

rizonte, 1981. *Teses...* Belo Horizonte: SBG, v.2, p.215-228.

Kern, E.L. & Carpenter, J.R. (1986): Effect of field activities on student learning. *J. Geol. Educ.*, 34:180-183.

Kuhn, T.S. (1978): A estrutura das revoluções científicas. 2. ed. São Paulo: Perspectiva. 257 p.

Lopes, M.M. (1988). *Museu: uma perspectiva de educação em Geologia*. Campinas: Fac. Educ./UNICAMP. 162p. (Dissert. mestrado).

Medawar, P.B. (1974): Indução e intuição no pensamento científico: I. Apresentação do problema. *Ciência e Cultura*, 26 (12):1105-1113.

Munro, R. (1984): The folklore barrier. In: OSBORNE, R. & GILBERT, J. eds. *Some issues of theory in science education*. Hamilton, University of Waikato. p. 91-95.

Paschoale, C. (1984a): Alice no país da Geologia e o que ela encontrou lá. In: CONGR. BRAS.

GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro: SBG. v.5, p. 242-249.

Paschoale, C. (1984b): *Semiótica de mapas geológicos e geotécnicos*. São Paulo: Pós-Grad. PUC-SP. 21p. (mimeogr. monogr. apres. disc. Núcleo de Pesquisa).

Paschoale, C.; Campanha, G.A.C.; Tessler, M.G. y Grupo de excursões do CEPEGE (Centro Paulista de Estudos Geológicos). (1978): *Guia de Excursão para Perus (SP)*. CEPEGE, 5p. (mimeogr.).

Pera, M. (1982): *Apologia del metodo*. Roma: Ed. Laterza. 172p. (Col. Bibliot. di Cult. Moderna 861).

Potapova, M.S. (1968): Geology as an historical science of nature. In: *Interaction of Sciences in the Study of the Earth*. Moscú, Progress Publisher. p. 117-126.

Vick, T.D. et al. (1978): Field observations and interpretation given new emphasis *J. Geol. Educ.*, 27, 15-16.

## ERRORES CONCEPTUALES DE LOS ALUMNOS DE EGB SOBRE LA FORMACIÓN DE LAS MONTAÑAS

José Lillo Bevia (1)

### RESUMEN

Se describen ocho grupos de errores conceptuales sobre el origen de las montañas a partir de las regularidades observadas en las respuestas y dibujos de alumnos de 10 a 15 años. El análisis de sus dibujos permite detectar algunos errores no expresados en sus respuestas escritas. Se propone la eliminación de secuencias de dibujos complejos y conceptos con elevada carga conceptual en estas edades, y que el estudio del origen de las montañas se haga en un contexto de ciencia integrada dentro del tema de las fuerzas como causa de deformación, presión y modificación del movimiento.

### SUMMARY

Eight groups of misconceptions about the origin of mountains are described by analysis of observed regularities in written and drawn responses from pupils aged 10 to 15. The analysis of their drawings reveals some misconceptions not expressed in their written responses. Elimination of drawings and contents conceptually complex is proposed for these stages of psychological development. The origin of mountains may be studied in a integrated science context by studying the forces as causes of deformation, pressure and modification of movement.

### 1. INTRODUCCIÓN

Como parte del Proyecto de Investigación XU-GA37202A91, estamos investigando los preconceptos de los alumnos del Ciclo Superior de EGB sobre temas geológicos, siguiendo las tesis constructivistas

difundidas por varios autores (Driver, 1989; Giordan, 1988; Osborne, 1991, ...).

En este artículo comentamos los resultados obtenidos en forma de catálogo de conceptos erróneos al indagar sobre la formación de las montañas.

(1) Departamento Didácticas Especiais Universidade de Vigo.

Se pasó a varios colectivos de alumnos del Ciclo Superior de EGB de la provincia de Pontevedra la pregunta siguiente: **¿Cómo crees que se forman las montañas? Explica tus ideas y utiliza dibujos para exponerlas.**

Como las respuestas eran semejantes en los centros encuestados, percibiendo variaciones de contexto, hemos seleccionado las respuestas de seis centros procedentes de diversos entornos, y los resultados obtenidos se expresan en la Tabla I, como % de respuestas de los grupos A,B,C,..., siendo los grupos los siguientes:

A = Curso 8.º (28 alumnos/as) del C.P. Froebel. Pontevedra.

B = Curso 8.º (28 al.) C.P. D. Aurelio. Cuntis (Pontevedra).

C = Curso 8.º (22 al.) C.P. de Prácticas. Pontevedra.

D = Curso 7.º (33 al.) C.P. Arealonga. Villagarcía (Pontevedra).

E = Curso 6.º (34 al.) C.P. de Prácticas. Pontevedra.

F = Curso 5.º (34 al.) C.P. La Doblada. Vigo (Pontevedra).

Los grupos A, C (8.º) y D (7.º) habían recibido enseñanza sobre tectónica de placas y el resto no. Su comparación permite establecer si dominan las ideas intuitivas sobre las adquiridas por enseñanza reglada.

## 2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMPARATIVO DE LAS RESPUESTAS OBTENIDAS

La Tabla I muestra comparativamente las respuestas dadas por los diversos grupos de alumnos. Como en el análisis estadístico de preguntas abiertas se presentan expresiones muy variadas, hemos agrupado las respuestas sinónimas por la idea que expresan y no por el léxico empleado, pudiendo detectar claramente **ocho grupos de respuestas bien diferenciadas**. El grupo 9 comprende otras respuestas curiosas y aisladas, alejadas del concepto.

Tabla I

### FORMACIÓN DE LAS MONTAÑAS

RESPUESTAS	A	B	C	D	E	F
1. Choque de placas (*1)	53.6	3.6	50	54.6		2.9
2. Presión en el interior de la Tierra (*2)		78.6	13			2.9
3. Fuerzas horizontales opuestas	10.7	3.6	9.1			
4. Arrugamiento de la corteza					11.8	
5. Por terremotos	3.6	3.6	4.5	12.1	11.8	2.9
6. Por volcanes		3.6	4.5		14.7	5.8
7. Por erosión	3.6		4.5			
8. Por acumulación (*3)	28.5	7.1	9.1	18.2	26.5	44.1
9. Otras			4.5	9.1	23.5	14.7
10. NO CONTESTAN				6.0	11.8	26.5

Tanto por ciento de respuestas dadas por los grupos de alumnos A, B, C (8.º), D (7.º), E (6.º) y F (5.º). Las notas \*1, \*2 y \*3 se explican en el texto.

El apartado NO CONTESTAN aumenta como era de esperar hacia 5.º de EGB. Los grupos de 8.º (ABC) contestan todos pudiéndose observar una clara apuesta por el **choque entre placas**, (alrededor del 50 %).

La nota (\*1) se hace para indicar que algunos alumnos de los grupos A y D (entre el 3 y el 5 %) mencionan choque de continentes en vez de choque de placas, por lo que parece ser que aproximadamente el 50 % de los grupos de 8.º y 7.º (13-14 años) han asimilado bien la causa principal, aunque como veremos al analizar sus expresiones gráficas, la asimilación lo ha sido solamente del léxico, pero no del concepto.

El grupo B no había estudiado tectónica de placas y en general aboga por un mecanismo indiferenciado debido a «presiones» en el interior de la Tierra (78.6 %). Con la nota (\*2) queremos expresar que algunos hablan de fuerzas actuando desde el centro de la Tierra. En todos los casos al analizar las expresiones gráficas utilizadas se desprende que estas presiones se resuelven en una componente vertical, causa de la elevación. Desde el punto de vista del desarrollo ontogenético, los alumnos de estas edades tienen bien diferenciados los conceptos de fuerza y los de vertical/horizontal (Secadas, 1992) por lo que no es raro que recurran a esta idea intuitiva de presiones verticales desde el interior y horizontales

en la superficie (en este caso alrededor del 10 % en los grupos de 8.º A y C).

A medida que descendemos hacia cursos inferiores se observa que la causa fundamental es la acumulación de sedimentos. Esta idea de crecimiento de la montaña por acumulación de elementos transportados por el viento principalmente es mayor en 5.º y 6.º y persiste paradójicamente en 8.º en el grupo en que domina el mecanismo de choque de placas. Se impone el mecanismo intuitivo más fácil de comprender.

Por lo general asocian montaña a un espacio localizado y no al concepto espacial de cordillera, de ahí que en sus dibujos sólo se represente una montaña o se refieran a montañas volcánicas aisladas.

En el grupo E (6.º) aparece con un porcentaje cercano al 12 % (11.8) la idea de que las montañas surgen por arrugamiento de la corteza al enfriarse ésta.

La influencia de los terremotos es más marcada hacia cursos inferiores y se va afianzando la idea de que una montaña es siempre una montaña volcánica. Las montañas son antiguos volcanes hoy apagados o surgen cuando los volcanes arrojan lava y ésta se «seca» (enfriá).

Hay una mentalidad catastrofista en la formación de las montañas hacia cursos inferiores, asociando la formación de la montaña a fenómenos violentos muy localizados en el espacio, y de corta duración en el tiempo, como son los volcanes y los terremotos.

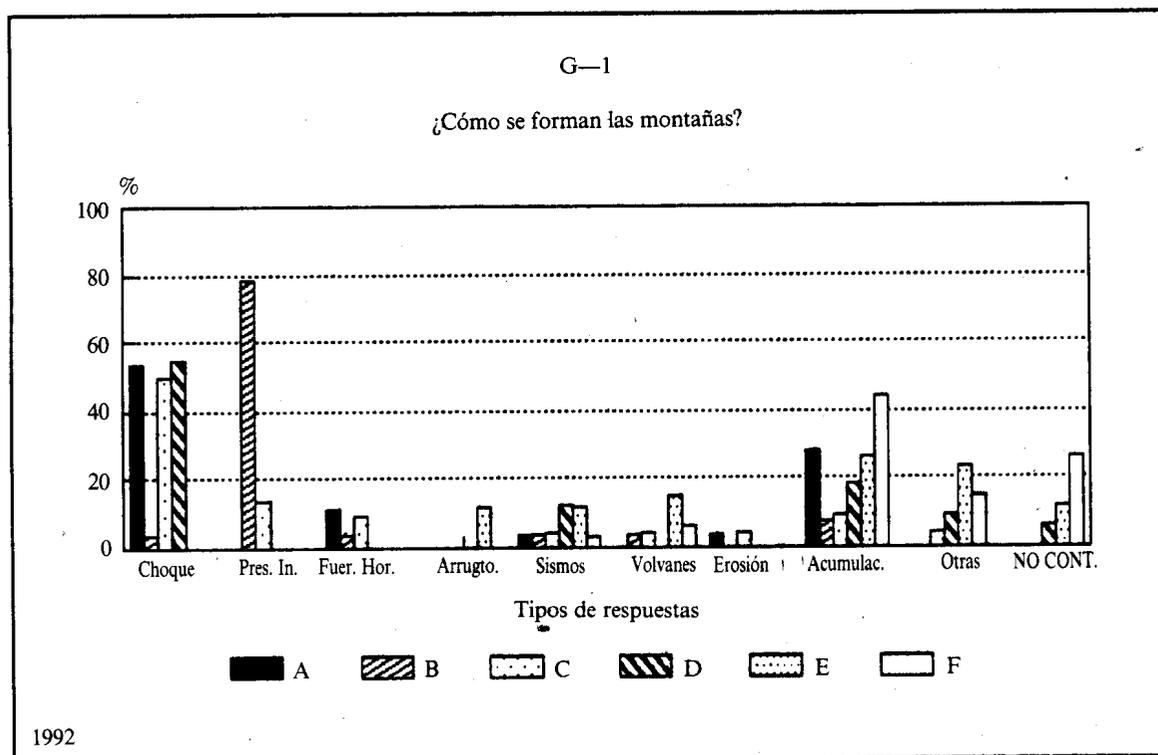
Las contestaciones curiosas y alejadas del concepto dominan en los cursos inferiores, 6.º (23,5 %) y 5.º (14,7).

### 3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS EXPRESIONES GRÁFICAS UTILIZADAS

Permite hacer una interpretación mas fina que la estadística y permite observar errores conceptuales a pesar de usar una expresión escrita que pudiera calificarse de correcta.

En las descripciones que siguen junto a los tipos descritos en cada grupo, 1.1, 1.2, etc., se usan una letra mayúscula y un número para indicar el grupo de alumnos y el número de la encuesta que identifica al alumno concreto. Así A-7 significa grupo A (8.º), alumno n.º 7.

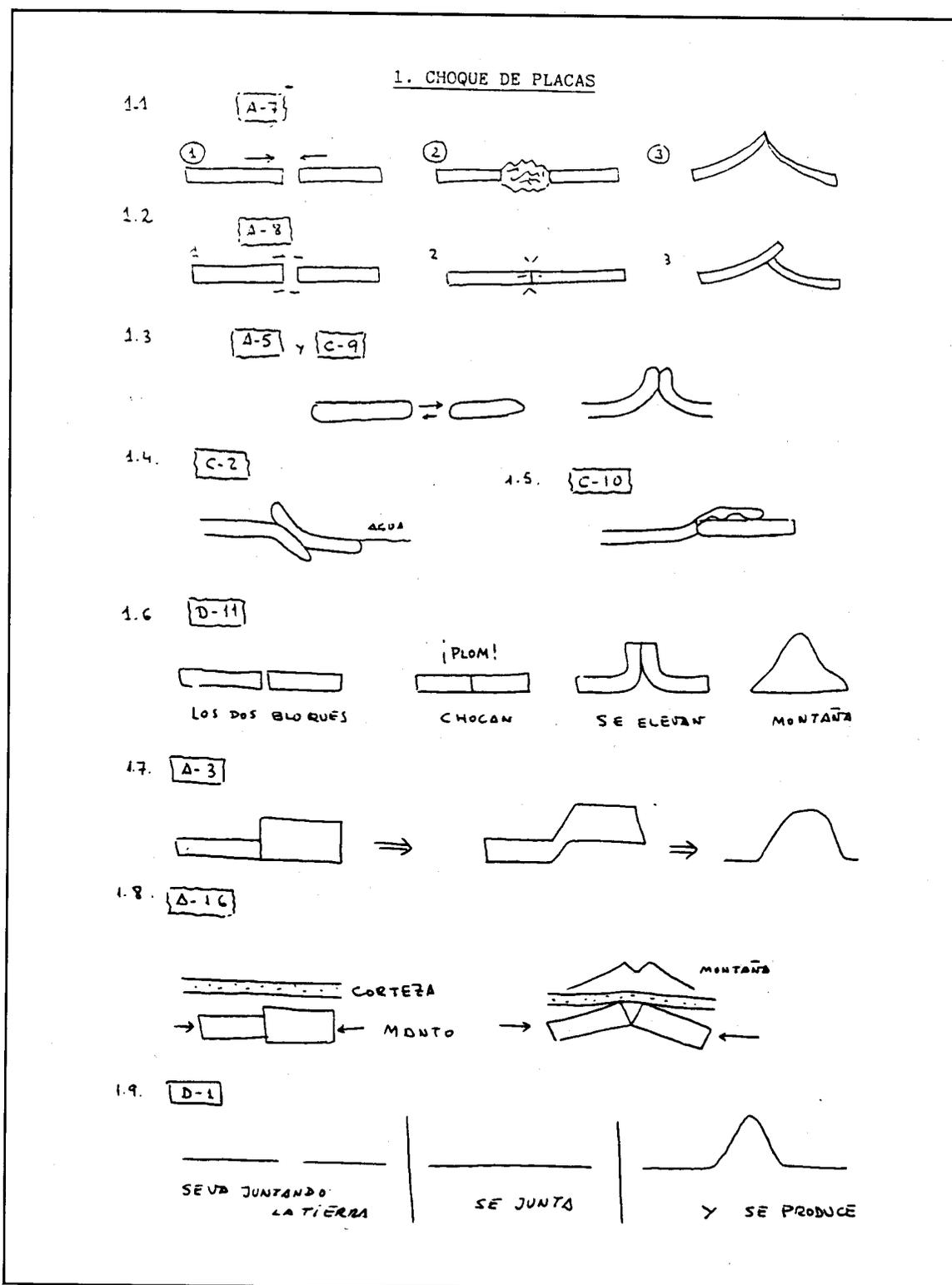
Los grupos de expresiones gráficas formados son los siguientes:



#### 3.1. Lámina 1: 1. CHOQUE DE PLACAS:

— Fig. 1.1: Expresa la secuencia de forma correcta, y a pesar de que entre las placas aparece «algo» en la fase 2, lo elimina en la fase 3 y la

montaña surge por el levantamiento de las placas al chocar. Resulta evidente que el concepto de orogénesis resulta demasiado complejo para sus esquemas mentales.



— Fig. 1.2: Las placas chocan y el resultado es que se elevan, pero una se mete bajo la otra. Como en el caso anterior, pasa desapercibido lo que ocurre a los materiales atrapados entre las placas.

— Fig. 1.3: Las placas chocan y se elevan para formar la montaña.

— Figs. 1.4 y 1.5: Las placas chocan y una «cabalga» a la otra originando la cordillera. Aunque

dibujan un cabalgamiento desconocen el significado geológico del mismo.

— Fig. 1.6: El choque es muy expresivo y también la elevación de las placas. La montaña surge por adaptación de la forma de la montaña a estas placas elevadas. La estructura se simplifica de manera intuitiva y lógica para el alumno de esta edad al que se le da un mecanismo explicativo (choque

de placas) fuera del contexto evolutivo de la historia de una cadena de montañas.

— Fig. 1.7. Muestra una simplificación muy curiosa en la que las placas se unen y fusionan para dar la forma de la montaña. La forma de la montaña es una adaptación a la forma de las placas.

— Fig. 1.8: La montaña exterior es una respuesta a la forma que adquieren los bloques que chocan en el manto por debajo de la corteza.

— Fig. 1.9: Dos partes separadas de la Tierra se juntan y se produce la montaña.

*Resulta evidente que el choque de placas significa cosas muy distintas en las mentes de los diversos alumnos.*

### 3.2. Lámina 2: 2. PRESIONES EN EL INTERIOR DE LA TIERRA

Los alumnos encuestados emplean la palabra presión o presiones en el interior de la Tierra, localizándolas en la corteza y otras veces más al interior, pero resolviendo siempre el problema del surgimiento de la montaña como resultante de un empuje vertical.

### 3.3. Lámina 2: 3. FUERZAS HORIZONTALES OPUESTAS

— Fig. 3.1: Aplica fuerzas laterales en la corteza en una primera fase y en el «aire» en la segunda fase. No está claro de dónde proceden las fuerzas.

— Fig. 3.2: Distingue dos momentos: primero fuerza sin aplicar y segundo fuerza ya aplicada que produce la deformación. Hay una clara interacción con sus esquemas mentales procedentes de haber estudiado elementos de Física.

— Fig. 3.3: Explica el surgimiento de la montaña por el movimiento de las capas de la Tierra «empujándose» unas a otras y levantándose hacia la superficie. ¿Cómo explicar la fuerza que tienen las capas para empujarse unas a otras? La idea intuitiva parece clara pero el mecanismo explicativo no.

— Fig. 3.4: Las presiones laterales son la causa de la deformación.

### 3.4. Lámina 2: 4. ARRUGAMIENTO DE LA CORTEZA

El alejamiento progresivo del Sol a la Tierra a lo largo de los años hace que el calor inicial de la Tierra vaya siendo menor a medida que se aleja el Sol. Este enfriamiento es el que produce el «arrugamiento» de la corteza por contracción, lo que formará las montañas.

### 3.5. Lámina 3: 6. POR VOLCANES

— Fig. 6.1: «Las montañas son los volcanes que no tienen lava y en la punta se cubren de arena». Otras variantes de esta expresión la ha dado el alum-

no E-17: «Son los volcanes que no tienen lava y la punta se tapa».

El alumno E-11 (figura no representada) sitúa la lava debajo de la tierra y es la lava la que hace fuerza por salir al exterior y forma «bultos» en la tierra.

— Fig. 6.2: Un volcán activo vierte lava y ésta al «secarse» forma la montaña.

— Fig. 6.3: «La montaña se forma cuando chocan dos masas de lava entre sí y se enfrían».

En este grupo 6.º de respuestas se identifica montañas con volcanes activos o bien como resultado de la acumulación de lava. Es curioso que el alumno F-24 (5.º) identifica la lava acumulada y «seca» con una montaña nueva y sin embargo no identifica el volcán activo como una montaña.

Es evidente que para ellos las manifestaciones volcánicas están desligadas conceptualmente de lo que ocurre en el borde de las placas o dentro de las placas en la tectónica global. Ello no es de extrañar si se observa lo que ha tardado en instaurarse la teoría de la tectónica global en el contexto de la historia de las Ciencias Geológicas.

### 3.6. Lámina 3: 7. POR EROSIÓN

— Fig. 7.1: Muchos alumnos asocian la montaña a la forma resultante de la erosión de la lluvia y/o del viento. Una montaña se transforma en otra montaña distinta *con el tiempo*.

### 3.7. Láminas 3 y 4: 8. POR ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS

Un modelo muy asimilado de formación de las montañas en estas edades, como producto de acumulación de los sedimentos (arenas) transportados por el viento. Las figuras 8.1, 8.2, 8.4 y 8.6 indican claramente esta idea. La 8.6 insiste en que esto se produce *con el paso del tiempo*.

Las figuras 8.3 y 8.5 expresan esta misma idea en forma de viñeta que muestra una idea de secuencia temporal. Esta idea de secuencia temporal, sin precisar su cuantificación, se encuentra ya desarrollada desde los 10-11 años según Secadas (ibid.), por lo que aquí aparece muy frecuentemente expresada en 6.º y 7.º de EGB.

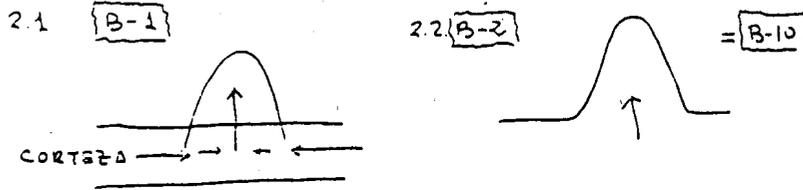
La fig. 8.7 es un caso curioso en el que dos masas de arena se funden para dar una masa mayor.

La fig. 8.8 expresa una secuencia temporal en la que una piedra al recibir más aportes se transforma con el tiempo en una montaña.

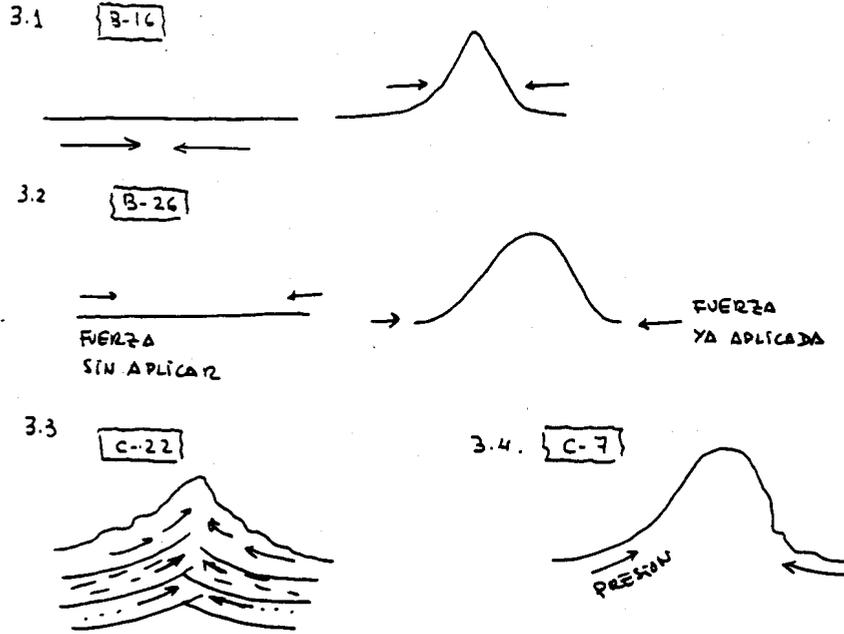
Fig. 8.9: «El mar va acumulando la tierra a un lado formando una montaña.»

En todos los ejemplos comentados se observan claramente dos aspectos: acumulación de arena y *paso del tiempo*, aunque éste no se cuantifique en su duración. Secadas (ibid.), indica que la noción de

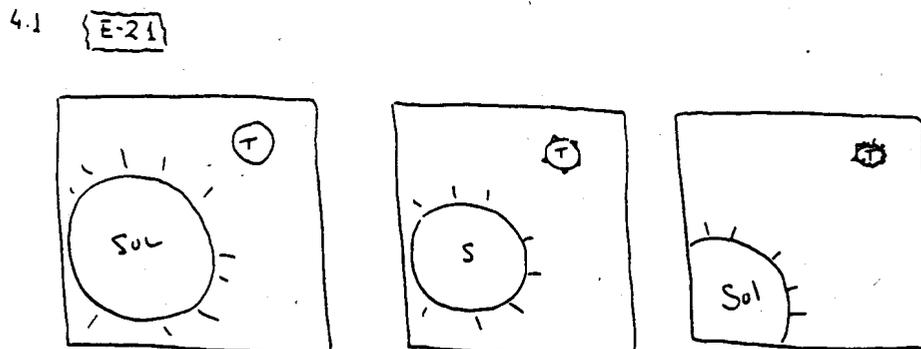
2. PRESION EN EL INTERIOR DE LA TIERRA



3. FUERZAS HORIZONTALES OPUESTAS



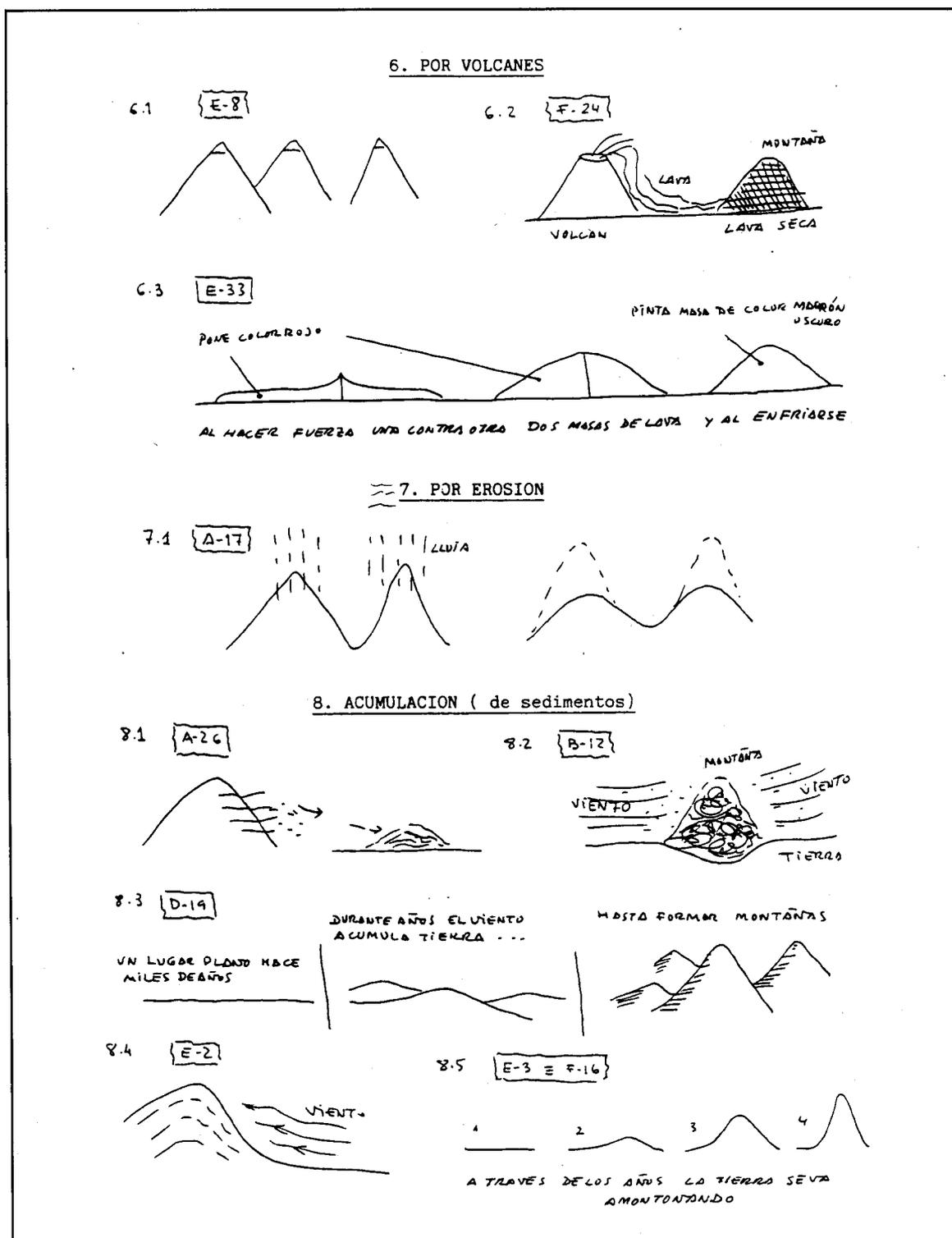
4. ARRUGAMIENTO DE LA CORTEZA



HACE MUCHISIMO AÑOS EL SOL DABA MAS CALOR QUE AHORA Y AL ENFRIARSE LA TIERRA ENCOGIO PRODUCIENDO ARRUGAS (MONTAÑAS)

tiempo evoluciona con la edad hasta llegar a la noción de tiempo histórico entre los 12 y 15 años. Nuestras investigaciones sobre la comprensión de la escala de tiempo histórico y geológico parecen

por el momento indicar que la edad de la asimilación del tiempo geológico como variante del tiempo histórico se retrasa al segundo ciclo de enseñanza secundaria.



Parece ser que algunos alumnos están utilizando como proceso formador de montañas el que observan en la formación de las dunas.

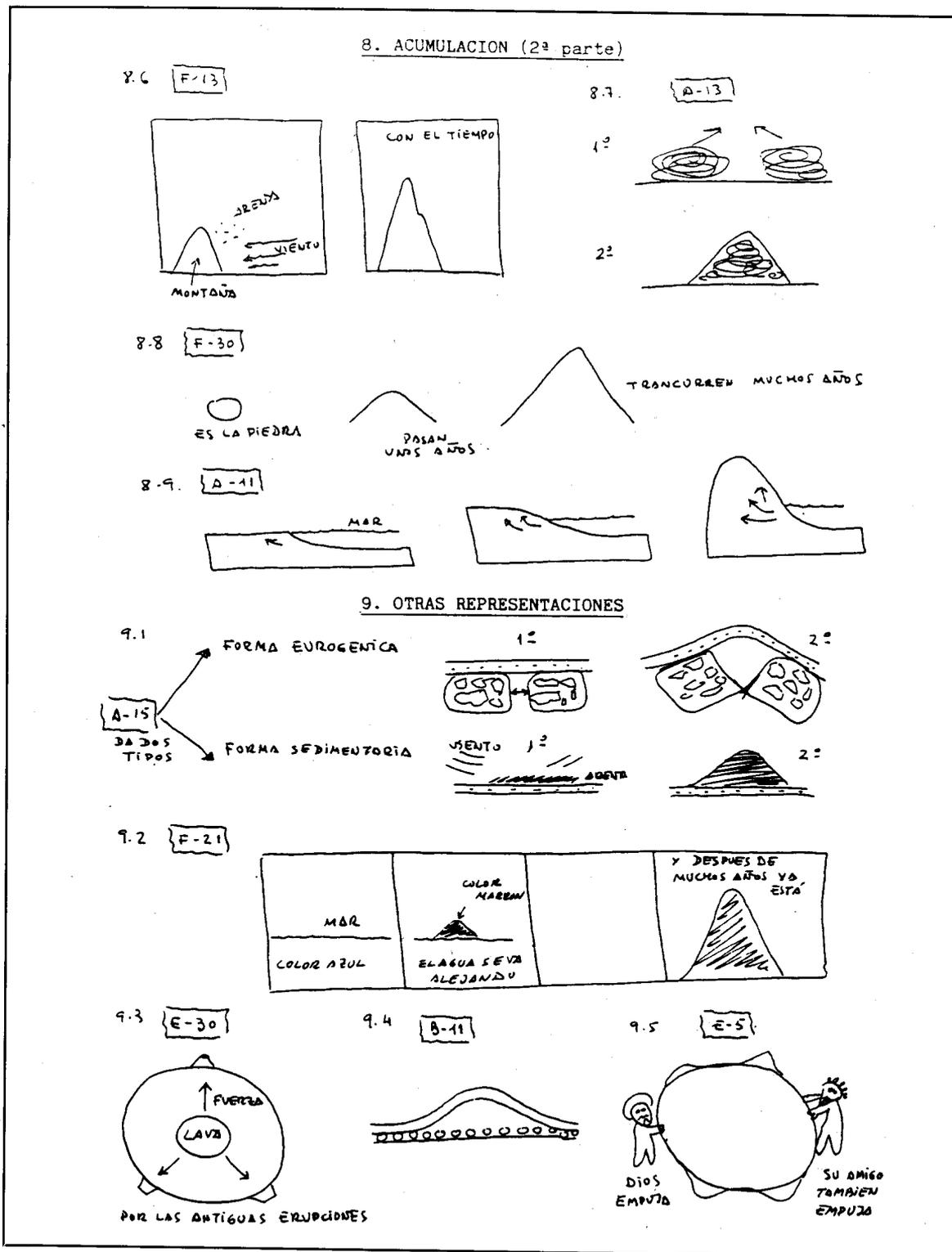
### 3.8. Lámina 4: 9. OTRAS REPRESENTACIONES

— Fig. 9.1: Este alumno distingue dos tipos de mecanismo según la clase de montañas:

1. FORMA *EUROGÉNICA* (sic): «Chocan los mantos superiores y entonces se forma un levantamiento de la corteza».

2. FORMA SEDIMENTARIA: «Con el viento y la lluvia se van formando las montañas».

El primer modelo es otro ejemplo de que no se deben emplear en estas edades (ni en otras) esquemas conceptuales que no puedan interaccionar con los



esquemas mentales del sujeto de forma significativa. Hay un salto insalvable en el vocabulario y en los conceptos complejos implicados, lo que origina confusión (choque de mantos) y vocabulario mal aprendido (eurogénico).

— Fig. 9.2: «La montaña va surgiendo del mar a medida que éste se retira a lo largo de los años».

Esta secuencia es otro ejemplo del empleo inadecuado de dibujos secuenciales muy complejos para

explicar problemas complejos. La simplificación produce más errores conceptuales que esquemas correctos.

— Fig. 9.3: Identifica montañas exclusivamente con volcanes. «Las erupciones antiguas forman las montañas». Este dibujo muestra además la idea tan extendida de situar la cámara magmática de los volcanes en el centro de la Tierra, hecho que se repite hasta en alumnos de tercero de magisterio al

someterles a un test similar (Lillo, 1992). El grupo E tiene arraigada la idea de que las montañas son volcanes antiguos (casi un 20 % del 23,5 % catalogado como otras respuestas), o bien volcanes inactivos cuya boca se ha tapado (14.7 %), por lo que en este grupo casi el 35 % de los alumnos aducen causas volcánicas.

— Fig. 9.4: «Las rocas más densas y duras son las rocas que hacen más presión, y esto produce elevaciones de algunas partes de la corteza terrestre.».

Este alumno ha aprendido una frase lógica pero no la aplica de forma crítica ni adecuada en su esquema. El dibujo no guarda relación con la frase empleada.

— Fig.9.5: «Porque Dios cuando creó la Tierra quiso hacerla redonda, le salió un poco deforme y al aplicar fuerzas sobre ellas para que tomara forma redonda, salieron unos pliegues».

Una explicación probablemente dada para intentar simplificar un concepto tan complejo para estas edades.

#### 4. PRIMERAS CONCLUSIONES

1. Este trabajo de detección de errores conceptuales en relación con un contenido concreto (¿cómo se forman las montañas?) solamente tiene el valor de aportar datos para un catálogo sobre el tema, y **permite establecer ocho causas bien diferenciadas** aportadas por los alumnos a partir de las regularidades observadas en sus expresiones escritas y gráficas, tal como puede observarse en la tabla I.

2. La idea de formación de montañas por acumulación de partículas transportadas por el viento, claramente dominante en 5.º y 6.º, aflora también en los grupos A y C de 8.º a pesar de haber recibido éstos nociones de tectónica de placas, lo que parece reforzar la idea de que el conocimiento intuitivo tiene más fuerza que el adquirido por instrucción reglada.

3. El uso de expresiones gráficas nos ha permitido comprobar que **la frase «choque de placas», aparentemente correcta desde el punto de vista científico, esconde gran número de errores conceptuales**, y que prácticamente la casi totalidad de alumnos de EGB encuestados no ha asimilado la noción científica correcta.

4. **El uso de dibujos secuenciales con gran carga conceptual debe hacerse en los libros de texto con gran precaución** porque producen interacciones insospechadas en la mente del sujeto. En mi opinión la orogénesis no debería estudiarse en la EGB dentro de un contexto geológico, sino como caso particular de las fuerzas y sus efectos en un esquema de ciencia integrada tal como experimentamos en el proyecto PEAC (Fernández *et al.* 1981). Abordaremos una próxima investigación en el doble contexto de la ciencia integrada y el soporte teórico de la epistemología genética para estudiar mejor las concepciones de los alumnos en Geología.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Criscuolo, G.F. (1987): ¿Pueden interpretarse las preconcepciones de los alumnos a la luz de las teorías del aprendizaje?, *Enseñanza de las Ciencias*, 5(3), 231-134.
- Driver, R. (1986): Psicología cognitiva y esquemas conceptuales de los alumnos, *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1),3-16.
- Driver, R. *et al.* (1989): *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid, Morata-MEC, 310 p.
- Fernández, M.L., Álvarez, J.L., Casalderrey, M.L., España, J.A., Lillo, J. y Viel, T. (1981): *Proyecto experimental Area Ciencias de la Naturaleza. Núcleo 1: Las fuerzas en la Naturaleza*. Madrid, Servicio Publicaciones del MEC, 177 p.
- Giordan, A. y Vecchi, G.(1988): *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla, Diada Editoras, 239 p.
- Lillo, J. (1992): Análisis de la representaciones de los alumnos de EGB sobre la estructura interna de la Tierra. *Boletín das Ciencias*, 13 (5),76-84.
- Osborne, R. y Freyberg, P. (1991): *El aprendizaje de las ciencias. Implicaciones de la ciencia de los alumnos*. Madrid, Narcea, 301 p.
- Posner, G. *et al.* (1982): Accomodation of a Scientific Conception: Towards a Theory of Conceptual Change, *Science Education*, 66,211-227.
- Pozo, J.A., Sanz, A, Gómez, M.A. y Limón, M. (1991): Las ideas de los alumnos sobre la Ciencia: una interpretación desde la Psicología cognitiva, *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1),83-94.
- Secadas, F. (1992): *Procesos evolutivos y escala observacional del desarrollo: del nacimiento a la adolescencia*, Madrid, TEA, 2 vols., 868 p.