

EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS SOBRE LOS COMPONENTES DEL AIRE Y AGENTES CONTAMINANTES

M.^a Asunción Roc Adam
M.^a Cecilia Torres Borrás
Luis Miralles Conesa

*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales
E.U. del Profesorado de E.G.B. de Castellón
Universitat de València*

INTRODUCCION

La composición normal de la atmósfera, dada en la Tabla I, corresponde a una situación ideal. En la práctica, en cualquiera atmósfera se puede detectar compuestos que la impurifican y en sentido estricto puede decirse que la contaminan.

Existen diversas definiciones de contaminación atmosférica, pero todas ellas hacen referencia a los perjuicios sobre las personas o las pertenencias, que ocasionan determinadas sustancias presentes en el aire.

El número de sustancias contaminantes es muy elevado, para su descripción conviene agruparlas en función del elemento químico común más característico.

Ciñéndonos al análisis de gases realizado en este trabajo, vamos a describir únicamente los tres tipos de compuestos contaminantes estudiados que son: óxidos de azufre, óxidos de

nitrógeno y óxidos inorgánicos del carbono.

1) OXIDOS DE AZUFRE.—Proceden de la combustión del azufre y de sus compuestos, presentes en el propio combustible; o de la descomposición de algunos de éstos. El 90% del total producido corresponde al dióxido de azufre y el resto al trióxido de azufre. El primero de ellos puede transformarse en el segundo por oxidación, y con una combinación posterior con vapor de agua dar origen al ácido sulfúrico (lluvia ácida).

La concentración de SO_2 en la atmósfera varía con las estaciones, debido a la fluctuación en el uso de combustibles.

2) OXIDOS DE NITROGENO.—El óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2) son compuestos naturales de la atmósfera, presentes en concentraciones pequeñísimas, sin embargo su concentración aumenta debido a su formación cuando el oxígeno

y el nitrógeno atmosférico se calientan a muy alta temperatura (combustiones industriales, incineradores, etc.).

A igualdad de concentración su toxicidad para el hombre es más elevada que la del monóxido de carbono, pero su acción sobre las plantas es menor.

3) OXIDOS DE CARBONO.—La combustión de los compuestos del carbono origina el dióxido y el monóxido de carbono. El CO se origina en los procesos de combustión con escasez de oxígeno (por ejemplo: automoción, calefacción doméstica). Su toxicidad es elevada debido a su afinidad por la hemoglobina de la sangre. Las concentraciones elevadas son de escasa duración por su rápida difusión en la atmósfera. El CO₂ es un compuesto natural de la atmósfera, sin embargo un incremento de su concentración lo transforma en contaminante. Su proporción es muy superior a la del monóxido y, aunque no es tóxico, puede asfixiar por desplazamiento del oxígeno atmosférico. La concentración ambiental de dióxido de carbono está relacionada con la fotosíntesis e influye sobre la temperatura media de la atmósfera por absorción de determinadas radiaciones solares (efecto invernadero).

En las grandes ciudades actualmente se reúnen todas las clases de fuentes emisoras de contaminación: calefacciones domésticas, transportes, eliminación de residuos sólidos (basuras), plantas industriales, agravando el problema la dificultad de difusión que producen los grandes edificios. Esta contaminación repercute negativamente

en la calidad de vida de la población e incluso en el clima, por ello, hoy en día existe un creciente interés por detectar las fuentes de contaminación artificiales de nuestra civilización industrial y tecnológica, y paliar en lo posible el problema.

Las fuentes de emisión artificiales más frecuentes en las grandes urbes son fundamentalmente: combustiones fijas (domésticas e industriales), transportes e industrias. A continuación se indica, a modo de ejemplo, la composición de los gases de escape de un automóvil (TABLA-II).

TABLA - I

Composición normal de la atmósfera

Componente	ppm volumen	ppm peso
Nitrógeno	780.900	755.100
Oxígeno	209.500	231.500
Argón	9.300	12.800
Dióxido de carbono	300	460
Neón	18	12'5
Helio	5'2	0'72
Metano	2'2	1'2
Kriptón	1'0	2'9
Oxido nitroso	1'0	1'5
Hidrógeno	0'5	0'03
Xenón	0'08	0'36

(Lora de, 1978)

TABLA - II

Composición de los gases de escape de un vehículo europeo (%)

Compuesto	Motores de gasolina		Motores de gas oil	
	Máxima	Media	Máxima	Media
Dióxido de carbono	15'0	9'0	13'8	9'0
Monóxido de carbono	13'5	4'0	7'6	0'1
Hidrocarburos	4'0	0'5	0'5	0'02
Aldehidos	0'03	0'004	0'004	0'002
Oxidos de nitrógeno	0'20	0'06	0'15	0'04
Dióxido de azufre	0'008	0'006	0'03	0'02

(Lora de, 1978)

OBJETIVO DEL TRABAJO

Dada la importancia que tiene actualmente el estudio del medio ambiente, hemos llevado a cabo una experiencia destinada a investigar los componentes y contaminantes gaseosos más importantes del aire, realizando un análisis a partir de muestras de aire tomadas en distintos lugares de nuestro entorno, todos ellos accesibles y, en principio, posibles focos de emisión de los diversos tipos de contaminación investigada.

La experiencia se ha centrado en los siguientes gases: O₂, CO₂, CO, NO + NO₂ y SO₂.

DISEÑO EXPERIMENTAL

1.-El analizador de gases AUER, GT.

El dispositivo utilizado para realizar las medidas es un analizador de gases que consta de los siguientes elementos:

- Una bomba de manejo manual (AUER, GT), con la que se aspira un volumen determinado de aire.

- Una serie de tubos de prueba que contienen distintos productos químicos en relación con los gases que pretenden determinar. Estos tubos llevan impresas unas escalas que nos permiten medir la proporción en volumen del gas que se investiga en la muestra de aire.

El procedimiento es sencillo y rápido: Se coloca el tubo de prueba elegido, una vez abierto, bien ajustado en el orificio del cuerpo de la bomba. El aire se introduce al soltar la pera de goma que previamente hemos presionado a tope y en su entrada pasa a través de la sustancia contenida en el tubo, produciéndose una reacción química que se ponen de manifiesto por una variación de color de dicha sustancia. La magnitud del cambio es una indicación de la proporción del gas que se investiga en el aire de muestra.

Algunas características técnicas

Capacidad de aireaprox. 100ml./carrera

Volumen total de la pelota

de gomaaprox. 130 ml.

Presión media por succión ...aprox. 100 mbar.

En cuanto a los materiales, la pelota es

de goma y el cuerpo de bombeo de polipropileno, resistentes a la corrosión y a los choques mecánicos.

2) Descripción de los tubos de prueba.

OXIGENO

En el caso de este gas son dos los tubos que hay que utilizar:

a) El tubo indicador, que nos dará la medida es de color azul-negro y contiene, según la casa suministradora, un compuesto de titanio (III), que en contacto con el O_2 se oxida a un compuesto de titanio (IV), incoloro; b) el tubo de unión, de color blanco, que puede usarse hasta 4 veces. El intervalo de medida es del 5 al 23%, con un error de 1%.

Un extremo del tubo de unión se inserta en la cabeza de la bomba y el otro se une al tubo indicador, mediante un tubito de goma, de manera que al producirse la aspiración, el aire penetra en primer lugar en el tubo indicador y a continuación en el de unión cuya misión es absorber el ácido clorhídrico que se genera en la reacción entre el O_2 y la sal del titanio (III).

DIOXIDO DE CARBONO

El tubo indicador lleva dos escalas: (0,5-7)% y (0,1-1,2)%. Para el primer margen de concentraciones hay que

accionar la pera de aspiración una vez y para el segundo 4 veces.

En este caso, la indicación de CO_2 se basa en su absorción por aminas; ello modifica el pH y ocasiona el cambio de color de un indicador ácido-base. Así, se produce el viraje desde el color blanco o azul pálido inicial a violeta.

MONOXIDO DE CARBONO

El tubo indicador de este gas lleva dos escalas: (50-1000) ml/m^3 y (5-100) ml/m^3 (ppm). Según la cantidad de CO que presumiblemente lleve el aire a analizar, hemos de accionar la pera de aspiración 1 vez y leer en la 1.^a escala, o bien 10 veces y leer en la 2.^a escala.

Cuando el aire del exterior penetra en el dispositivo analizador de gases a través del tubo, se encuentra en primer lugar con una "zona de prepurificación", de color marrón, que contiene un agente reactivo de cromato y ácido sulfúrico, y cuya misión es oxidar las sustancias que pudieran existir asociadas al CO; a continuación el aire pasa a la llamada "zona de indicación", de color blanco, donde tiene lugar la oxidación del CO por pentóxido de iodo en ácido sulfúrico fumante, lo que ocasiona la formación de iodo. Así, se produce un viraje hacia el color marrón claro o verde claro.

OXIDOS DE NITROGENO

Para realizar esta determinación debe accionarse la pera de aspiración 5 veces. Este tubo únicamente lleva una escala

impresa que abarca de 0'5 a 50 ml/m³ (ppm).

El aire pasa previamente por una zona de color marrón-amarillento que contiene un compuesto de cromo (VI), cuya misión es oxidar el NO a NO₂. La "zona de indicación" es de color blanco o azul pálido y contiene una amina aromática que es oxidada por el NO₂, produciéndose un cambio de color progresivo. La magnitud de este cambio, que podemos leer en la escala, es una medida de la concentración de (NO+NO₂).

DIOXIDO DE AZUFRE

El tubo indicador de este compuesto lleva impresas dos escalas: (1-25) ml/m³ (ppm) y (0,5-8) ml/m³ (ppm). En el primer intervalo de medida hay que accionar la pera de aspiración 4 veces, y en el segundo 10 veces.

Existe una capa previa, de color azul claro, situada delante de la banda indicadora propiamente dicha, donde se absorbe el sulfuro de hidrógeno por una sal de cobre. La banda indicadora es de color marrón y contiene iodo, que se reduce a yoduro por acción del dióxido de azufre; ello se pone de manifiesto por una decoloración de la zona.

3.-Influencia de las condiciones

ambientales en el resultado de la medida.

TABLA III

Valores extremos de temperatura y humedad, que no tiene influencia en el resultado de las mediciones.

(Datos suministrados por la casa comercial.)

gas	tmin(°C)	tmax(°C)	Hmin	Hmax
O ₂	0	90	3 mg/l	20 mg/l
CO	0	40	10%	90%
CO ₂	0	40	10%	70%
NO+NO ₂	-	-	-	-
SO ₂	0	40	10%	90%

Las cifras indican que el margen de temperaturas y humedades en el que podemos trabajar es lo bastante amplio como para que no afecte a las medidas, dadas las características climáticas de nuestra zona geográfica. No obstante, siempre se han tomado los datos de temperatura, presión y humedad relativa en la fecha de la toma de la muestra.

RESULTADOS TABLA I V

Determinación de los componentes investigados en el aire utilizando una bomba manual tipo AUER-GAS-TESTER.

Exp.	Lugar	Fecha	P(mbar)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	CO(ppm)	NO+NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)
1	B	15/5/89	1022,3	19,8	—	—	—	—
2	B	29/5/89	1017,0	—	0,20	—	—	—
3	A	8/6/89	1017,0	—	0,20	—	—	—
4	A	28/11/89	1013,0	—	0,40	—	—	—
5	A	12/12/89	1009,7	20,1	—	—	<0,5	*
6	A	16/1/90	1031,0	—	—	2,5	—	—
7	C	14/2/90	1014,3	21,0	—	*	*	—
8	A	29/1/91	1021,7	21,5	—	—	—	—
9	D	29/1/91	1021,7	21,0	—	—	—	—
10	E	29/1/91	1021,7	22,0	—	—	—	—
11	F	29/1/91	1021,7	—	0,20	—	—	—
12	A	30/1/91	1019,7	20,9	0,10	—	—	—
13	E	30/1/91	1019,7	—	*	—	—	—
14	F	30/1/91	1019,7	20,1	—	—	—	—
15	G	11/2/91	1019,0	—	*	*	<0,5	*
16	H	14/2/91	1015,8	—	—	—	0,5	*
17	I _A	20/2/91	1007,0	—	—	55	—	*
18	H	15/3/91	1013,0	—	—	—	*	*
19	G	15/3/91	1013,0	—	—	—	*	*
20	A	20/3/9/1	1021,0	—	—	2,5	—	—
21	J	20/3/91	1021,0	—	—	10	—	—
22	I _B	25/3/91	1001,2	—	—	130	1	*
23	I _C	25/3/91	1001,2	—	—	150	—	*
24	K	26/3/91	1008,2	—	—	5	—	—
25	I _A	27/3/91	1009,9	—	—	—	0,5	—
26	I _C	27/3/91	1009,9	—	—	—	0,5	—
27	L	3/4/91	1008,8	—	—	—	*	*

(*) No se detectó su presencia. (—) No se determinó.

Lugares:

- A. Bar de la Escuela.
- B. Laboratorio de Química.
- C. C.P. Sarthou Carreres (Vila-Real).
- D. Laboratorio de Física.
- E. Patio de la Escuela.
- F. Cocina de la Escuela Aneja.
- G. Grao de Castellón. Playa del Pinar.
- H. Polígono Industrial Serrallo.

IA. Aparcamiento subterráneo plaza Sta. Clara (1er. sótano).

IB. Aparcamiento subterráneo plaza Sta. Clara (2.º sótano).

IC. Aparcamiento subterráneo plaza Sta. Clara (3er. sótano).

J. Avda. de Burriana (Castellón).

K. Calle Mayor (Castellón).

L. Quemador de basuras al aire libre (Benicásim).

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

CONDICIONES AMBIENTALES

En las diferentes experiencias realizadas, tanto en lugares abiertos de la ciudad y sus alrededores como en interiores (aulas, cocina, bar, etc.), la temperatura osciló entre 6.°C y 27°C, no teniendo influencia, según la tabla III en el resultado de la medida.

Respecto a la humedad, los valores medidos están comprendidos entre el 30% y el 87% (en el caso del CO₂, menos del 70%), por lo tanto tampoco influyen en la medida.

En el caso concreto del oxígeno, los datos de humedad de la tabla vienen expresados en mg/l. El valor máximo de humedad medido en la determinación de este gas es 56%, siendo en este momento la temperatura 22°C, lo que supone un contenido en vapor de agua de 10,8 mg. por litro de aire. La humedad más baja medida corresponde al 30%, para una temperatura de 24,5°C; ello da un contenido en vapor de agua de 6,7 mg. por litro de aire. Ambos valores se encuentran dentro del margen permitido.

Para el O₂ se ha corregido la influencia de la presión del aire, multiplicando la indicación por un factor de corrección f:

$$f = \frac{1013}{\text{presión del aire real (en mbar)}}$$

Los datos de temperatura al aire libre

fueron suministrados por el observatorio meteorológico de la ciudad. Para los interiores se utilizaron instrumentos de medida de nuestro laboratorio.

RESULTADOS DEL ANALISIS DE GASES

1. OXIGENO

Se ha llevado a cabo 8 determinaciones, variando la composición entre 19,8% y 22,0%. Según datos de la composición normal de la atmósfera, el porcentaje en volumen de O₂ es 20,95% (Brown, 1987) (Gillespie, 1990), (Lora de, 1978); teniendo en cuenta los datos que sobre desviaciones standard proporcionan las instrucciones de los tubos reactivos, todos los resultados incluyen el valor normal.

2. DIOXIDO DE CARBONO

Se han llevado a cabo 7 determinaciones, con valores entre 0 y 0,40%. En la atmósfera se encuentra en una proporción (composición normal) de 0,3% en volumen (Clarke, 1985) (Lora de, 1978) (Gillespie, 1990).

Se puede observar que la máxima cantidad encontrada fue un 0,4% en el bar de la Escuela después de ser utilizado por los alumnos en la hora del recreo. Algo menos, 0,20% dio en la cocina de la Escuela Aneja, como resultado de las reacciones de combustión que allí tienen lugar.

En exteriores, la cantidad de CO₂ siempre fue inferior al valor mínimo detectable con el aparato de medida.

3. MONOXIDO DE CARBONO

Se han llevado a cabo 9 determinaciones, con valores comprendidos entre 0 y 150 ppm. En la atmósfera se encuentra en una proporción de 0,05 ppm. en el aire no contaminado (Brown, 1987). Se han encontrado valores algo superiores, 2,5 ppm. al investigar muestras de aire del bar de la Escuela. En calles de bastante tráfico (cruce con semáforos), se encontraron valores de 5 ppm. y 10 ppm. que están dentro del intervalo de 1 a 50 ppm. que se cita en la bibliografía como concentraciones comunes en las áreas con tráfico urbano (Brown, 1987).

Los valores sensiblemente mayores: 55, 130 y 150 ppm se encontraron en un estacionamiento subterráneo del centro de la ciudad, donde hay una continua entrada y salida de vehículos, lo que supone una gran acumulación de gases de escape, principalmente en las zonas más bajas que son las menos ventiladas y en horas de la mañana, que son las de mayor afluencia.

4. OXIDOS DE NITROGENO

De este componente se han llevado a cabo 10 determinaciones. Según la bibliografía consultada (Brown, 1987), la concentración común de NO en la atmósfera (aire no contaminado) es de 0,01 ppm y en atmósferas con smog 0,2

ppm. Hemos obtenido el valor 0 en 4 ocasiones y como valor máximo se ha encontrado 1 ppm en un estacionamiento subterráneo del centro de la ciudad con bastante afluencia de vehículos

5. DIOXIDO DE AZUFRE

Habiéndose llevado a cabo 9 determinaciones para este componente, no se ha detectado en ninguna de las zonas de muestreo.

Consultada la legislación vigente sobre criterios de calidad del aire, en exteriores no se han detectado, en ningún caso, valores superiores a los permitidos (B.O.E. 1975).

En atmósferas interiores no se han alcanzado los valores límites medios para los óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono y dióxido de azufre. Los valores del monóxido de carbono han sido en todas las muestras, inferiores a los límites permitidos para exposiciones de corta duración (A.C.G.I.H., 1989).

COMENTARIO: ASPECTOS DIDACTICOS

El desarrollo de la experiencia permite a los alumnos profundizar en el conocimiento del medio, así como tomar una mayor conciencia de su cuidado y respeto. En concreto se investiga un componente esencial del aire, como es el oxígeno y algunos contaminantes gaseosos que pueden encontrarse en la atmósfera que nos rodea. Esto podría servir de punto de partida para un

estudio posterior de los efectos de la contaminación en la calidad de vida en sus diversas facetas.

Por otra parte, la realización de la experiencia lleva consigo el desarrollo de diversas habilidades manipulativas como son: el manejo correcto del propio aparato analizador de gases y la utilización de los instrumentos de laboratorio necesarios para la determinación de la presión, temperatura y humedad atmosféricas.

Durante el desarrollo de la experiencia se aplican algunas técnicas propias del trabajo científico como son: transformación de unidades, uso de factores de corrección, lectura correcta de escalas, realización de tablas, interpretación de resultados, etc.

Además conociendo la legislación vigente sobre etiquetado de sustancias químicas (B.O.E. 1985), los alumnos pueden deducir la posible peligrosidad de los reactivos que contienen los tubos del analizador de gases

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists),

1989. Valores límite para sustancias químicas y agentes físicos en el ambiente de trabajo, e Índices biológicos de exposición para 1989-1990. Generalitat Valenciana. Conselleria de Treball i Seguretat Social.

B.O.E. número 96, 22/4/75. Real Decreto 833/75 que desarrolla la ley 38/1972, de 22/12/72 sobre Protección del ambiente atmosférico.

B.O.E. núm. 284, 27/11/85. Real Decreto 2216/1985, Reglamento sobre Declaración de Sustancias Nuevas y Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias Peligrosas.

Brown, T. y Le May, H., 1987. Química. La Ciencia Central. Prentice-Hall Hispanoamericana. México.

Clarke, J., 1985. Química. Pirámide. Madrid.

Instrucciones del Analizador de Gases AUER-Gas-Tester.

Instrucciones de los Tubos Detectores de Gases.

Gillespie, R. et al, 1990. Química. Reverté. Barcelona.

Lora de F., y Miro, J., 1978. Técnicas de defensa del medio ambiente. Labor. Barcelona.

