

sobre el tema e invitamos a los maestros a conocerlas. A continuación se enlistan las más importantes y se desarrolla solamente la que corresponde al artículo de referencia, es decir, la que se refiere a la permanencia de los fondos oceánicos.

- Principales ideas previas del alumnado:
- La inmutabilidad terrestre (éste es el obstáculo más importante y persistente).
 - El catastrofismo precientífico (donde sólo se considera una situación inicial y una final, catástrofe instantánea e incomprensible, casi "mágica").
 - El origen de las rocas (todas las rocas provienen del origen de la Tierra).
 - El tiempo geológico (dificultad de representar mentalmente valores temporales de la magnitud requerida en geología).
 - La inaccesibilidad de los procesos implicados (las condiciones de presión y temperatura del interior terrestre están alejadas de la experiencia personal de cualquiera).
 - La diversidad y amplitud de las escalas espaciales (dificultad para escalar una perspectiva global del planeta, desde lo macro hasta lo micro).
 - La permanencia de los fondos oceánicos y otras ideas sobre las placas litosféricas. Como lo ha subrayado la autora del artículo, Wegener, al defender su teoría de los desplazamientos continentales, dice que cumple la "ley de la permanencia", en los términos siguientes: hay permanencia, pero no de cada océano o continente individual, sino del área de los continentes y de las cuencas marinas en su conjunto.

Wegener mueve sus continentes sobre los fondos oceánicos, cuyos materiales constituyentes serían permanentes, y ahí reside la diferencia más importante con la tectónica de placas. Marques (1994) ha detectado ideas similares a ésta en alumnos de 17-18 años, que desplazan los continentes sobre los fondos oceánicos. Marques señala, igualmente, que alumnos de esas edades utilizan los mismos procesos para explicar la formación de las dor-

sales y de orógenos, así como otras ideas que deben hacer reflexionar sobre el tratamiento que se da a la tectónica de placas.

VI. Una secuencia para limar dificultades

Si se pretende que los estudiantes adopten una perspectiva dinámica y ésta no sólo no es fácil, sino que sólo se consigue de manera gradual, parece razonable centrar el tratamiento de los temas en los cambios geológicos. Para ello conviene tomar la situación de partida y la resultante de cada caso; qué se ha modificado y qué permanece, cuál es el agente causante, en qué consiste su intervención y qué huellas deja.

Se recomienda entonces empezar por aquellos procesos dinámicos que ofrezcan menor resistencia a ser comprendidos: los externos. E iniciar la dinámica interna por aquellas manifestaciones que más claramente la ponen en evidencia: volcanes y terremotos. Y no ofrecer las respuestas (tectónica de placas) sin plantear previamente algunos de los problemas para cuya solución se generaron las ideas movilizadas, así no sólo se entiende mejor la teoría, sino que se valora también su potencial explicativo.

Por último, baste decir que el objetivo debería ser no tanto que los alumnos dispongan de un conocimiento más o menos detallado de la tectónica de placas, sino que sean capaces de utilizar, para su interpretación de la naturaleza, un modelo dinámico y global del funcionamiento terrestre, lo cual acercará al alumno a entender la Tierra como un sistema en constante cambio.

VII. Bibliografía

"Monografía sobre la dinámica interna terrestre", varios autores, en la revista *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, No. 18, octubre de 1998, Barcelona, España.

Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista.



De: **Roselia Medina Tinoco**
(No. 80, p. 26)

Maestros:

Esta guía se ha diseñado para que un artículo de cada número de *¿Cómo ves?* pueda trabajarse en clase con los alumnos, de modo que se adapte a los programas de ciencias naturales y a los objetivos generales de estas disciplinas a nivel bachillerato. Esperamos que la información y las actividades propuestas sean un atractivo punto de partida o un novedoso "broche de oro" para dar un ingrediente de motivación adicional a sus cursos.

I. Relación con los temarios de la UNAM

Esta guía y el artículo de referencia pueden ser especialmente útiles para los maestros de geografía, dado que la geología está más relacionada con esta ciencia que con cualquier otra. Sin embargo, también pueden utilizarse en las áreas de biología y física como un material integrador, ya que la forma en que se descubren y analizan los movimientos terrestres son ejemplos de los avances científicos y tecnológicos. Además es posible aprovechar los aspectos éticos en las clases de filosofía,

en lo que se refiere a las condiciones en que las comunidades científicas aceptan o no cambios significativos en sus teorías. En esta ocasión la guía se concentrará más en aspectos de didáctica, con el fin de enriquecer los conocimientos que los maestros tienen sobre el tema.

II. La dinámica interna de la Tierra, un aprendizaje complejo

Diferentes culturas, alejadas unas de otras en el tiempo y en el espacio, han considerado las montañas como moradas de los dioses, si no es que dioses mismos. No es extraño que así sea, las grandes formaciones montañosas parecen transmitir a quienes las contemplamos una sensación de inmutabilidad, de eternidad. Durante muchos siglos, filósofos y naturalistas consideraron que las montañas eran tan antiguas como la Tierra. Ninguna fuerza parecía existir en esos tiempos capaz de originar un relieve tan colosal como los Alpes o el Himalaya. De manera que si las montañas no eran contemporáneas del origen del planeta, tendrían que haberse originado en una época temprana de éste, caracterizada por continuas convulsiones.

También en la literatura actual pueden seguirse ideas que nos remiten a un relieve inalterable. Así, Augusto Monterroso en su imaginativa e irónica obra *La oveja negra y demás fábulas* dice: "Al principio la fe movía montañas sólo cuando era absolutamente necesario, con lo que el paisaje permanecía igual a sí mismo durante milenios..."

La resistencia a admitir la dinámica terrestre no es algo del pasado, ni que afecte sólo a quienes poseen escasos conocimientos geológicos. En el artículo de referencia se hace manifiesto que hasta mediados de los años sesenta, los geólogos se seguían negando a reconocer la posibilidad de que los continentes se desplazaran. Toumlin, en su espléndido libro *The Discovery of time* dice al respecto: "Reconocer la mutabilidad de la Tierra, de los seres vivientes que han habitado en ella y hasta de los cielos mismos es algo que los hombres sólo hacen bajo la presión de argumentos abrumadores".

Sin embargo, parece que en ocasiones seguimos esperando que los estudiantes incorporen la idea de una Tierra en permanente cambio simplemente porque afirmamos que eso es lo que ocurre, no obstante que el sentido común les indica que los relieves y las montañas permanecen inalterables, salvo que el ser humano intervenga.

El evento geológico que originó el tsunami en diciembre de 2004 es uno de esos momentos de los que habla Toumlin y los maestros de geografía no pueden obviarlos en sus cursos; es un recordatorio muy reciente y dramático del poder y la vigencia de la dinámica terrestre.

III. Enseñanza de la tectónica de placas

La llegada de la teoría de la tectónica de placas a los salones de clase no sólo ha sido tardía, sino desconcertante en todo el mundo. No se sabe qué hacer con su traslación didáctica, ni siquiera cómo ubicarla o cómo relacionarla con otros conocimientos geológicos, por lo que se han abierto dos propuestas antagónicas, y que en buena medida siguen presentes hoy en los materiales didácticos de uso en el bachillerato:

1. Se trabaja la geología clásica coronándola con la tectónica de placas, como modelo que ayuda a integrar los conocimientos adquiridos.

2. Se aborda la tectónica de placas al principio de la asignatura, utilizándola como referente permanente de la perspectiva ofrecida sobre la dinámica del planeta.

Desde la primera propuesta se defiende la conveniencia de retrasar el tratamiento de la tectónica de placas con argumentos como:

- Es una teoría compleja, en la que se manejan conceptos que deben ser conocidos previamente por los estudiantes.
- Exige la utilización de grandes escalas (debe contemplarse la Tierra en su conjunto) y el paso permanente de la escala planetaria a la regional.
- Para su formulación resulta imprescindible abordar la dinámica sublitosférica, y no es fácil la comprensión de procesos que ocurren a grandes profundidades y en unas condiciones de presión y temperatura muy alejadas de la experiencia personal de los alumnos.
- El modelo que propone permite explicar los grandes procesos geológicos pero dice poco sobre la dinámica más local, necesaria para dar respuesta a las preguntas que puede formularse un estudiante de secundaria o bachillerato.

De acuerdo con esto, su tratamiento precoz (en algunos casos se ha trabajado en la enseñanza primaria) no sólo sería inútil sino que podría resultar contraproducente.

Desde la segunda postura, se sostiene la conveniencia de adelantar el tratamiento de la tectónica de placas con argumentos como:

- No se trata de una teoría más, sino que propone un marco interpretativo global que condiciona la perspectiva que se ofrezca sobre la dinámica terrestre.
- Supone una revolución kuhniana que ha reestructurado el conocimiento geológico, de manera que ha dejado fuera de uso numerosos conceptos de geología clásica y ha cambiado el significado de otros muchos.

- Pueden ofrecerse formulaciones muy sencillas de la tectónica de placas, adaptadas al nivel de los estudiantes.
- En todo caso, cuando los alumnos acceden a la enseñanza de nivel medio superior, ya han visto y oído en los medios de comunicación hablar de las placas y cómo sus movimientos generan volcanes y terremotos. Como en otros casos, la información llega al alumno, tanto si nos parece que lo hace en el mejor momento como si no, y la tarea del maestro sería estructurarla, relacionarla y darle los significados adecuados.
- No parece posible enseñar y aprender geología al margen de esta teoría.

Como puede verse, a ninguna de las dos opciones le faltan argumentos. En los últimos años se ha producido en diferentes países un cierto consenso para la organización del currículum de alumnos con edades superiores a 18 años, donde la segunda opción sería la adecuada, y para aquellos con menos de 13 años, para los que sería prematura la inclusión en sus programas de la teoría que nos ocupa. El debate, pues, ha quedado acotado al periodo comprendido entre los 13 y los 18 años, lo que ya es un avance, pero no para los maestros de secundaria y bachillerato.

IV. Algunas claves para avanzar

Algunos autores, como Sequeiros y Pedrinaci (1992), han partido de algunas preguntas clave para seleccionar los contenidos de un curso de geografía física destinado a los alumnos del nivel que nos ocupa. Estas preguntas son:

¿Qué conocimientos pretendemos que adquieran los estudiantes?

¿Qué dificultades de aprendizaje presentan?

¿Qué secuencia y organización pueden ayudar a reducir esas dificultades?

Su propuesta se resume en los siguientes aspectos:

- La Tierra está sometida a cambios. Unos son graduales y continuos, otros esporádicos e intensos.
- Algunos de estos cambios son motivados por los agentes externos, cuyas fuentes energéticas son el Sol y la gravedad.

- Otros cambios son motivados por procesos internos, que tienen en el calor del interior de la Tierra y en la gravedad sus fuentes energéticas.
- La tectónica de placas ofrece un modelo de flujo de materia y energía que explica de manera global y coherente los procesos geológicos internos y sus efectos en la superficie terrestre.
- Los cambios dejan huellas, ya sea por los materiales que originan o bien por las formas y estructuras resultantes.
- Las rocas pueden ser consideradas archivos que contienen información sobre las condiciones en que se formaron y los cambios posteriores que han experimentado.
- Utilizando el actualismo como método de análisis, se pueden reconstruir los cambios ocurridos en el pasado.
- Entre los procesos internos y los externos, se producen interacciones. El relieve terrestre es la consecuencia de esas interacciones.
- Las actividades humanas están alterando gravemente el planeta Tierra.

Como puede verse, esta propuesta se centra en ideas-eje que buscan ofrecer una perspectiva dinámica que muestre los principales procesos que ocurren, sus causas, los efectos que producen y el modo en que pueden investigarse. Se pretende, en definitiva, que el alumno y la alumna tengan nociones básicas de cómo funciona la Tierra y del papel que está desempeñando la actividad humana.

V. Principales dificultades de aprendizaje

Para conocer qué es lo que "no se comprende" por parte de la mayoría de los alumnos y por qué, se dispone de tres instrumentos: la historia de la geología, la epistemología y el análisis de ideas del alumnado. Estos instrumentos nos ayudan a detectar las dificultades de aprendizaje y a conocer algunas de las claves que pueden intervenir para facilitarlas. En la monografía en que se basa esta guía se da una explicación mucho más extensa de las principales ideas previas de los estudiantes