

## MODELO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES ANTE FUERZAS MECANICAS

JIMENEZ ALEIXANDRE, M<sup>a</sup> P.  
Instituto Castelao, Vigo.

### SUMMARY

This experience was carried out with students in Secondary School as a model of behaviour of different materials exposed to mechanical forces, and their variation under heating and water exposure. The aim is not only the acquisition of knowledge, but mainly the way students learn.

### INTRODUCCION

Uno de los problemas que marca nuestra práctica docente es si los alumnos *aprenden* realmente, o, expresado en otros términos, si la adquisición de nueva información va acompañada de la integración de esta información a su correspondiente marco conceptual. Cuando esta incorporación no se produce, el alumno es capaz de repetir una definición, pero no de aplicar el conocimiento adquirido a situaciones nuevas. El aprendizaje no ha sido significativo. (Novak, 1982).

Sin duda existe una estrecha vinculación entre la adquisición de conocimientos y destrezas, y la metodología empleada en el proceso docente (Gil, 1983). Por nuestra parte intentamos emplear una metodología activa, en la que el alumno se ejercite en algunas habilidades científicas —observación, comparación, clasificación...— y en la que la discusión de las experiencias en clase juega un papel fundamental.

La experiencia que se detalla sirve de introducción en 1er. curso de B.U.P. a la tectónica. Se llevó a cabo en los cursos 82-83 y 83-84 con todos los grupos de 1º del Instituto Castelao.

#### 1. PRE-TEST

Como introducción al tema se sometió a los alumnos a un pre-test (anónimo) relativo a la unidad de Geodinámica interna (Anexo 1), igual que hacemos al comienzo de cada unidad. Los objetivos de esta prueba son:

- Averiguar el estado de los conocimientos de los alumnos y en particular la persistencia de errores

que corresponden a una percepción intuitiva de la realidad. (Valera et al 1983).

- Suscitar una discusión en clase sobre las teorías catastrofistas y actualistas y sobre la tectónica de placas.
- Despertar su interés y provocar el planteamiento de *preguntas*, ya que (Giordan, 1982) «Sólo la pregunta claramente formulada puede conferir a la solución el estatuto de respuesta»; así como la formulación de hipótesis.

Los resultados estadísticos en el curso 83-84 se exponen en la Tabla 1. Los comentaremos brevemente, no sin señalar que somos conscientes de las limitaciones de esta experiencia y que los resultados presentaban un cierto margen de variación de unos grupos a otros (210 alumnos, 6 grupos).

*Pregunta 1.* El 15% de los alumnos mantiene opiniones «catastrofistas». Respecto a los «actualistas», la discusión en clase evidencia que admiten la acción, más conspicua, de los agentes externos y la destrucción del relieve, pero no la de los agentes internos, estando generalizada la idea de que el relieve no puede formarse por causas actuales. Esto nos sugiere, para cursos posteriores, sustituir *d* por una formulación en la que se establezca esta distinción. Refuerza esta hipótesis el alto porcentaje (82) de respuestas correctas a la pregunta 2.

*Pregunta 3.* Relacionada con la experiencia que nos ocupa. La respuesta correcta es marcada por el 64%. Además del 19'5% (suma de a + b) que da respuestas unilaterales, existe un 15% para los que las rocas «nunca se pliegan».

quest. 1	%	quest. 2	%	quest. 3	%	quest. 4	%
a	15	a	2	a	9	a	21
b	73	b	8	b	10.5	b	69
c	1	c	82	c	64	c	8.5
d	9	d	6	d	15	d	1.5
n.c.	2	n.c.	2	n.c.	1.5		
P	27	P	18	P	36	P	31
s	3.1	s	2.6	s	3.3	s	3.2

Tabla I .- Porcentajes de respuestas al Pre-test. N= 210. P es la suma de respuestas erróneas y n.c.; y s=desviación standard.

**Pregunta 4.** Señalaremos la existencia de un 22'5% de fijistas (suma de a + d).

Así como posteriormente a la discusión en clase de las preguntas 1 y 2 —en prácticamente sin intervención del profesor los alumnos «actualistas» tienen suficientes argumentos para convencer a los «catastrofistas»— proponemos a los alumnos que enuncien con sus propias palabras el principio del Actualismo; en la discusión de la pregunta 3, el profesor no interviene para apuntar la solución, sino que propone una experiencia sobre el comportamiento de distintos materiales. Queda claramente explícito que no es posible realizarla con rocas y que será un *modelo* de comportamiento.

## 2. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

Previamente el profesor proporciona a los alumnos las definiciones, ya estudiadas en cursos anteriores de comportamiento elástico, plástico y rígido.

Cada alumno tiene un guión de trabajo (Tabla II) y el cuaderno de notas, y cada equipo de 4 alumnos una serie de los 10 objetos que van a utilizar y un mechero de alcohol.

Los alumnos deben ir realizando las pruebas descritas en el guión y anotando el resultado en la casilla correspondiente. Finalmente, como conclusiones de cada equipo, responden a las preguntas del guión. (Es factible la realización de todo este proceso en una hora).

Es parte indispensable de la experiencia la discusión en clase de los resultados. La razón es, aparte de la importancia didáctica del proceso de discusión, que algunos de los objetivos que pretendemos sólo se alcanzarán si los alumnos comprueban (o, mejor, descubren) que unos equipos obtienen resultados *diferentes* de otros.

Veamos por ejemplo la discusión en 1º D:

— La cinta del caucho (nº 1) es elástica para todos,

pero la plastilina (nº 2) es calificada por 6 equipos como plástica en todas las pruebas, y por 3 equipos como rígida y frágil en la prueba A (antes de calentarla con las manos). Uno de estos 3 equipos anotó en el cuaderno

«Al principio es plástica, pero al llegar a cierto límite se rompió. Depende de la fuerza que se haga.» Por supuesto el profesor evita pronunciarse sobre el resultado «correcto».

- El portaobjetos (nº 3) es rígido para 8 equipos y uno señala que además es frágil: lo rompieron. Una vez más algunos señalan en la discusión que el resultado depende de la fuerza. El cubreobjetos fue roto por 3 equipos en la prueba A (nº 4).
- La varilla hueca de vidrio (nº 5) y el clavo obtienen resultados uniformes —la varilla rígida en frío y plástica en caliente y el clavo siempre rígido—; en la cinta de zinc (nº 7) vuelven a estar divididos: para 5 equipos es elástica en la prueba B (compresión) y para los otros 4 plástica.

Durante la discusión sobre estos resultados súbitamente se hace la luz para una alumna que casi grita

«¡Pero entonces cualquier material se puede comportar como elástico, plástico o rígido según las condiciones y según la fuerza que se haga!».

Subrayemos el paralelismo de esta formulación con la de un especialista en tectónica: Mattauer (1976).

«Los cuerpos reales, y en particular las rocas, no son nunca perfectamente elásticos, plásticos o viscosos (...) los cuerpos se comportan sucesivamente en el curso de la deformación como elásticos, plásticos y viscosos.»

— También hay acuerdo entre todos los grupos acerca de la rigidez de la escayola seca y la plasticidad de la húmeda.

Por último se discuten en clase las conclusiones, las contestaciones a las preguntas del guión y sus posibles correcciones, a la luz de lo debatido anteriormente.

TABLA II

Experiencia de Geología Instituto  
**COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES** Castelao  
**FRENTE A LAS FUERZAS MECANICAS**

INFORMACION: Un material ante un esfuerzo decimos que se comporta  
 a) ELASTICAMENTE o que es ELASTICO si al actuar el esfuerzo sobre él se deforma y al dejar de actuar el esfuerzo recupera su forma.  
 b) PLASTICAMENTE o que es PLASTICO si al actuar el esfuerzo sobre él se deforma y al dejar de actuar no recupera su forma primitiva.  
 c) RIGIDAMENTE o que es RIGIDO si no se deforma. Si el esfuerzo es muy grande se puede llegar a romper (Decimos que es FRAGIL).

Los materiales geológicos plásticos originan al deformarse estructuras llamadas PLIEGUES. Los materiales geológicos rígidos al romperse originan estructuras llamadas FRACTURAS.

PROCEDIMIENTO: somete a los 10 objetos a las pruebas que enunciamos a continuación y haz un cuadro con los resultados, marcando E a los de comportamiento ELASTICO, P a los de comportamiento PLASTICO, R a los RIGIDOS y F a los FRAGILES.

- PRUEBAS: A) Estira el objeto, intentando aumentar su longitud (Fuerza de tracción ←-----→ )  
 B) Sujeta el objeto por un extremo y empuja por el otro, tratando de acortarlo. (Fuerza de compresión ----→ ←---- )  
 C) Calienta el objeto con las manos y prueba a estirarlo como en A.  
 D) " " " " " a acortarlo como en B.  
 E) Calienta los objetos 5 y 6 a la llama del mechero y prueba como A.  
 F) " " " " " " " como B.  
 G) Con la parte posterior del lápiz presiona el objeto fuertemente.

OBJETOS	PRUEBAS --	A	B	C	D	E	F	G	Otra
1. Cinta de goma (caucho)									
2. Plastilina									
3. Portaobjetos de vidrio									
4. Cubreobjetos de vidrio									
5. Varilla hueca de vidrio									
6. Clavo de hierro									
7. Cinta de zinc									
8. Cinta de hojalata									
9. Escayola seca									
10. Escayola recién humedecida									

PREGUNTAS: Según estos resultados clasifica los objetos y los materiales utilizados en Elásticos, Plásticos, Rígidos y Frágiles.

- Un mismo material ¿Se comporta siempre igual? ¿qué condiciones intrínsecas (longitud, grosor...) pueden alterar su comportamiento?
- ¿Qué condiciones externas (temperatura, agua, tiempo de actuación...) pueden alterar ese comportamiento? Pon ejemplos.
- ¿Cómo podrías alterar el comportamiento de 6 y de 7?
- ¿A qué tipo de materiales, por el comportamiento, crees que pertenecen la mayoría de las rocas? ¿Piensas que hay ciertas condiciones en que el comportamiento de las rocas se puede alterar? Especifica las condiciones.

### 3. EVALUACION

Al plantear la elaboración de un modelo que sustituyera a los tradicionalmente empleados para ilustrar la tectónica nos proponíamos:

- Que los alumnos descubrieran que un mismo material no siempre se comporta del mismo modo, sino que la intensidad de la fuerza, o el tipo (tracción o compresión) hace variar su comportamiento.
- Que comprobaran que determinadas condiciones externas alteran el comportamiento de los materiales. Por ejemplo la elevación de temperatura y el agua facilitan la deformación.
- Que manipulasen los materiales y llegasen a conclusiones por sí mismos, y tras el debate en el equipo y en clase.

#### 3.1. Evaluación de los resultados académicos

Para la evaluación de esta unidad, igual que para otras, utilizamos: el análisis de los cuadernos de clase, pruebas prácticas, de interpretación de diapositivas, etc. y pruebas escritas. Un comentario detallado de los cuadernos y las pruebas prácticas excede el marco de este artículo. Detallaremos, en cuanto a los resultados de las pruebas escritas, las respuestas a las preguntas relacionadas con el Pre-test y la experiencia aquí reseñada. (Ver Anexo nº 2).

Las respuestas correctas a las preguntas 1, 2 o 3 sobre las causas actuales totalizan un 85%.

Las respuestas a la pregunta 4 sobre estructuras orogénicas son:

Correctas	78 %
unilaterales	10'5%
erróneas	4'5%
no contestan	7 %

Señalaremos que uno de los motivos que nos llevó a diseñar esta experiencia fue, precisamente, el gran número de respuestas erróneas (entre el 40 y el 50%) a

esta pregunta registrada en cursos anteriores.

La desviación entre el 50-60% que la respondían correctamente durante los cursos 79-80 y 80-81 y el 64% que la responde correctamente en el Pre-test suponemos que se explica a) por tratarse de grupos diferentes en años distintos; b) porque el Pre-test es una prueba de elección múltiple en la que no tienen que redactar ellos y c) por la situación psicológica del alumno, distinta en una prueba anónima y en un ejercicio que conlleva calificación.

Las respuestas correctas a la pregunta 5 eran el 70% y a las preguntas 6 o 7 el 81%.

El sistema de recuperación incluye la realización (utilizando material de consulta) de ejercicios como los del Anexo nº 5. Para los textos ver Holmes (1962) y Dercourt et al (1978).

#### 3.2. Deficiencias observadas y aspectos a mejorar

En cursos próximos nos proponemos mejorar este diseño, corrigiendo las deficiencias que nos han sido señaladas por algunos compañeros, principalmente:

- Señalar el tiempo durante el que se debe aplicar la fuerza (Creemos que 10 seg. es adecuado).
- Medir, utilizando dinamómetros, la *intensidad* de la fuerza de tracción aplicada (que explica, en muchos casos las diferencias entre los equipos). Con el material de que disponemos no nos resulta posible medir la de compresión, aunque hemos solicitado la ayuda de los físicos del Centro.
- Sustituir la escayola por arcilla, ya que la primera, al fraguar en breves momentos, distorsiona los resultados.

Como aspecto positivo del diseño valoramos el bajo costo del material, parte de él de desecho (caucho de una cámara de neumático, tira de hojalata de embalajes, etc.) lo que facilita su montaje en cualquier centro.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANGUITA, F., MORENO, F., 1977, *Geología, procesos internos* (Zaragoza, Edelvives).  
 DERCOURT, J., PAQUET, J., 1978, *Geología* (Barcelona, Reverté).  
 GIL PÉREZ, D., 1983, Tres paradigmas básicos en la Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1, nº 1, pp. 26-33.  
 GIORDAN, A., 1982, *La Enseñanza de las Ciencias* (Madrid, Pablo del Río-Siglo XXI).

HOLMES, A., 1962, *Geología física* (Barcelona, Omega).  
 MATTAUER, M., 1976, *Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre* (Barcelona, Omega).  
 NOVAK, J., 1982, *Teoría y práctica de la Educación* (Madrid, Alianza).  
 VALERA et al, 1983, Intuición e historia de las ciencias en la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1 nº 3, pp. 205-215.

Anexo 1

PRE TEST GEODINAMICA

1. ¿A qué se debe la existencia de montañas en unos sitios y valles en otros?
  - a. Se formaron en la antigüedad debido a explosiones y cataclismos que tenían lugar en aquellos tiempos y que hoy día ya no ocurren.
  - b. Se formaron hace miles de años por causas geológicas parecidas a las que actúan hoy día (y siguen formándose en la actualidad).
  - c. Algunos se formaron hace miles de años y otros hace poco tiempo, por causas que los geólogos desconocen.
  - d. Otra (dila).
2. Las rocas sedimentarias, que contienen materiales procedentes de otras rocas
  - a. Se están formando en la actualidad en algunos lugares de la Tierra.
  - b. Se formaron, junto con otros tipos de rocas en los primeros tiempos de existencia de la Tierra.
  - c. Algunas empezaron a formarse hace miles de años y otras se siguen formando en la actualidad.
  - d. Otra (dila).
3. ¿A qué se debe que unas veces las rocas aparezcan deformadas (plegadas) y otras rotas (falladas o fracturadas).
  - a. Depende de la intensidad de la fuerza: si es pequeña los pliega y si es grande los rompe.
  - b. Depende del tipo de material rocoso: unos se pliegan (son más elásticos o plásticos) y otros se rompen (son más rígidos o frágiles).
  - c. Depende del tipo de material y de la intensidad de la fuerza.
  - d. Las rocas nunca se pliegan: sólo se rompen.
4. ¿Cómo ha sido la posición de los continentes, a lo largo de la historia de la Tierra?
  - a. Los continentes se separaron hace tiempo y ahora tienen una posición fija.
  - b. Han variado de posición y tamaño continentes y océanos y siguen variando aún.

- c. Los continentes se desplazan sobre los océanos y éstos permanecen iguales.
- d. La posición ha sido siempre la misma, la que hay hoy día.

Anexo nº 2

PREGUNTAS DE PRUEBAS ESCRITAS

(Distintas preguntas sobre un mismo tema corresponden a pruebas de diferentes grupos.)

1. Completa esta frase: «Las transformaciones a que está sometida la superficie de la Tierra se deben a la acción de ..... que son hoy iguales ..... Este principio, establecido por Charles Lyell recibe el nombre de .....
2. El geólogo del siglo XVIII Hutton es autor de la frase «El presente es la clave del pasado». Explícala en términos geológicos.
3. Completa esta frase: «Las transformaciones que tienen lugar en la Tierra reciben el nombre de procesos ..... que, si se producen en la superficie se llaman ..... y si se producen en el interior se llaman ..... Estos procesos se deben a causas ..... y los que tuvieron lugar en épocas pasadas son ..... a los que tienen lugar ahora. Este principio se conoce como Ley .....
4. Explica por qué razones las rocas, sometidas a una fuerza, unas veces originan *pliegues* y otras *fracturas*. ¿Qué nombre comparten?
5. En algunas montañas del interior de España, por ejemplo, Teruel, se encuentran fósiles de conchas marinas. Explica, cronológicamente qué procesos debieron tener lugar para que esto suceda.
6. Haz un resumen de la teoría de la Deriva Continental de Wegener y menciona algunas pruebas que la apoyan.
7. Explica cómo se formaron los Andes, según la teoría de la Tectónica de Placas.