

esta disolución o se observa el efecto que tiene en el indicador de col morada.

El otro vaso con agua representa a un lago sin protección, en el que también debe medirse su pH.

El efecto de los ácidos sulfúrico y nítrico se simula agregando una cucharada de vinagre a ambos vasos.

Para evaluar el efecto del ácido en ambos "lagos" se mide el pH de cada uno de ellos después de haber agregado el ácido.

III. Discusión

Algunos aspectos que se pueden discutir con los alumnos son:

1. Los seres humanos somos los responsables de la lluvia ácida y también sufrimos sus efectos.
2. Se trata de un problema global, donde los efectos de la contaminación en un lugar pueden afectar a otro que se encuentra muy alejado.

3. Poseemos la tecnología para reducir las emisiones de contaminantes y, si bien el costo económico de aplicarla es alto, no usarla puede traer consecuencias muy graves para el futuro del planeta.

IV. Bibliografía

Bolaños, Federico, *El impacto biológico ambiental contemporáneo*, UNAM, 1990, p. 129-140.

En las siguientes direcciones de Internet se puede encontrar información sobre lluvia ácida:

- acid rain links:
http://www.scsd.k12.ny.us/fowler/acid_rain_links.htm
- Miami Museum of Science-The pH Factor/Acid Rain Hotlist:
<http://www.miamisci.org/ph/hexpand2.html>

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.



La noche que Andrés llegó tarde

De: **Jesús Valdés Martínez**
(No. 1, p. 18)

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.

Esta primera guía es una propuesta que puede (y debe) mejorar de acuerdo con sus comentarios y sugerencias, mismos que pueden enviarnos, con atención a: Rosa María Catalá Rodes, Subdirectora de Educación No Formal, Casita de las Ciencias, Museo de las Ciencias, Universum, teléfono y fax 665 1552, correo electrónico catala@servidor.unam.mx

I. Más información

¿Qué es la lluvia ácida?

La lluvia es naturalmente ácida; su pH puede ser hasta de 5.6 debido a que el CO_2 presente en el aire reacciona con el agua de lluvia

formando un ácido débil (el ácido carbónico). Esta acidez es benéfica, ya que ayuda a disolver algunos minerales del suelo que son necesarios para los animales y las plantas.

Cuando el pH de la lluvia es menor a 5.6, se dice que ésta es ácida. La nieve y la neblina también pueden ser ácidas, de hecho, se ha detectado neblina con un pH de 1.8.

La lluvia ácida se detectó por primera vez en Inglaterra, en 1872, donde era ocasionada por el uso de carbón y aceite como combustibles. El término lluvia ácida fue acuñado por Angus Smith, quien estudió la contaminación industrial en ese país.

La lluvia ácida es uno de los problemas ambientales más graves, que está afectando gradualmente a todo el planeta. Sus efectos a distancia se han observado en forma particular en Canadá, donde ha dañado muchos bosques y lagos alejados de las fábricas y las ciudades. Este daño parece estar relacionado, entre otras cosas, con el hecho de que el agua acidificada disuelve productos tóxicos en las rocas y suelos, y los lleva hasta los ríos, donde envenenan a peces y plantas.



Efectos en la salud

En los seres humanos, la lluvia ácida puede causar irritación en los ojos y la piel, así como trastornos respiratorios. El ingreso a hospitales de pacientes con problemas respiratorios graves que se pueden asociar con la contaminación aumenta en verano. Estas admisiones se relacionan con los niveles de ozono y de sulfatos en la atmósfera. Estos últimos son resultado de la interacción del agua de lluvia con los contaminantes de fábricas, autos y camiones (ver esquema). Cuando las personas respiran esos sulfatos, sus conductos aéreos se constriñen y el flujo de oxígeno a los pulmones disminuye. Aunque normalmente las mucosas de la nariz atrapan y filtran las partículas grandes de polvo y sulfatos, una persona que se ejercita al aire libre puede inhalar aire ácido en cantidad suficiente para que su tracto respiratorio resulte afectado.

Influencia en los lagos

El daño que causa la lluvia ácida en los lagos depende en cierta medida de la presencia de algunos minerales en éstos. Los lagos que tienen piedra caliza presentan una mayor resistencia al aumento de la acidez, debido a un efecto de amortiguamiento natural: los ácidos sulfúrico y nítrico reaccionan con el carbonato de calcio produciendo sulfato y nitrato de calcio, respectivamente, que no da-

ñan a las plantas y animales. Por el contrario, los lagos que tienen granito se ven afectados rápidamente por la lluvia ácida.

Se ha tratado de neutralizar la acidez de los lagos agregando rocas alcalinas que contengan calcio, pero el proceso es caro y difícil de realizar; además, no se logra recuperar el estado inicial del lago.

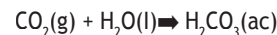
El efecto sobre los organismos vivos

Cuando la capacidad de un lago para contrarrestar la acidez ha sido rebasada, esta última aumenta poco a poco hasta afectar las formas de vida que allí habitan. En un lago con pH de 6.5 puede existir una gran diversidad de vida. Cuando el pH disminuye a 5.5 por efecto de la lluvia ácida, el exoesqueleto de los crustáceos de agua dulce, como acociles y langostinos, se ablanda. Una vez que el pH baja a menos de 5.0, algunos peces mueren y la mayoría deja de reproducirse. La vegetación decrece drásticamente cuando el pH es menor de 4.0 y la mayoría de los peces muere. En el agua ácida, los peces pierden calcio de los huesos para mantener su balance químico interno. Debido a que los músculos de los peces permanecen fuertes mientras sus huesos se debilitan por la pérdida de calcio, el esqueleto completo pierde su forma.

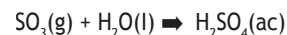
Las reacciones químicas que producen la lluvia ácida

Las siguientes ecuaciones representan algunas de las reacciones químicas relacionadas con la lluvia ácida.

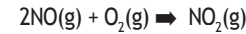
- Ecuación de la reacción del agua con el bióxido de carbono en el aire:



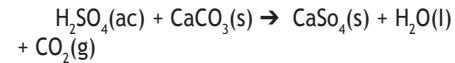
- Ecuaciones para la producción de ácido sulfúrico a partir de dióxido de azufre:



- Ecuaciones para la obtención de ácido nítrico (y ácido nitroso) a partir de óxido de nitrógeno:



- Ecuación de la reacción de la lluvia ácida con el carbonato de calcio:



Esta ecuación representa tanto la destrucción del mármol de las estatuas y monumentos, como la neutralización de la lluvia ácida en los lagos que contienen piedra caliza.

II. Actividades

1. Análisis de la acidez de la lluvia

Elaboración de un detector de lluvia ácida

Material:

- 2 tazas de col morada finamente picada
- Olla que no sea de aluminio
- Agua

Procedimiento:

Se coloca la col en la olla y se cubre con agua. La mezcla se lleva a ebullición y se deja hervir a fuego lento durante 15 minutos. Se deja enfriar y se filtra para separar el líquido.

Este líquido es un indicador, que cambia a color rosa en presencia de ácido y a color azul en presencia de una base débil (en presencia de NaOH diluido -0.01 M- cambia a verde e incluso a amarillo). Esto se puede probar al mezclar cantidades iguales de vinagre y del indicador, o al agregar un poco de bicarbonato de sodio (una base) al indicador en un vaso transparente.

Análisis de muestras de lluvia

Material:

- Indicador de col morada
- Muestras de agua de lluvia



Procedimiento:

Se mezclan cantidades iguales del indicador con muestras de lluvia recogidas en recipientes transparentes muy limpios y secos. Si el color del indicador cambia hacia un tono rojizo o rosado, se tiene lluvia ácida.

Se puede pedir a los alumnos que tomen muestras de la lluvia que cae tanto en la escuela como en sus casas, e indicar sobre un mapa los lugares donde la lluvia resultó ácida. Si se cuenta con papel universal o un medidor de pH se puede hacer un mapa con los valores numéricos.

2. El efecto de la lluvia ácida en los lagos

La diferencia del efecto de la lluvia ácida en los lagos, dependiendo de los minerales presentes, se puede simular con este experimento.

Material:

- 2 vasos con agua
- 2 cucharaditas de bicarbonato de calcio
- Vinagre
- Papel o indicador
- pH-metro (opcional)

Procedimiento:

Se mezcla el agua de un vaso con dos cucharaditas de bicarbonato; esta disolución representa un lago protegido naturalmente contra la lluvia ácida. Se mide el pH de