerife. 404-419.
- Sequeiros, L y Pedrinaci, E. (1992). Una propuesta de contenidos de Geología para la Educación Secundaria Obligatoria. *III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología*. 1, 471-480.
- Thorpe, R. y Brown, G. (1990). *The field description of Igneous Rocks*. Open University Press, Buckingham. 154 p.
- Tucker, M. (1990). *The field description of Sedimentary Rocks*. Open University Press, Buckingham. 112 p.
- York, P.G. (1992). Fieldwork in class. *Teaching Earth Sciences*. 17, 143-144. ■

HIPOTESIS DE TRABAJO	INDICADORES	CONTRASTACION
1. Cambios relacionados con procesos de formación de las rocas		
* Sedimentación y Litificación	Estratificación Fósiles Naturaleza de los materiales Cambios en los procesos de sedimentación	Buzamiento 10° N. "Presuntos" Pizarras, Calizas y mineralizaciones Pizarras → Calizas → Hierro
* Solidificación (= Procesos ígneos)	Texturas y estructuras	No existen
* Procesos Metamórficos	Esquistosidad Recristalización	Suave Calizas biohérmicas → Calizas marmóreas
2. Cambios Posteriores		
* De origen tectónico	Pliques... Disposic. de los estratos Fracturas... Diaclasas Fallas... Contactos con los materiales	Buzamiento 10° N. No observado → hipótesis → grutas y hundim.
* Meteorización Mecánica Química	Color Superficie roca Material resultante	Manchas superficiales Por disolución Suelos y arcillas rojas
* Suelos	Agente predominante	Agua
* Actividad antropológica y biológica	Minas/Carreteras	Muchas y muy buenas

Fig. 1. ¿Qué cambios has experimentado los materiales del Cerro del Hierro?

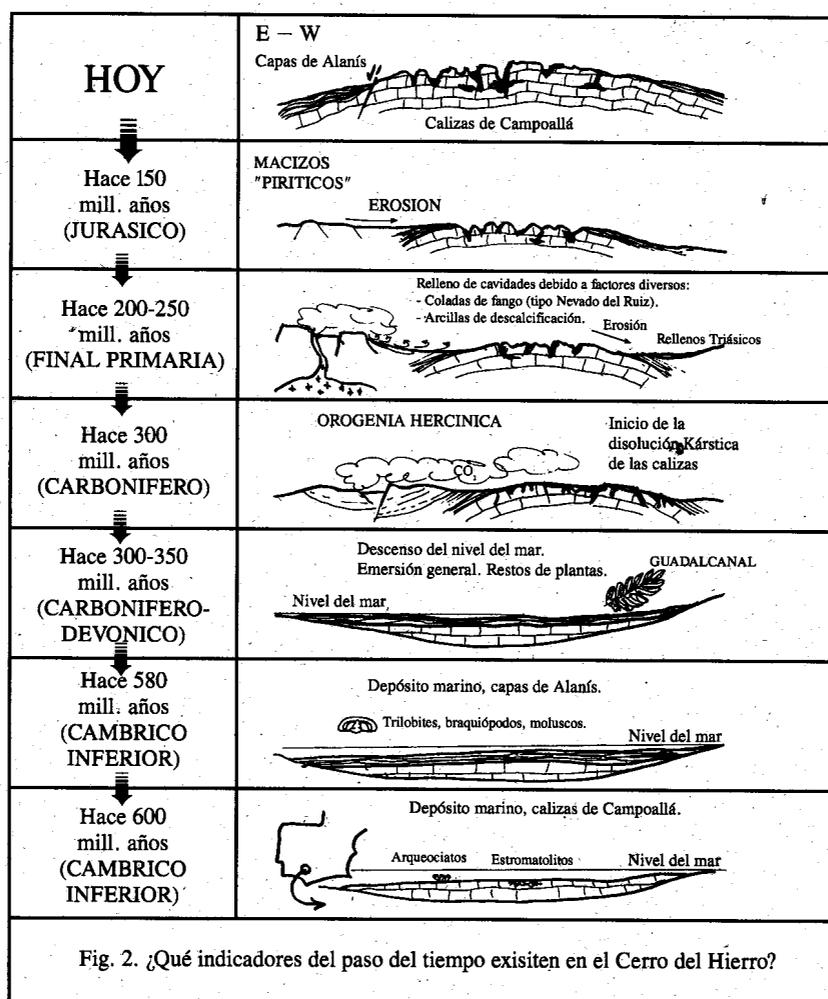


Fig. 2. ¿Qué indicadores del paso del tiempo existen en el Cerro del Hierro?

