

Experiencias sobre contaminación atmosférica

Jorge MOLERO FERNÁNDEZ *
José SÁEZ MERCADER **
y Antonio SOLER ANDRÉS ***

Experiencias sobre contaminación atmosférica

Tal y como se anunciaba en nuestra anterior publicación (*Revista de Bachillerato*, n.º 11), finalizamos la serie presentando algunas experiencias de laboratorio que permiten la aproximación práctica del alumno a los fenómenos de contaminación atmosférica, y que han sido especialmente adaptados a los medios al alcance de la mayoría de los centros de Bachillerato.

Esta última circunstancia limita acusadamente el campo de actuación, sobre todo si se compara con las posibilidades que ofrecimos en cuanto a los fenómenos de contaminación del agua. Ello es algo que está generalmente reconocido.

1. Determinación del tanto por ciento en volumen del oxígeno contenido en el aire

Material

- Probeta graduada de 250 ml.
- Cristalizador o vaso de precipitados.
- Lana de acero.
- Varilla de vidrio maciza.

* Profesor agregado del I.B. «Saavedra Fajardo» y profesor encargado de curso en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Murcia.

** Profesor agregado interino de la Facultad de Ciencias de Murcia.

*** Catedrático de Química Técnica de la Facultad de Ciencias de Murcia.

- Pie, nuez y aro soporte.
- Rotulador o papel adhesivo.

Procedimiento

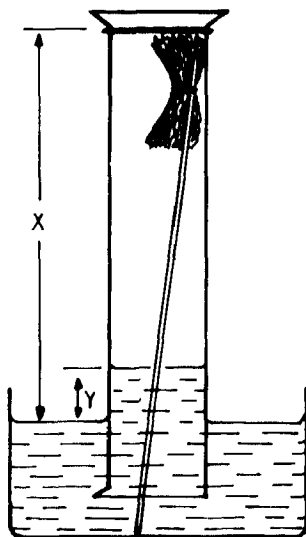
Mediante un hilo o goma átese un poco de lana de acero humedecida a un extremo de la varilla de vidrio. Póngase agua suficiente en el cristalizador o vaso de precipitados y colóquese debajo del aro soporte, situado previamente en el pie y a la altura correspondiente. Introdúzcase la probeta invertida por el aro, cubriendo la varilla, con el extremo de la lana hacia arriba, que se encuentra sobre el cristalizador.

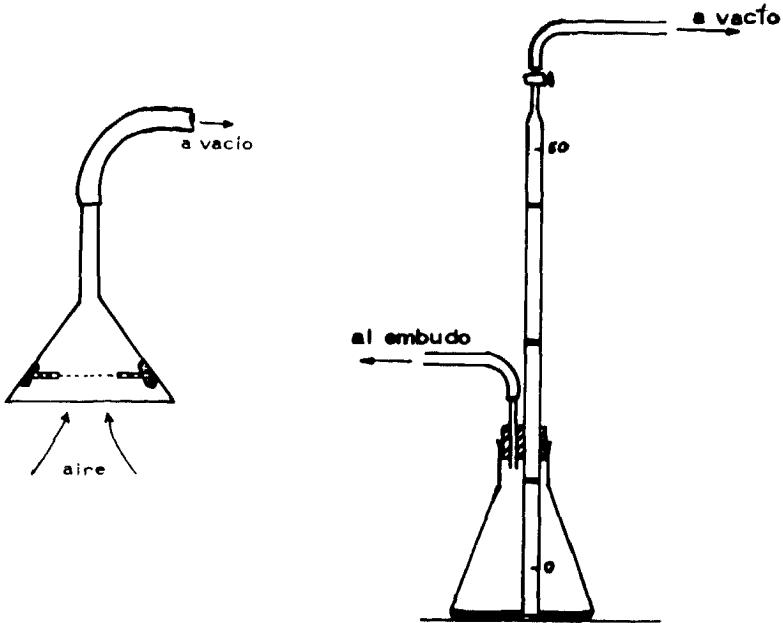
Márquese la posición del nivel del agua sobre el lateral de la probeta, controlando los niveles correspondientes a intervalos diarios.

Como la lana de acero se oxida, el oxígeno contenido en la columna de aire del interior de la probeta se consume, por lo que el agua lo reemplaza, elevándose por ella. Cuando todo el oxígeno se ha consumido, el nivel del agua permanecerá constante. Se puede, a partir de ese momento, calcular el porcentaje en volumen del oxígeno en el aire mediante la expresión:

$$\% \text{ oxígeno (vol.)} = \frac{\text{subida del nivel de agua}}{\text{altura inicial de la columna de aire}} \times 100 = \frac{Y}{X} \times 100$$

En una experiencia realizada con las alumnas de segundo de BUP, el porcentaje obtenido fue del 21,7 %, valor que puede considerarse bastante aceptable si se tienen en cuenta los errores cometidos en las medidas.





2. Determinación de materia particulada atmosférica

Material

- Embudo de vidrio o de plástico.
- Trompa de agua para vacío.
- Cartulina.
- Papel de filtro.
- Varios metros de goma.
- Plastilina.
- Lente o lupa binocular.
- Medidor de flujo de aire o medidor de burbuja.

Procedimiento

Dibújense, con la ayuda de un compás, dos círculos de 10 cm. de diámetro en la cartulina. Hágase lo mismo con el papel de filtro. Córtense los círculos, y hágase un agujero de unos 8 cm. de diámetro en las cartulinas.

Póngase un aro de plastilina en el interior del embudo (de diámetro mayor de 10 cm.) y colóquense los anillos de cartulina, entre los cuales se ha introducido el papel de filtro sobre este soporte, sujetándolos con otro aro de plastilina exterior.

Unir con una goma lo suficientemente larga la trompa de agua con el tubo del embudo, que ha de colocarse en el exterior del edificio, e invertido.

Ábrase el grifo del agua y hágase pasar aire por el filtro durante cuarenta y ocho horas como mínimo. Al cabo de este tiempo quítense las cartulinas y el papel de filtro, pasando a examinar este último con una lupa o lente binocular. Se pueden observar un gran número de fragmentos de partículas materiales.

Si se quiere hacer una determinación cuantitativa (cantidad de materia particulada por metro cúbico de aire), es necesario secar el papel de filtro en una estufa a 105° C y pesarlo antes de colocarlo entre las cartulinas, y después de pasar el aire a su través.

Debe medirse la cantidad de aire que ha atravesado el filtro durante el tiempo de aspiración. Para ello es necesario un medidor de flujo de laboratorio, o un sistema de fácil construcción y que podemos denominar medidor de burbuja de jabón. Éste se puede construir con una bureta de 50 ml. o varilla de vidrio hueca lo suficientemente larga y ancha para proporcionar este volumen u otro mayor determinado, que se marcará entre dos enrases. Introdúzcase la bureta o el tubo por uno de los huecos de un tapón bihoradado que lleva una varilla hueca en el otro orificio. Colóquese el tapón en un erlenmeyer conteniendo una solución jabonosa, cuidando que el extremo inferior de la bureta o tubo se introduzca en ella.

Si intercalamos uno de estos sistemas entre la trompa y el filtro, cuando el aire fluya por la bureta o tubo, las burbujas de jabón ascenderán y, midiendo el tiempo invertido en, por ejemplo, ir de la división 0 a la 50, podremos calcular el caudal en m/s.

Al finalizar la experiencia se podrá conocer la materia particulada existente en el aire si dividimos el aumento de peso experimentado por el filtro entre el volumen de aire que ha pasado por él, expresando el resultado en mg/m³.

Aun cuando no disponíamos de estufa de secado, se determinó la cantidad de materia particulada colocando el papel de filtro en un desecador durante doce horas, antes y después de la experiencia. El valor obtenido por pesada fue de $0,1765 \pm 0,0002$ grs. al cabo de setenta y dos horas (un fin de semana), con una velocidad de flujo de aire de aproximadamente 2.500 cm³/min. (150 l/h.), lo que indica que 10,8 m³ de aire atravesaron el filtro. Por tanto, cada metro cúbico de aire contenía 0,0163 grs. de materia particulada o polvo.

3. Determinación cualitativa de dióxido de azufre contenido en el aire

Material

- Embudo.
- Frasco lavador.
- Trompa de agua para vacío.

- Disolución diluida de peróxido de hidrógeno (10 vol.).
- Disolución de cloruro de bario (1 gr. en 500 ml. de agua).
- Ácido acético diluido.

Procedimiento

Conéctese la trompa de agua al frasco lavador que contiene el peróxido de hidrógeno; únase mediante una goma el extremo de la varilla más largo al embudo y sáquese éste al exterior (montaje análogo al de determinación de materia particulada). Hágase pasar aire por el frasco lavador de cuatro a seis días y, al cabo de este tiempo, tómense 50 ml. de la disolución de peróxido, y acidificar con ácido acético; tras añadir 50 ml. de disolución de cloruro de bario, se observa si aparece precipitado blanco. En caso afirmativo se deduce que el aire atmosférico contenía dióxido de azufre (SO_2).

En algunos casos (como suponemos que ocurrirá en aquellos centros rurales o ciudades poco industrializadas, en donde la pureza del aire es elevada) será imposible alcanzar ese precipitado blanco de sulfato de bario. No obstante, puede realizarse la experiencia previa consecución de una atmósfera artificial. Para ello, puede quemarse una pequeña cantidad de azufre en una cápsula de porcelana dentro de la vitrina, o seguir la receta que para la producción de este gas presenta el *Manual de Prácticas de Química* del equipo modelo EN 0901.

4. Determinación cualitativa de los óxidos de nitrógeno producidos por los motores de combustión.

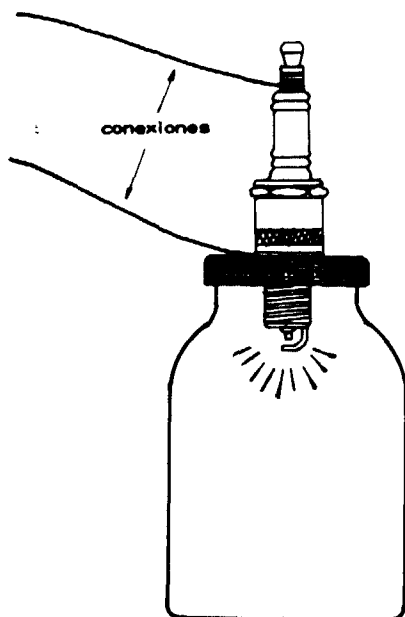
Material

- Una bujía de automóvil.
- Un frasco de aproximadamente 250 ml. con tapa de baquelita (pueden servir los de café instantáneo o de mermelada).
- Carrete de Rumkorff (o bobina de inducción de automóvil).
- Cables de conexión.
- Papel de tomasol.

Procedimiento

Hágase un agujero en la tapa de baquelita del frasco del tamaño de la rosca de la bujía y déjese encajada ésta.

Únase la bujía mediante los cables y según el diagrama a los polos del carrete. Al conectar el carrete a la fuente de alimentación se observa cómo salta la chispa en los bornes de la bujía.



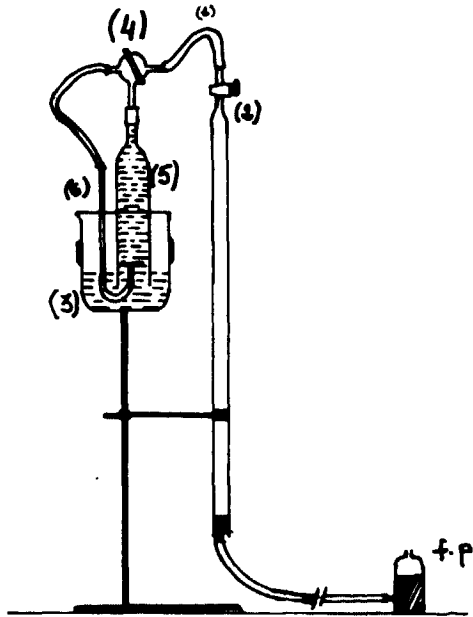
Después de unos minutos de funcionamiento, el aire contenido en el frasco comenzará a tener una ligera tonalidad marrón característica del dióxido de nitrógeno (NO_2), el cual puede reconocerse, aparte de por este color, por su olor (con precaución), y porque vira el papel de tornasol humedecido que previamente se habrá introducido en el frasco.

Si no se dispone del carrete de Rumkorff puede utilizarse una bobina de inducción de automóvil. En este caso se hace necesario instalar una toma a tierra desde el chasis del coche al lateral de la bujía. El tiempo necesario para la aparición del color marrón es ahora mucho menor.

5. Determinación cuantitativa del dióxido de carbono, oxígeno y monóxido de carbono en los gases de escape de automóviles

Material

- Bureta de 50 ml.
- Vaso de precipitados.
- Llave de tres vías.
- Pie soporte, nueces y pinzas.
- Frasco de plástico con salida lateral inferior.



- Un tubo de vidrio de 2 cm. de \varnothing y 10 cm. de longitud, terminado en un estrechamiento.
- Una varilla capilar larga y acodada por un extremo.
- Globo.
- Disolución de potasa cáustica al 30 %.
- Disolución de cloruro cuproso en medio clorhídrico (125 grs. de CuCl en 1 litro de $\text{HCl}_{(\text{ac})}$ al 25 %).
- Disolución alcalina de ácido pirogálico (180 grs. de ácido disueltos en 1 litro de potasa al 30 %).

Procedimiento

Móntese el dispositivo analítico tal y como se indica en la figura, uniendo el extremo abierto de la bureta, mediante un tapón y tubo de goma de, aproximadamente, 1 m. de longitud y diámetro adecuado, al frasco de plástico (f. p. en la figura) lleno con agua acidulada y unas gotas de anaranjado de metilo.

La toma de muestras de los tubos de escape de automóviles se ha de realizar después de un breve período de funcionamiento del motor, adaptando al extremo del tubo un globo cuya boca pueda posteriormente ajustarse a un tapón horadado en el que se acopla una varilla de vidrio terminada en un pequeño trozo de goma, obturable por una pinza de Hoffman.

Una vez realizada la toma de muestra, y ya en el laboratorio, previa desconexión del tubo de goma (1), vacíese de aire la bureta poniendo el frasco de plástico (f. p.) a un nivel superior al de la llave (2) abierta ésta. Ciérrase la llave (2) cuando toda la bureta se llene de líquido coloreado.

Introduciendo ahora en el extremo libre de la bureta la goma del tapón del globo, ábrase la llave (2) y succiónense gases de escape, mediante la apertura de la pinza de Hoffman, hasta un nivel inferior a la división 0 (cero) de la bureta, lo que se consigue llevando el frasco de plástico hasta una posición más baja. Enrasar la bureta a 0, ajustando los niveles de frasco y bureta.

Póngase suficiente disolución de potasa en el vaso (3) y aspírese, mediante una pera de goma, por el extremo abierto —goma (1)— de la llave de tres vías (4), hasta llenar completamente el tubo de vidrio (5) con la disolución. Colóquese la llave (4) en posición tal que una solamente los dos extremos laterales y conéctese la goma (1) a la bureta. Ábrase la llave (2) y póngase el frasco de plástico a una altura superior al extremo abierto. En este momento empezarán a burbujear los gases en la disolución, a través del extremo acodado de la varilla (6), gases que irán haciendo bajar el nivel del líquido en el tubo de vidrio (5).

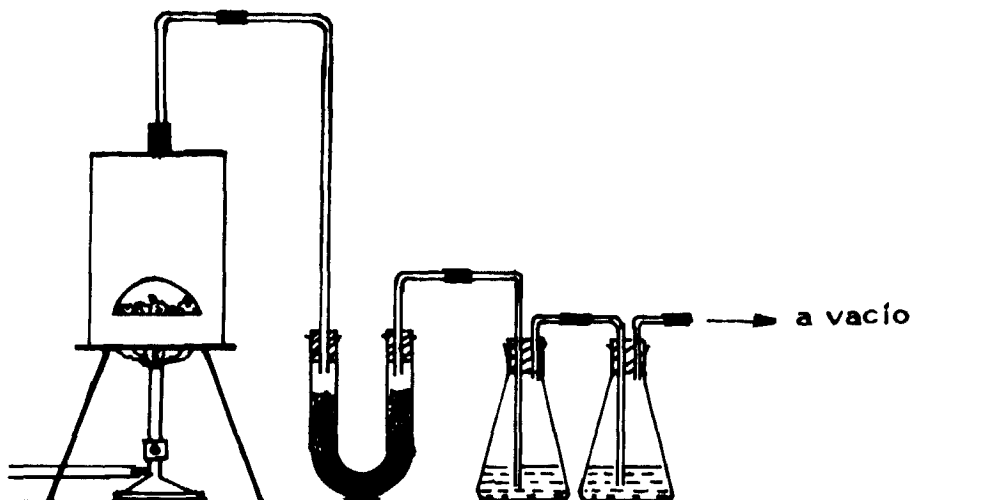
Cuando el líquido coloreado llene la bureta, ciérrase ésta y cámbiase la posición de la llave (4) para que una, ahora, la bureta con el tubo de vidrio (5). Abriendo la llave (2) se consigue que los gases retomen de nuevo a la bureta, bajando el frasco de plástico hasta que la disolución de potasa alcance el nivel que inicialmente tenía en el tubo de vidrio (5). Una vez que se ha puesto el frasco al mismo nivel del líquido de la bureta (para evitar sobrepresiones o depresiones) se pueden determinar los mililitros de CO₂ absorbidos por diferencia de niveles y, conociendo el volumen total de los gases contenidos en la bureta, el porcentaje de CO₂ existente en la muestra. Para una mayor exactitud debe realizarse la operación de borboteo dos o tres veces a fin de asegurar la total absorción del CO₂.

Con el mismo montaje y procedimiento experimental, pero con disoluciones de ácido pirogálico y cloruro cuproso, se pueden conocer los porcentajes de oxígeno y monóxido de carbono, respectivamente y por este orden, en la misma muestra de gas. La diferencia hasta 100 nos dará el porcentaje de gases inertes (N₂) e hidrocarburos inquemados existentes en los gases de escape.

Nuestras medidas se realizaron en un Seat, modelo 127, que gasta gasolina super. Con el motor a ralentí y en frío se hizo la toma de muestras y en los análisis se encontraron los siguientes valores:

	<u>% en volumen</u>
Dióxido de carbono	10,8
Monóxido de carbono	4,2
Oxígeno	7,9

Suponiendo que no existan otras sustancias en los gases de escape, la diferencia hasta 100 nos da el tanto por ciento de nitrógeno: 77,1.



6. Demostración de la presencia de alquitrán, sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono y monóxido de carbono en la combustión de carbón

Material

- Un bote de hojalata vacío (de los de 5 kg. de conserva).
- Una chapa plana de hojalata.
- Tubo en U.
- Frascos lavadores y embudo.
- Tapones.
- Lana de vidrio.
- Trípode.
- Goma.
- Trompa de agua.
- Mechero.
- Carbón animal.

Procedimiento

Trácese un círculo de igual diámetro que la boca del bote en la chapa de hojalata, y háganse varios agujeros en su interior con ayuda de una púa y un martillo. Mediante unas tijeras de chapa, córtese una portezuela en el lateral del bote de unos 3 cm², aproximadamente, y sobre unos 3 cm. por encima del extremo. Hágase un agujero lo suficientemente grande en la chapa del otro extremo del bote como para introducir el tubo del embudo que se colocará invertido (con la campana en el interior del bote). Únase una de las ramas del tubo en U (que previamente ha sido llenado de lana de vidrio), con el tubo del embudo y la otra con el sistema de dos frascos lavadores que contengan disolución de nitrato de plata y disolución de hidróxido cálcico, por este orden. Todo el sistema se conecta a la trompa. Un esquema puede ser el de la figura.

Colocar el carbón sobre la chapa de hojalata y ésta sobre el trípode, colóquese el mechero debajo de él y cúbrase el carbón con el bote.

Cuando el carbón esté ardiendo ábrase el grifo de la trompa de agua que está unida al último frasco lavador. Los gases pasarán entonces por el tubo en U y los dos frascos lavadores.

La presencia de alquitrán queda demostrada por el pardeamiento que sufre la lana de vidrio. La existencia de sulfuro de hidrógeno se detecta por el precipitado negro de sulfuro de plata que aparece en el primer frasco lavador. El precipitado blanco de carbonato cálcico que aparecerá en el segundo frasco nos indicará la presencia de dióxido de carbono en los gases (el existente en el aire más el que corresponde al proceso de combustión).

El monóxido de carbono, así como el dióxido, puede detectarse realizando una recogida de gases y analizándola posteriormente como en el caso de los precedentes del escape de automóviles, o colocando entre la trompa de agua y el frasco lavador un tubito de análisis de gas que la casa Draeger Hispania, S. A. (Capitán Haya, 40, Madrid-20) suministra en cajas de 10 y que contienen pentóxido de dióxido absorbido en pumita.

Bibliografía

- FERNÁNDEZ CASTRO, J., y otros: *Métodos de análisis de contaminantes atmosféricos*, Ayuntamiento de Madrid, Madrid, 1970.
- WARNER, P. O.: *Análisis de los contaminantes del aire*, Ed. Paraninfo, Madrid, 1981.
- WILLIAMS, D. I., y ANGLESEA, D.: *Experiments on Air Pollution*, Wayland Publishers Limite, Hove (England), 1978.
- SPEEDING, D. I.: *Contaminación atmosférica*, Ed. Reverté, S. A., Barcelona, 1981.