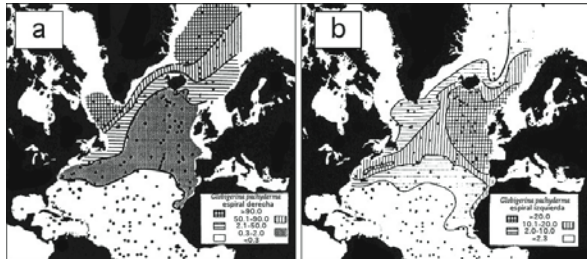


Especies para graficar variaciones de temperatura

Éste puede ser un ejercicio muy fácil o muy sofisticado, dependiendo de las necesidades de la clase y del grupo. Se elabora calcando la figura de temperatura de una zona determinada y la abundancia encontrada de microfósiles en la misma zona, lo cual, de acuerdo con la capacidad de adaptarse de cada tipo de foraminífera a diferentes temperaturas, puede hablar de cómo se ha comportado la corriente del Golfo a lo largo del tiempo.

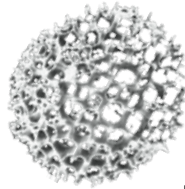
Antes de realizar el ejercicio, es importante que los alumnos reflexionen sobre qué tan directa podría ser la relación temperatura-especies en las profundidades de los océanos. ¿Qué otros factores podrían hacer migrar a las foraminíferas? Probablemente haya que considerar también movimientos de las placas u otros factores físico-químicos y biológicos que se les ocurran.



Porcentaje de abundancia de *Globigerina pachyderma* (a. espiral derecha; b. espiral izquierda) en sedimentos superficiales del Océano Atlántico. Los puntos negros son los sitios de muestreo.

Cuando el mundo era diferente

Los estudios de la última glaciación realizados por la paleometeorología nos hablan de que en los pasados cientos de miles de años, la Tierra experimentó varias glaciaciones en las cuales las capas de hielo se extendieron desde Norteamérica hasta Europa. La causa de estos cambios climáticos de gran escala es desconocida todavía, pero nos hace pensar ¿qué era o cómo era la bomba de calor (transferencia energética de la luz solar hacia ciertas regiones del océano) durante la



glaciación? ¿Cómo es posible que se formaran esas gigantes masas de hielo alrededor de los márgenes del Atlántico Norte con la corriente del Golfo pasando por el centro en dirección al polo?

Los microfósiles de foraminíferas son muy útiles para buscar respuestas a las interrogantes anteriores. Hay que examinar el último intervalo glacial, hace unos 20 000 años, y ver cómo era el océano Atlántico norte en ese tiempo.

Para hacer eso se requiere una muestra de suelo oceánico al nivel que corresponde a la última glaciación. Muestras de este tipo se obtienen utilizando un dispositivo llamado perforador de pistón, el cual extrae largas columnas de hielo sin romperlo para su análisis físico y químico. A medida que se llega al extremo más profundo de la barra de hielo, se tienen evidencias de épocas más antiguas. Si se hace esto en diferentes regiones del océano, finalmente se obtiene un mapa de las condiciones de esa época, en donde las especies microfósiles desempeñan un papel

relevante, ya que de acuerdo con su porcentaje se puede tener una idea de la temperatura del agua superficial y aprender a interpretar mejor lo que sucedió en el pasado.

III. Bibliografía

Beran, J. A., *Laboratory Manual for Principles of General Chemistry*, 7th ed. John Wiley and Sons, USA, 2004.

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.

MICROFÓSILES

PEQUEÑOS TESTIGOS DEL PASADO

De: Rosalía Guerrero Arenas
(No. 108, p. 22)

I. Relación con los temarios del bachillerato UNAM

Esta guía y el artículo de referencia pueden utilizarla de manera integrada maestros de geografía (geología), biología y física, ya que implica conocimientos y destrezas inherentes a las tres ciencias. El estudio del clima por medio del conteo por microfósiles es una de las áreas más interesantes y de relevancia mundial, dados los cambios acelerados que se están dando en la atmósfera terrestre. La siguiente es una sugerencia de plan de clase para aprovechar el artículo de referencia como material de consulta.

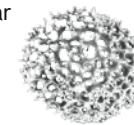
II. La huella del cambio climático global: el inventario de microfósiles y la bomba de calor

El objetivo de las actividades que se presentan a continuación es integrar el conocimiento proveniente de varias disciplinas científicas y aprender algo interesante sobre la manera en que funciona el mundo. Algunos de los principios son de física,

biología y geología, mismos que se integran para ver cómo ha operado a lo largo del tiempo un proceso de gran escala: el transporte de calor sobre la superficie terrestre. Se trata de un tópico de interés científico básico, y tiene una importancia real que está creciendo a medida que la sociedad se involucra en el problema del cambio climático. Esto aplica tanto a las variaciones naturales del clima como a las debidas a la intervención humana en los últimos siglos.

En las actividades se examinará cómo la energía proveniente del Sol es absorbida por la Tierra; cómo y por qué esta energía se distribuye sobre la superficie terrestre; los factores que controlan la distribución energética; cómo podemos rastrear el proceso de distribución usando datos de microfósiles marinos, y lo que muestran esos datos sobre la variación de temperatura a lo largo del tiempo.

La estrategia didáctica es de tipo interactivo: las preguntas se lanzan y se realizan experimentos sencillos para encontrar respuestas signifi-



cativas. A lo largo del proceso se hace uso de algunos principios científicos básicos, de manera que se trata de una secuencia interdisciplinaria e integradora para cualquier grado o nivel.

Actividad 1. Experimento de transferencia energética y capacidad calorífica: agua versus aire

Materiales

- Una fuente de calor, por ejemplo, una parrilla eléctrica o un mechero de Bunsen
- Una cazuela con tapa adaptada para la entrada de un termómetro (puede ser material de laboratorio).

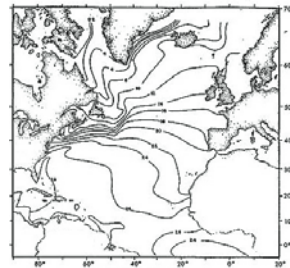
En este experimento comparamos el tiempo que se necesita para calentar un volumen de aire y un volumen similar de agua. Se cubre una cazuela con una tapa en la cual se ha fijado un termómetro que cuelga un poco dentro de la cazuela, pero que no toque el fondo de la misma. **Nota de seguridad:** No use un termómetro de mercurio, y mantenga el termómetro de alcohol lejos de las flamas o superficies muy calientes. Use el mechero de Bunsen o fuente de calor para calentar la cazuela y anote datos de tiempo vs. temperatura interna del aire dentro de la misma. No permita que se alcance una temperatura mayor a los 70°C o el termómetro se romperá. Realice a continuación el mismo experimento con agua dentro de la cazuela. Asegúrese de que la punta del termómetro toque el agua, iniciando con el líquido a temperatura ambiente. La cantidad de calor que se necesita (representado por el tiempo en este experimento) para calentar el agua es mucho mayor que la que se requirió para calentar el aire, ya que el líquido tiene una inercia térmica notablemente mayor (expresada como capacidad calorífica específica), lo cual hace que se requiera mucho más calor para alcanzar

la misma temperatura que para otras sustancias o materiales. En términos prácticos, dado que el agua es una molécula polar que forma puentes

de hidrógeno entre sus moléculas vecinas, el calor que se transfiere al líquido sirve primero para romper esos puentes, lo cual la vuelve un líquido capaz de absorber más energía por unidad de volumen que cualquier otro. Por otro lado, y a pesar de que consume mucha menos energía para cambiar su temperatura, la atmósfera también desempeña un papel importante en el transporte energético climático, ya que absorbe y mueve la energía mucho más rápidamente que el océano (el transporte de energía atmosférico se mide en semanas, mientras que el oceánico se mide en meses).

Finalmente, para interpretar mejor el resultado del experimento en términos climáticos, hay que hablar de corrientes oceánicas o, en otras palabras, de energía en movimiento.

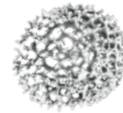
En la figura siguiente, se observan las fluctuaciones de temperatura en la superficie oceánica.



Temperatura de la superficie del Océano Atlántico en agosto en grados centígrados.

Hay que poner particular atención a la región noratlántica y notar que las temperaturas son mayores a bajas latitudes, y menores a latitudes mayores; sin embargo, existe una asimetría. El lado oeste del océano es más cálido que el lado este, debido a que el movimiento del agua en el Atlántico es dominado por una corriente circular, llamada giro o subtropical. En ella el agua se mueve hacia el norte en el lado oeste. El agua a mayor temperatura se mueve en dirección del polo y se le llama corriente costera occidental, que en el Atlántico norte es la corriente del Golfo. Ésta es como si se tuviera un río enorme fluyendo entre las aguas del océano. En los tran-

satlánticos que viajan de Nueva York a Europa, se puede ver claramente la orilla de la corriente del Golfo como una zona distintiva de otra corriente, la del Labrador (más verde y cercana a la orilla), lo que hace que la corriente del Golfo se vea de color azul, comparativamente. La corriente del Golfo carga con una enorme cantidad de energía proveniente del Ecuador, alcanza la altura de las Carolinas (en Estados Unidos) y luego atraviesa el océano hasta la parte norte de Europa. A latitudes mayores, ese calor se libera hacia el aire frío que sopla sobre el océano, lo cual logra que esta región tenga un clima moderado y lluvioso casi todo el año. Hay que destacar que a las mismas latitudes, del otro lado de la corriente, el clima es mucho menos benigno, con las zonas heladas de Groenlandia y la costa este de Canadá, de clima subsolar. Irlanda, Gran Bretaña y Escandinavia, a 50 grados de latitud, en el otro extremo, gozan de climas mucho menos extremos y cuentan con población abundante gracias al transporte energético de esta importante corriente que, de haber cambios muy drásticos en los aumentos de temperatura global, puede modificar su patrón de movimiento, con resultados desastrosos para el clima de todo el planeta.



Actividad 2. El uso de microfósiles para entender los cambios climáticos en el pasado

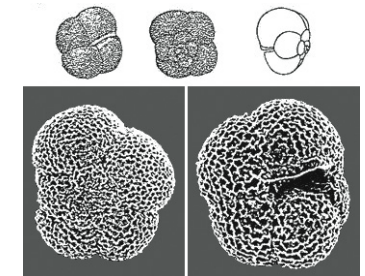
La corriente del Golfo es un factor que podemos seguir como un trazador de calentamiento de latitudes altas, ya que al observar este sistema de corriente oceánica, estamos considerando uno de los mayores factores climáticos del planeta, con efectos particularmente notables en Europa, Asia y la región del Ártico. Pensemos en lo que significaría modificar sólo ligeramente el patrón de movimiento de esta corriente, un poco hacia arriba o un poco hacia abajo. ¿Ocurre eso realmente? ¿Ha ocurrido alguna vez en el pasado? Para saberlo, necesitamos indicadores, que en este caso son los miniesqueletos de seres que vivieron en esas zonas y que se fueron acumulando año con año, milenio tras milenio, generando capas del fondo

oceánico que nos van diciendo su historia. Esos fósiles diminutos son las foraminíferas mencionadas en el artículo de referencia. Las foraminíferas son amibas que producen intrincados esqueletos de calcita y viven sus vidas como plancton que flota en las aguas superficiales del océano en compañía de las plantas microscópicas que viven allí. A lo largo de su evolución, estas especies han desarrollado adaptaciones especiales, en particular su capacidad de sobrevivir a ciertas temperaturas específicas.

De manera que, dependiendo de las especies de foraminíferas que se encuentran en determinada capa, se pueden interpretar las temperaturas del agua que pasaba por esa zona en un tiempo determinado. A eso es a lo que se dedican los científicos que buscan los cambios climáticos: a trazar mapas del fondo oceánico por medio de los indicadores que son los microfósiles, para saber cómo han cambiado las corrientes oceánicas a lo largo del tiempo.

En total existen 34 diferentes tipos de especies de foraminíferas planctónicas. De ellas, sólo siete se utilizan para diagnosticar valores de temperatura, las que son más abundantes en los océanos.

Las foraminíferas planctónicas hacen sus conchas pegando cámaras discretas o celdas una



Neogloboquadrina pachyderma.

junto a otra, formando una espiral creciente. Cada cámara tiene una abertura mayor y una menor del lado opuesto y, dependiendo de cada especie, la forma de las cámaras varía, lo que como ya se ha dicho está en función directa de los cambios de temperatura del agua.